

## ボーリング調査から推定される深谷断層南東部の地質構造と活動性

### Geologic structure and fault activity in the southeastern part of the Fukaya fault, central Japan inferred from drilling surveys and core analyses

水野清秀<sup>1</sup>・須貝俊彦<sup>2</sup>・八戸昭一<sup>3</sup>・中里裕臣<sup>4</sup>・杉山雄一<sup>5</sup>

石山達也<sup>6</sup>・中澤 努<sup>7</sup>・松島紘子<sup>8</sup>・細矢卓志<sup>9</sup>

Kiyohide Mizuno<sup>1</sup>, Toshihiko Sugai<sup>2</sup>, Shoichi Hachinohe<sup>3</sup>, Hiroomi Nakazato<sup>4</sup>, Yuichi Sugiyama<sup>5</sup>,  
Tatsuya Ishiyama<sup>6</sup>, Tsutomu Nakazawa<sup>7</sup>, Hiroko Matsushima<sup>8</sup> and Takashi Hosoya<sup>9</sup>

<sup>1</sup> 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, k4-mizuno@aist.go.jp)

<sup>2</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科 (Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, sugai@k.u-tokyo.ac.jp)

<sup>3</sup> 埼玉県環境科学国際センター (Center for Environmental Science in Saitama, a1096357@pref.saitama.lg.jp)

<sup>4</sup> 農業工学研究所 (National Institute for Rural Engineering, h\_nakazato@nkk.affrc.go.jp)

<sup>5</sup> 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, sugiyama-y@aist.go.jp)

<sup>6</sup> 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, t-ishiyama@aist.go.jp)

<sup>7</sup> 地質情報研究部門 (Institute of Geology and Geoinformation, GSJ/AIST, t-nakazawa@aist.go.jp)

<sup>8</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科 (Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, hmatsu@nenv.k.u-tokyo.ac.jp)

<sup>9</sup> 中央開発株式会社 (Chuo Kaihatsu Corporation, hosoya@ckcnet.co.jp)

**Abstract:** We examined several successive cores in and around Fukiage Town, Saitama Prefecture to clarify the geologic structure and faulting history in the southeastern part of the Fukaya fault. A 173 m-long core (GS-FK-1) was newly drilled at Fukiage on the downthrown side of the Fukaya fault. The succession in the core material is subdivided into 5 units based on depositional cyclicity resulting from global sea-level change. The following three marker layers or horizons in the GS-FK-1 core are used to correlate with other cores; (1) the lahar deposits composed of andesite block, pumice and tuffaceous mud, (2) the TB-8 tephra characterized by orthopyroxenes exhibiting high refractive indices and erupted in MIS7, (3) the pollen assemblage zone characterized by abundant occurrence of *Cyclobalanopsis* suggesting MIS11. The vertical slip rates of the Fukaya fault at Fukaya and Fukiage are estimated to be 0.5 - 0.6 m/ky judging from the distribution of those layers. Their correlation also suggests the existence of an antithetic fault or flexure against the Ayasegawa fault near Kawajima in the western margin of the Omiya Upland. The transection along 15 boreholes from Fukiage to Osato across the southeastern part of the Fukaya fault is supposed to show cumulative deformation of the strata, and the last faulting event is thought to correspond to a liquefying event detected in three cores, and occurred in 700 BC - 1000 BC. The vertical displacement of the last event seems to be 3 - 4 m.

**キーワード:** 深谷断層, 綾瀬川断層, 活断層, 断層活動性, ボーリング調査, 地下地質, 埼玉県, 花粉分析, 広域テフラ

**Keywords:** Fukaya fault, Ayasegawa fault, active fault, fault activity, drilling survey, subsurface geology, Saitama Prefecture, pollen analysis, widespread tephra

#### 1. はじめに

深谷断層は関東平野北西部に位置し, 少なくとも群馬県高崎市の西方から埼玉県大里町一吹上町間まで北西-南東方向に 60 km 以上続く活断層である(第1図). これらの範囲の断層の分布については, 地形・地質調査や反射法地震探査などによって, かなり詳しくわかってきた(杉山ほか, 1997, 2000; 山口ほか,

1999, 2000; 埼玉県, 1999, 2000 など). 一方, 深谷断層やその副次的な断層である江南断層などの断層活動履歴については, 最新活動がおよそ 6000~2000 年前頃の可能性が高いこと程度しかわかっていない(水野ほか, 2000, 2001, 2002).

深谷断層の南東延長部に位置する埼玉県鴻巣市からさいたま市にかけての地域には, 北西-南東方向に延びる綾瀬川断層が存在する. この断層について

は、反射法地震探査やボーリング調査が行われている（埼玉県，1996）ものの、活動的な断層の範囲については意見が分かれており（たとえば澤ほか，1996；埼玉県，1996；地震調査研究推進本部，2000など），さらに綾瀬川断層が深谷断層と連続するののかも明らかにされていない。また綾瀬川断層の活動履歴に関しては、全く情報が無いのが現状である。

このような状況を踏まえて、活断層研究センターでは、深谷断層と綾瀬川断層の境界付近における地下地質構造、両断層の活動度及び活動履歴を明らかにする目的で、2003年度から調査を開始した。2003年度には、山口ほか（1999）によって反射法地震探査が実施され、断層の通過位置が推定されている吹上町と吉見町～大里町間の荒川近傍において3本のボーリング調査を実施し、既存のボーリング資料と併せて断層に直交する方向の地下地質断面を作成して、深谷断層による地層の変位量を検討した。また深谷断層の周辺で埼玉県や旧地質調査所が掘削した掘削深度100～200 m級のボーリングコアを再解析し、コアの層相、微化石、挟まれるテフラ等に基づく対比を行い、それらを基に地質構造や地層の堆積速度、さらに断層運動による平均変位速度などの推定を試みた。これらの研究は独立行政法人農業工学研究所との共同研究として、また埼玉県環境科学国際センター、東京大学などの協力を得て実施された。

これらの調査結果を以下に報告する。なお、主要なボーリングコアの層相記載、粒度・帯磁率などの諸分析及びそれらに基づく古環境の復元やテフラの記載及び対比などについては、別に詳しく報告する予定である。

## 2. 100～200 m級ボーリングコアの対比とそれに基づく変位速度の推定

### 2.1 吹上コアの記載と堆積物の年代

吹上町付近の平野部における地下地質層序を確立する目的で、吹上町大芦の荒川河川敷（第2図）の標高約20.6 m地点において、掘削深度173.2 mのオールコアボーリングを実施した。山口ほか（1999）の反射法地震探査結果によると、この付近の深谷断層は、荒川河床付近に伏在していると推定され、ボーリング地点は断層の相対的な沈下側にあたると思われる。このボーリングコアを吹上コア（GS-FK-1）と呼び、地質柱状図を第3図に示す。また放射性炭素年代測定結果を第1表に、花粉分析結果を第4図に示す。年代測定は（株）加速器分析研究所に依頼した。年代測定値はStuiver *et al.*（1998）のデータを用いてOxCal Program v3.9（Ramsey, 2003）により暦年代較正を行った。図に示した年代値は $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行い、暦年代較正を行っていない年代値（yBP）である。花粉分析は（株）パレオ・ラボに依頼した。

GS-FK-1の層相の特徴は、シルト・砂層を主体とする細粒部と中礫サイズの礫層が交互に繰り返されることである。第3図に示すように、細粒部を上位からS1～S5と、また中礫サイズの礫層を上位からG1～G4と呼ぶことにする。さらに礫層と細粒層の組み合わせを上位よりU1～U5と呼ぶ。礫層から上位の細粒部へは、概して上方細粒化の傾向がみられ、その上部では再び上位の礫層に向かって粗粒化している。

年代測定結果によると、最上部のS1の年代は完新世であり、S2は後期更新世を示す。また完新統を除く細粒部の花粉分析結果（第4図）によると、コナラ属アカガシ亜属（*Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis*）、ブナ属（*Fagus*）、ニレ属—ケヤキ属（*Ulmus*—*Zelkova*）、サルスベリ属（*Lagerstroemia*）などが優先的であり、どれも比較的温暖な要素が多く、トウヒ属（*Picea*）などの寒冷要素に乏しい。このことは、大まかには礫層の層準が寒冷期（海退期）に、細粒層の層準が温暖期（海進期）にあたっていることを示唆する。下位2層準の細粒層（S4, S5）からは、海棲の貝化石が産出しており、この推定を支持している。礫層と一部海成層を挟む細粒堆積物の繰り返しは海退—海進サイクルに対応しているものと考えられる。

GS-FK-1には、数枚のテフラが挟まれている。特徴的なテフラを以下に記載する。S2の下部にあたる深度約47.7～50.5 mには、中礫サイズ以下の暗灰色の両輝石安山岩岩片、両輝石・角閃石を含む径1 cm以下の灰白色軽石、火山灰質シルトなどが混在したラハール（泥流）堆積物がみられる。この堆積物は深谷市や高崎市のボーリングコアにも認められ（後述）、鍵層として重要である。またS3の深度57.25 m付近には、厚さ6 cmの細粒軽石層が挟まれている。このテフラは両輝石を重鉱物として含み、斜方輝石の屈折率が $\gamma=1.698-1.701$ と $\gamma=1.715-1.731$ のバイモーダルな値を示す。特に1.73を超える値を有することから南関東早田ローム層のTB-8テフラ（町田ほか，1974；中澤ほか，2003）に対比される。TB-8テフラは大宮付近のボーリングコアにも見出されていて（埼玉県，1996）、よい鍵層になると期待される。このほかS5の深度約163.0～164.4 mには低屈折率の角閃石を含む細粒軽石層が5枚挟まれている。

吹上コアの年代について、いくつかの指標になると考えられる層あるいは層準を基に、以下に検討する。まず、S5層準はアカガシ亜属花粉が多産するという著しい特徴を有する（第4図）。アカガシ亜属多産層準は、沖積層よりも古い地層では、横浜地域の上倉田層（西村，1980）、渥美半島の渥美層群赤沢泥層（杉山，1991）、大阪平野のMa9層（関西地盤情報活用協議会，1998）など、房総半島の地蔵堂層に相当する海洋酸素同位体ステージ（MIS）11にあたる層準が最も新しくかつ明瞭である。したがってS5

層準が MIS11 に相当すると考えられる。また S3 の TB-8 が挟在する層準は MIS7 に相当する(中里・佐藤, 2001) ことから, S4 の貝化石を伴う細粒部は MIS9 に相当すると考えられる。さらに S2 ではサルスベリ属 (*Lagerstroemia*) 花粉の多産層準があり, 非常に温暖な層準であることから, この層準は最終間氷期に相当する MIS5 層準と考えられる(第3図)。ラハール堆積物は, この温暖期を含む S2 の最下部に位置することから, その堆積年代は, MIS5 のはじめかあるいは MIS6 にあたると考えられる。

## 2.2 既存ボーリングコアの層序・年代の再検討

深谷断層の周辺で掘削されたボーリングコアの正確な年代を求め, 堆積速度や断層運動による変位速度などを見積もるため, いくつかのボーリング資・試料の再解析・再検討を行った。対象としたコアは, 高崎市根小屋地区の高崎コア (GS-TK-1: 須貝ほか, 2000), 埼玉県 (1999) が活断層調査で深谷市において掘削したボーリングコア (SA-FY-1 と呼ぶ), 大宮台地上の桶川コア (GS-OK-1: 中澤・遠藤, 2002), 行田観測井コア (SA-GD-1 と呼ぶ: 埼玉県, 1983) 及び川島観測井コア (SA-84KJ と呼ぶ: 埼玉県, 1985, 1987; 関東平野中央部地質研究会, 1994) である。これらのボーリング地点を第1図に, 地質柱状図を第5図に示す。特に深谷コアについては, 年代を示す資料に乏しいため, 挟まれるテフラを分析し, 対比を行った。また桶川コアについては, 一部の層準で花粉分析を行った(第6図)。

ここでは, それぞれのコアに対して新たに得られた知見についてのみ, 簡単に触れる。

### (1) 高崎コア (GS-TK-1)

深度約 16.5~35.0 m には, 中礫サイズを主体とし大礫サイズを含む暗灰色~紫灰赤色安山岩礫, 中礫サイズ以下の灰白色軽石礫, 火山灰質シルト~砂などからなるラハール堆積物がみられる(須貝ほか, 2000)。この堆積物の特徴は安山岩礫が風化しているものが多いことを除くと吹上コアの深度約 47.7~50.5 m にみられるラハール堆積物と層相が非常によく似ており, それに対比される。

### (2) 深谷コア (SA-FY-1)

深度約 67.5~72.0 m には中礫サイズの暗灰色安山岩礫を主体とし, 灰白色軽石, 火山灰質砂~シルトなどを含むラハール堆積物がみられる。これは高崎コアの深度約 16.5~35.0 m に見られるラハール堆積物及び吹上コアの深度約 47.7~50.5 m のラハール堆積物に類似していて, それに対比される。

深度約 141.4 m と 142.4 m 付近にはガラス質の火山灰層が挟まれているが, 両テフラのガラスの屈折率や化学組成は, 神戸市東灘の深層ボーリングで得られている K1-171 火山灰層(加久藤(Kkt)火山灰層)と K1-175 火山灰層(鳴尾浜IV火山灰層)の値(吉川ほか, 2000)に酷似していて, それらに対比される(第

2表)。両テフラは Ma10 と呼ばれる海成層の下位に位置し, その層準は MIS10 と考えられている(吉川・三田村, 1999)。また, 深谷コアでの両テフラの間と下位には MIS10 に降灰した APm 群(町田・新井, 1992) と呼ばれる黒雲母を含み斜方輝石の屈折率が  $\gamma=1.73$  を超えるテフラが確認でき, この対比を支持している。

### (3) 桶川コア (GS-OK-1)

桶川コアの下部7層準に対して, 花粉分析を行った(第6図)。その結果, 深度約 66~95 m (標高約 -44~-73 m) の層準から MIS11 を特徴づけると考えられるアカガシ亜属の多産層準が見出された。

### (4) 行田コア (SA-GD-1)

行田コアについては, テフラなどを含めて現在詳細な分析を行っている段階である。埼玉県 (1983) の花粉分析結果によると, 深度 150~170 m 付近にアカガシ亜属多産層準があり, この付近が MIS11 に相当すると考えられる。

### (5) 川島コア (SA-84KJ)

本コアについては, 直接的な分析を行っていない。関東平野中央部花粉グループ (1994) の花粉分析結果によると, 沖積層のほかに深度 85 m 付近にアカガシ亜属多産層準があり, 深度 85 m 前後が MIS11 に相当すると考えられる。

## 2.3 深谷断層に平行な方向の変位速度の違い

上述のような地層の年代が推定できるコアを用いて, 断層運動による変位速度について考察する。

深谷断層全体のほぼ中部に位置する深谷 (SA-FY-1) 地点は, 断層よりも北東側にあり, 深谷断層を挟んで沈降側である。この地点での平均的な堆積速度は, 深度 150 m の層準を MIS10, 約 34 万年前とすると 0.44 m/ky 程度となる。またラハール堆積物の年代を約 15 万年前と仮定すると, その地層の堆積後現在までの平均的な堆積速度は約 0.45 m/ky となり, 沈降速度はほとんど変化していないと考えられる。一方, 断層を挟んで南西側には, 中位~低位段丘が分布し, 低断層崖を形成している (Yamazaki, 1984 など) ことから, 断層より南西側は少なくとも後期更新世以降は隆起していると考えられる。したがって深谷断層による上下方向の平均変位速度は 0.45 m/ky よりも大きくなり, 0.5 m/ky 程度ないしそれ以上と推定される。

深谷断層南東部地域に位置する吹上 (GS-FK-1) 地点では, 少なくとも MIS11 以降, 現在まで海退期の礫層と海進期にあたる細粒堆積物の繰り返しがみられ, 長期的には沈降場にあると推定される。地層の堆積速度は, 深度 173 m の層準を MIS11 のベース (約 43 万年前) とすると約 0.40 m/ky となる。断層を挟んで隆起側の大里地区には, 正確な年代は不明であるが中位段丘または高位段丘面が分布し(第1図), やはり最近の地質時代には隆起していると考えられ

る。その段丘面と沖積面との比高は約 20 m あり、段丘面の形成年代を仮に 20 万年前とすると、隆起速度は 0.1 m/ky 程度となり、段丘面の年代を 10 万年前とすると 0.2 m/ky 程度となる。したがって断層による上下方向の平均変位速度は 0.5~0.6 m/ky 程度の可能性はある。

深谷断層北西部に位置する高崎市根小屋地区での深谷断層の上下方向の平均変位速度は 0.2 m/ky よりわずかに大きい程度（須貝ほか，2000；水野ほか，2000）であるので、深谷から吹上一大里にかけての地域の平均変位速度の方が 2 倍程度大きいことになる。

また綾瀬川断層の隆起側にあたる桶川コア（GS-OK-1）地点では、アカガシ亜属多産層準を MIS11 とすると、深度約 65~70 m の礫層の層準は MIS10 の可能性が高く、その深度を基準にすると、平均的な堆積速度は 0.2 m/ky 程度になって、明らかに吹上地区よりも小さい。その南西の沖積低地内に位置する川島観測井（SA-84KJ）では、アカガシ亜属多産層準の直上の礫層を MIS10 とみなした場合、堆積速度が 0.23 m/ky と桶川と同程度となり、やはり深谷や吹上などに比べると小さい。しかし標高に換算するとこの礫層基底の高度は川島のほうが桶川に比べて 20 m も低い。この事実は、川島付近が大宮台地に比べて相対的に沈降している可能性を示す。大宮台地と荒川低地帯の間に西落ちの断層あるいは撓曲構造が存在する可能性について今後さらに検討する必要がある。

### 3. 吹上一大里間群列ボーリングに基づく深谷断層の活動履歴の推定

#### 3.1 群列ボーリングの位置と地下層序

深谷断層の活動履歴を明らかにする目的で、断層南東部の吹上一大里付近において群列ボーリング調査を行った（第 2 図）。山口ほか（1999）による反射法探査によると、現荒川河床から埼玉県荒川水管橋の南端付近を断層が通過すると推定される。荒川水管橋の工事に伴い既に 12 点でボーリング調査が行われていて（埼玉県，1980）、その資料を利用することができる。そこで、その南側の大里町小八林で深度 20~25 m の 2 本のボーリング（OS-A 及び OS-B）をあらたに掘削し、GS-FK-1 コアを含めた地質断面図を作成して、断層活動時期を検討した。水管橋に関するボーリング地点と新たに掘削した地点の位置を第 2 図に示す。OS-A 及び OS-B の抗口標高は共に約 17.5 m である。

各地点の地質柱状図を並べたものを第 7 図に示す。年代測定値は暦年代較正を行っていない年代値（yBP）であり、詳細は第 1 表に示されている。断面図には GS-FK-1 のほぼ U1 にあたる S1 と G1 の層準が示されている。S1 はさらに細かな層相に基づいて

上位より S1u 層，S1m 層，S1l 層に細分した。S1l 層の下位の礫層は G1 の上部にあたり、この層を G1u 層と呼ぶ。

S1u 層は腐植質のシルト~シルト質砂層が主体であり、一部では薄い泥炭層を挟んでいる。年代測定値は 2,050~2,780 yBP が得られている。OS-B コアの深度 1.31~1.35 m 付近には細粒軽石層が挟まれている。このテフラは重鉱物として両輝石を含み、ガラスの屈折率は  $n=1.520-1.531$ ，斜方輝石の屈折率は  $\gamma=1.699-1.712$  で、西暦 1108 年に噴出した浅間 B テフラ（As-B：町田・新井，1992）と考えられる。

S1m 層は砂層を主体とし、部分的に小礫を含んでいる。全体的には南西方向に厚くなり、南西部では下位の S1l 層を多少削りこんでいるものと考えられるが、地点 10，11 での基底層準は既存文献の層相記載だけでは判断することができなかった。年代測定値は 3,800 yBP 程度にそろっているが、年代測定に用いた試料はどれも砂層中に散在する植物片であり、地層堆積後に生育した植物の茎や根である可能性もあり、検討を要する。OS-B コアの深度 6.12~6.14 m 付近には細粒軽石層が挟まれている。このテフラは重鉱物として両輝石を含み、斜方輝石の屈折率は  $\gamma=1.703-1.711$  で、約 4,000~5,000 年前に噴出した浅間 D テフラ（As-D：町田・新井，1992）である可能性がある。S1u 層と S1m 層との境界が地点 6 と地点 8~9 で高くなっているのは、自然堤防の地形を反映しているものと推定される。

S1l 層は下部に砂層を伴う腐植質のシルト~砂質シルト層が主体で、地点 10，11 付近では砂礫層となっているが、この部分は S1m 層に相当するかもしれない。年代測定値はおおよそ 5,800~7,800 yBP を示している。

G1u 層はいわゆる沖積層の基底礫層にあたるもので、中礫サイズの礫層を主体としている。年代測定値は OS-B コアから得られているが、S1m 層とほとんど同じ年代であって、試料の植物片は地層堆積後に生育していた植物の茎や根である可能性が高い。

G1u 層の下位には砂礫層あるいは砂層が見られるが、多くは G1u 層よりも細粒である。これらの地層の多くは G1 の下部に相当すると考えられるが、S2 層準のシルト、砂層が含まれている可能性もあり、特に統一的な地層名をつけていない。OS-B コアの最下部には中新統のシルト岩がみられ、G1u 層に不整合に覆われている。OS-B 地点は断層の隆起側にあたり、断層は同地点の北東側に位置すると考えられる。

#### 3.2 深谷断層の活動時期・変位量の推定

G1u 層の基底の標高分布をみると、地点 1 から地点 7 までではほぼ水平であるのに対して、地点 8 から南西へは高度が少しずつ高くなっていて、OS-B と地点 7 との標高差は約 10 m に及んでいる。S1l 層基底の高度差も、地点 7 と OS-B 間で 7 m 程度になる。

S1m層は下位のS1l層を削り込んでいると考えられるため、両層の境界は変位基準には使えない。S1m層とS1u層の境界はやはり地点10からOS-Bに向かって徐々に高くなり、両地点での高度差は3~4m程度になっている。

現在の地表面の標高は、たとえば荒川河道内とその両側の自然堤防上面とで2~4m程度の標高差があるが、この自然堤防より南西側の沖積面は荒川河道とほぼ同程度の標高を示している。それに対してG1u, S1l, S1u各層の基底は荒川から南西側へ系統的に高くなっており、また古い時代の地層境界面ほどその標高差が大きい。この南西方向への標高の増加は、断層運動による北西側隆起のためである可能性を示している。また古い地層ほど標高差が大きいことは、変位の累積を示している可能性がある。

ところで、S1u層の下部には、GS-FK-1, OS-A,Bの3コアともに、液状化したシルト層あるいはそれを貫く砂脈がみられ(第8図)、OS-A,B両コアでは、そのすぐ上位の層準で、当時の地表に噴出したと思われる薄い砂層が堆積している。このことは、当時かなり強い地震動があったことを示している。この噴砂の発生時期は、GS-FK-1コアでは液状化した地層の年代 $2,470 \pm 40$  yBP(暦年補正ではBC400~770年)の後、OS-Bコアでは液状化した地層の年代 $2,780 \pm 50$  yBP(BC820~1050年)と噴砂直上の地層の年代 $2,700 \pm 40$  yBP(BC790~920年)の間であり、両者は同じ時期の噴砂であると考えられる。その時期は、およそBC700~BC1000年と推定される。

この液状化のイベントに対応して、深谷断層南東部が活動したかどうかは直接的にはわからない。しかし、イベントの発生時期は、高崎市根小屋地区トレンチ及び群列ボーリングに基づきその可能性が指摘された深谷断層北西部での最新活動の時期:約6,400~1,900 yBP(暦年代未補正值,以下同様,水野ほか,2001)、岡部町普濟寺地区の群列ボーリング調査からその可能性が指摘された深谷断層中部での最新活動時期:約6,100~5,500 yBPと約3,100~2,100 yBPの地層堆積間(水野ほか,2002)、及び江南断層トレンチ調査から推定された江南断層の最新活動時期:5,290~1,730 yBP(水野ほか,2002)と矛盾しない。したがって、液状化現象が発生したおよそBC700~BC1000年に、深谷断層の南東部が深谷断層北西部・中部及び副断層の江南断層と同時に活動した可能性が考えられる。

S1m~S1u層の中には、上述した液状化・噴砂跡以外は地震イベントを示すものはみあたらない。そこで地点10とOS-B間のS1u層基底の標高差約3~4mは、このイベントに対応した1回の断層運動の上下変位量を表している可能性が高いと考える。ただし、S1m層上面にもともと高度差や傾斜があった可能性もあり、断層の最新活動時期や変位量については今後さらに検討する必要がある。

#### 4. まとめ

深谷断層南東部と綾瀬川断層の境界域にあたる吹上町及びその周辺地域において、深さ200m程度までの浅層地下地質構造と深谷断層の活動度・活動履歴を明らかにする目的で、ボーリング掘削調査と既存ボーリングコアの解析を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

1) 吹上町大芦で掘削した深度約173mのボーリングコア(GS-FK-1)では、礫層と細粒層の繰り返しが見られ、花粉分析や貝化石の産出などから、それらが海退-海進サイクルに対応していることが示された。その繰り返しは5サイクル見られ、上位よりU1からU5に区分した。U5の細粒部S5はアカガシ亜属を多産する特徴的な花粉帯を示し、海洋酸素同位体ステージ(MIS)11にあたりと考えられる。吹上コアを基準に、その周辺の既存ボーリングコアとの対比を、層相、テフラ、花粉化石群集に基づき行った。その中で鍵層は、MIS5初期またはMIS6の層準と推定される安山岩礫を含むラハール堆積物、MIS7層準のTB-8テフラ、MIS11層準を示すアカガシ亜属花粉多産層準であり、既存のボーリングコアと対比するとき有効である。

2) 既存ボーリングコアに挟まれるテフラや花粉分析結果などから、コアの年代を検討した。検討結果に基づいて深谷断層の上下変位速度を推定すると、深谷断層中部~南東部にあたる深谷や吹上一大里間では0.5~0.6 m/ky程度となり、北西部の高崎市根小屋地点の2倍程度に達することが明らかとなった。また深谷断層南東端よりも南で、大宮台地の北西に位置する川島付近の荒川低地では、MIS10層準の礫層の標高が大宮台地比べて20m程度低く、荒川低地と大宮台地の間に断層あるいは撓曲が存在する可能性が指摘される。

3) 吹上一大里間の多数のボーリング資料から深谷断層による地層の変位量や活動時期を検討した。各地層境界は、荒川から南西に向かって標高が高くなり、沖積層基底と考えられる礫層基底の高度差は約10m、3,800 yBP頃の砂層上面の高度差は約3~4mで、下位の地層ほど標高差が大きくなっている。このことは断層運動の繰り返しによる変位の累積を示している可能性がある。深谷断層の最新活動時期は、沖積層上部中にみられる液状化跡の形成時期(BC700~BC1000年頃)に対応している可能性があり、またこのときの上下変位量は3~4m程度であった可能性がある。

謝辞 吹上町役場、大里町の土地所有者をはじめとする関係者の方々にはボーリング調査にご協力・ご理解を頂いた。また埼玉県、吹上町などからは既存のボーリング資料・試料等をご提供頂いた。大阪市立大学研究生の三好直哉氏には図面の作成を手伝っ

て頂いた。以上の方々に深く感謝申し上げます。

## 文 献

- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2000) 元荒川断層帯の評価。
- 関西地盤情報活用協議会編 (1998) 新関西地盤, 神戸および阪神間。270p.
- 関東平野中央部地質研究会編 (1994) 関東平野中央部の地下地質—ボーリングコアによる解析—。地団研専報, No. 42, 180p.
- 関東平野中央部花粉グループ (1994) 関東平野中央部ボーリングコアの花粉層序—春日部 (90KK) および川島 (84KJ) ボーリングコアの花粉分析—。地団研専報, No. 42, 121-150.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス [日本列島とその周辺]。東京大学出版会, 276p.
- 町田 洋・新井房夫・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**, 302-338.
- 水野清秀・伏島祐一郎・須貝俊彦・杉山雄一・細矢卓志・山崎晴雄 (2002) 埼玉県岡部町及び江南町における深谷断層系の活動履歴調査。活断層・古地震研究報告, No. 2, 25-40.
- 水野清秀・須貝俊彦・杉山雄一 (2000) 群列ボーリングとトレンチ掘削による深谷断層系 (群馬県域) の活動性調査。地質調査所速報, No.EQ/00/2 (平成 11 年度活断層・古地震研究調査概要報告書), 77-87.
- 水野清秀・須貝俊彦・杉山雄一・細矢卓志・黒澤英樹・吉田英嗣 (2001) 群列ボーリングによる群馬県高崎市の深谷断層系の活動性調査。活断層・古地震研究報告, No. 1, 77-86.
- 中里裕臣・佐藤弘幸 (2001) 下総層群の年代と“鹿島”隆起帯の運動。第四紀研究, **40**, 251-257.
- 中澤 努・遠藤秀典 (2002) 大宮地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 41p.
- 中澤 努・中里裕臣・小松原 琢・塚本 斉 (2003) 関東地方に分布する中期更新世指標テフラ TB-8 と Ky3 の対比の再検討。地質調査研究報告, **54**, 341-350.
- 西村祥子 (1980) 横浜市における中・上部更新統の花粉群変遷。地質学雑誌, **86**, 275-291.
- Ramsey, C. B. (2003) OxCal Program v3.9. インターネット [<http://www.rlaha.ox.ac.uk/oxcal/>] における公開プログラム。
- 埼玉県 (1980) 55 広二第 206 号地質調査業務委託報告書。88p.
- 埼玉県 (1983) 行田地盤沈下観測所地質調査報告書及び資料編。138p+266p.
- 埼玉県 (1985) 川島地盤沈下観測所地質調査報告書。141p.
- 埼玉県 (1987) 川島地盤沈下観測井設置工事報告書。102p.
- 埼玉県 (1996) 綾瀬川断層に関する調査成果報告書—平成 7 年度地震調査研究交付金—。200p.
- 埼玉県 (1999) 関東平野北西縁断層帯 (深谷断層) に関する調査成果報告書—平成 10 年度地震関係基礎調査交付金—。109p.
- 埼玉県 (2000) 関東平野北西縁断層帯 (深谷断層) に関する調査成果報告書—平成 11 年度地震関係基礎調査交付金—。48p.
- 澤 祥・渡辺満久・八木浩司 (1996) 1:25,000 都市圏活断層図「大宮」。国土地理院技術資料 D. 1-No. 333.
- Stuiver, M., Reimer, P., Bard, E., Beck, J. W., Burr, G. S., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, G., van der Plicht, J. and Spurk, M. (1998) INTCAL 98 radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal. BP. *Radiocarbon*, **40**, 1041-1083.
- 須貝俊彦・水野清秀・杉山雄一 (2000) 深度 145 m ボーリング (GS-TK1) に基づく群馬県高崎市における深谷断層系の活動性評価。地質調査所速報, No.EQ/00/2 (平成 11 年度活断層・古地震研究調査概要報告書), 61-76.
- 杉山雄一 (1991) 渥美半島 - 浜名湖東岸地域の中部更新統—海進—海退堆積サイクルとその広域対比—。地質調査所月報, **42**, 75-109.
- 杉山雄一・水野清秀・須貝俊彦・伏島祐一郎・遠藤秀典・宮下由香里・山崎晴雄・山口和雄・伊藤久雄 (2000) 群馬県下における深谷断層系の反射法探査。地質調査所速報, No.EQ/00/2 (平成 11 年度活断層・古地震研究調査概要報告書), 43-59.
- 杉山雄一・佐竹健治・駒澤正夫・須貝俊彦・井村隆介・水野清秀・遠藤秀典・下川浩一・山崎晴雄・石田瑞穂・広島俊男・長谷川功・村田泰章 (1997) 50 万分の 1 活構造図「東京」(第 2 版) 説明書。活構造図 8, 地質調査所, 34p.
- 山口和雄・加野直巳・横倉隆伸・木口 努・横田俊之・田中明子・中島善人・大滝壽樹 (1999) 反射断面で見た深谷断層周辺の地下構造。地質調査所速報, No.EQ/99/3 (平成 10 年度活断層・古地震研究調査概要報告書), 29-36.
- 山口和雄・加野直巳・横倉隆伸・木口 努・横田俊之・田中明子・佐藤比呂志 (2000) 深谷断層周辺における反射法地震探査—江南台地と妻沼低地の地下構造—。地震 2, **53**, 115-125.
- Yamazaki, H. (1984) On the relationships between active faults and basin-forming movement. *Geogr. Rep. Tokyo Metropol. Univ.*, **19**, 67-78.

吉川周作・三田村宗樹 (1999) 大阪平野第四系層序  
と深海底の酸素同位体比層序との対比. 地質学  
雑誌, **105**, 332-340.  
吉川周作・水野清秀・加藤茂弘・里口保文・宮川ち

ひろ・衣笠善博・三田村宗樹・中川康一 (2000)  
神戸市東灘 1,700 m ボーリングコアの火山灰層  
序. 第四紀研究, **39**, 505-520.

(受付: 2004年8月31日, 受理: 2004年11月5日)

第1表. 吹上 (GS-FK-1) コア及び大里 (OS-A, B) コアの  $^{14}\text{C}$  年代測定値一覧.  
Table 1. Radiocarbon dating results of GS-FK-1 and OS-A, B cores.

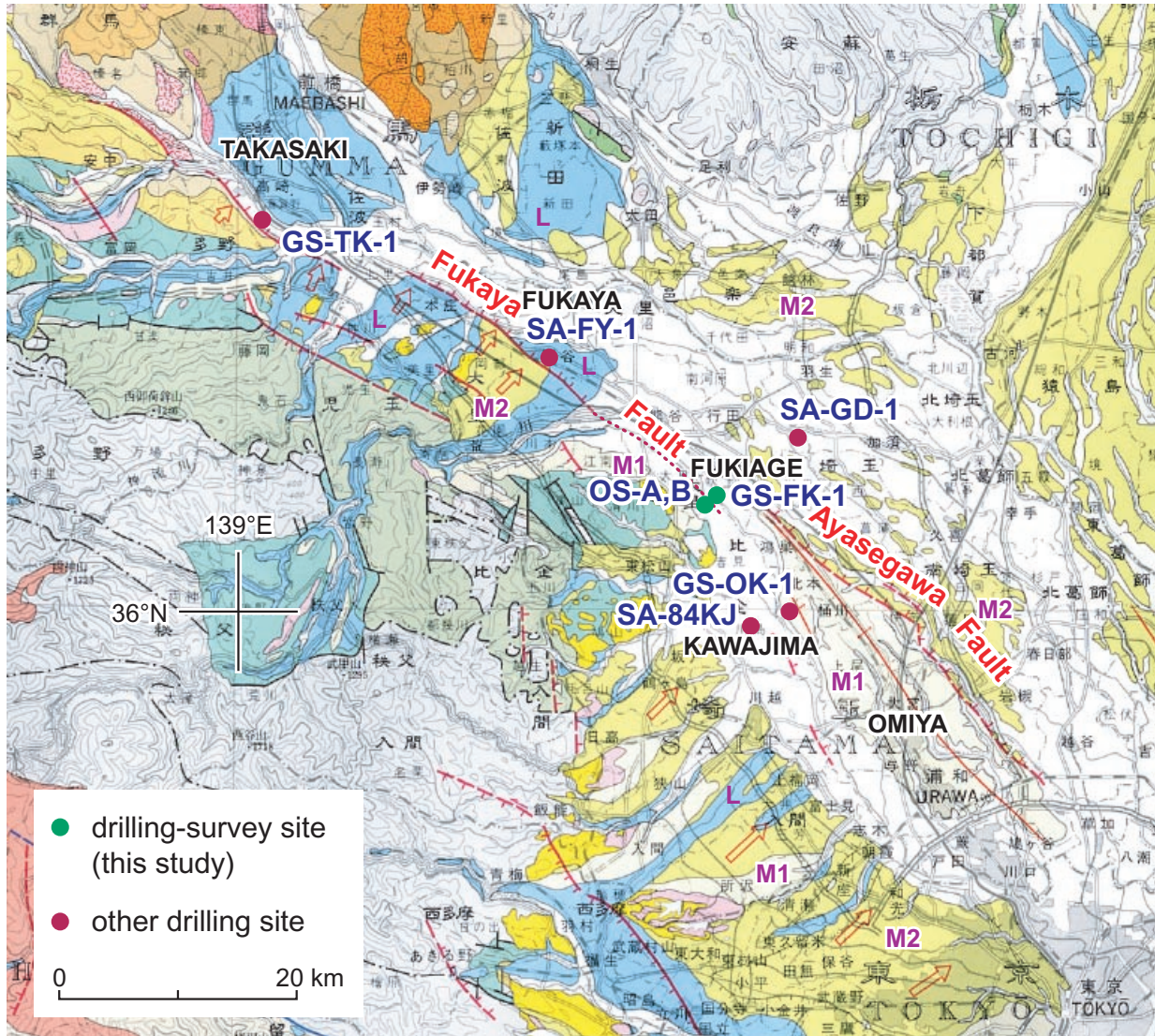
Core and depth (m)	Laboratory number	Material	Method	Measured age (yBP, $\pm 1\sigma$ )	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional age (yBP, $\pm 1\sigma$ )	Calibrated age (AD/BC, $\pm 2\sigma$ )
GS-FK-1 3.71-3.72	IAAA-30620	organic sediment	AMS	2,080 $\pm$ 40	-26.7 $\pm$ 0.70	2,050 $\pm$ 40	AD50 - BC170
GS-FK-1 8.08-8.13	IAAA-32208	organic sediment	AMS	2,480 $\pm$ 40	-25.8 $\pm$ 0.88	2,470 $\pm$ 40	BC400 - BC770
GS-FK-1 10.80-10.81	IAAA-30621	organic sediment	AMS	5,840 $\pm$ 40	-24.5 $\pm$ 0.75	5,840 $\pm$ 40	BC4550 - BC4810
GS-FK-1 14.25-14.27	IAAA-32209	organic sediment	AMS	5,980 $\pm$ 40	-28.2 $\pm$ 1.17	5,920 $\pm$ 50	BC4680 - BC4940
GS-FK-1 20.83	IAAA-30622	organic sediment	AMS	7,670 $\pm$ 50	-17.5 $\pm$ 0.84	7,790 $\pm$ 50	BC6460 - BC6750
GS-FK-1 38.55-38.56	IAAA-30623	charcoal	AMS	48,650 $\pm$ 530	-26.3 $\pm$ 0.96	48,630 $\pm$ 530	
OS-A 7.81	IAAA-32094	plant material	AMS	3,920 $\pm$ 40	-33.6 $\pm$ 0.85	3,780 $\pm$ 40	BC2030 - BC2340
OS-A 14.18	IAAA-32095	plant material	AMS	6,130 $\pm$ 50	-28.4 $\pm$ 0.82	6,070 $\pm$ 50	BC4800 - BC5210
OS-A 16.40-16.43	IAAA-32096	wood	AMS	7,240 $\pm$ 50	-26.8 $\pm$ 0.73	7,210 $\pm$ 50	BC5920 - BC6210
OS-B 2.70-2.73	IAAA-32091	plant material	AMS	2,330 $\pm$ 40	-27.7 $\pm$ 0.75	2,280 $\pm$ 40	BC200 - BC410
OS-B 3.18-3.20	IAAA-32092	plant material	AMS	2,720 $\pm$ 40	-25.9 $\pm$ 0.70	2,700 $\pm$ 40	BC790 - BC920
OS-B 3.42	IAAA-32210	plant material	AMS	2,860 $\pm$ 40	-29.7 $\pm$ 0.79	2,780 $\pm$ 50	BC820 - BC1050
OS-B 13.26	IAAA-32093	wood	AMS	3,830 $\pm$ 40	-29.4 $\pm$ 1.00	3,760 $\pm$ 50	BC2020 - BC2340
OS-B 13.35-13.36	IAAA-32211	wood	AMS	3,850 $\pm$ 50	-29.8 $\pm$ 1.00	3,770 $\pm$ 50	BC2030 - BC2400
OS-B 14.64	IAAA-32212	plant material	AMS	3,980 $\pm$ 60	-28.3 $\pm$ 0.96	3,930 $\pm$ 60	BC2200 - BC2580

第2表. 深谷 (SA-FY-1) コアに挟まるガラス質火山灰層及び対比されるテフラの屈折率及び化学組成.  
K1-171 及び K1-175 の化学組成値は吉川ほか (2000) による.

Table 2. Refractive index and chemical composition of glass shards of vitric ash layers in the SA-FY-1 core and their correlative tephra. Chemical composition data of K1-171 and K1-175 are after Yoshikawa *et al.*(2000).

Tephra sample	Refractive index of glass (n)	Major elements of glass (%)										Trace elements of glass (ppm)					
		TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ba	La	Sc	Sr	V	Y	
SA-FY-1 141.41-44m	1.502-1.503	0.20	12.27	1.37	0.06	0.09	1.05	3.59	3.82	0.03	603	28	7	98	2	32	
K1-171 (Kakuto)	1.501-1.503	0.19	11.98	1.63	0.05	0.11	1.01	3.60	4.25	0.04	583	28	9	86	2	33	
Kakuto p. flow (Miyazaki)	1.499-1.502	0.19	12.18	1.56	0.05	0.11	0.99	3.39	3.78	0.04	622	30	9	88	2	35	
SA-FY-1 142.30-41m	1.502-1.504	0.30	10.34	1.34	0.05	0.18	1.35	3.66	2.93	0.05	416	17	4	90	13	28	
K1-175 (Naruohama IV)	1.502-1.504	0.28	12.19	1.59	0.05	0.22	1.84	3.47	2.82	0.05	483	22	5	115	12	31	

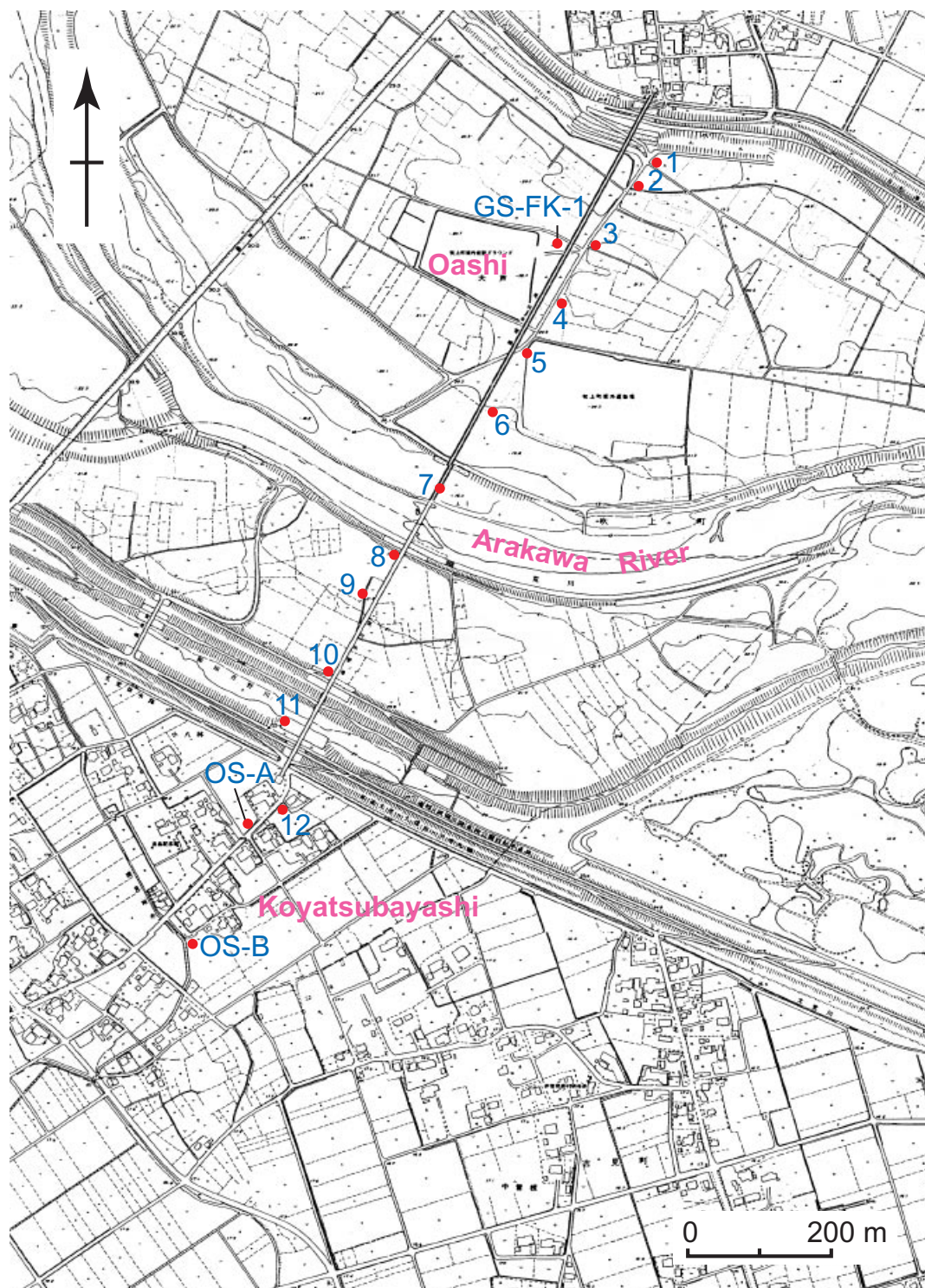
Chemical composition was determined by ICP emission spectrometry. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>T means total Fe as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.



第1図. 深谷—綾瀬川断層帯と主なボーリング位置. 杉山ほか (1997) に加筆. L: 低位段丘堆積物, M2: 中位2段丘堆積物, M1: 中位1段丘堆積物.

Fig. 1. Index map of the Fukaya - Ayasegawa fault zone and main drilling sites. The base map is after Sugiyama *et al.*(1997). L:Lower terrace deposits, M2:Middle terrace 2 deposits, M1:Middle terrace 1 deposits.

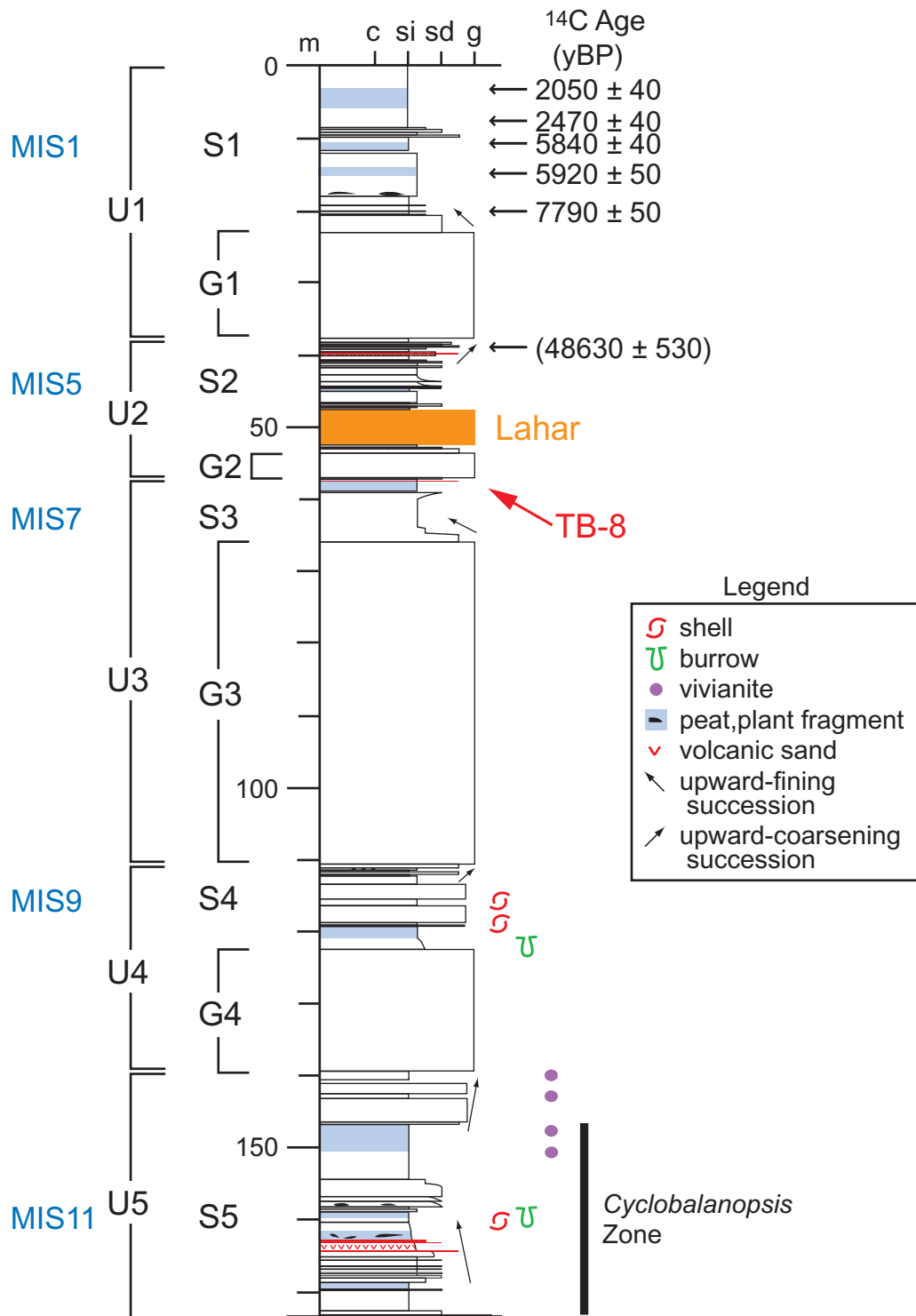




第2図. 吹上-大里間の荒川水管橋に沿ったボーリング地点詳細位置. 吹上町及び大里町発行の2,500分の1地形図を使用.

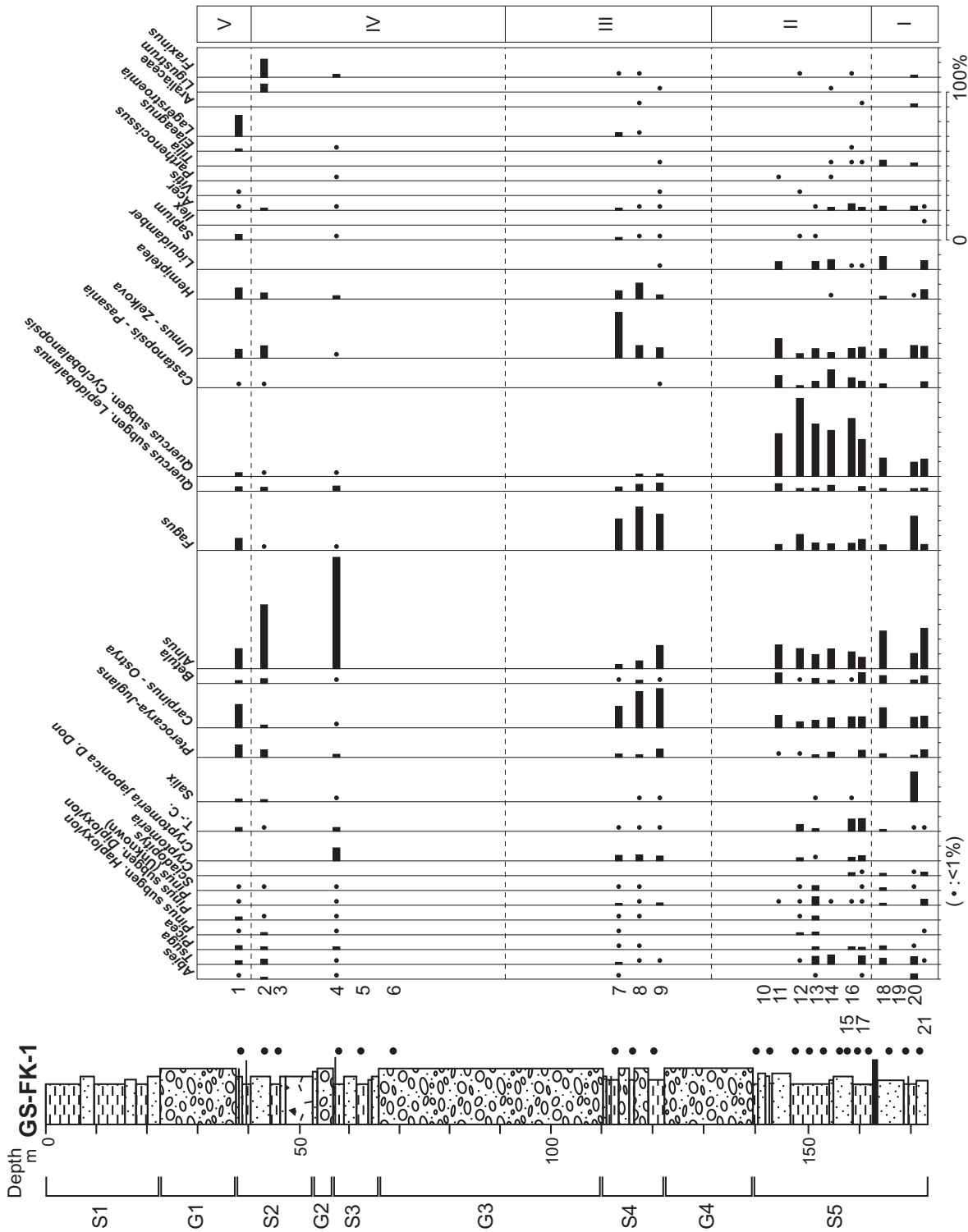
Fig. 2. Detailed location map of drilling sites along the Arakawa-suikankyo line between Fukiage and Osato Towns.

### GS-FK-1 Core (Length: 173.20m)

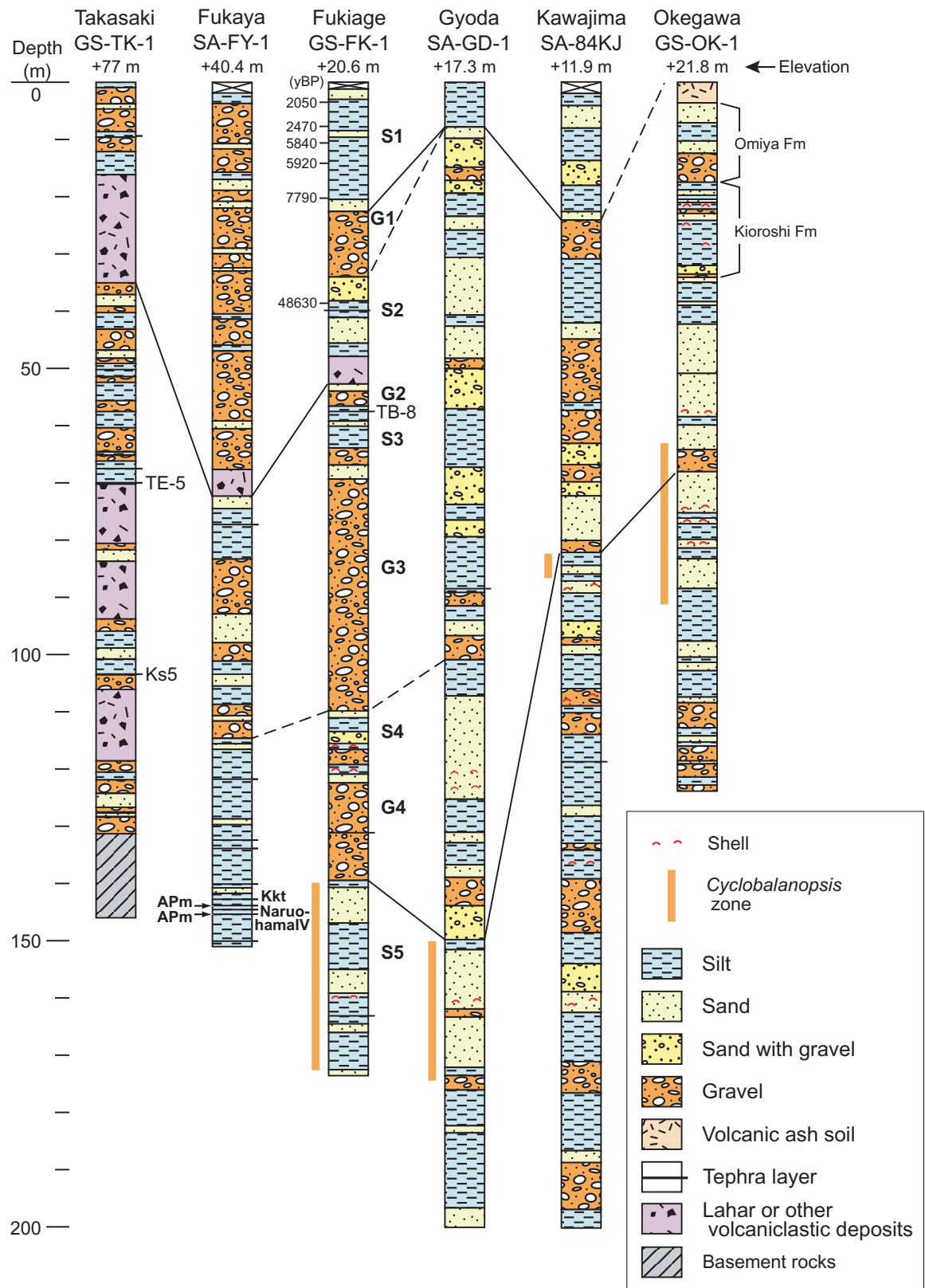


第3図. 吹上コア(GS-FK-1)の地質柱状図.

Fig. 3. Geologic columnar section of the Fukiage core (GS-FK-1).

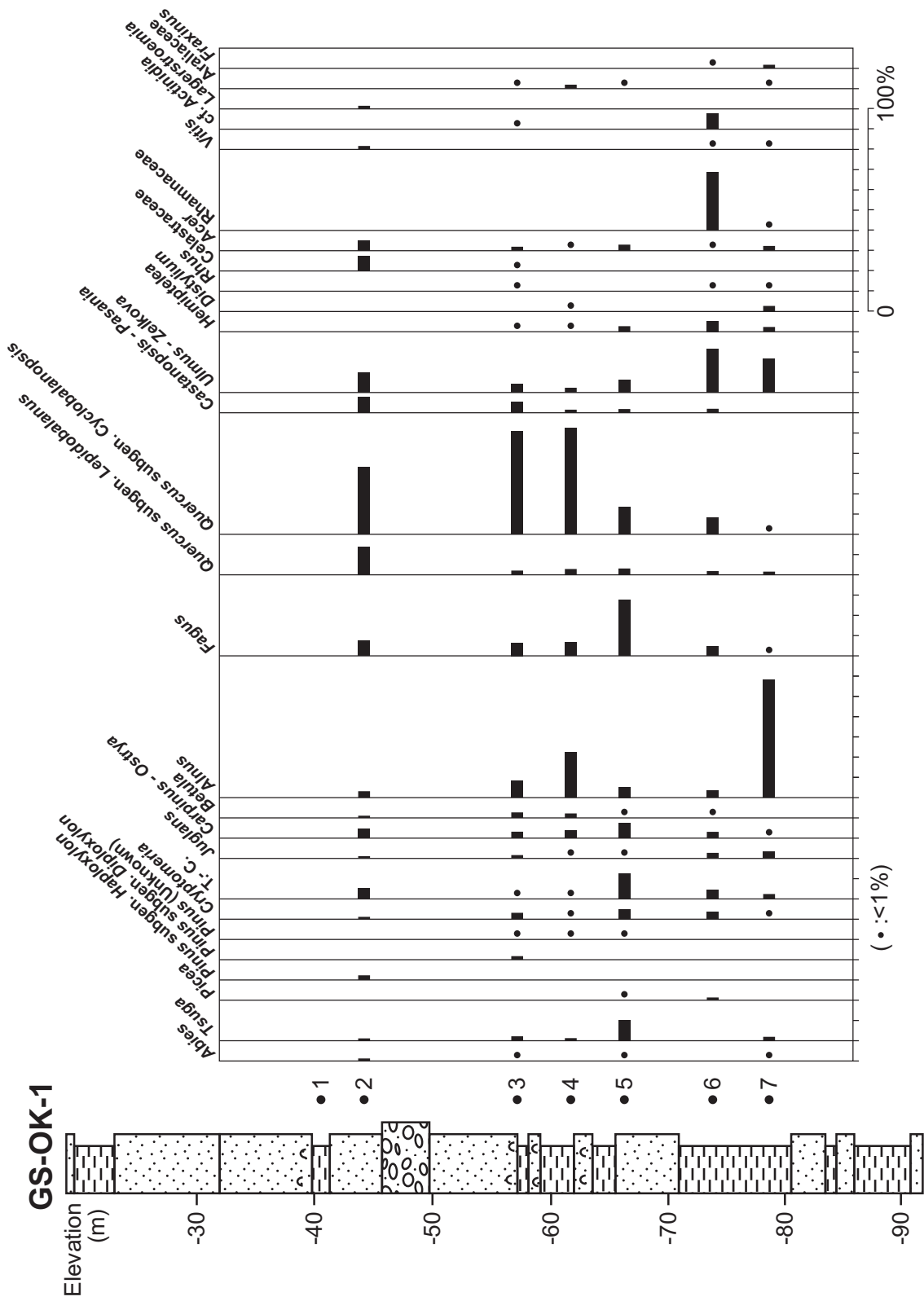


第4図. 吹上コア (GS-FK-1) の木本花粉組成図. 分析は株式会社パレオ・ラボによる. 柱状図の凡例はFig. 5参照.  
 Fig. 4. Arboreal pollen diagram of the Fukiage core (GS-FK-1). See Fig. 5 for geologic symbols.

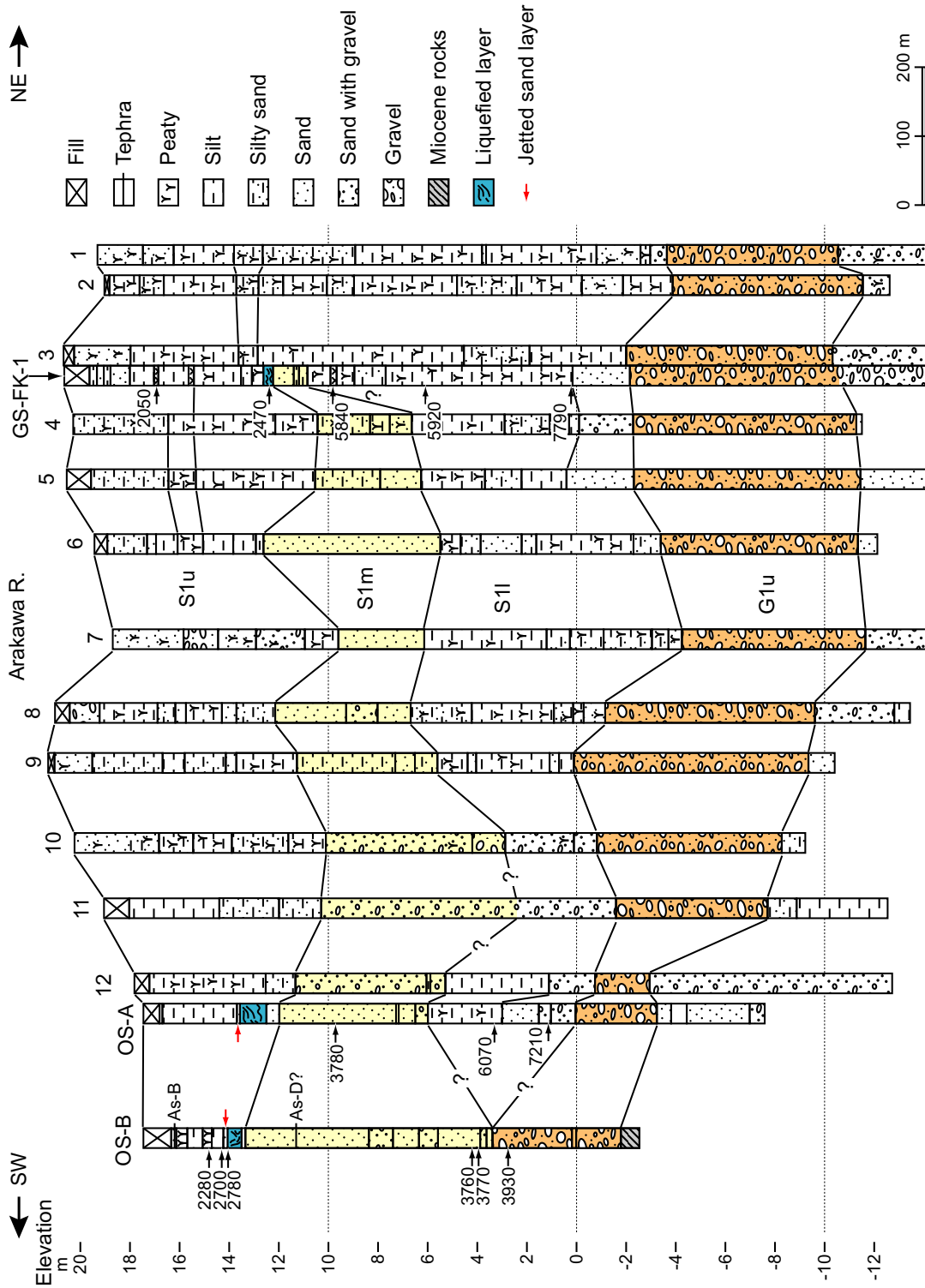


第5図. 主な既存ボーリングコアの地質柱状図と対比.

Fig. 5. Geologic columnar sections of existing drilling cores and their correlations.

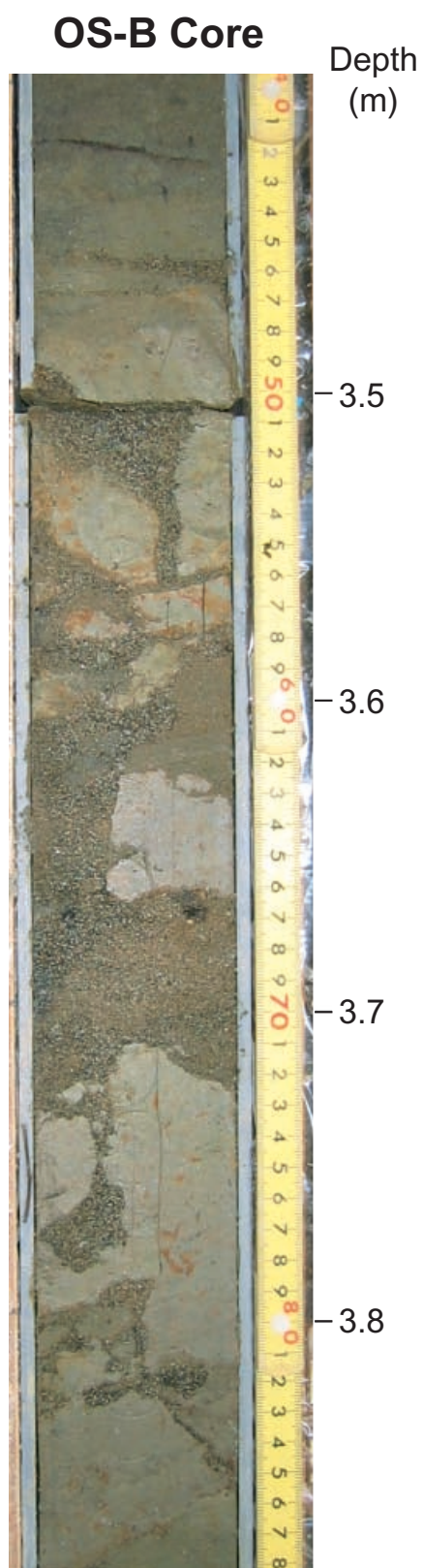


第6図. 桶川コア (GS-OK-1) の木本花粉組成図. 分析は株式会社パレオ・ラボによる. 柱状図の凡例はFig. 5参照.  
 Fig. 6. Arboreal pollen diagram of the Okegawa core (GS-OK-1). See Fig. 5 for geologic symbols.



第7図. 吹上ー大里間の深谷断層を横断するボーリング地質柱状断面. ボーリング地点はFig. 2参照. 数字は暦年代較正を  
していない補正年代値 (yBP).

Fig. 7. Geologic columnar sections of boreholes along Fukiage - Osato line across the Fukaya fault. Locations of drilling sites are shown  
in Fig. 2. Figures attached to the columnar sections are conventional radiocarbon ages (yBP).



第8図. OS-Bコアの深度約3.5～3.8 mに見られる液状化跡（シルト層を貫く砂脈）.  
Fig. 8. Liquefied layer (sand-filled dikes intruding into the silt layer) observed at the depth of 3.5 - 3.8 m of the OS-B core.