

# 北海道地方の第四紀テフラ研究<sup>1)</sup>

奥村 晃 史<sup>2)</sup>

## Quaternary Tephra Studies in the Hokkaido District, Northern Japan<sup>1)</sup>

Koji OKUMURA<sup>2)</sup>

The critical problems remaining for the study of the Quaternary tephrochronology of Hokkaido in the 1980s were the lack of extensive marker tephtras and of well-defined chronological data beyond the range of <sup>14</sup>C method. In the last ten years, these problems were partly solved for the Holocene and Late Pleistocene with the recognition of a number of remarkable wide-spread tephtra-layers including B-Tm (< 1 ka), Aso-4 (70 ka), Toya (90 ka) and KHb (100 ka). The finding of Aso-4 and Toya layers enabled to correlate the tephrochronology of Hokkaido with that of Honshu and Kyushu. Meanwhile, information on Early to Middle Pleistocene tephtras is still insufficient for establishing a comprehensive chrono-stratigraphy in most of Hokkaido, with the exception of the region around the Tokachi Plain.

The tephrostratigraphy in eastern Hokkaido is described in this paper in order to summarize recent progress and to show the outline of Quaternary tephtras in Hokkaido. The stratigraphy of pyroclastic flow deposits from Akan and Kutcharo volcanoes, which have the longest history of explosive activities in Hokkaido, has been revised and interrelated through stratigraphic revision and extensive application of microprobe techniques to glass shards. Intervening airfall tephtras with different petrographic characteristics from tephtras occurring in eastern Hokkaido are introduced as possible marker tephtras of Early to Middle Pleistocene age.

Chronological data for Middle Pleistocene tephtras are still very few, but their stratigraphic positions in relation to major transgressions are revealed. Temporal and regional variation of potassium content in glass shards and mafic mineral assemblage is examined to give general ideas of source volcanoes and ages of unidentified tephtra layers of Early to Middle Pleistocene.

### I. はじめに

北海道では 1970 年代までに蓄積されたテフロクロロジー研究の成果に加えて、最近 10 年間に広域指標テフラが相次いで見いだされ、北海道のほぼ全域に本州・九州に連続する統一的な時間面が与えられた。本論文では、その研究史を概観して 1980 年代の成果の意義を明らかにしたうえで、北海道の中でも中期更新世以降のテフラ層序が西方からもたらされた広域テフラとともに良好に保存されている北海道東部を模式地として、これま

で明らかにされた北海道の第四紀テフロクロロジーの枠組みを記す。さらに、北海道東部の層序と比較するかたちで北海道中央部・南西部の前・中期更新世テフラに関する資料を概観して、今後の課題を提起したい。

北海道東部のテフラ層序・海成段丘の区分と編年については、これまでに奥村 (1985)、奥村ほか (1985)、ARAI *et al.* (1986)、OKUMURA (1988) によってそのあらましが報告されてきたが、ここでは従来の成果をもとに特に重要なテフラについて詳しく記載を行う。

1) 1990 年 12 月 23 日受付。1991 年 7 月 30 日受理。1990 年度日本第四紀学会大会シンポジウムにおいて講演。

2) 地質調査所 Geological Survey of Japan.

## II. 研究史

1930年代の北海道では、農業の振興を目的とする土性調査の一環として世界的にみても最も早い時期にテフロクロノロジーの研究が行われた(浦上ほか, 1933, 1935, 1938). 土壌学の立場からのテフラ研究が継続される一方で(たとえば, 山田, 1958; 瀬尾ほか, 1963), 1950年代に北海道における第四紀研究の意義と示標層としてのテフラの重要性が認識されると(湊, 1955), 特に日高山脈に発達する氷河地形の時代対比を意識した地形面編年の鍵層としてのテフラが注目されはじめた(貝塚, 1956). ほぼ同時期に, 火山地質の観点からのテフラの記載も着手され, 屈斜路・摩周火山(勝井, 1955, 1962)や支笏火山群(勝井, 1958, 1959)で火山活動史を解く一つの鍵としてのテフラ研究が進められた.

1970年代初頭までに数多くのテフラ層が記載され, 北海道火山灰命名委員会(1972)によってその成果がとりまとめられた. しかし, 小林(1972)が当時の日本のテフラ研究全般について指摘しているように, 北海道においてもテフラの対比は主に露頭で観察される肉眼的特徴と粒度・層厚の変化にもとづいて行われており, 細粒火山灰や給源火山・模式地から遠く隔たった地点のテフラの対比には一定の限界が存在した.

小野・平川(1974)は, 重鉱物組成分布に加えて斑晶鉱物の屈折率を指標として取り入れた同定法(新井, 1972)をいち早く応用して, 十勝平野に分布するテフラの対比を行った. これ以後, 1970年代後半から80年代にかけて岩石記載的なテフラの特性把握とそれにもとづく対比が進み, 十勝平野(春日井ほか, 1978)と石狩低地帯(春日井ほか, 1980; 曾屋・佐藤, 1980)を中心に, 後期更新世~完新世のテフラ層序がほぼ確立された(北海道火山灰命名委員会, 1979; 佐々木編, 1982).

しかし1980年代初めまでの研究は, その多くが特定の地域や火山(群)を対象としていたため, 北海道の広い地域に共通する指標テフラ層が追跡されておらず, また $^{14}\text{C}$ 法以外の方法による絶対年代も欠如していた. このため, 約3万年前以前の堆積物の対比と編年には確実な手がかりを欠くことも多かった.

始良一丹沢火山灰の発見(町田・新井, 1976)によって確立された広域火山灰の概念と細粒火山灰の岩石記載的特性の厳密な把握にもとづく同定手法が, 北海道のテフラに応用されたのは1980年代初めである(春日井ほか, 1980; 町田ほか, 1981a). これを皮切りに1980年

代には, 後期更新世・完新世の広域指標テフラが相次いで見いだされた(図1). これらのテフラの同定には, 従来の屈折率を主体とした手法に加えて, 火山ガラスの放射化分析(町田ほか, 1981b), X線マイクロアナライザー分析(古田ほか, 1983), 屈折率自動測定(横山ほか, 1986), ICP発光分析(吉川ほか, 1989)などさまざまな新手法が取り入れられるようになった.

後期更新世テフロクロノロジーの再検討は, 海成段丘の対比と編年の見直しを目的として, 宮内・八木(1984), 奥村ほか(1984)によって着手された. 東北地方北部から北海道全域にわたる海成層とそれを被覆するテフラ層の調査の結果, まず洞爺火砕流堆積物の cognimbrite ash (Toya) が東北地方から北海道東部までの広い地域を覆い(町田ほか, 1984; 奥村ほか, 1985), その噴出年代は約10万年前であることが明らかにされた(町田ほか, 1987). これと前後して支笏降下軽石(Spfa)-1, 阿蘇(Aso)-4火山灰, 屈斜路一羽幌火山灰(KHb)が北海道の広い範囲に分布することも明らかとなった(図1: 町田ほか, 1985; 奥村ほか, 1985). なかでもToyaとAso-4によって, はじめて北海道のテフラ層序は本州と結び付けられた.

このように従来知られていなかった広域テフラが見いだされる一方で, 既知のテフラの給源の特定(図1, ZM: 山縣ほか, 1989)や再検討(図5, Kt-A, Kt-B: 山縣, 1990; 胆振団体研究会, 1990), あるいは詳細な火山活動史を明らかにするための研究(屈斜路火山: 隅田, 1987; 羊蹄火山: 宇野, 1989)も進められている.

完新世については, 大陸に起源をもつ白頭山一苦小牧火山灰(B-Tm)が北海道南西部から東北地方北部(町田ほか, 1981a), さらに北海道東部まで分布する(遠藤ほか, 1988)ことが明らかにされた. また樽前火山や渡島駒ヶ岳火山起源のテフラが北海道東部まで分布して, 従来そこに給源をもつとみられていたテフラに相当することもわかってきた(図1: 徳井, 1988; 遠藤ほか, 1988).

中・後期更新世のテフロクロノロジーに関しては, 十勝平野(吉田, 1982; 松井・松澤, 1985)から石狩山地南部~西部(池田, 1982; 池田・向山, 1983)にかけて分布する大規模火砕流堆積物や, 阿寒・屈斜路火砕流堆積物(OKUMURA, 1988)の年代・層序について新しい知見が得られたものの, 上記地域以外でのテフラ層序や降下テフラについての情報はごく限られたものでしかない.

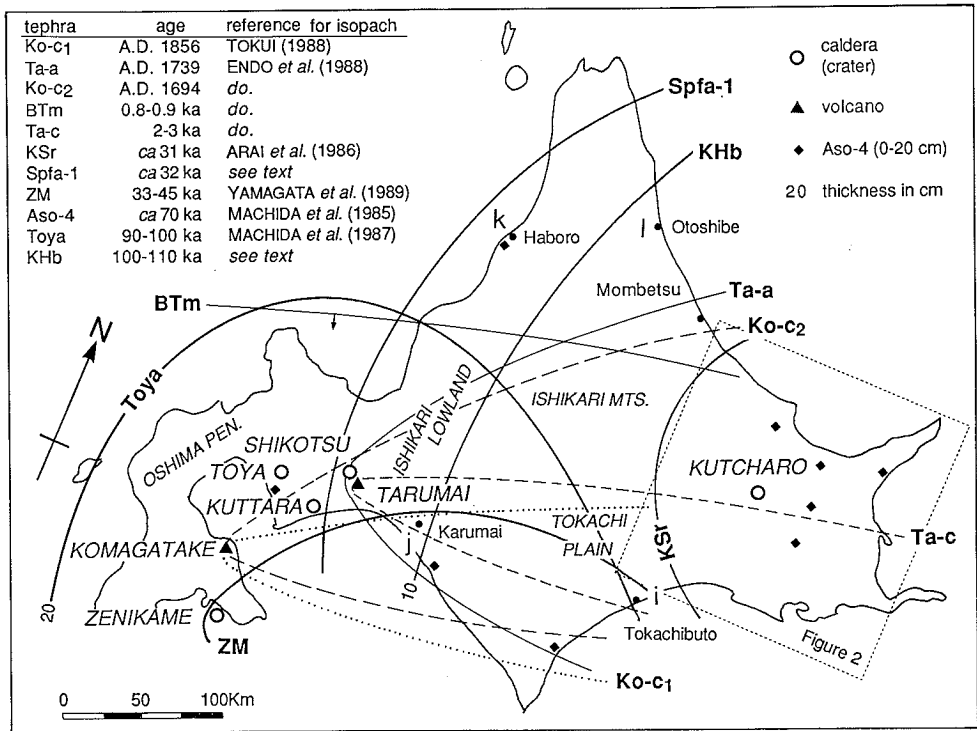


Fig. 1 Wide-spread tephra layers in Hokkaido  
Isopachs without thickness indicate approximate limits.

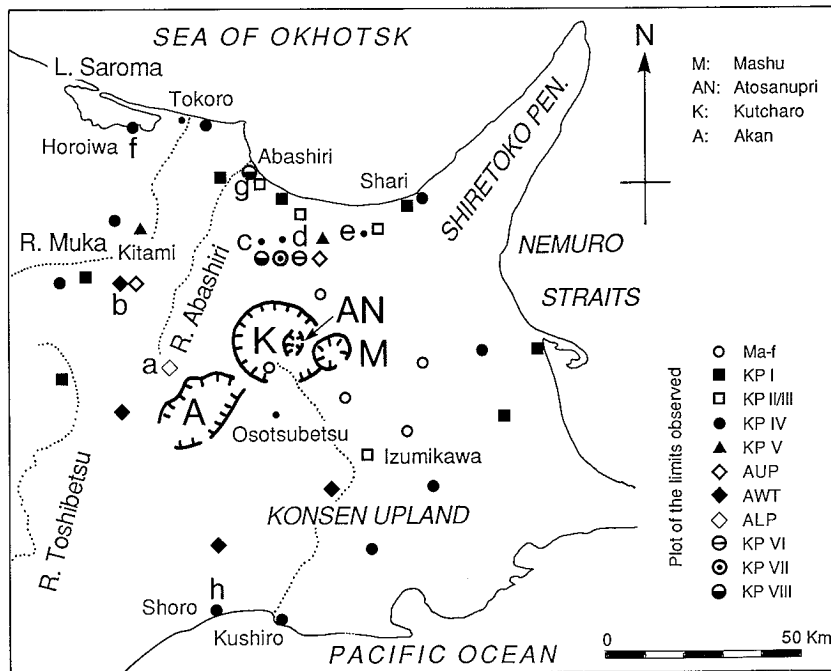


Fig. 2 Distribution of Akan and Kutcharo pyroclastic flow deposits in eastern Hokkaido with localities of outcrops

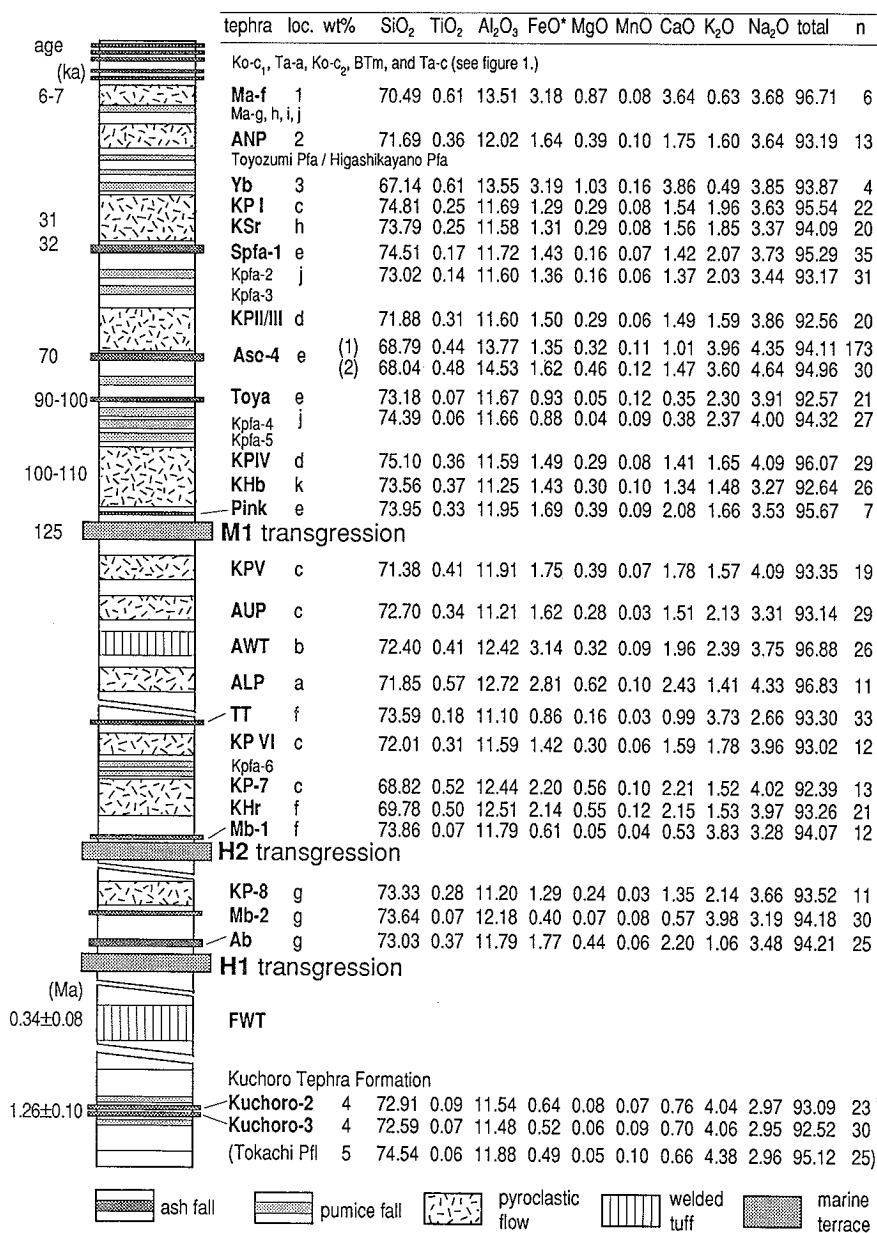


Fig. 3 Generalized columnar section of Quaternary tephras in eastern Hokkaido with average major element composition of glass shards of each layer

Localities (a-j) are shown in Figures 1 and 2. 1: Teshikaga, 2: Oputateshike, Teshikaga Town, 3: Yambetsu, Koshimizu Town, 4: Osotsubetsu, Shibecha Town, 5: Goryo, Furano City. Stratigraphy in general is adopted from KATSUI and SATO (1963), YAMAGUCHI and SATO (1966) and SATOH (1968), and the position of ANP is after SUMITA (1987). Other references cited and abbreviations are described in the text. Standard deviations are shown in OKUMURA (1988).

### III. 北海道東部の第四紀テフラ層序

北海道東部では前期更新世以来現在まで、阿寒・屈斜路カルデラ周辺で活発な火山活動が継続してきた。釧路層群下部に含まれる大量の二次堆積テフラ（岡崎ほか、1966）やクチャロ火山灰層（佐藤・垣見、1967）は、前期更新世の激しい火山活動の産物である。中期更新世に活動を開始した阿寒・屈斜路火山はそれぞれ3層（阿寒下部火砕流堆積物/阿寒溶結凝灰岩/阿寒上部火砕流堆積物：山口・佐藤、1966）、10層（古梅溶結凝灰岩/屈斜路火砕流堆積物 VIII~I および屈斜路岩滓流堆積物：勝井・佐藤、1963）の大規模火砕流と数多くの降下テフラを噴出させた。ここでは基本的に従来の層序とテフラの名称を踏襲しながら、火砕流堆積物とそれに随伴する顕著な降下テフラ、および最近見いだされた外来の広域示標テフラを中心に記載を行う。

図3に、総合柱状図と同定の指標とした各テフラ層に含まれる火山ガラスの主成分組成を示した。図4は  $TiO_2$ - $K_2O$  含有量にもとづく各テフラ層の識別を示す。総合柱状図に示した海進は、オホーツク海沿岸南部でテフラとの関係が明らかになっている3つの海成段丘面（奥村、1985）に対応し、便宜的に層序区分の基準として用いる。

各テフラ層の同定には、主に X 線マイクロアナライザーで分析した火山ガラスの主成分組成を指標として用い、岩相・層序、構成粒子の特徴、本質斑晶鉱物組成、斑晶鉱物と火山ガラスの量比・屈折率（ARAI *et al.*, 1986）、および ICP 発光分析の結果（吉川ほか、1989）とその結果が矛盾しないことを確認した。ここでは、主成分組成以外の岩石記載は本論文で新たに記載したテフラに限って行い、従来の記載を繰り返さない。火山ガラスの分析には東京大学海洋研究所および地質調査所の波長分散型 X 線マイクロアナライザー JCSA-733 を用いた。分析の手順・分析条件および分析値の再現性・信頼性については、奥村（1991）に記した。紙数の制約により、分析値の標準偏差を表示できなかったが、その多くは OKUMURA（1988）に示されているので、参照して戴きたい。

#### 1. 前期更新世~中期更新世のテフラ

根釧台地西部に分布するクチャロ火山灰層は、陸上堆積した数十層の珪長質降下テフラ層・火砕流堆積物から構成され、前期更新世に釧路層群と同時期に堆積したとみられている（佐藤・垣見、1967）。クチャロ火山灰層と釧路層群に含まれるテフラの岩石記載の性質は、全般に斑晶鉱物として輝石類を含み、含水鉱物を含まない点

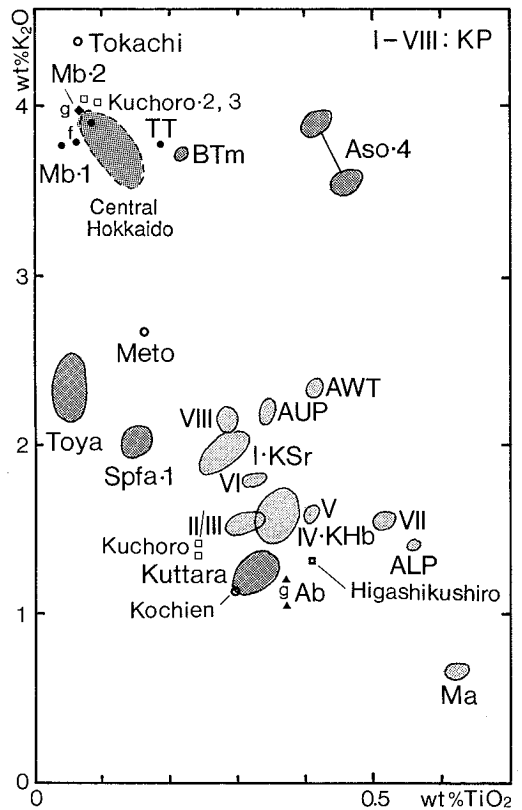


Fig. 4  $TiO_2$ - $K_2O$  diagram of glass shards of tephra in Hokkaido

Lighter shade : Akan and Kutcharo Tephra,  
Darker shade : tephra from volcanoes in central and southwestern Hokkaido and tephra originated outside Hokkaido (BTm and Aso-4).

や火山ガラスの主成分組成（図4、Kuchoro、Higashikushiro）で上位の屈斜路テフラと似通った性質をもっている。

このクチャロ火山灰層上部に含まれる2層の角閃石黒雲母流紋岩質火山灰は  $1.26 \pm 0.10$  Ma（宮田ほか（1988）に引用された佐藤博之氏の未公表資料）のフィッシュン・トラック年代が報告され、岩質からみて西方に起源をもつ可能性が指摘されている（佐藤・垣見、1967）。オソツベツ（図2）で採取された資料は斑晶鉱物・火山ガラスの主成分組成（図3、図4：Kuchoro-2, 3）・微量成分組成（吉川ほか、1989）からみて、十勝火砕流堆積物（池田・向山、1983；1.4 Ma：興水、1982）に酷似している。

釧路層群堆積期の前期更新世から中期更新世前半にか

けての北海道東部のテフロクロロジーに関する資料は、今のところこれ以外に得られておらず、次に述べる屈斜路火山の活動期までの間に大きなタイムギャップが残されている。

## 2. H1面形成期～H2面形成期のテフラ

網走周辺で海拔100m前後に旧汀線をもつH1段丘面を覆って下位から網走火山灰(Ab:新称)、紋別火山灰-2(Mb-2:新称)および屈斜路火砕流堆積物(以下、KPと略す)Ⅳの3層のテフラが累重する(図5, loc.g)。

Abは厚さ約70cmの細粒火山灰で、Mb-2との間には2.5mの礫混じり砂・シルト層を挟む。細かく発泡した透明な軽石型の火山ガラスに多少のバブルウォール型火山ガラスをまじえ、斑晶鉱物は主に輝石類である。Abの火山ガラスは阿寒・屈斜路火山起源のテフラに比べ $K_2O$ に乏しい(1.1wt%前後)点に特徴がある(図3, 図4)。

Mb-2はKPⅣ直下にみられる細粒降下火山灰で、板状を呈する軽石型の火山ガラスから構成され、バブルウォール形の火山ガラスを少量含む。本質斑晶鉱物として微量の角閃石を含んでおり、火山ガラスの主成分組成が $K_2O$ に富み( $>Na_2O$ )  $CaO \cdot TiO_2 \cdot MgO$ に乏しい点で、北海道東部起源のテフラよりも十勝火砕流堆積物をはじめとする中央部起源のテフラに類似する(図3, 図4)。Mb-2という名称は、紋別付近で見いだされた紋別火山灰-1(後述)の下位にあって共通の性質をもつことにちなむ。

KPⅣは、loc.gとloc.c(図2, 図5)以外では認められていないが、他の屈斜路火砕流堆積物に較べてやや $K_2O$ に富む点に特徴がある(図4)。

## 3. H2面形成期～M1面形成期のテフラ

常呂から紋別にかけて、H2面は断片的に分布するM1面の上位にはほぼ連続的に発達する旧汀線の海拔高度20～30mの海成段丘である(奥村, 1985)。H2面構成層はその最上部に紋別火山灰-1(Mb-1:新称)を含み、屈斜路一幌岩火山灰(KPⅢ-KHr:OKUMURA, 1988)以上のテフラに覆われる(図5)。

Mb-1:紋別南方の元紋別海岸では、H2面を構成する海成砂層最上部にバブルウォール型の火山ガラスからなる厚さ10cmの黄褐色降下火山灰層が挟まれる。また、その下位の厚さ約5mの砂層には多量の二次堆積軽石片が含まれる。両者の火山ガラスの主成分組成は一致し、ともに $K_2O$ に富み(3.5～4wt%)  $FeO^*$ ,  $CaO$ ,  $TiO_2$ ,  $MgO$ に非常に乏しい(図3, 図4)。火山灰はほとんど無斑晶であるが、下位の軽石には角閃石の斑晶

が含まれる。サロマ湖畔の幌岩(loc.f)・常呂町の岐阜台地では、海成砂層最上部に大量の二次堆積の軽石が含まれ、元紋別の試料と一致する特徴をもつ。

これらのテフラは共通の岩石記載的特徴をもち、H2面を形成した海進期に堆積したものであるが、堆積機構や粒度・火山ガラスの形態は一定しておらず、複数の降下テフラ層を一括してMb-1と呼ぶ。

KPⅤ-KHr:KPⅤはloc.c(図2, 図5)以外では確認されていないが、火山ガラスは $SiO_2$ に乏しく、 $TiO_2$ ,  $FeO^*$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ に富み、屈斜路火砕流堆積物の中ではユニークな主成分組成をもつ(図4)。幌岩(loc.f)の海成段丘成層の直上、および常呂町の岐阜台地で海成層を覆う古砂丘の上位から見いだされた降下火山灰の火山ガラスは、KPⅤの火山ガラスと一致する形態と主成分組成をもち、KPⅤに伴う降下火山灰とみられる。この火山灰を屈斜路一幌岩火山灰(KHr)と呼ぶ。

幌岩(図4, loc.f)では、KHrの上位にKPⅣに類似した降下火山灰と登栄床火山灰(TT:新称)が見いだされている。TTはサロマ湖とオホーツク海を区切る砂州状の半島を構成する砂層の上部から見いだされた水中堆積した細粒火山灰で、軽石型の火山ガラスを主体とし、斑晶鉱物として斜方輝石・単斜輝石に加えて角閃石を含む。また、火山ガラスの主成分組成(図3, 図4)は、 $K_2O$ に富み $Na_2O$ に乏しい点に特徴がある。Mb-1とは異なった火山ガラスの主成分組成をもつが、 $K_2O$ に富み角閃石斑晶を含む点は北海道東部起源の他のテフラにはない特徴である。

阿寒下部火砕流堆積物(ALP)・阿寒溶結凝灰岩(AWT)・阿寒上部火砕流堆積物(AUP)の累重関係は、阿寒カルデラ北方で明瞭であるが(山口・佐藤, 1966:loc.a), 従来、屈斜路火砕流堆積物との関係が不明であった。このうち、AUPが屈斜路火砕流堆積物の模式地であるloc.cにおいてKPⅤの直下に見いだされた(図2, 図5)。

AUPがKPⅤとⅥの間に位置することは確実であるが、AWT, AUPの層位は直接明らかになっていない。しかしloc.a, bでは、AUP, AWT, ALPの間に顕著な不整合は認められないのに対して、loc.cではAUPと下位のKPⅥとの間に顕著な不整合が存在することから、3層の阿寒火砕流堆積物はKPⅥの堆積後比較的短い期間に相次いで噴出・堆積したものと推定する。また、loc.b, cでAWT～AUPの間にTTが挟在されないことから、TTの層位を一応ALPの下位においた(図3)。

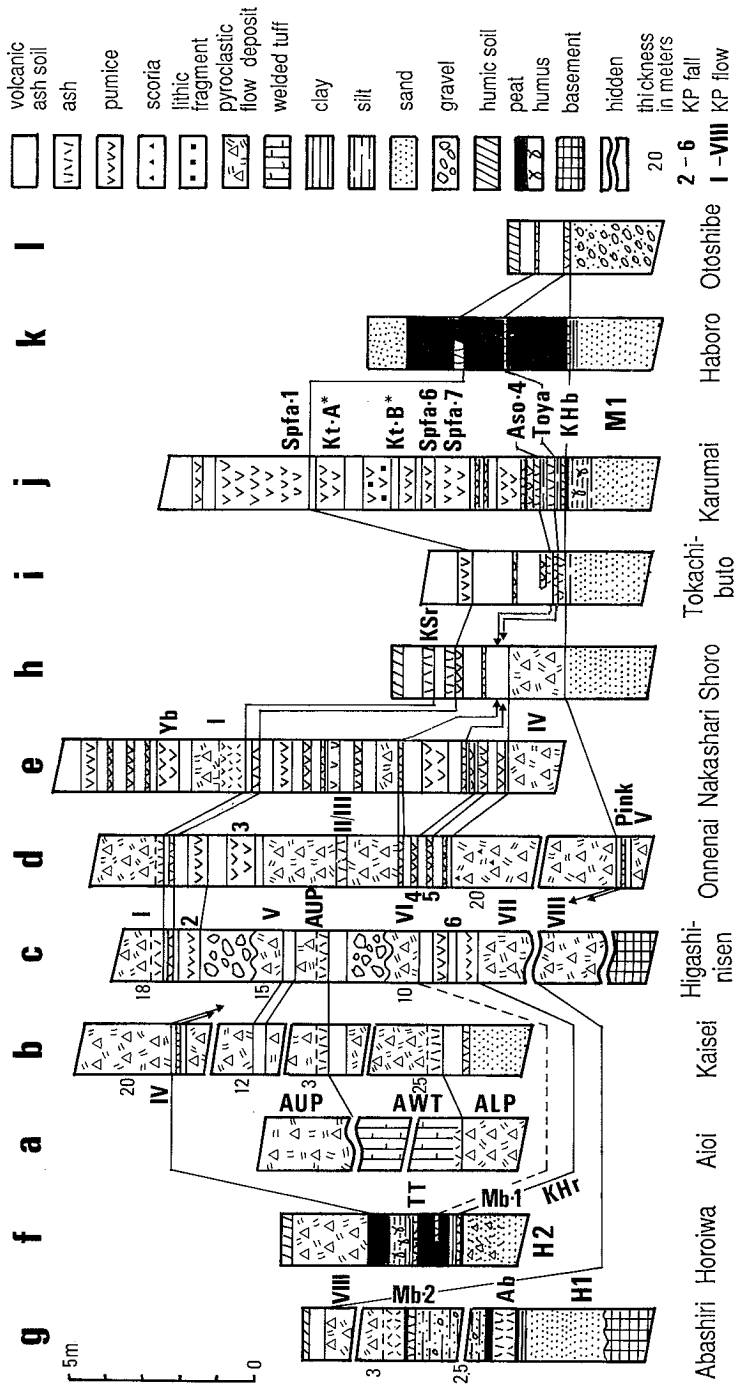


Fig. 5 Geologic columnar sections showing tephrostratigraphy and correlation of marine terrace deposits in Hokkaido. Localities are shown in Figures 1 and 2. \*Kt-A and Kt-B, previously known as Spfa-2 and Spfa-3, have been identified as pumice fall deposits from Kuttara Volcano (YAMAGATA, 1990).

KP Vはカルデラ北方から北見にかけて分布する非溶結の火砕流堆積物で、KP VIとの間には土壌化の進んだ風化火山灰土を挟み、その最上部に Pink ash が挟まれる。

### 3. M I 面形成期以降のテフラ

M I 面は構成層の直上に KP IV-KHb (奥村ほか, 1985)あるいは Toya (町田ほか, 1987)を載せる海成段丘で、北海道のほぼ全域でこれらのテフラによる対比が行われている(宮内ほか, 1984; 奥村, 1985)。

KP IVは屈斜路火砕流の中で最も規模の大きい火砕流で、カルデラを中心とした半径約 70 km の範囲におおむね 20 m 以上の厚さで堆積している(図 2)。藤井・佐藤(1963)は KP IV 上位に屈斜路岩滓流堆積物(KSf1)を区別したが、両者は以下の根拠から同一の火砕流堆積物であると判断し、一括して KP IV とする。すなわち、屈斜路カルデラ周辺で KP IV と KSf1 はともに KP V または Pink Ash の上位で KPfa-4, Kafa-5 の下位の同一層準に位置し、累重関係は認められない。区別の根拠の 1 つであった両者の色調の違いは漸移的であり、1 つの露頭では上位ほど、また全般的に東ほど暗色をおびる傾向にある。根釧台地北部に分布する黒色の火砕流堆積物(たとえば中標津溶結凝灰岩:松井ほか, 1967)も、KP IV 本体と同じ形態と主成分組成をもつ火山ガラス粒子から構成されている。

カルデラから西へ 200 km 以上離れた日本海沿岸の羽幌(図 1, 図 5, loc. k)から KP IV と一致する性質をもつ細粒の降下火山灰が見いだされた。構成粒子の形態・色調、屈折率および主成分組成からみて両者は同一のテフラとみられ、屈斜路—羽幌火山灰(KHb)と名づけられた(ARAI *et al.*, 1986)。同じ降下火山灰は北海道東部の全域、北海道中央部から石狩低地帯東縁(Aafa-3:春日井ほか, 1980)まで分布し、(図 1, 図 5, loc. i, j, k, l), 屈斜路カルデラ起源の降下テフラとしては最も広域に分布する。KP IV はその上下に厚い降下テフラ層をとまっておらず、KHb は火砕流と同時に噴出した co-ignimbrite ash とみられる。

KP IV とともに M I 面を指示する Toya は東北地方中部から北海道東部まで分布し(町田ほか, 1987)、屈斜路カルデラ周辺では、KP IV を覆う 2~3 層の赤褐色降下軽石層(Kpfa-4, Kpfa-5:勝井・佐藤, 1963)上位の風化火山灰土中に認められる(図 5)。Toya の降下年代は段丘堆積物との関係および  $0.13 \pm 0.03$  Ma を示すフィッション・トラック年代(奥村・寒川, 1984)をもとに 9~10 万年前と推定される(町田ほか, 1987)。

KP II および III(勝井・佐藤, 1963)は、ごく短い休

止期において噴出した火砕流ユニットとみられ、KP II/IIIとして一括される(奥村ほか, 1985)。KP II/IIIは主にカルデラ北側に分布してオホーツク海の沿岸まで達しているが、根釧台地北部でも薄層の火砕流堆積物として認められる。KP II/IIIの直下には 10~15 cm の厚さの Aso-4 が認められ、約 7 万年前の Aso-4 の降下(町田ほか, 1985)に引き続いて噴出したものとみられる。

KP I は、カルデラ北側で斜里から北見にかけて広く分布するほか、根室水道周辺にも点々と露出している(図 2)。屈斜路—庶路火山灰(KSr)は KP I の噴出に先立つフレアトプリニアン噴火による降下テフラで、カルデラを中心とする円形に近い分布域をもつ(図 1: ARAI *et al.*, 1986)。

KPI-KSr の下位に最大 30 cm 程度の厚さの風化火山灰土を挟んで、Spfa-1 が認められる。Spfa-1 は勝井(1959)によって支笏カルデラから十勝平野まで追跡されていたが、その分布は渡島半島を除く北海道のほぼ全域に及ぶことが明らかとなった(図 1, 図 5: 奥村ほか, 1985)。Spfa-1 の降下年代は  $^{14}\text{C}$  法によって約 3.2 万年前、その上位の KP I の年代は約 3.1 万年前と報告されている(佐藤, 1969)。

KP I 噴出の直後に噴出した止別軽石(佐藤, 1968, 図 3, 図 4 の Yb)は、北海道東部のテフラの中で  $\text{K}_2\text{O}$  に非常に乏しいテフラの最初のものである。同様の火山ガラスは 6~7 千年前に噴出した摩周降下軽石-j~g および摩周 f 火砕流(勝井, 1962)にも共通する。屈斜路カルデラ内から最後に噴出したアトサヌプリ火砕流(ANP:勝井, 1962)は、それ以前の屈斜路火山起源のテフラと共通する主成分組成をもつ(図 3)が、層位は止別軽石より上位の豊住軽石(佐藤, 1968)の上位にある(隅田, 1987)。

## IV. 考 察

### 1. テフラ層と高海水準期との関連および時代対比

H I 面形成期: loc. g での観察では、H I 面構成層と KP VII との間には厚い火山灰土の堆積や長期間陸上で風化を受けた痕跡は認められない。したがって、H I 面形成後の比較的短い期間——別の高海水準期を含むような長い時間が経過する以前——に Ab, Mb-2 および KP VII が堆積したものと考え、これらを一括して H I 面形成期のテフラとみる。Ab, Mb-2 と KP VII 下位の古梅火砕流堆積物(FWT)との前後関係は不明であるが、KP VII を H I 面形成期のテフラとすると、H I 面形成期はフィッション・トラック法で  $0.34 \pm 0.08$  Ma という



年代が報告されている(興水・生島, 1989) FWT と同時期かそれ以後と推定できる。

**H 2 面形成期:** 幌岩 (loc. f) の泥炭層の花粉分析からは, H 2 面構成層堆積後, 現在よりも温暖な時期に KHR が降下し, その後ゆるやかに寒冷化していく過程で TT が降下したことが知られている (SAKAGUCHI and OKUMURA, 1986). 幌岩よりオホーツク海寄りの登栄床で水中堆積の TT がみられることは, H 2 面を形成した最高海水準期から著しく海水準が低下しない時期に TT がしたことを示し, 花粉からの知見と調和的である。このことから, Mb-1 から TT にいたるテフラを H 2 面が形成された高海水準期に対比することができる。これらのテフラの年代を特定する資料は得られていない。

**M 1 面形成期:** 北海道中部・東部のほぼ全域で, KP IV-KHb は海成段丘構成層あるいは海成層の直上ないし薄い泥炭層または風化火山灰土を挟んだ上位に認められる。図 5 に掲げた M 1 面に関する柱状図は, 釧路周辺の釧路段丘と大楽毛層 (h: 岡崎ほか, 1966), 十勝川河口の十勝太 III 面 (i: 瀬川ほか, 1978), 石狩低地帯東南部の厚真層 (j: 馬追団体研究会, 1983), 日本海沿岸の苫前面 (k: 阪口, 1959) およびオホーツク海沿岸北部の第 IV 段丘 (l: 第四紀総研北海道グループ, 1969) の KHb による広域対比を示す。

KP IV-KHb は薄い陸成層を挟んで Toya に覆われる。Toya の降下年代は約 13 万年前の最終間氷期の最高海水準期から海水準が低下していく過程の 9~10 万年前と推定されている (町田ほか, 1987)。したがって, KP IV-KHb が約 13 万年前と 9~10 万年前との間に堆積したことは確実である。この時期は酸素同位体サブステージ 5e から 5b (SHACKLETON and OPDYKE, 1973) にかけての時期であると考えられる。

KP IV-KHb と下位の海成堆積物に挟まれる泥炭層の花粉分析からは, KP IV-KHb 降下以前にかなり寒冷化が進んでいたことが知られている (馬追団体研究会, 1983; SAKAGUCHI and OKUMURA, 1986)。また, 五十嵐 (1986) は石狩低地帯東部で KP IV-KHb 下位の厚真層の中に 2 回の温暖期が区別できることを指摘しており, 仮にこの 2 回の温暖期がそれぞれ酸素同位体サブステージの 5e と 5c に対比されるとすると, KP IV-KHb の降下時期はサブステージ 5c から 5b にかけての約 10 万年前前後に対比される可能性が高い。

## 2. 前・中期更新世テフロクロノロジーへの展望

北海道東部に分布する第四紀のテフラは, 火山ガラスの主成分組成と珪晶鉱物の特徴から, 次の 4 つのタ

イプに区分することができる。それらは, 摩周タイプ ( $K_2O=0.6\sim 0.7$  wt%), Ab タイプ ( $K_2O=1$  wt% 前後), 阿寒・屈斜路タイプ ( $K_2O=1.5\sim 2.5$  wt%) および Mb タイプ ( $K_2O>3.5$  wt%) の 4 つである (図 4)。このうち, Mb タイプだけが通常角閃石または黒雲母を含む。

北海道東部では阿寒・屈斜路タイプのテフラがほぼ更新世を通じて噴出したのに対して, 摩周タイプのテフラは約 3 万年前頃以降に限って認められる。一方, Mb タイプは H 2 面形成期以前, Ab タイプの火山ガラスは H 1 面形成期に限って認められ, しかも類似したテフラを噴出させた火山は北海道東部には知られていない。ここでは, 北海道の前・中期更新世テフロクロノロジーを探る手がかりとの第一歩として, 今までに明らかになった北海道中央部・南西部における Ab, Mb タイプのテフラの出現について記す。

北海道中央部の石狩山地周辺に分布する鮮新世~中期更新世の火砕流堆積物 (沢村・秦, 1965; 山口ほか, 1978; 吉田, 1982; 池田・向山, 1983などに記載) はおおむね Mb タイプのテフラと類似した火山ガラスの主成分組成をもつ (図 4, Central Hokkaido)。このうち, 十勝平野北部に分布する最も新期の珪長質火砕流は上旭が丘火砕流堆積物と呼ばれ (山口ほか, 1978),  $0.7\pm 0.4$  Ma のフィッシュン・トラック年代値が報告されている (松井・松澤, 1985)。

一方, 北海道東部に Mb タイプのテフラが出現するのは, H 2 面を形成した高海水準期が最後であり, 中期更新世末期の 20~30 万年前頃と推定される。Mb タイプのテフラの給源が石狩山地周辺に求められることはほぼ確実であるが, 特に石狩山地北東部, 常呂川~無加川流域 (図 2) に分布する非溶結の火砕流堆積物 (沢村・秦, 1965) と Mb および十勝平野北部の火砕流との関係を明らかにする必要がある。

石狩低地帯東部では, 岩見沢周辺に分布する茂世丑層 (佐々ほか, 1964) に含まれる水中堆積の火山灰が Mb タイプと一致した主成分組成をもつ。火山ガラスはよく発泡した軽石型およびバブルウォール型で, 大規模な珪長質マグマの噴火にともなう火山灰とみられ, 北海道中央部の火山活動に関連したテフラである可能性が高い。

Ab タイプの火砕流堆積物や厚い降下テフラは, 北海道中央部からは見いだされておらず, 給源火山はさらに西方に存在したものとみられる。

Ab に類似した降下火山灰は, 北見西方の無加川流域で Mb タイプの火砕流堆積物の下位から見いだされるほか, 十勝平野南西部の光地圓礫層 (十勝団体研究会,

1968)を覆う古赤色土の中からも見いだされている(図4, Kochien). また, 石狩低地帯西部, 野幌丘陵の下野幌層(前期更新世: 赤松ほか, 1981)からもAbタイプに類似した $K_2O$ に乏しい火山ガラスから構成される火山灰が見いだされている. Abに類似した1wt%前後の $K_2O$ を含む火山ガラスは, 後期更新世にはクッタラ火山から噴出したテフラ(図4)や, 給源が不明な厚真降下火山灰-1(後期更新世初め: 春日井ほか, 1980)があり, 中期更新世の渡島半島東部の火山活動を知ることがりとなるかもしれない.

渡島半島では黒松内低地帯に分布する蔵岱層(山田ほか, 1980)上部の黄褐色降下軽石層が, フィッション・トラック法によって $0.40 \pm 0.08$  Maと推定されている(矢野ほか, 1983). この降下軽石は, 斜方輝石・角閃石・単斜輝石を含み, 発泡のよい軽石型の火山ガラスから構成されている. 黒松内低地帯北東方の目名で洞爺火砕流堆積物下位の粘土層中から見いだされた厚さ10cmの降下軽石は, 蔵岱層上部の降下軽石と類似した肉眼的特徴をもつが, 火山ガラスは3.7wt%の $K_2O$ を含む. この降下軽石は, 火山ガラスの形態・主成分組成や珽晶に乏しい点などからみて, 大規模な珽長質マグマの活動によって噴出したものとみられる. しかし, 軽石の最大粒径が1cm程度に達することから, 北海道中央部起源のテフラとは考えにくく, 北海道西南部で中期更新世にMbタイプのマグマの活動があった可能性を示唆する.

以上に記したように, 北海道東部・中央部以外の地域で現在までに得られた前・中期更新世テフラの資料は極めて断片的であるが, 第四紀を通じての環境変化・構造運動の変遷あるいは火山活動の時間的・空間的変遷を明らかにするために, 今後の研究の進展が期待される.

**謝辞** 本論文は筆者が1987年に東京大学理学系大学院地理学専門課程に提出した学位論文「海成地形面の変動からみた北海道の第四紀地殻変動」の第3章を骨子とし, 最近の研究動向と筆者自身のその後の研究成果を加えて1990年8月の日本第四紀学会シンポジウム「テフラ—第四紀研究に果たす多様な役割」で発表した内容の要旨である.

東京大学海洋研究所のX線マイクロアナライザーの利用は陸上共同利用施設利用研究課題番号27(1984年度), および37(1985年度)による. 野外調査と試料分析の一部は工業技術院特別研究「地震予知に関する地質学・地球化学的研究」および地質調査所経常研究「地震地質的研究」の一環として実施した.

北海道のテフラの研究にあたっては, 野外調査および

研究室で多くの方々の御指導と御助力を戴いた. 特に阪口豊教授(当時), 米倉伸之教授はじめ東京大学理学部地理学教室の方々, 東京都立大学町田洋教授, 群馬大学新井房夫教授(当時), 地質調査所衣笠善博氏・寒川旭氏・山口昇一氏(当時)・佐藤博之氏(当時), 北海道地下資源調査所山岸宏光氏・和田信彦氏(当時)・嵯峨山積氏, 東京大学海洋研究所石井輝秋氏・古田俊夫氏(当時)の御厚意に対して心からの感謝を表したい.

## 引用文献

- 赤松守雄・山田悟郎・北川芳男・矢野牧夫(1981)野幌丘陵の地質と古生物の変遷. 北海道開拓記念館研究報告, **6**, p. 17-24.
- 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. 第四紀研究, **11**, p. 254-269.
- ARAI, F., MACHIDA, H., OKUMURA, K., MIYAUCHI, T., SODA, T. and YAMAGATA, K. (1986) Catalog for Late Quaternary marker-Tephtras in Japan II—Tephtras occurring in Northeast Honshu and Hokkaido. *Geographical Report of Tokyo Metropolitan Univ.*, no. 21, p. 223-250.
- 第四紀総研北海道グループ(1969)北海道の第四系. 地団研専報, no. 15, p. 1-35.
- 遠藤邦彦・隅田まり・宇野リベカ(1988)北海道東部の完新世後期テフラ層序とその給源火山. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 18, p. 78-79.
- 古田俊夫・森脇 広・町田 洋(1983)火山ガラスの主成分組成に基づく広域テフラの同定. 昭和57年度科学研究費研究成果報告書「日本列島周辺の深海底堆積物の分析を中心とした第四紀火山活動と気候変動の研究」(研究代表者: 町田 洋), p. 35-40.
- 北海道火山灰命名委員会(1972, 1979)北海道の火山灰分布図. 北海石版所.
- 五十嵐八枝子(1986)北海道の古気候と古環境. 地学団体研究会第40回総会シンポジウム資料集, p. 257-260.
- 池田保夫(1982)北海道十勝川上流地域の酸性火砕流堆積物の層序と火山活動史. 地質学雑誌, **88**, p. 55-70.
- 池田保夫・向山 栄(1983)北海道, 富良野—旭川地域の火砕流堆積物の層序と対比. 地質学雑誌, **89**, p. 163-172.
- 胆振団体研究会(1990)クッタラ火山の火砕堆積物—支笏火山のテフラ層序の検討とテフロクロロジー—地球科学, **44**, p. 95-112.
- 貝塚爽平(1956)十勝平野の地形に関する若干の資料. 地理学評論, **29**, p. 232-239.
- 春日井 昭・秋葉 力・近堂祐弘・小坂利幸・松井 愈・松澤逸巳・佐藤博之(1978)降下火砕堆積物. 地団研専報, no. 22, p. 193-214.
- 春日井 昭・藤田 亮・細川貢四郎・岡村 聡・佐藤博之・矢野牧夫(1980)南部石狩低地帯の後期更新世のテフラ—斜方輝石の屈折率とMg-Fe比との比較研究—地球科学, **34**, p. 1-15.
- 勝井義雄(1955)摩周火山の地質と岩石. 地質学雑誌,

- 61, p. 481-495.
- 勝井義雄 (1958) 支笏軽石堆積物中の化石林について. 地質学雑誌, **64**, p. 379-385.
- 勝井義雄 (1959) 支笏降下軽石堆積物について一特に支笏カルデラ形成直前の活動について. 火山, 第2集, **4**, p. 33-48.
- 勝井義雄 (1962) 5万分の1地質図幅「屈斜路湖」および同説明書. 北海道開発庁, 42 p.
- 勝井義雄・佐藤博之 (1963) 5万分の1地質図幅「藻琴山」および同説明書. 北海道開発庁, 36 p.
- 吉川清志・今井 登・奥村晃史・水野清秀 (1989) 火山ガラスの ICP 発光分析に基づくテフラ層の同定. 地質調査所月報, **40**, p. 1-19.
- 小林国夫 (1972) テフロクロノロジーの基礎的問題—テフラ示標層の記載に関連して—. 第四紀研究, **11**, p. 211-218.
- 奥水達司 (1982) 十勝平野の火砕岩類のフィッシュン・トラック年代と微量元素. 日本地質学会第89年学術大会講演要旨, p. 83.
- 奥水達司・生島潤一 (1989) 北海道東部の古期屈斜路火砕流堆積物 (古梅溶結凝灰石) のフィッシュン・トラック年代. 地質学雑誌, **94**, p. 77-79.
- 町田 洋・新井房夫 (1976) 広域に分布する火山灰—始良 T<sub>n</sub> 火山灰の発見とその意義. 科学, **46**, p. 339-347.
- 町田 洋・森脇 広・新井房夫 (1981 a) 日本海をわたってきたテフラ. 科学, **51**, p. 562-569.
- 町田 洋・森脇 広・杉原重夫 (1981 b) 放射化分析による広域テフラの同定. 武蔵工大原子炉等共同利用報告書, no. 6, p. 79-83.
- 町田 洋・新井房夫・宮内崇裕 (1984) 北日本を広くおおう洞爺火山灰. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 14, p. 81-82.
- 町田 洋・新井房夫・百瀬 貢 (1985) 阿蘇4火山灰—分布の広域性と後期更新世示標層としての意義—. 火山, 第2集, **30**, p. 49-70.
- 町田 洋・新井房夫・宮内崇裕・奥村晃史 (1987) 北日本を広く覆う洞爺火山灰. 第四紀研究, **26**, p. 129-145.
- 松井公平・国府谷盛明・杉本良也 (1966) 5万分の1地質図幅「中標津」および同説明書. 北海道開発庁, 30 p.
- 松井 愈・松澤逸巳 (1985) 十勝平野の構造発達史—帯広盆地と幕別台地の分化. 第四紀研究, **23**, p. 233-244.
- 湊 正雄 (1955) 北海道の第四紀に関する諸問題. 科学, **25**, p. 108-116.
- 宮田雄一郎・山口昇一・矢崎清貫 (1988) 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅) 「計根別地域の地質」. 地質調査所, 72p.
- 宮内崇裕・町田 洋・新井房夫 (1984) 洞爺火山灰による北日本の海成段丘の対比とその意義. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 14, p. 83-84.
- 宮内崇裕・八木浩司 (1984) 松前半島東岸の海成段丘と第四紀地殻変動. 地学雑誌, **93**, p. 285-300.
- 岡崎由夫・佐藤 茂・長浜春夫 (1966) 5万分の1地質図幅「大楽毛」および同説明書. 北海道開発庁, 90 p.
- 奥村晃史 (1985) 北海道東部の更新世テフラと海成段丘. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 15, p. 52-53.
- OKUMURA, K. (1988) Recurrence of large pyroclastic flows and innovation of volcanic activity in Eastern Hokkaido, Japan. *Proc. Kagoshima Intl. Conf. on Volcanoes*, p. 518-521.
- 奥村晃史 (1991) 火山ガラスの主成分組成に基づくテフラの対比—EPMA. 月刊地球, **13**, p. 169-174.
- 奥村晃史・寒川 旭 (1984) 洞爺火砕流 (Tpfl) の分布と絶対年代. 火山, 第2集, **29**, p. 338.
- 奥村晃史・八木浩司・寒川 旭 (1984) 黒松内低地帯の後期更新世段丘に関する年代資料. 第四紀研究, **23**, p. 209-212.
- 奥村晃史・町田 洋・新井房夫 (1985) 北海道東部の広域テフラ. 日本地理学会予稿集, no. 27, p. 22-23.
- 小野有五・平川一臣 (1974) 十勝平野西・南部の火山灰層序. 第四紀研究, **13**, p. 35-47.
- 阪口 豊 (1959) 北海道の新しい地質時代の地殻変動. 地理学評論, **32**, p. 401-431.
- SAKAGUCHI, Y. and OKUMURA, K. (1986) Interglacial climates and red soils in Northern Japan based on pollen records of interglacial deposits in Eastern Hokkaido. *Bull. of the Dept. of Geogr., Univ. of Tokyo*, no. 18, p. 29-48.
- 佐々木龍雄編 (1982) 北海道の火山灰. 北海道火山灰命名委員会, 23 p.
- 佐々保雄・田中啓策・秦 光男 (1964) 5万分の1地質図幅「夕張」および同説明書. 北海道開発庁, 184 p.
- 佐藤博之 (1968) 東北海道斜里地域における洪積世後期の火山灰と段丘. 地質調査所月報, no. 19, p. 115-126.
- 佐藤博之 (1969) 最近測定された北海道の火山活動に関連する <sup>14</sup>C 年代測定. 地質ニュース, no. 178, p. 30-35.
- 佐藤博之・垣見俊弘 (1967) 5万分の1地質図幅「弟子屈」および同説明書. 北海道開発庁, 67 p.
- 沢村孝之助・秦 光男 (1965) 5万分の1地質図幅「留辺蘂」および同説明書. 北海道開発庁, 46 p.
- 瀬川秀良・松井 愈・小林保彦・野川 潔・山口昇一・松井 晋 (1978) 十勝川下流および十勝太付近. 地団研専報, no. 22, p. 162-170.
- 瀬尾春男・佐々木龍雄・富岡悦郎・後藤計二・天野洋司・片山雅弘 (1963) 主としてカムイヌプリ岳火山灰の分布について. 北海道農業試験場土性調査報告, **13**, p. 169-197.
- SHACKLETON, N. J. and OPDYKE, N. D. (1973) Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific Core V 28-238: Oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10<sup>5</sup> year and a 10<sup>6</sup> year scale. *Quaternary Res.*, **3**, p. 39-55.
- 曾屋龍典・佐藤博之 (1980) 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅) 「千歳地域の地質」. 地質調査所, 92 p.
- 隅田まり (1987) 古期アトサヌプリ火山の火砕流堆積物について. 火山学会講演予稿集, 1987, no. 2, p. 36.
- 十勝団体研究会 (1968) 十勝平野の第四系 (第2報). 第四紀研究, **7**, p. 1-14.
- 徳井由美 (1988) 道東地域における樽前 C 火山灰の分布. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 18, p. 182-183.
- 馬追団体研究会 (1983) 北海道中部馬追丘陵南東の中・上部更新統一2つの海進について—. 地球科学, **37**, p. 8-

21.  
 宇野リベカ (1989) テフラからみた羊蹄火山の活動. 日本火山学会講演予稿集, 1989, no. 2, p. 110.  
 浦上啓太郎・山田 忍・長沼祐二郎 (1933) 北海道に於ける火山灰に関する調査 (第1報) 東部胆振国に於ける火山灰の分布に就いて. 火山, 第1集, **1**, p. 44-60.  
 浦上啓太郎・長沼祐二郎・富樫利八 (1933) 北海道に於ける火山灰に関する調査 (第2報). 火山, 第1集, **1**, p. 81-94.  
 浦上啓太郎・山田 忍・長沼祐二郎 (1935) 北海道に於ける火山灰に関する研究 (第3報). 農業及園芸, **10**, p. 715-728.  
 浦上啓太郎・山田 忍・深井 強 (1938) 北海道に於ける火山灰に関する調査 (第4報) 石狩国に於ける火山灰の分布について. 火山, 第1集, **1**, p. 378-384.  
 山田悟郎・和田信彦・赤松守雄 (1980) 北海道渡島半島の第四系より産出する植物化石, 4. 北海道開拓記念館研究年報, **8**, p. 37-49.  
 山田 忍 (1958) 火山噴出物の堆積状態からみた沖積世における北海道火山の火山活動に関する研究. 地団研專報, no. 8, 40 p.  
 山懸耕太郎 (1990) クッタラ火山・支笏火山のテフロクロロジー. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 20, p. 156-157.  
 山懸耕太郎・町田 洋・新井房夫 (1989) 銭亀一女那川テフラ: 津軽海峡函館沖から噴出した後期更新世のテフラ. 地理学評論, **62 A**, p. 195-207.  
 山口昇一・佐藤博之 (1966) 5万分の1地質図幅「上里」および同説明書. 北海道開発庁, 38 p.  
 山口昇一・春日井 昭・田中 実・小久保公司・松澤逸巳・佐藤博之 (1978) 北部十勝の火砕岩類. 地団研專報, no. 22, p. 72-82.  
 矢野牧夫・日下 哉・尾上博幸・大室道夫 (1983) 黒松内低地帯における中部更新統の植物遺体と絶対年代. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 13, p. 106-107.  
 横山卓雄・檀原 徹・山下 透 (1986) 温度変化型屈折率測定装置による火山ガラスの屈折率測定. 第四紀研究, **25**, p. 21-30.  
 吉田充夫 (1982) 北海道十勝地方及び石狩低地帯の鮮新-更新統. 地団研專報, no. 25, p. 105-113.