

瑞浪市化石博物館研究報告 第 49 号, 145–165, 5 figs., 2 tables.

Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, no. 49, 145–165, 5 figs., 2 tables.

©2022, Mizunami Fossil Museum

Manuscript accepted on November 30, 2022; online published on December 27, 2022

<http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:96E0A116-1E57-4C0F-9F00-D3C9593AA860>

濃尾平野臨海部における沖積層・熱田層の広域テフラ層序と 派生した問題

牧野内 猛¹⁾・檀原 徹²⁾・堀 和明³⁾・野々垣 徹⁴⁾

- 1) 元名城大学工学部環境創造学科(名誉教授) 〒458-0021 愛知県名古屋市長区滝ノ水 2-101
シティコーポ滝の水 3-306
- 2) (株)京都フィッション・トラック 〒603-8832 京都府京都市北区大宮南田尻町 44-4
- 3) 東北大学理学研究科地学専攻 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3
- 4) 元名城大学工学部環境創造学科 〒468-8502 愛知県名古屋市長区塩釜口 1-501

Subsurface stratigraphy of widespread tephra in the late Pleistocene to Holocene sediments under the coastal area of Nohbi Plain, and further problems, central Japan

Takeshi Makinouchi¹⁾, Tohru Danhara²⁾, Kazuaki Hori³⁾, and Toru Nonogaki⁴⁾

- 1) Department of Environmental Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Meijo University (Emeritus), 3-306, City Corpo Takinomizu, 2-101, Takinomizu, Midori-ku, Nagoya City, Aichi 458-0021, Japan < takmakgisugiku@ab.auone-net.jp >
- 2) Kyoto Fission-Track Co. Ltd., 44-4 Minamitajiri-cho, Ohmiya, Kita-ku, Kyoto City, Kyoto 603-8832, Japan
- 3) Graduate School of Science, Department of Earth Science, Tohoku University, 6-3 Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai City, Miyagi 980-8578, Japan
- 4) Department of Environmental Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Meijo University, 1-501 Shiogamaguchi, Tenpaku-ku, Nagoya City, Aichi 468-8502, Japan

Abstract

Tephra analysis of borehole core samples (NB core) recovered from the coastal area of Nohbi Plain (Nabeta, Yatomi City, Aichi Prefecture) was performed, and several widespread tephra were identified. Based on the identified tephra, some problems have newly derived. Its contents are as follows.

- 1) Stratigraphy of the NB core consists of the Nan-yo (Holocene), Nohbi and First Gravel (latest Pleistocene), and Atsuta (late Pleistocene) Formations, in descending order.
- 2) Volcanic glass shards in the Atsuta Formation of NB core may be correlated with the BT34 or BT36 tephra in the bottom sediments of Lake Biwa.
- 3) Three ash-fall horizons were identified in the marine clay member of Nan-yo Formation. These are correlated with the Ulreung-Oki (U-Oki), Kikai-Akahoya (K-Ah), and Amagi Kawago-daira (Kg) tephra.
- 4) According to Hori et al. (2019), the First Gravel (=BG) and Nohbi Formations do not appear to date back to about 30 ka.
- 5) Content ratio of volcanic glass shape in muddy sediments suggests that the Nohbi Formation can be divided into the lower half containing the Aira-Tn tephra (AT) and the upper half without AT.

- 6) Thickness from the base to K-Ah horizon in the marine clay of Nan-yo Formation represents a period of time between the beginning of marine clay deposition and the K-Ah ash falling. Thicker localities are distributed along the longitudinal axis of Nohbi Plain. These data imply that the deposition of marine clay started from the longitudinal axis. A similar case is seen in the marine clay of the lower part of Atsuta Formation, where thickness from the base to the Nagashima tephra is greater in the east. It is further problem whether this marine clay began to be deposited from the east side.

Key words: Nohbi Plain, NB core, widespread tephra, AT, Nohbi Formation, content ratio of volcanic glass shape

1. はじめに

濃尾平野臨海部の愛知県弥富市鍋田 (Nabeta) で、沖積層・熱田層のオールコアボーリングが実施され (NB コア (NB Core), Fig. 1), 堆積相解析, ^{14}C 年代測定, 泥分含有率, 電気伝導度, 色調など, 各種の分析が行われた (堀ほか, 2014). その後, 泥質堆積物のテフラ分析も行い, 広域テフラの検出を試みた. その結果, 臨海部において挟在がすでに明らかになっている鬱陵隠岐テフラ (U-Ok; 10.7 ka) と鬼界アカホヤテフラ (K-Ah; 7.3 ka) (牧野内ほか, 2011, 2012) に加えて, さらに新しい天城カワゴ平テフラ (Kg; 3.1 ka) も同定できた (牧野内ほか, 2017). また, 熱田層に含まれる火山ガラス片も対比の可能性が示された. さらに, 広域テフラが同定されたことや新しい資料 (堀ほか, 2019; Maruyama et al., 2019 など) が追加されたことによって, 新たな問題も生まれている. それらは, 1) 第一礫層・濃尾層の年代論, 2) 火山ガラスの形状別比率, 3) 場所によって異なる広域テフラの挟在層準, などである. これらについて, その概要を報告する.

2. 濃尾平野の沖積層

濃尾平野は, 日本有数の沖積平野で, 西縁を画する養老断層の活動によって, 西へ傾動しつつ沈降し, 堆積盆地が形成されている (濃尾傾動地塊; 松沢, 1968; 桑原, 1968). この堆積盆地に, 木曾川, 長良川, 揖斐川などが土砂を供給する一方, 氷河性海面変動の影響も受けて, 寒冷期 (氷河期) に堆積した砂礫層と, 温暖期 (間氷期) の海成粘土層などが互層する地層群が累積している.

これらの地層群は, 上位から, 完新統の南陽層 (A, Nan-yo Form.), 更新統の濃尾層 (N, Nohbi Form.), 第一礫層 (G1, 1st Gravel Form.), 熱田層 (D3, Atsuta Form.), 第二礫層 (G2, 2nd Gravel Form.), 海部累層 (Am, Ama Form.), 第三礫層 (G3, 3rd Gravel Form.), 弥富累層 (Yt, Yatomi

Form.), 第四礫層 (G4, 4th Gravel Form.) などである (Fig. 2). 多くの累層は傾動運動の影響をこうむり, 西に深くかつ厚くなっている (Fig. 3). これらの下位に, 新第三紀後期～第四紀前期の東海層群 (桑原, 1985; 桑原・牧野内, 1988 など) が広がっている. なお, 東海層群から海成の証拠は見出されていない.

濃尾平野の表層を構成する累層は, 南陽層・濃尾層・第一礫層で, これらは沖積層として扱われている.

南陽層 (松沢・嘉藤, 1954) は, 当初, 沖積陸成層, 上部砂層, 中部泥層, 下部砂層, 基底礫層に区分された (井関, 1962). その後, それぞれの部層の実態が明らかになり, 現在では, 沖積陸成層・上部砂層・中部泥層にあたる部分が南陽層, 下部砂層は濃尾層, そして基底礫層が第一礫層とよばれている (濃尾平野第四系研究グループ, 1977 など).

南陽層は, 主に, 上部は砂層, 中・下部が海成粘土層からなる (Fig. 3). 海成粘土層には, その基底部に U-Ok, 中・上部に K-Ah がはさまれており (Fig. 3), 木曾岬干拓地 (Kisozaki Polder), 鍋田 (Nabeta), および木場 (Kiba), 南陽層基底の年代はおよそ 11 ka である (牧野内ほか, 2001).

濃尾層 (古川, 1972) は, 上述のように, 当初は南陽層の下部砂層とされたが, 標準貫入試験では高い N 値を示すことから, 南陽層とは区別された. 濃尾層は主に砂層と泥層からなるが (Fig. 3), 砂層はよく締まっており, $30 \leq N$ が多い. 含まれる火山ガラス片については, その屈折率・形状, および多元素同時分析結果から, 始良 Tn テフラ (AT; 30 ka, Smith et al., 2013), 御岳第 1 テフラ (On-Pm1; 100 ka), および恵比寿峠福田テフラ (Ebs-Fkd; 1.75 Ma) と特定された (Maruyama et al., 2019). 含まれるテフラの中で最も新しいのは AT であるから, 濃尾層の年代は AT より古くはならないことになる.

第一礫層 (井関, 1956) は, 沖積層の基底礫層 (BG) にあたる (Fig. 3). 帯水層でもあり, 井戸を掘った時, 最初に当たる礫層ということで, この名称が与えられたという (桑原, 1985). 第一礫層の年代については, 最終氷期の最大海面低下期に対応して 20 ka 頃 (桑原, 1985 など) という見解と, 海面低下過

程における「延長河床礫」(牧野内, 2006)との観点から 30~35 ka(牧野内ほか, 2001)という見解とがある。

なお、沖積層に挟在する広域テフラについては、上記のほか、平野西縁部の桑名市汰上(Yuriage)で Kg と K-Ah(中西・竹村, 2015), 海津市南濃町(Nan'no-cho)で K-Ah(中西・竹村, 2015), 平野東

南端部の名古屋市南区大江町(Ohe-cho)で K-Ah(牧野内ほか, 2013)が検出されている。また平野東縁部の春日井市松河戸遺跡(Matsukawado)では三瓶・太平山火山灰層あるいは Kg に対比される可能性もある火山灰層が検出されている(森ほか, 1990)。なお、それぞれの場所は、Fig. 1 に示されている。

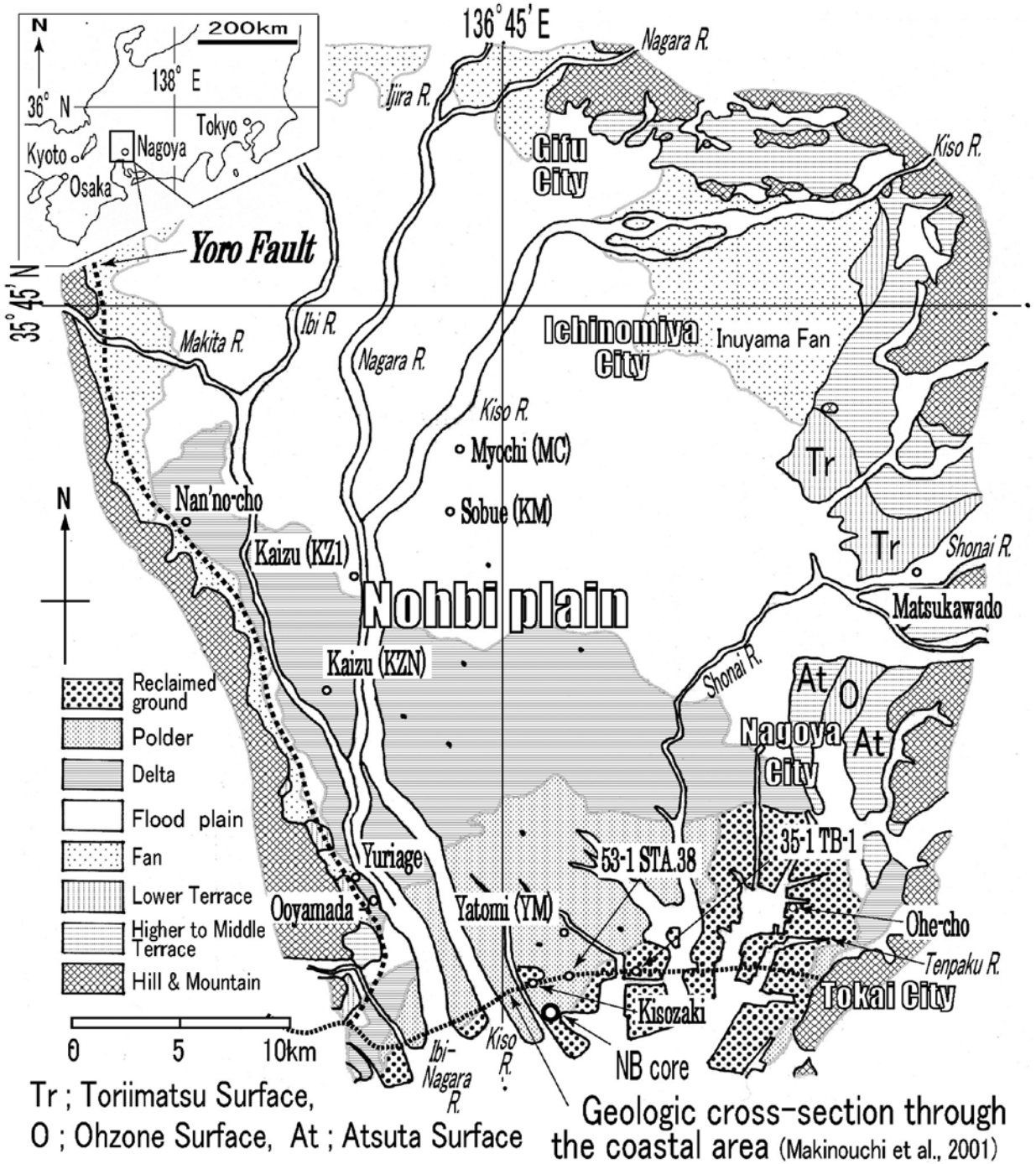
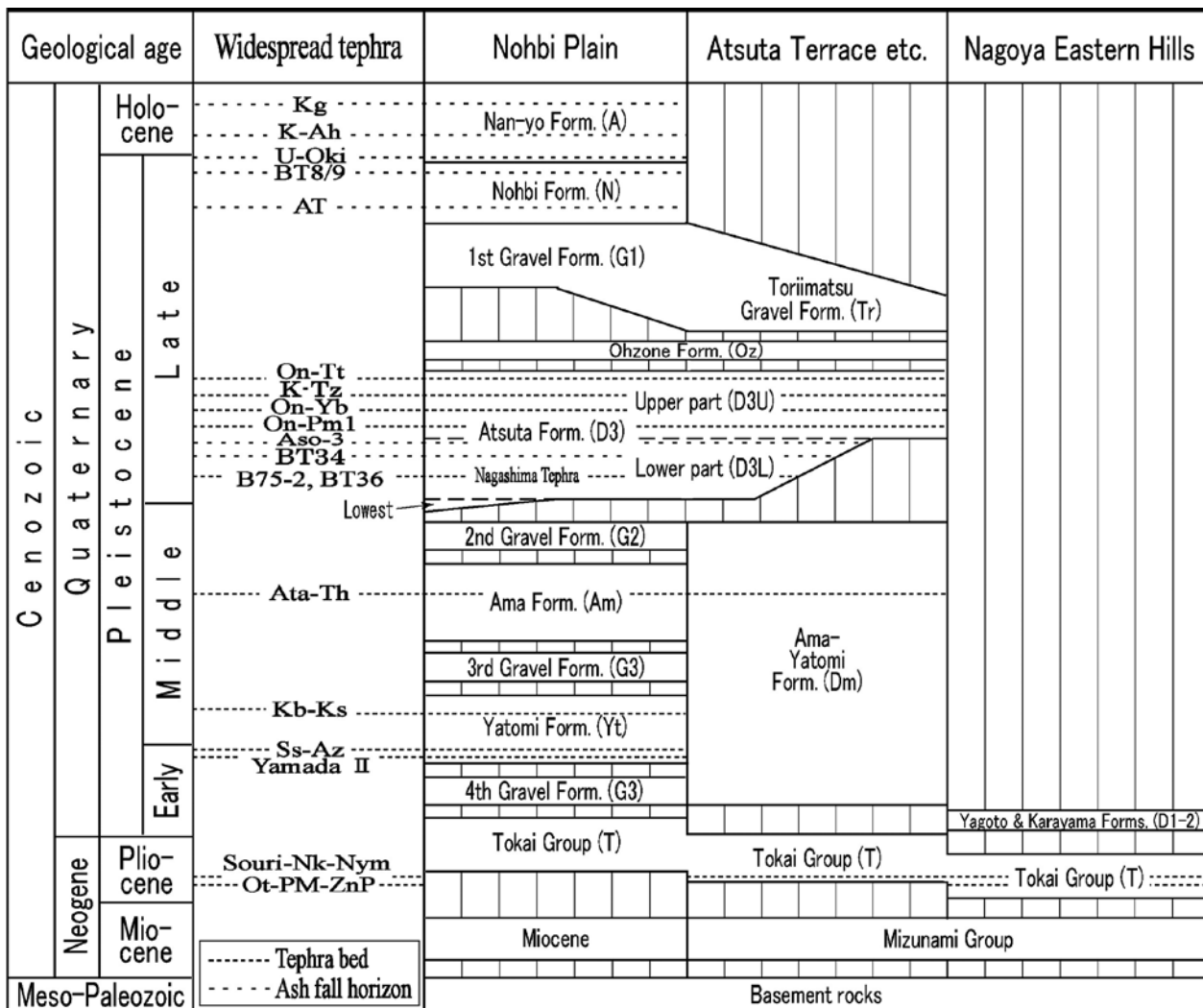


Fig. 1. NB コアの掘削サイト, 地質断面図の位置, および本稿で言及する地名. 濃尾平野の地形(牧野内ほか, 2013)に加筆.

Fig. 1. NB core drilling site, location of the geologic cross-section, and other localities mentioned in this paper. These items are added on a topographic map of the Nohbi Plain (Modified after Makinouchi et al., 2013).



References of the widespread tephtras K-Ah, U-Oki, BT8/9, BT34, and BT36; Makinouchi et al. (2001) etc. On-Tt and On-Pm1; Kobayashi et al. (1967). K-Tz; Suwa et al. (1995). On-Yb; Mizuno (1996). Aso-3; Miyakawa & Yoshikawa (1996). B75-2; this paper. Ata-Th & Yamada II; Furusawa (1990). Kb-Ks and Ss-Az; Sugai et al. (1999). Souri-Nk-Nym; Kurokawa et al. (1998). Ot-PM-ZnP; Kurokawa & Tomita (1998).

Fig. 2. 濃尾平野地下および周辺地域の層序. 牧野内ほか(2013)を一部修正. 下段の文献は, 牧野内ほか(2013)を参照.

Fig. 2. Stratigraphy of the subsurface Nohbi Plain and the surrounding areas (Makinouchi et al., 2013, slightly revised). References below the chart are shown in Makinouchi et al. (2013).

3. NB コアの層序, テフラ分析結果

3.1 NB コアの層序

オールコアボーリング (NB コア) が実施された地点は, 濃尾平野臨海部の木曾川河口左岸に位置する弥富市鍋田町 (北緯 35°02'27", 東経 36°43'31"; Figs. 1, 3) で, 標高が -1 m, 掘削長は 63 m である.

このコアの層序は, Fig. 4 に示されるように, 下位から, ユニット NB1~NB7 の 7 つに区分され (堀ほか, 2014), NB1, 3, 4, 5, 6 はおもに泥層, NB2 は砂礫層, 最上部の NB7 は砂層からなる. NB1 は熱田層, NB2 は第一礫層, NB3 は濃尾層, そ

して NB4~NB7 が南陽層に相当する. 各ユニットの層相, 電気伝導度, 含有化石, ¹⁴C 年代, 堆積環境などは, 堀ほか(2014) が詳細に記述している.

3.2 NB コアのテフラ分析結果

3.2.1 分析方法

テフラ分析は, まず, 半裁したコアをひとつお肉眼で観察し, 含有物, 挟在層, 層相の特徴などを記載した. そのあと, 泥質の層準 (深さ 9 m 以深) を厚さ 20 cm ずつに区切り, コアの芯の部分の部分を連続的に薄く剥ぎ取って, 分析に供する合計 189 個の試料を得た.

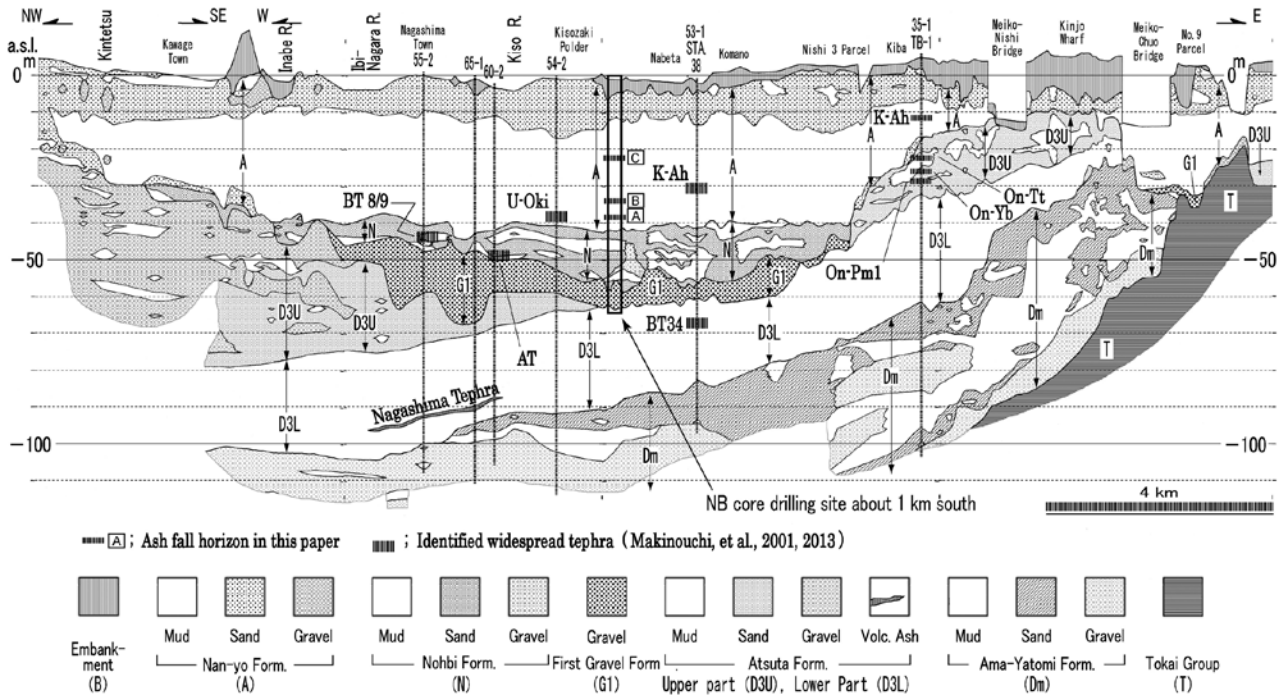


Fig. 3. NB コアの位置, 本稿で検討される降灰層準 (A, B, C), およびすでに同定されている広域テフラ (牧野内ほか, 2001). 濃尾平野臨海部の東西地質断面図 (牧野内ほか, 2001) に加筆. 断面図の位置は Fig. 1 に示される.

Fig. 3. NB core drilling site projected on the cross section (about 1km south from this section), ash fall horizons discussed in this paper (A, B and C), and widespread tephra already identified (Makinouchi et al., 2001). These items are added on the E-W cross-section of the coastal area of Nohbi Plain (Makinouchi et al., 2001). The location of section line is shown in Fig. 1.

試料に含まれる火山ガラスや鉱物のうち、篩別した粒子 (粒径 1/8~1/16 mm) を対象にして、火山ガラスの含有率・形状・屈折率、鉱物組成を分析した。

火山ガラスの含有率と鉱物組成は、檀原 (1993) に準拠して、火山ガラス、軽鉱物、重鉱物、岩片などを区別するとともに、重鉱物については主要な鉱物であるカンラン石 (Ol), 斜方輝石 (Opx), 単斜輝石 (Cpx), 褐色普通角閃石 (Bhb), 緑色普通角閃石 (Ghb), 不透明鉱物 (Opq), カミングトン閃石 (Cum), ジルコン (Zr), 黒雲母 (Bt), アパタイト (Ap) を区別した。そして、これらの比率を求めた。

火山ガラスの形状は、吉川 (1976) に準拠し、扁平型 (Ha, Hb), 多孔質型 (Ta, Tb), 前二者の中間型 (Ca, Cb) に分類した。さらに、これらに分類できないガラス片は不規則型 (Ir) として区別した。そして、これらの比率を求めた。

火山ガラスの屈折率は、檀原 (1993) に準拠して、温度変化型屈折率測定装置 (RIMS) を用いて、50 個以上のガラス片を測定した。

3.2.2 分析結果

分析結果は、Appendix tables 1, 2 に示され、火山ガラス含有率および屈折率のヒストグラムが、Fig. 4

に示される。以下、それぞれについて、項目を設けて詳細に見ていく。

3.2.3 火山ガラスの含有率

火山ガラスの含有率 (%) の詳細は、Appendix table 1 の左側の Mineral Composition の G1 列、そのヒストグラムは Fig. 4 に、それぞれ示される。

火山ガラスの含有率を下位から見ると、熱田層にあたる 60 m 以深では、最大 4.0% (深さ 61.0~61.2 m) である。

第一礫層より上位 (深さ 50 m 以浅) では、深さ 40 m まではほとんど 5.0% 以下であるが、38 m で少し高く (最大 7.0%) なったのち低くなり、34 m で 32.0%, 69.5% と急激に高くなり、上方に次第に低くなる。そして 23 m で再び高くなり 11.0% に達している。

含有率が相対的に高い層準は、下位から、深さ 38.4~38.0 m で 6.5~7.0%, 34.4~34.0 m で 32.0% および 69.5%, そして 23.0~22.8 m で 11.0% である (Appendix table 1, Fig. 4)。これらを議論の便宜上、下位から、層準 A, B, および C とよぶことにする。それぞれの層準の直下の含有率については、層準 A 直下が 1.0~5.5% (40.0~38.4 m, 平均 3.0%), 層準 B 直下は 0.5~1.5% (35.0~34.4 m, 平均 1.0%), そして層準 C が 2.5~6.0% (24.0~23.0 m,

平均 3.8%)となっている。したがって、層準 A~C は、下位の層準より、いずれも 2 倍以上の高い含有率になっている。層準 A は南陽層の基底部、層準 B は下部、そして層準 C は中部にあたる。

3.2.4 火山ガラスの屈折率

火山ガラスの屈折率の詳細は Appendix table 2 に、またそのヒストグラムは Fig. 4 に、それぞれ示される。なお、深さ 20 m 以浅では火山ガラスの含有率が非常に低いので(1.0%程度以下)、含有率が高い 5 層準を選択的に測定している。また、ヒストグラムは深さ 20 m 以深では厚さ 1 m の間隔にまとめてある。

最下部の熱田層(60 m 以深)では、 $n=1.522\pm$ のガラス片が多く、このほか $n=1.500\pm$ も若干みられる。濃尾層では $n=1.500\pm$ が圧倒的に多い。南陽層の基底部~下部では、 $n=1.523\pm$ のガラス片が突然現れ、34 m 付近で突然消える。 $n=1.500\pm$ もかなり含まれている。南陽層下部の深さ 35 m 付近から $n=1.512\pm$ が突然現れ、上位に向かって 20 m 付近まで続いて消える。南陽層中部の 24 m 付近からは $n=1.503\pm$ が増え始め、深さ 16 m 以浅では断続的になる。以上、頻出する屈折率は、低い方から、 $n=1.500\pm$ 、 $n=1.503\pm$ 、 $n=1.512\pm$ 、そして $n=1.522\pm$ などである。

3.2.5 火山ガラスの形状

火山ガラスの形状の分析結果は、Appendix table 1 の Glass shape (%) 欄に示されているので、下位の層準から見ていく。

熱田層(深さ 63.0~60.2 m)では、不規則な形状の It 型が 70~90%を占めており、扁平な H 型、多孔質の T 型、および両者の中間的な C 型は、20%に満たない。濃尾層(深さ 50.0~41.4 m)では、It 型が 60%を越える層準もあるのに対し、H 型は 40%前後以下である。C および T 型については、多くが 20%前後以下である。南陽層下部(深さ 41.4~35.0 m)では、T 型が 40~80%を占め、そのほかの型は 20%以下であるが、H 型は上位に向かって増加している(40%以下)。南陽層中部(深さ 35.0~24.0 m)では、H 型が 40~80%を占めるが、そのほかの型は 20%程度以下がほとんどである。南陽層上部(深さ 24.0 m 以浅)では、深さ 23.2~22.0 m で T 型が突発的に増加する(40~70%)ものの、さらに上位では H 型が卓越している(20~60%)。

なお、注目される層準については、考察の 4.4 項で詳述する。

4. 考察

前節で、テフラ分析の結果を述べたが、これに基づき、テフラの降灰層準、広域テフラの同定、そして

同定できたことによって生まれた問題などについて検討する。

4.1 NB コアの降灰層準の検討

コアの肉眼観察では、火山灰の純層は見当たらず、また、火山灰質である層準も明瞭ではない。そこで、火山ガラスの含有率を基に降灰層準を検討する。火山ガラスの含有率が高い層準は、前節で述べたように 3 層準が認められる(Figs. 3, 4, Appendix table 1)。

層準 A は、上述のように、含有率が 6.5~7.0%で、直下の 40.0~38.4 m は平均 3.0%であるので、有意に高くなっているといえる。直上(38.0~37.0 m)は平均 2.9%でやや低くなる。

層準 B は、32.0%、69.5%と著しく高い。直下の 35.0~34.4 m は平均 1.0%であるので、急激に高くなっている。直上(34.0~33.0 m)は平均 14.9%で、上位に向かって次第に低くなっている。

層準 C は、23.0~22.8 m で 11.0%、その上位で 4.0~6.5%とかなり高くなっている。直下の 24.0~23.0 m は平均 3.8%であるので、有意に高くなっているといえる。直上(22.0~21.0 m)は平均 2.1%でかなり低くなる。

以上のように、層準 A~C は、含有率が直下より有意、あるいは著しく高くなっている。また、ヒストグラム(Fig. 4)でも、層準 B は明確なピーク、層準 A と C もピークを作っていると読み取ることができる。したがって、層準 A~C は、降灰層準と認定される。

なお、深さ 49.4~43.0 m は、含有率がやや高い層準(最大 2.5%)もあるが、ピークを作っているとは言い難いので、降灰層準と認めるのは困難である。

4.2 NB コアの広域テフラ同定

前項で降灰層準を認定したが、これらがいずれの広域テフラか、火山ガラスの屈折率や形状などをもとに検討する。なお、形状については、後段でやや詳しく検討する。また、広域テフラの諸データは、とくに断らない限り町田・新井(2003)を参照する。

ヒストグラムに認められる屈折率の系列は、前項で述べたように、低い方から、 $n=1.500\pm$ 、 $n=1.503\pm$ 、 $n=1.512\pm$ 、そして $n=1.522\pm$ などである。

最初に、降灰層準ではないが熱田層に含まれる $n=1.522\pm$ のガラス片について、検討する。熱田層下部(D3L、海成粘土層)には、琵琶湖底の BT36 に対比される火山灰層(濃尾平野地下では「長島テフラ」と呼称(牧野内ほか, 2013), Fig. 3)がはさまれ、その上位には BT34 に対比される火山ガラス片も含まれている(牧野内ほか, 2001, 2013)。NB コアのガラス片は、不規則な It 型が圧倒的に多く、次いで多孔質の Ta・Tb 型である。扁平な Ha・Hb 型や中間的

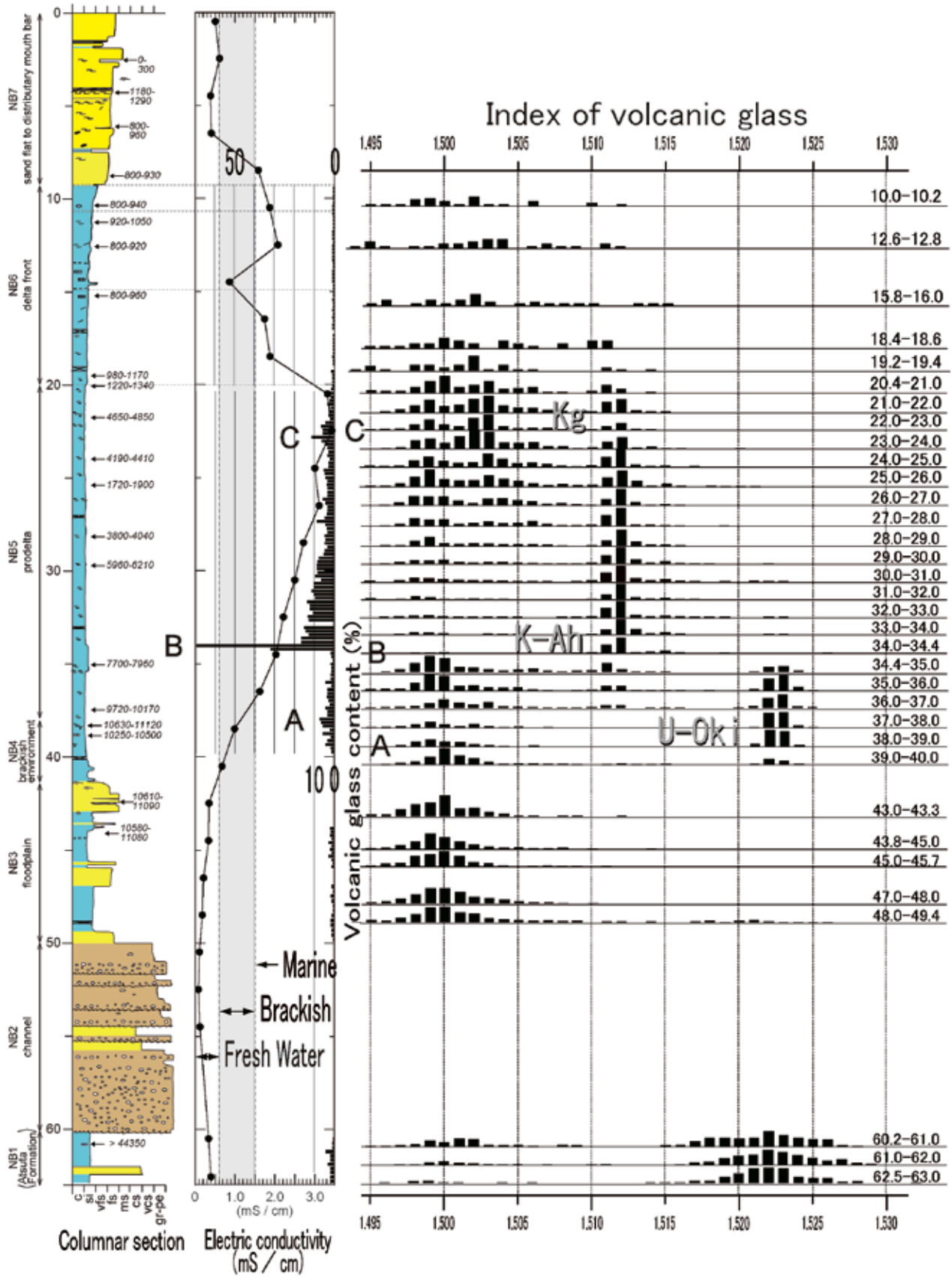


Fig. 4. 火山ガラスの含有量と屈折率, および本稿で検討される降灰層準(A, B, および C). 堀ほか(2014)の柱状図(NBコアの岩相層序・電気伝導度・¹⁴C年代)に加筆.

Fig. 4. Content and refractive index of volcanic glass within muddy core sample and ash-fall horizons discussed in this paper (A, B, and C). These items are added on the columnar section (Hori et al., 2014: lithostratigraphy, electric conductivity, and ¹⁴C age of the NB core).

な Ca・Cb 型はほとんど含まれていない。BT36 や BT34 の火山ガラスも T 型・It 型で特徴付けられ、形状も類似している。したがって、NB コアのガラス片は、上記のいずれかに対比される可能性が高い。

なお、D3L の年代 (110–130 ka; 牧野内ほか, 2001) は、大阪湾では Ma12 にあたる。その Ma12 には含まれる火山灰層としては、下位から、南港 I, II, III (Nanko-I, II, III) がある (吉川ほか, 1993)。これらのなかで、 $n=1.522\pm$ のガラス片を含むのは、南港 II・III である。重鉍物組成については、NB コアは泥質堆積物のため、再堆積の可能性のあるものの、Opx > Cpx (斜方輝石 > 単斜輝石) で、南港 II・III のそれと一致し、ガラスの形状も T 型が多い。このことから、NB コアのガラス片は、南港 II・III のいずれかに対比される可能性がある。

さらに、長橋ほか (2004, 2007) は、南港 II (Nk-II) を長野県の高野層 (湖成層) には含まれる TKN3301 に、また南港 III (Nk-III) を BT36 および TKN3254 に、それぞれ対比し、箱根火山起源の可能性を指摘している。

つぎに、南陽層の中で降灰層準とした A~C について検討する。

まず、深さ 39.0~38.0 m の層準 A についてみる。火山ガラスの屈折率は、 $n=1.522\sim 1.523$ が圧倒的に多い。この値は U-OkI のそれ ($n=1.518\sim 1.524$) と一致する。火山ガラスの形状は、扁平な Ha・Hb 型が少なく、多孔質の Ta・Tb 型が卓越する (Appendix table 1 の Glass Shape 列)。これは U-OkI のパミス型 (pm; 町田ほか, 1980) と一致する。近接する平野臨海部の断面でも、南陽層基底部分で U-OkI が検出されており (Fig. 3; 牧野内ほか, 2001)、挟在層準も南陽層基底部分という点で一致する。以上の点から、層準 A は U-OkI と特定できる。

つぎに、深さ 34.0~34.4 m の層準 B は、火山ガラスの屈折率が $n=1.511\sim 1.512$ およびその前後に限られており、ほかの屈折率を有すガラス片はない。この値は K-Ah の範囲 ($n=1.508\sim 1.516$) に含まれている。火山ガラスの形状は、Ha・Hb 型が圧倒的に多く、次に Ta・Tb 型、そして扁平と多孔質の間である Ca・Cb 型の順となっている。これは K-Ah と同じである。近接する平野臨海部の断面でも、南陽層中部で K-Ah が検出されており (Fig. 3; 牧野内ほか, 2001)、挟在層準としても矛盾はない。以上の点から、層準 B は K-Ah と特定できる。

最後に、深さ 22.0~23.0 m の層準は、火山ガラスの屈折率は、 $n=1.502\sim 1.503$ が圧倒的に多い。このほか $n=1.498\sim 1.500$ もかなり含まれる。この範囲に含まれる広域テフラとしては、Kg ($n=1.495\sim 1.503$) があり、その範囲と重なる。また、嶋田 (2000) のカワゴ平降下軽

石層 (KGP) の Unit 7A の範囲 ($n=1.498\sim 1.503$) と一致する。火山ガラスの形状は、Ta・Tb 型が圧倒的に多く、軽石型を主とする Kg の特徴 (嶋田, 2000) と同じである。重鉍物についてはテフラ起源と断定はできないが、試料の組成は、 $Bt \gg B\text{Hb} \cdot \text{GHb} > \text{Opx} > \text{Opq}$ (黒雲母 > 褐色普通角閃石・緑色普通角閃石 > 斜方輝石 > 不透明鉍物) である (Appendix table 1)。Kg の重鉍物組成は $ho > \text{opx}$ (普通角閃石 > 斜方輝石) であり (嶋田, 2000)、層準 C も含有関係は同じである。以上の点から、層準 C は Kg と特定するのが妥当と判断される。この挟在層準は U-OkI や K-Ah より上位にあることから、挟在する層準としても矛盾はない。

なお、広域テフラの特定については、精度をより高めるために、今後、火山ガラスの化学組成などに基づく検討が必要であろう。

4.3 第一礫層 (G1)、濃尾層の年代論

既述 (第 2 節) のように、濃尾層には AT 起源の火山ガラスが含まれており、その年代は AT 噴出時より古くならないことが明らかになった。そこで、濃尾層とその下位の第一礫層 (G1=BG) の年代について検討する。

この問題については、堀ほか (2019) が、オールコアボーリングの試資料、 ^{14}C 年代 (暦年校正)、世界的な海面変動などのデータを数多く用いて、多面的に検討し、以下の諸点を指摘している。

1) 濃尾層に相当する層準の ^{14}C 年代は、伊勢湾奥部で 24~22 ka、臨海部で約 19 ka、内陸側で 12 ka、9.3 ka、9 ka などの値が報告されており (岩淵ほか, 2000; 山口ほか, 2003; 大上ほか, 2009; Hori et al., 2011; 堀ほか, 2014)、上流に向かって新しくなっていることを示唆している。しかし、その数は必ずしも多くなく、また、腐植土や有機質堆積物の試料は、貝殻などに比べて古い年代値が出やすいことにも注意を要する。

2) 河道縦断形の形成シミュレーション (山本ほか, 1993) に基づいて、砂利を G1、砂を濃尾層とみなせば、G1 の堆積終了と濃尾層の堆積開始は上流に向かって若くなる。これは牧野内ほか (2001) の見解と異なる。

3) 1000 年間隔の等時間線を書き入れた濃尾平野縦断方向の地形地質断面図 (大上ほか, 2009) における 9 ka、10 ka の深度と、濃尾層に相当する地層が薄い (15 m 以下) ことを対照すると、11 ka 以前に濃尾層の堆積が活発に行われていた可能性は低い。

4) G1 の形成期を 30~20 ka と仮定すると、この頃の海面レベルは -130~-110 m と推定されている (Lambeck et al., 2014)。ところが G1 基底面は -60

～70 mにあるので、当時の海面レベルより30～60 mほど高いレベルで堆積していたことになる。

これらの指摘からは、濃尾層やG1の年代が、牧野内ほか(2001, 2006)の想定する30 kaをはさむ年代にまで遡る可能性は低いように見受けられる。ただし、堀ほか(2019)も述べているように、データのさらなる蓄積が必要と判断される。

4.4 NB コアに含まれる火山ガラスの形状別比率

前項で議論した濃尾層の年代とも関連するが、泥質コアに含まれる火山ガラスはどのような形状のものが多いのか(形状別比率)、注目する層準について、ヒストグラムで示したものがFig. 5である。この図には、ATが含まれている伊勢湾岸道路のNohbi 60-2・Nohbi 38-54 試料(Maruyama et al., 2019)の形状別比率も、下段に示される。図から明らかなように、層準によって変異がかなり大きいことが読み取れる。以下、それぞれの層準について上位から見ていく。なお、広域テフラの諸データは、とくに断らない限り町田・新井(2003)に従う。また、Nohbi 60-2・38-54 試料にも言及するので、濃尾層については、深さの比較のために、標高も表示する。

なお、Fig. 5の基になった数値データは、Appendix table 3に示される。この表はAppendix table 1から該当部分を抜き出したものである。

1) 深度 22.0～23.0 m

この層準は、Kgの降灰層準で、形状別比率は、多孔質のT型が多く、続いて扁平なH型、そして中間的なC型、つまりT>H>Cの組み合わせである。本稿ではこれを、議論の便宜上、「T>H>C相(facies)」とよぶことにする。Kgの火山ガラスは軽石型(pm)(嶋田, 2000)で、試料の火山ガラスもT型が多く、特徴は一致する。

2) 深度 34.0～35.0 m

この層準は、K-Ahの降灰層準とその直下で、形状別比率は、H型が圧倒的に多く、ほかにT型を含む。上述の表現法を用いれば、H≫T相である。K-Ahの火山ガラスはバブルウォール型 bw(=H型)、パミス型 pm(=T型)で特徴付けられるが、試料の火山ガラスもH≫T相で、T型がやや少ないものの、K-Ahの特徴を有している。この傾向はKgの降灰層準まで続いており(Appendix table 1)、K-Ahの火山ガラス片が漂っていたことがうかがえる。屈折率のヒストグラム(Fig. 4)からも容易に類推できる。

3) 深度 35.0～39.0 m

この層準は南陽層の下部で、基底の深度38.0～39.0 mがU-Okiの降灰層準である。形状別比率はT型がかなり多く、続いてH型のT>H相である。U-Okiの火山ガラスはpm型で特徴付けられ、こ

の層準もT型がかなり多く、特徴は一致する。降灰層準より上位でも同じ相を示すので、K-Ahと同様に、U-Okiの火山ガラス片も漂っていたことがうかがえる。屈折率のヒストグラム(Fig. 4)ではさらに明瞭である。

4) 深度 39.0～43.25 m(標高—40.0～—44.25 m)

この層準は、南陽層基底部～濃尾層上部で、両累層の境界(深度41.4 m=標高—42.4 m)をはさんでいる。形状別比率は不規則型(It)が圧倒的に多いIt相である。淡水成(濃尾層)から汽水成(南陽層)への環境変化を伴う累層の境界をはさんでも、形状別比率はまったく同じなので、NBコアにおいては、境界に大きな時間間隙が無いことを示唆している。

5) 深度 43.8～49.4 m(標高—44.8～—50.4 m)

この層準は濃尾層である。形状別比率はIt型が多く、続いてH型、そしてC型のIt>H>C相である。このコアの約1 km北にあたる伊勢湾岸道路の濃尾層(Nohbi 60-2・Nohbi 38-54 試料)にはATが含まれている(Maruyama et al., 2019)ので、この層準でもATの含有が期待できる。しかしながら、火山ガラスの形状はIt型がかなり多く、ATの特徴であるpm(=T型)およびbw(=H型)は含まれてはいないので、多いとは言えず、ATの特徴は認めがたい。また、対比の可能性が指摘されたBT 8/9(牧野内ほか, 2001, 2006)はT>C相であるので、これとの類似性も認められない。

6) Nohbi 60-2(深度 46 m, 標高—51 m)

Maruyama et al. (2019)によって明らかになったATを含む試料のうち上位のものである。含まれる火山ガラスの形状別比率は、H型がかなり多く、続いてC型>T型のH>C>T相である。ATはpm(=T型)およびbw(=H型)を含むが、試料にもその特徴が認められる。この試料は深度46 m(標高—51 m)の標準貫入試験試料で、NBコアの濃尾層試料よりも深いレベルにある。

7) Nohbi 38-54(深度 54 m, 標高—56 m)

Maruyama et al. (2019)によって明らかになったATを含む試料のうち下位のものである。含まれる火山ガラスの形状別比率は、H型がかなり多く、続いてT型>C型のH>T>C相である。60-2試料と同様に、ATの特徴が認められる。38-54は深度54 m(標高—56 m)の標準貫入試験試料で、NBコアの濃尾層試料や60-2よりもさらに深いレベルにある。

なお、Nohbi 60-2・38-54は、ATのほかにも、On-Pm1, Ebs-Fkdも含まれている(Maruyama et al., 2019)。On-Pm1の火山ガラスはpm, (bw)で、またEbs-Fkdはpm, bwで、それぞれ特徴付けられるが、両試料とも同様の特徴を備えている。

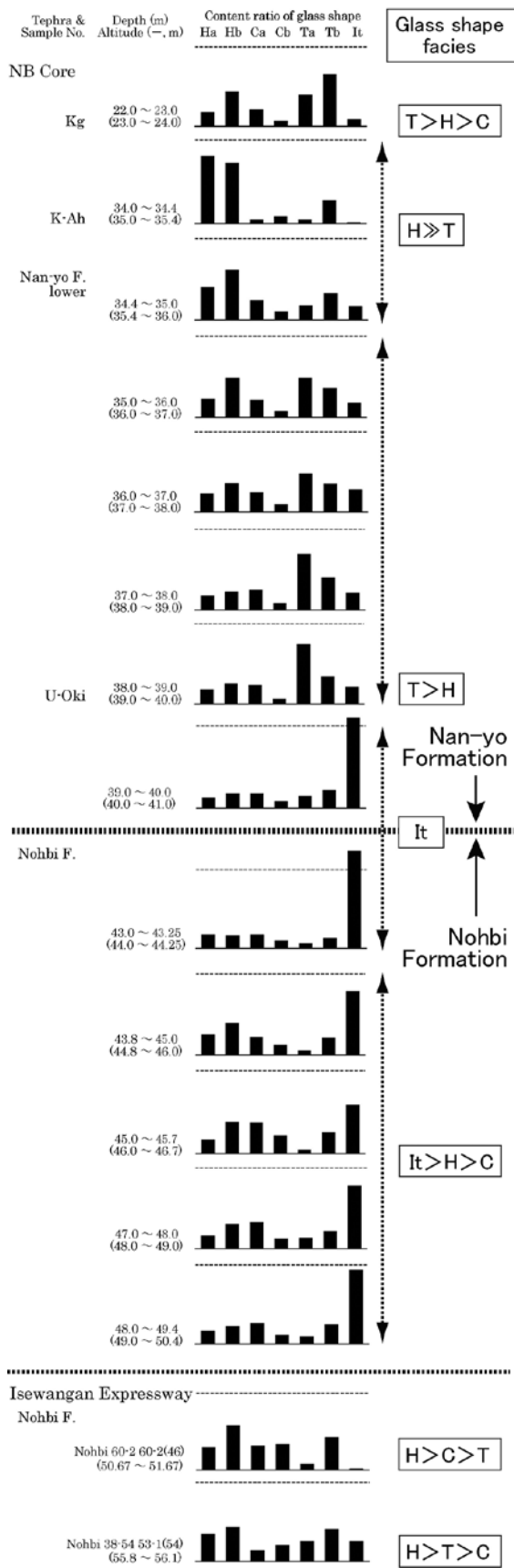


Fig. 5. NB コアと関連する試料に含まれる火山ガラスの形状別比率ヒストグラムの水平線は含有率 50%を示す。数値データは、Appendix table 3 に示される。

8) 濃尾層の火山ガラスの形状別比率

Fig. 5 のヒストグラムから明らかなように、濃尾層における NB コアの形状別比率と Nohbi 60-2・38-5 のそれとは、様相が著しく異なる。NB コアでは It 型が多く H 型が少ないのに対し、Nohbi 60-2・38-5 では H 型が多く It 型は少ない。形状別比率に同一性が認められる濃尾層から南陽層への累層境界(上述の 4)項)と対照すれば、NB コアの層準と Nohbi 60-2・38-5 のそれとは別の累層と捉えても違和感を感じない。濃尾層全体(Fig. 3)で見ると、試料の標高の相違から、NB コアはその上半部の層準にあたり、Nohbi 60-2・38-5 は下半部といえる。したがって、濃尾層の中で AT が含まれる層準は下半部のみであることを示唆する。下半部に含まれる AT が二次堆積であることを否定はできないが、一方で、一次堆積(すなわち降灰層準)である可能性も残されている。

4.5 場所によって異なる K-Ah の挟在層準

K-Ah は、南陽層下半部の海成粘土層には含まれているが、Fig. 3 に示されるその挟在層準は、東に向かってより上位になっている。

K-Ah は海成粘土層には含まれているので、降灰した当時、海成粘土層からなる海底に堆積したことになる。海成粘土層の堆積速度が場所によって大きく異ならないとすれば(Table 1), 海成粘土層基底から K-Ah 層準までの厚さは、海成粘土層の堆積開始から K-Ah 降灰(=堆積)までの時間を表す。したがって、海成粘土層がより厚い場所ほどより早期に堆積を開始したことになる。

そこで、資料は必ずしも多くはないが、K-Ah 層準が海成粘土層の基底からどの程度の上位に挟まれているか、求めてみたのが Table 2 である。この表は左から厚い順に並べてある。相対的に厚い場所(S1, KM, YM, 53-1 など)の位置を Fig. 1 で確認すると、S1 を除き、濃尾平野縦断方向の地形地質断面図(大上ほか, 2009)の断面線の周辺に集まる。このことは、現在の木曾川に沿った濃尾平野の縦断方向の中軸部から、海成粘土層の堆積が始まったことを意味する。

Fig. 5. Percentage of volcanic glass by shape of the NB core and related samples. A horizontal line on the histogram indicates 50% of content. Numerical data are presented in Appendix table 3.

Table 1. 濃尾平野における完新世海成粘土層の堆積速度. それぞれの場所は Fig. 1 に示される.

Table 1. Sedimentation rate of the Holocene marine clay member in the Nohbi Plain. These localities are shown in Fig. 1.

Locality along the Kiso River	NB (Nabeta) Downstream	Yatomi (YM) Downstream	Ooyamada (OY) Downstream	Sobue (KM) Midstream	Kaizu (Akie, KZ1) Midstream	Kaizu (Fukue, KZN) Midstream
Top horizon						
Depth or Altitude (m)	-20.5	16.6	17.3	20.6	19.8	17.8
¹⁴ C age (ka)	1.0-1.2	1.3-1.5	4.1-4.3	5.5-5.9	3.9-4.3	4.0-4.3
Base horizon						
Depth or Altitude (m)	-38.5	38.2	32.5	23.4	29.1	31.2
¹⁴ C age (ka)	9.7-10.2	10.1-10.3	10.2	6.6-6.9	7.3-7.6	9.0-9.2
Thickness (m)	18.0	21.6	15.2	2.8	9.3	13.4
Age of top horizon (ka)	1.1	1.4	4.2	5.7	4.1	4.2
Age of base horizon (ka)	10.0	10.2	10.2	6.8	7.5	9.1
Age interval (ky)	8.9	8.8	6.0	1.1	3.4	4.9
Sedimentation rate (m/ky)	2.0	2.5	2.5	2.5	2.7	2.7
Reference	Hori et al. (2014)	Ogami et al. (2009)	Yamaguchi et al. (2005)	Ogami et al. (2009)	Yamaguchi et al. (2005)	Ogami et al. (2009)

Table 2. K-Ah 層準の海成粘土層基底からの厚さ(m). それぞれの場所は Fig. 1 に示される.

Table 2. Thickness (m) from the base to K-Ah horizon in the marine clay. These localities are shown in Fig. 1.

Core	S1 (Nan'no-cho)	KM	YM	53-1 (STA.38)	Yuriage (200)	NB	KZN	OY (Ooyamada)	Ohe-cho	35-1 (TB-1)	KZ 1	MC (Myochi)
Reference	Nakanishi & Takemura (2015)	Ogami et al. (2009)	Ogami et al. (2009)	Makinouchi et al. (2001)	Naruhashi et al. (2004)	This paper	Ogami et al. (2009)	Yamaguchi et al. (2003)	Makinouchi et al. (2013)	Makinouchi et al. (2001)	Yamaguchi et al. (2003)	Ogami et al. (2009)
Locality within the Nohbi Plain	Western margin	North central	South central	South central	South-western margin	South central	Western margin	South-western margin	South-eastern margin	South central	North west	North central
Altitude of the boring site (m)	(+) 0.30	(+) 3.25	(-) 1.55	(-) 1.4	(+) 1.3	(-) 1.0	(+) 0.69	(+) 1.53	(+) 1.9	(+) 5.7	(+) 1.9	(+) 4.25
Altitude of top level of the marine clay (-, m)	11.3	14.7	18.0	13.0	6.9	10.3	13.5	12.3	3.7	6.2	15.2	11.6
Altitude of base level of the marine clay (-, m)	40.7	32.8	44.5	41.3	29.8	42.4	33.5	30.2	13.2	16.3	29.6	17
Altitude of K-Ah horizon (-, m)	21.2	21.3	33.1	30.8	21.3	35.0	27.5	25	5.1	12.0	25.6	13.5
Thickness of the marine clay bed (m)	29.4	18.1	26.5	28.3	22.9	32.1	20	17.9	9.5	10.1	14.4	5.4
K-Ah Horizon from the base (m)	19.5	11.5	11.4	10.5	8.5	7.4	6	5.2	4.4	4.3	4	3.5

Fig. 3 に示される K-Ah 挟在層準の場所による相違は、見かけ上、海成粘土層の堆積は東部からとの印象を抱かせる。しかしながら、より広い範囲で挟在層準を吟味すると、上述のように、海成粘土層の堆積は、木曾川に沿った平野の中軸部から始まったことが認められる。

いっぽう、熱田層下部 (D3L) の海成粘土層にはさまれる長島テフラ (Fig. 3) についても、同様な状況が認められ、海成粘土層基底からの厚さは東部の方がより大きいことが示されている (牧野内ほか, 2013; Fig. 7, 牧野内, 2017; Fig. 11)。この場合、D3L の海成粘土層の堆積が、東部から始まった可能性については、今後の検討課題である。

5. まとめ

濃尾平野臨海部の弥富市鍋田 (なべた) で行われた沖積層・熱田層のオールコアボーリング (NB コア) について、泥質堆積物のテフラ分析を行った結果、南陽層について、Kg, K-Ah, U-Oki の 3 種類の広域テフラを特定できた。また、これらの広域テフラが特定されたことによって、新たな課題も派生している。それらは以下の諸点である。

1) NB コアは、上位から、南陽層 (上部: 砂層, 中下部: 海成粘土層; 完新統), 濃尾層 (砂層および泥層; 最上部更新統), 第一礫層 (礫層; 最上部更新統), そして熱田層下部 (海成粘土層; 上部更新統) の 4 つの累層

から構成される。

2) NB コアの熱田層に含まれる $n=1.522\pm$ の火山ガラス片は、琵琶湖底堆積物には含まれる火山灰層の BT34, あるいは BT36 に対比される可能性が高い。

3) 南陽層の海成粘土層には、深さ 39.0~38.0 m (層準 A), 34.0~34.4 m (層準 B), 22.0~23.0 m (層準 C) に降灰層準が認められ、それぞれ、U-Ok, K-Ah, Kg と対比できる。

4) 濃尾層と第一礫層 (G1) の年代等について、堀ほか (2019) は様々な資料を用いて多面的に検討している。その結果に基づけば、牧野内ほか (2001, 2006) が想定する 30 ka をはさむ年代まで遡る可能性は低い。

5) 泥質堆積物に含まれる火山ガラスの形状別比率は、それぞれの降灰層準で該当する広域テフラの特徴と一致する。しかし、AT を含む濃尾層 (Maruyama et al., 2019) については、その特徴を有する層準は、下半部のみである。

6) 南陽層下半部の海成粘土層には含まれる K-Ah の挟在層準は東に向かって高くなり、海成粘土層の堆積は東部の方が早期との印象を抱かせる。しかし、海成粘土層基底から K-Ah 層準までの厚さは、現在の木曾川沿いがより厚いので、海成粘土層の堆積は木曾川に沿う平野中軸部から始まったことが認められる。

いっぽう、熱田層下部の海成粘土層には含まれる長島テフラについても、同様な状況が認められ、海成粘土層基底からの厚さは東部の方が大きい。この場合、D3L の海成粘土層の堆積が、東部から始まった可能性については、今後の検討課題である。

6. 謝辞

本研究は、科学研究費補助金 (基盤研究 C, 課題番号: 21540475) および名城大学総合研究所平成 20 年度学術研究奨励助成費を受けて進められたものです。また、名古屋大学名誉教授の糸魚川淳二先生 (2021 年 11 月逝去) には、濃尾平野を含む東海地方の地質について、日頃から数多くのご教示をいただいていた。糸魚川先生のご指導に深く感謝申し上げます。さらに、本稿は、査読して下さったふじのくに地球環境史ミュージアムの中西利典博士と編集委員会からのご指摘とご教示により、大きく改善されました。記して感謝の意を表します。

7. 引用文献

檀原 徹. 1993. 温度変化型屈折率測定法. 日本第四紀学会編 第四紀試料分析法 2, 研究対象別分析法. 東京大学出版会. 東京. p.149-157.

古川博恭. 1972. 濃尾平野の沖積層. 地質学論集 no. 7: 39-59.

Hori, K., S. Usami, and H. Ueda. 2011. Sediment facies and Holocene deposition rate of near coastal fluvial systems: An example from the Nobi Plain. *Journal of Asian Earth Sciences* 41: 195-203. DOI: 10.1016/j.jseaes.2011.01.016

堀 和明・野々垣 徹・松原功育・中島 礼・中西利典・洪 完・牧野内 猛. 2014. デルタフロント堆積物の特徴と既存ボーリング柱状図の再検討: 濃尾平野を例に. *地形* 35 (3): 233-249.

堀 和明・羽佐田紘大・石井祐次・高橋瑛人. 2019. 濃尾平野の沖積層と地形. *地質学雑誌* 125(1): 73-85. DOI: 10.5575/geosoc.2018.0005

井関弘太郎. 1956. 日本周辺の陸棚と沖積統基底面の関係について. 名古屋大学文学部研究論集 no. 14: 85-102.

井関弘太郎. 1962. 沖積平野の基礎的問題点. 名古屋大学文学部研究論集 no. 24: 51-74.

岩淵 洋・西川 公・野田直樹・川尻智敏・中川正則・青砥澄夫・加藤 勲・安間 恵・長田 智・角谷昌洋. 2000. 伊勢湾における活断層調査. 水路部研究報告 no. 36: 73-96.

桑原 徹. 1968. 濃尾盆地と傾動地塊運動. 第四紀研究 7(4): 235-247. DOI: 10.4116/jaqua.7.235

桑原 徹. 1985. 3 章 濃尾平野の地下水盆. 東海三県地盤沈下調査会編『濃尾平野の地盤沈下と地下水』. 名大出版会. 愛知. p. 35-76.

桑原 徹・牧野内 猛. 1988. 第 2 章 名古屋地盤の地質構成. 最新名古屋地盤図. 名古屋地盤図出版会. p. 15-36.

Lambeck, K., H. Rouby, A. Purcell, Y. Sun, and M. Sambridge. 2014. Sea level and glacial ice volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(43): 15296-15303. DOI: 10.1073/pnas.1411762111

町田 洋・新井房夫・杉原重夫. 1980. 南関東と近畿の中部更新統の対比と編年—テフラによる一つの試み—. *第四紀研究* 19(3): 233-261. DOI: 10.4116/jaqua.19.233

町田 洋・新井房夫. 2003. 新編 火山灰アトラス (日本列島とその周辺). 東京大学出版会. 東京. 336 p.

牧野内 猛. 2017. 濃尾平野の地下地質に関する若干の問題. 名城大学理工学部研究報告 no. 57: 43-48.

- 牧野内 猛・森 忍・檀原 徹・竹村恵二. 2006. 濃尾平野における第一礫層 (BG) の層位と形成過程. 地質学論集 no. 59: 129–140.
- 牧野内 猛・檀原 徹・堀 和明・野々垣 徹. 2011. 濃尾平野臨海部鍋田における沖積層下部のテフラ分析. 日本地質学会第 118 年学術大会講演要旨: R25-P-4.
DOI: 10.14863/geosocabst.2011.0.534.0
- 牧野内 猛・檀原 徹・堀 和明・野々垣 徹. 2012. 濃尾平野臨海部鍋田における沖積層下部のテフラ分析(2). 日本地質学会第 119 年学術大会講演要旨: R20-P-2.
DOI: 10.14863/geosocabst.2012.0_552
- 牧野内 猛・檀原 徹・堀 和明・野々垣 徹. 2017. 濃尾平野臨海部鍋田における沖積層中・上部のテフラ分析. 日本地質学会第 124 年学術大会講演要旨: R22-P-3.
DOI: 10.14863/geosocabst.2017.0_530
- 牧野内 猛・森 忍・檀原 徹・竹村恵二・濃尾地盤研究委員会断面 WG. 2001. 濃尾平野における沖積層基底礫層 (BG) および熱田層下部海成粘土層の年代—臨海部ボーリング・コアのテフラ分析に基づく成果—. 地質学雑誌 107(4): 283–295.
DOI: 10.5575/geosoc.107.283
- 牧野内 猛・塚本将康・檀原 徹・山下 透・内園立男・濃尾地盤研究委員会断面 WG. 2013. 濃尾平野東部の地下地質. 地質学雑誌 119(5): 335–349.
DOI: 10.5575/geosoc.2013.0004
- 松沢 勲. 1968. 本州中部における傾動運動について—特に濃尾傾動地塊運動の構造発展—. 地質学雑誌 74(2): 61–71.
DOI: 10.5575/geosoc.74.61
- 松沢 勲・嘉藤良次郎. 1954. 名古屋市付近の地質, 同地質図. 愛知県. 35 p.
- Maruyama, S., T. Makinouchi, T. Hirata, and T. Danhara. 2019. Identification of multiple widespread tephtras from the volcanic glass shard chemistry of muddy sediments of the Nohbi Formation, central Japan. *The Quaternary Research* 58(5): 333–348.
DOI: 10.4116/jaqua.58.333
- 森 勇一・伊藤隆彦・宮田英嗣. 1990. 愛知県町田・松河戸遺跡から発見された縄文時代後・晩期の境界付近に位置する火山灰層について. 第四紀研究 29(1): 17–23.
DOI: 10.4116/jaqua.19.233
- 長橋良隆・吉川周作・宮川ちひろ・内山 高・井内美郎. 2004. 近畿地方および八ヶ岳山麓における過去 43 万年間の広域テフラ層序と編年—EDS 分析による火山ガラス片の主要成分化学組成—. 第四紀研究 43(1): 15–35.
DOI: 10.4116/jaqua.43.15
- 長橋良隆・佐藤孝子・竹下欣宏・田原敬治・公文富士夫. 2007. 長野県, 高野層ボーリングコア (TKN-2004) に挟在する広域テフラ層の層序と編年. 第四紀研究 46(4): 305–325.
DOI: 10.4116/jaqua.46.305
- 中西利典・竹村恵二. 2015. 徳島平野と濃尾平野で得られた完新世浅海堆積物のテフラと放射性炭素年代による編年. 火山 60(3): 299–308.
DOI: 10.18940/kazan.60.3_299
- 鳴橋龍太郎・須貝俊彦・藤原 治・栗田泰夫. 2004. 完新世浅海堆積物の堆積速度の変化から見た桑名断層の活動間隔. 第四紀研究 43(5): 317–330.
- 濃尾平野第四系研究グループ. 1977. 濃尾平野第四系の層序と微化石分析. 地質学論集 no. 14: 161–183.
- 大上隆史・須貝俊彦・藤原 治・山口正秋・笹尾英嗣. 2009. ボーリングコア解析と ^{14}C 年代測定にもとづく木曾川デルタの形成プロセス. 地学雑誌 118(4): 665–685.
DOI: 10.5026/jgeography.118.665
- 嶋田 繁. 2000. 伊豆半島, 天城カワゴ平火山の噴火と縄文時代後～晩期の古環境. 第四紀研究 39(2): 151–164.
DOI: 10.4116/jaqua.39.151
- Smith, V. C., R. A. Staff, S. P. E. Blockley, C. B. Ramsey, T. Nakagawa, D. F. Mark, K. Takemura, T. Danhara, and Suigetsu 2006 Project Members. 2013. Identification and correlation of visible tephtras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quaternary Science Review* 67: 121–137.
DOI: 10.1016/j.quascirev.2013.01.026
- 山口正秋・須貝俊彦・藤原 治・大森博雄・鎌滝孝信・杉山雄一. 2003. 濃尾平野ボーリングコア解析に基づく完新統の堆積過程. 第四紀研究 42(5): 335–346.
DOI: 10.4116/jaqua.42.335
- 山口正秋・須貝俊彦・藤原 治・大森博雄・鎌滝孝信・杉山雄一. 2005. ボーリングコアの粒度組成

と堆積速度からみた木曾川デルタの微地形と堆積過程. 第四紀研究 44(1): 37-44.

DOI: 10.4116/jaqua.44.37

山本晃一・藤田光一・赤堀安宏. 1993. 沖積河道縦断形の形成機構に関する研究. 水工学論文集 37: 681-686.

DOI: 10.2208/prohe.37.681

吉川周作. 1976. 大阪層群の火山灰層について. 地質学雑誌 82(8): 479-515.

吉川周作・小倉博之・福西佐代. 1993. 大阪平野地下の中・上部更新統火山灰層序. 地質学雑誌 99(6): 467-478.

DOI: 10.5575/geosoc.99.467

Appendix table 1 (continued).

Sample No. (Depth (m))	Mineral composition (%)					Heavy mineral composition (%)										Glass shape (%)						
	Gl	LM	HM	RF	Oth	Ol	Opx	Cpx	BHb	GHb	Opq	Cum	Zr	Bt	Ap	Ha	Hb	Ca	Cb	Ta	Tb	It
45.0-45.2	2.5	44.0	5.5	45.5	2.5	0.0	5.5	1.0	2.0	12.0	6.5	0.0	0.5	72.5	tr	9.7	25.2	18.7	6.5	2.6	11.0	26.5
45.2-45.4	1.0	48.5	9.5	41.0	0.0	0.0	7.5	0.5	0.5	3.0	5.5	0.0	0.0	83.0	0.0	12.5	21.9	14.1	14.8	2.3	13.3	21.1
45.4-45.6	0.5	49.5	10.0	39.5	0.5	0.0	10.0	0.5	1.5	10.0	10.0	0.0	0.5	67.5	0.0	7.1	16.7	15.5	9.5	1.2	15.5	34.5
45.6-45.7	1.0	46.5	5.0	47.5	0.0	0.0	15.5	3.5	2.0	15.5	10.5	0.5	0.0	52.0	0.5	3.5	11.8	24.7	11.8	2.4	10.6	35.3
47.0-47.2	1.0	47.5	9.5	42.0	0.0	0.0	13.5	0.5	1.5	13.5	6.0	0.0	0.5	64.5	0.0	9.7	14.5	16.1	9.7	11.3	6.6	32.3
47.2-47.4	0.5	45.5	14.5	39.5	0.0	0.0	15.5	1.5	1.0	8.5	7.5	0.0	0.5	65.5	0.0	11.7	16.9	15.6	3.9	6.5	9.1	36.4
47.4-47.6	1.5	43.5	7.5	47.5	tr	0.0	13.0	1.5	0.5	10.5	8.5	0.0	tr	65.5	0.5	3.8	6.3	15.0	3.8	1.3	8.8	61.3
47.6-47.8	1.0	46.0	15.0	36.5	1.5	0.0	13.5	5.0	2.0	18.0	7.0	0.0	0.5	54.0	0.0	9.0	21.5	12.0	5.5	5.0	12.5	34.5
47.8-48.0	0.5	60.5	9.0	30.0	0.0	0.0	11.0	0.5	0.5	15.0	5.5	0.0	0.0	67.0	0.5	3.9	15.7	21.6	5.9	7.8	15.7	29.4
48.0-48.2	0.5	57.0	8.5	33.5	0.5	0.0	9.0	3.0	0.5	6.0	4.0	0.0	0.0	77.5	0.0	10.1	15.2	13.9	5.1	7.6	6.3	41.8
48.2-48.4	1.0	54.5	12.0	32.5	tr	0.0	6.5	3.0	1.0	8.5	6.0	0.0	0.0	74.0	1.0	12.0	8.0	16.0	8.0	2.0	10.0	44.0
48.4-48.6	1.5	48.0	11.0	38.5	1.0	0.0	9.0	2.0	2.5	8.5	4.0	0.0	0.0	73.5	0.5	4.9	8.8	5.9	2.9	6.9	14.7	55.9
48.6-48.8	1.6	46.3	11.1	41.1	0.0	0.0	15.0	1.5	1.5	14.0	6.5	tr	tr	61.0	0.5	12.8	5.8	15.1	10.5	1.2	12.8	41.9
48.8-48.9	1.0	47.0	12.0	38.5	1.5	0.0	6.0	1.5	1.5	3.5	6.5	0.5	0.0	80.0	0.5	6.0	10.0	12.0	7.0	9.0	25.0	31.0
49.0-49.2	1.0	49.0	7.5	42.0	0.5	0.0	13.0	2.0	1.5	12.0	16.0	0.5	0.0	55.0	0.0	9.1	23.9	10.2	3.4	0.0	15.9	37.5
49.2-49.4	0.5	51.0	7.5	41.0	0.0	0.0	6.0	1.0	0.5	24.5	5.0	0.0	0.5	62.5	0.0	0.0	5.4	16.2	0.0	5.4	0.0	73.0
60.2-60.4	tr	46.0	15.0	39.0	0.0	0.0	5.0	0.5	1.0	12.0	3.0	0.0	0.0	78.5	0.0	0.0	0.0	tr	tr	0.0	tr	tr
60.4-60.6	0.5	48.5	9.5	41.5	0.0	0.0	4.5	2.5	1.0	18.0	2.0	0.0	0.0	72.0	0.0	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
60.6-60.8	1.0	47.0	8.0	44.0	0.0	0.0	8.5	2.5	1.0	22.0	8.0	tr	0.5	57.5	tr	1.3	0.0	6.7	0.0	13.3	4.0	74.7
60.8-61.0	1.0	43.0	10.0	46.0	0.0	0.0	4.5	2.5	1.5	27.0	7.0	0.0	0.0	57.5	tr	0.9	3.4	4.3	0.0	11.2	6.9	73.3
61.0-61.2	4.0	46.0	8.5	41.5	0.0	0.0	9.5	2.0	0.0	9.5	6.0	0.0	0.0	72.5	0.5	0.5	1.0	3.0	0.0	5.0	3.5	87.0
61.2-61.4	2.0	49.0	11.0	38.0	0.0	0.0	5.0	3.0	0.0	19.5	4.0	0.0	0.0	68.0	0.5	0.0	2.0	3.0	0.0	2.5	2.5	90.0
61.4-61.6	2.0	48.5	11.0	38.0	0.5	0.0	4.0	2.5	0.0	17.0	6.5	0.0	0.0	70.0	0.0	1.0	3.0	5.0	0.0	1.0	3.0	87.0
61.6-61.8	3.0	52.5	12.0	32.5	0.0	0.0	6.5	0.0	1.0	15.0	5.0	0.0	0.5	72.0	0.0	0.5	1.0	2.5	0.0	2.5	0.5	93.0
61.8-62.0	2.0	41.0	13.0	44.0	0.0	0.0	4.0	1.5	tr	17.5	1.5	0.0	tr	75.5	0.0	0.0	1.0	2.5	0.0	1.5	3.5	91.5
62.47-62.6	2.0	50.0	15.5	32.5	tr	0.0	3.5	0.0	1.0	11.0	6.0	0.0	0.5	78.0	0.0	1.5	1.0	2.5	0.0	4.5	4.5	86.0
62.6-62.8	2.0	54.5	6.0	37.5	0.0	0.0	8.5	2.5	0.5	17.0	5.5	0.0	0.0	66.0	0.0	1.0	1.5	2.0	0.0	2.0	4.0	89.5
62.8-63.0	1.5	51.0	7.5	40.0	0.0	0.0	10.0	4.0	2.0	24.0	6.5	0.0	0.0	53.0	0.5	0.0	0.0	4.5	0.0	4.5	7.5	83.5

Abbreviations : Gl:Volcanic glass, LM:Light mineral, HM:Heavy mineral, RF:Rock fragment, Oth:Others, Ol:Olivine, Opx:Othropyroxene, Cpx:Clinopyroxene, BHb:Brown hornblende, GHb:Green hornblende, Opq:Opaque mineral, Cum:Cumingtonite, Zr:Zircon, Bt:Biotite, Ap:Apatite, Ha & Hb:Planar type, Ca & Cb:Intermediate type, Ta & Tb:Porous type, It:Irregular type, tr:very rare.

Appendix table 3. NB コアと関連する試料に含まれる火山ガラスの形状別比率。
Appendix table 3. Percentage of volcanic glass by shape of the NB core and related samples.

Tephra & Horizon	Sample No. Depth (m)	Glass shape (%)							Gl. Shape total	Content ratio of glass shape				Gl. Shape total
		Ha	Hb	Ca	Cb	Ta	Tb	It		H	C	T	It	
NB Core														
Kg	22.0-23.0 (-23.0~-24.0m a.s.l.)	8.6	21.5	10.4	3.2	19.6	32.5	4.2	100.0	30.1	13.6	52.1	4.2	100.0
K-Ah	34.0-34.4 (-35.0~-35.4m a.s.l.)	40.8	36.5	2.3	4.0	2.3	13.8	0.5	100.0	77.3	6.3	16.0	0.5	100.0
Nan'yo F. lower	34.4-35.0 (-35.4~-36.0m a.s.l.)	19.9	30.4	11.9	5.0	8.4	16.2	8.1	100.0	50.4	16.9	24.7	8.1	100.0
	35.0-36.0 (-36.0~-37.0m a.s.l.)	11.3	24.0	10.5	3.6	24.1	17.8	8.6	100.0	35.3	14.1	42.0	8.6	100.0
	36.0-37.0 (-37.0~-38.0m a.s.l.)	11.4	17.6	12.0	4.4	23.6	17.2	13.8	100.0	29.0	16.5	40.8	13.8	100.0
	37.0-38.0 (-38.0~-39.0m a.s.l.)	8.7	11.1	12.2	3.8	34.3	19.8	10.1	100.0	19.8	16.0	54.1	10.1	100.0
U-Oki	38.0-39.0 (-39.0~-40.0m a.s.l.)	8.8	12.4	11.5	2.9	37.1	16.9	10.4	100.0	21.2	14.4	54.0	10.4	100.0
Nan'yo F. lower	39.0-40.0 (-40.0~-41.0m a.s.l.)	6.2	8.6	8.7	3.8	7.3	10.6	54.8	100.0	14.8	12.5	17.9	54.8	100.0
Nohbi F.	43.0-43.25 (-44.0~-44.25m a.s.l.)	8.4	7.8	8.5	4.6	3.0	6.2	61.8	100.2	16.2	13.1	9.2	61.8	100.2
	43.8-45.0 (-44.8~-46.0m a.s.l.)	12.3	19.4	10.8	5.9	2.3	10.4	39.0	100.0	31.7	16.6	12.7	39.0	100.0
	45.0-45.7 (-46.0~-46.7m a.s.l.)	8.2	18.9	18.3	10.7	2.1	12.6	29.4	100.1	27.1	28.9	14.7	29.4	100.1
	47.0-48.0 (-48.0~-49.0m a.s.l.)	7.6	15.0	16.1	5.8	6.4	10.5	38.8	100.1	22.6	21.8	16.9	38.8	100.1
	48.0-49.4 (-49.0~-50.4m a.s.l.)	7.8	11.0	12.8	5.3	4.6	12.1	46.4	100.0	18.9	18.0	16.7	46.4	100.0
Isewangan Expressway														
Nohbi 60-2 Nohbi F.	60-2(46) (-50.67~-51.67m a.s.l.)	14.5	28.5	15.5	16.5	3.5	21.0	0.5	100.0	43.0	32.0	24.5	0.5	100.0
Nohbi 38-54 Nobi F.	53-1(54) (-55.8~-56.1m a.s.l.)	16.9	21.3	6.7	10.1	12.4	20.2	12.4	100.0	38.2	16.8	32.6	12.4	100.0

Abbreviations ; Ha & Hb:Planar type, Ca & Cb:Intermediate type, Ta & Tb:Porous type, It:Irregular type.