

3. 3. 2 伏在部におけるやや長期的な平均変位速度の検討調査

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 伏在部におけるやや長期的な平均変位速度の検討調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人京都大学大学院理学研究科	教授	竹村 惠二
公立大学法人大阪市立大学大学院理学研究科	教授	三田村 宗樹
公立大学法人大阪府立大学学術研究院第2学群	准教授	伊藤 康人

(c) 業務の目的

断層活動履歴と平均変位速度の解明のため活動履歴調査及び活断層帯の伏在部におけるやや長期的な平均変位速度の検討調査を実施する。

(d) 3ヵ年の年次実施業務の要約

1) 平成22年度：

伏在撓曲部及びその両側における既存のボーリングデータの収集（KG-NET・関西圏地盤研究会，2007などを利用）と、新たなボーリング調査を実施し、上部大阪層群の海成粘土層や火山灰層などを変位基準とした数十万年間の平均変位速度を評価するための試料を採取できた。採取試料を用いた微化石等調査により、粘土層の海成・非海成の確認を実施した。大阪層群の詳細対比にあたり、火山灰分析を実施し、対比基準になる層準および年代の概略をあきらかにできた。

2) 平成23年度：

やや長期的な平均変位速度の評価のため、平成23年度は伏在撓曲部及びその両側における既存のボーリングデータの収集と、平成22年度に掘削したボーリング資料試料および既存資料試料の調査を実施し、上部大阪層群の海成粘土層や火山灰層などを変位基準とした数十万年間の平均変位速度を評価した。また、大阪層群の詳細対比にあたり、火山灰層序、帯磁率、微化石等の試料分析を実施した。

3) 平成24年度：

平成22年度調査・平成23年度調査の結果を受けて、伏在撓曲部及びその両側における既存のボーリングデータの収集と、平成22年度に掘削したボーリング資料試料および既存資料試料の調査を継続するとともに、上部大阪層群の海成粘土層や火山灰層などを変位基準とした数十万年間の平均変位速度の評価のまとめを行う。

(2) 平成23年度の成果

(a) 業務の要約

断層活動履歴と平均変位速度の解明のため、活断層帯の伏在部におけるやや長期的な平均変位

速度の調査を実施した。平成 23 年度は伏在撓曲部及びその両側における既存のボーリングデータの収集と、22 年度に難波駅付近で掘削したボーリングコア（UMH22-1 および UMH22-2）の分析・解析を行い、上部大阪層群の海成粘土層や火山灰層などを変位基準とした数十万年間の平均変位速度を評価した。採取試料を用いた地層の観察、微化石・珪藻等の調査により、粘土層の海成・非海成の確認を実施した。また、大阪層群の詳細対比にあたり、火山灰分析を実施し、肉眼で確認できない火山灰も含めて、対比基準になる層準および年代の概略をあきらかにした。特に Ma13 層の特定がアカホヤ火山灰層の検出により実施できた。

(b) 業務の成果

上町断層のやや長期的な平均変位速度の評価のため、1) 伏在撓曲部及びその両側における既存のボーリングデータの収集を行った。2) 22 年度に実施・採取された新たなボーリングコア（UMH22-1 および UMH22-2）および周辺の地質ボーリングコアの分析・解析を実施した。大阪層群の詳細対比に必要な情報として、微化石等調査による海成層の確認、肉眼で認定される火山灰の試料分析を実施し、帯磁率等の調査や粘土試料洗浄篩い分けによる肉眼で観察できない火山灰層の確認と分析を行った。その後、3) 周辺の基準とされるボーリングと比較することにより、上部大阪層群の海成粘土層や火山灰層などを変位基準とした数十万年間の平均変位速度を評価した。

1) 既存ボーリングデータの収集

関西地盤情報活用協議会の収集データ（総数 5 万本）のうち、断層周辺部の約 2500 本のボーリングデータより、各地層の上端および下端の標高分布図を作成し、断層変形が見られると思われる地域を絞り込んだ。22 年度に引き続いて、断層に直交する方向に多数の断面を作成した。その際、ボーリング掘進長が短いデータを取り除いて、再度検討を行い、海成粘土の側方対比を行った結果、断層近傍部で変形を確認できる位置を確認後、さらにその状況が把握しやすいボーリングデータを抽出し最終断面を整えた（図 1）。また、従来作成されたボーリング資料を用いた表層地質断面（関西地盤活用協議会，2007）との比較検討を実施した。この内容は、3) の平均変位速度の評価および空間分布検討に活用した。この点は 3) で述べる。

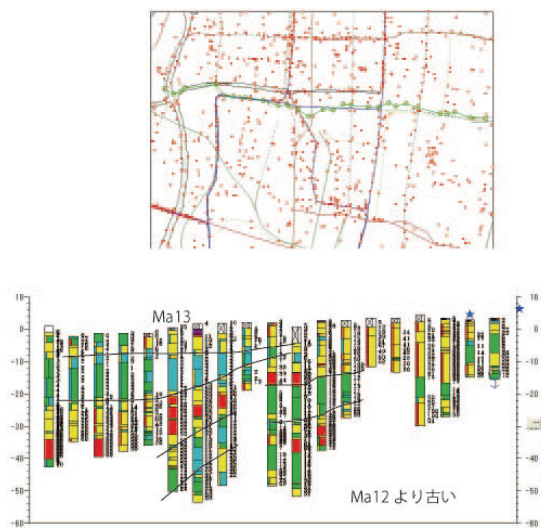


図 1 ボーリングデータベースによる JR 難波駅付近の東西断面図

2) 平成 22 年度に実施・採取されたボーリングコア (UMH22-1 および UMH22-2) および周辺の地質ボーリングコアの分析・解析

a) 微化石総合分析・珪藻分析

実施した調査項目は、微化石総合分析、珪藻化石分析で、調査結果は表 1 に整理した。微化石総合分析は、堆積物に含まれる各種微化石類や火山ガラスなどの産出頻度から、大局的にみた地層の堆積環境の把握と層準の同定(確定)、地層対比のための基礎的資料を獲得するために実施する。珪藻化石分析は、堆積物に含まれている珪質の殻をもつ単細胞の植物プランクトンである珪藻化石を抽出し、当時の水域の環境を推定する方法である。表 1 では、分析によって推定された海水域や淡水域の環境指標を示す。各深度の微化石総合分析および珪藻化石分析の写真を合わせて示す。

表 1 UMH22 コアの微化石総合分析表

試料名	採取深度	有孔虫	貝殻片	貝形虫	ウニ	火山ガラス	蟹	植物片	異状鉱	備考	建礫化石産出頻度		主な産出種・属	環境指標	堆積環境
											海水性産出	淡水性産出			
UMH22-1	14.50 ~ 14.60	-	-	-	+	-	-	-	-	極細粒砂～極粗粒砂を少量含む。	++		Ms., Cyc., Tu.	-	海水域
UMH22-1	15.50 ~ 15.60	++	++	-	+++	-	-	+	-	火山ガラスは透明な円主体、キチン質の殻を含む。	+++		Cyc., Ms., Di.	-	海水域
UMH22-1	17.50 ~ 17.60	-	+++	-	-	-	-	-	-	貝殻片は酸化し、溶解した形状を呈する。砂をほとんど含まない。					
UMH22-1	18.50 ~ 18.60	+++	+++	+	+	-	-	-	-	珪藻、キチン質の殻を含む。火山ガラスは極微量。					
UMH22-1	20.50 ~ 20.60	-	+++	-	-	-	-	+	-	大粒径の貝殻片は認められ、溶解した形状を呈する。貝殻した半殻砂サイズの単個体の殻を含む。					
UMH22-1	21.50 ~ 21.60	+++	+++	+	+++	+	-	-	-	珪藻の骨針や多い。					
UMH22-1	22.50 ~ 22.60	+++	+++	+	+	+	-	-	-	珪藻含む。火山ガラスは透明な円主体で、極微量。					
UMH22-1	23.50 ~ 23.60	-	+++	-	-	-	+++	+	-	貝殻片は酸化し、溶解した形状を呈する。砂をほとんど含まない。					
UMH22-1	25.50 ~ 25.60	-	-	-	-	+	+++	+	-	極細粒砂を少量含む。					
UMH22-1	33.50 ~ 33.60	-	+++	-	-	-	-	-	-	貝殻片は溶解した形状を呈する。砂をほとんど含まない。	+		Ms., As., Mel.	-	汽水域
UMH22-1	34.50 ~ 34.60	-	+++	-	-	-	+	-	+	砂分や多い。珪藻の骨針を含む。	++		Cyc., Ms.	-	海水域
UMH22-1	35.50 ~ 35.60	-	+++	-	-	-	+	+	+	砂分や多い。珪藻の骨針を含む。	++		Ms., Cyc., M.	-	海水域
UMH22-1	38.50 ~ 38.60	-	+	-	+	-	+	+	+	極細粒砂～粗粒砂をやや多く含む。	+++		Ms., Cos., Tra.	-	海水域
UMH22-1	40.50 ~ 40.60	-	-	-	-	-	+++	+++	+	極細粒砂を含む。					
UMH22-1	42.50 ~ 42.60	-	+++	-	+	+	-	+	+	貝殻片は溶解した形状を呈する。極細粒砂をわずかに含む。					
UMH22-1	44.50 ~ 44.60	-	+	-	-	-	-	-	-	貝殻片は溶解した形状を呈する。砂をほとんど含まない。					
UMH22-1	46.50 ~ 46.60	-	-	-	-	-	+	+	-	極細粒砂を少量含む。					
UMH22-1	48.50 ~ 48.60	-	-	-	-	-	+++	+	-	極細粒砂をやや多く含む。					
UMH22-1	50.50 ~ 50.60	-	-	-	-	-	+++	+	-	極細粒砂～粗粒砂を多く含む。角閃石を含む。	+		Tra.	-	淡水域
UMH22-1	53.50 ~ 53.60	-	-	-	+	+	+++	+	-	珪藻の骨針がわずかに覆出。極細粒砂を含む。	+++		Tu., Ms., Cos., Sur.	-	海水域
UMH22-1	55.50 ~ 55.60	-	-	-	-	+	+	+	-	極細粒砂を覆わずかに含む。角閃石を含む。	+++		Tu., Cos., Cyc., Tra.	-	海水域
UMH22-1	56.50 ~ 56.60	-	-	-	+	+	+	+	+	極細粒砂～粗粒砂を含む。	+++		Tu., Cos., Cyc., Ms.	-	海水域
UMH22-1	66.50 ~ 66.60	-	-	-	-	-	+++	+	-	極細粒砂を含む。	-				
UMH22-1	80.50 ~ 80.60	+++	+++	+	+	-	-	-	-	珪藻を含む。					
UMH22-1	82.50 ~ 82.60	+++	+++	+	+++	-	-	-	-	珪藻を含む。					
UMH22-1	84.50 ~ 84.60	+++	+++	+	+	-	-	-	-	珪藻を含む。					
UMH22-1	86.50 ~ 86.60	+++	+++	+	+	-	-	-	-	珪藻を含む。キチン質の殻や多い。					
UMH22-1	93.50 ~ 93.60	-	-	-	-	-	+++	+	-	極細粒砂を少量含む。	+++		Cyc., Ms., Cos., Tu.	-	海水域
UMH22-1	94.50 ~ 94.60	-	-	-	-	-	+	-	-	砂をほとんど含まない。	+++		Tu., Cos., Cyc., Ms.	-	海水域
UMH22-1	95.50 ~ 95.60	-	-	-	-	-	+	-	-	砂をほとんど含まない。	+++		Ms., Cyc., Cos., Tu.	-	海水域
UMH22-1	96.50 ~ 96.60	-	-	-	-	-	+	+	+	砂をほとんど含まない。	+++		Cyc., Cos., Ms.	-	海水域
UMH22-1	98.50 ~ 98.60	-	-	-	-	-	+	-	-	砂をほとんど含まない。	++		Mg., M.	-	海水域
UMH22-1	100.50 ~ 100.60	++	++	-	+++	-	-	+	+	火山ガラスは透明な円主体、キチン質の殻を含む。					
UMH22-1	102.50 ~ 102.60	+	+	-	-	-	-	-	-	キチン質の殻を含む。					
UMH22-1	104.50 ~ 104.60	+	+	-	-	-	-	-	+	貝殻片酸化。					
UMH22-1	106.50 ~ 106.60	+	+++	-	+	+	-	+++	+	火山ガラスは厚手の円主体。					

微化石総合産出頻度
 - : 検出されず
 + : 非常に少ないが検出される
 ++ : 少ないが検出される
 +++ : 検出される
 ++++ : 多く検出される

珪藻化石産出頻度
 - : 全視野(プレパラート3ライン)に全く存在しない
 + : プレパラート3ライン中に1~5殻存在
 ++ : プレパラート3ライン中に6~20殻存在
 +++ : プレパラート3ライン中に21~50殻存在
 ++++ : プレパラート3ライン中に50殻以上存在

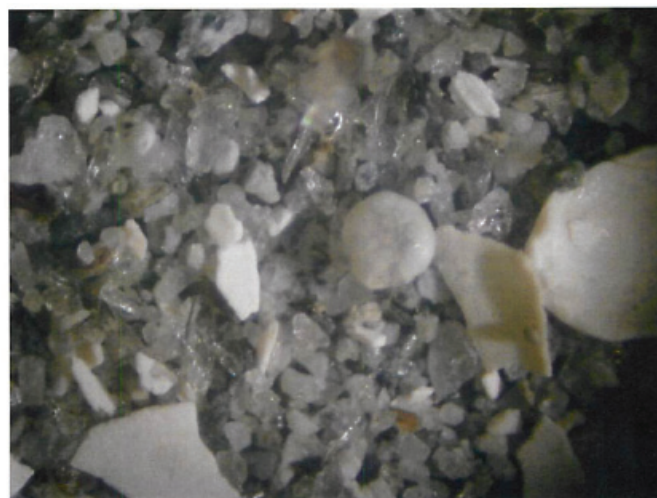


写真 1 深度 15.50~15.60m の有孔虫

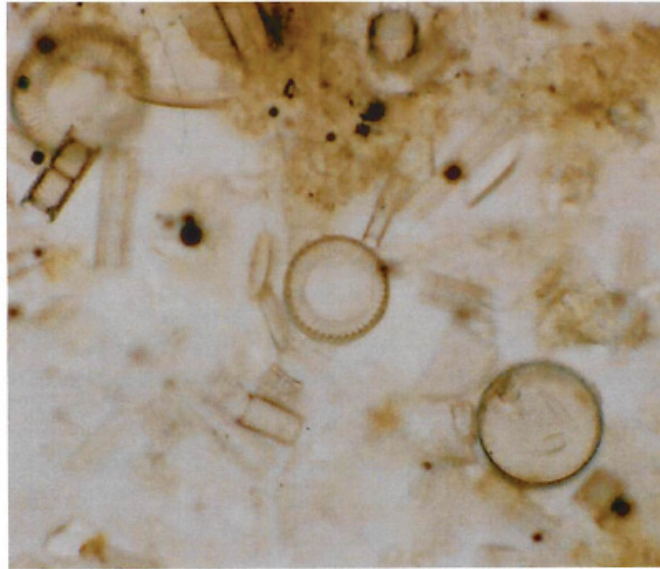


写真2 深度 14.50～14.60m の海水性珪藻 *Cyclotella* 属

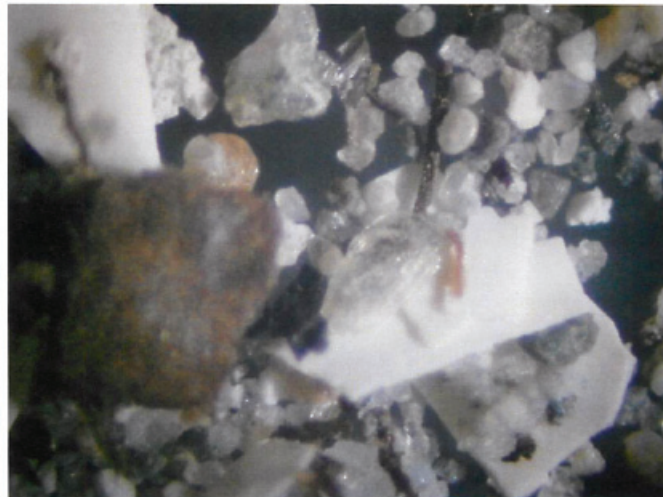


写真3 深度 21.50～21.60m の貝形虫



写真4 深度 22.50～22.60m の火山ガラス・バブルウォールタイプ

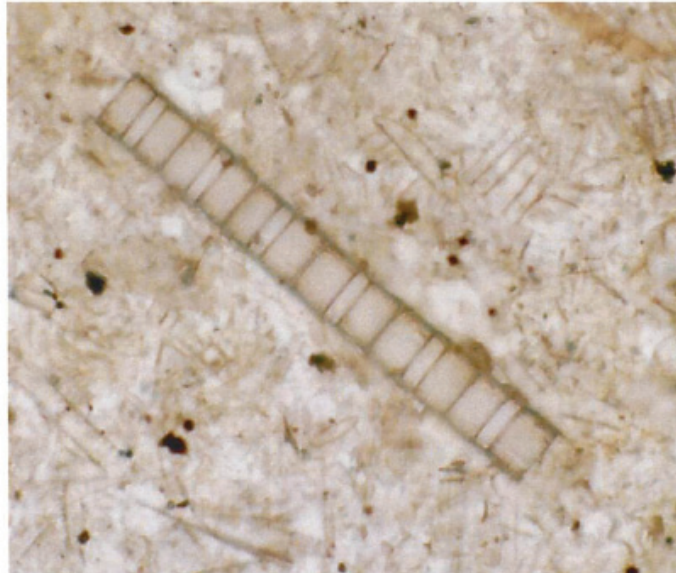


写真5 深度 33.50~33.60m の淡水性珪藻 *Melosira* 属

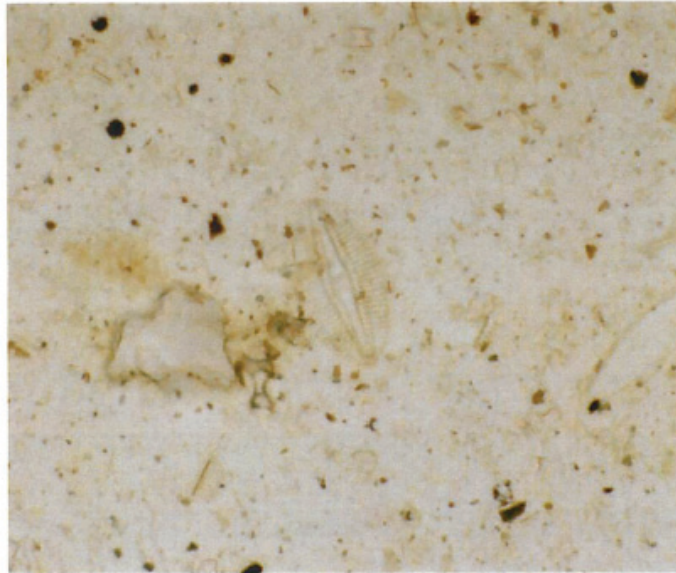


写真6 深度 36.50~36.60m 海水性珪藻 *Diploneis smithii*

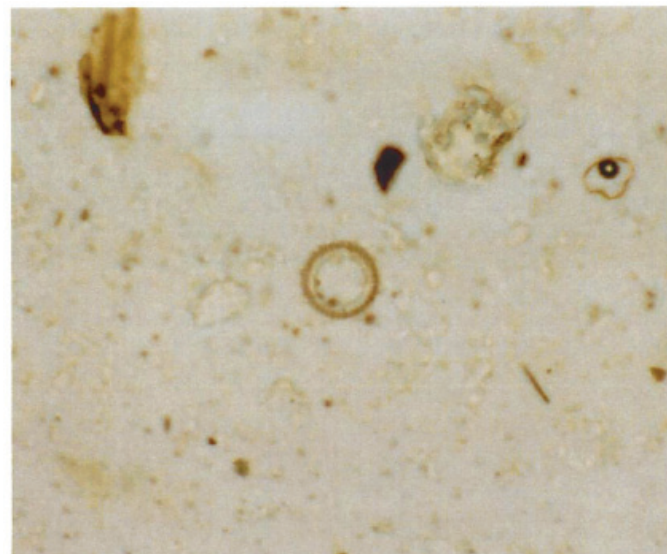


写真7 深度 53.50~53.60m の海水性珪藻 *Melosira sulcata*

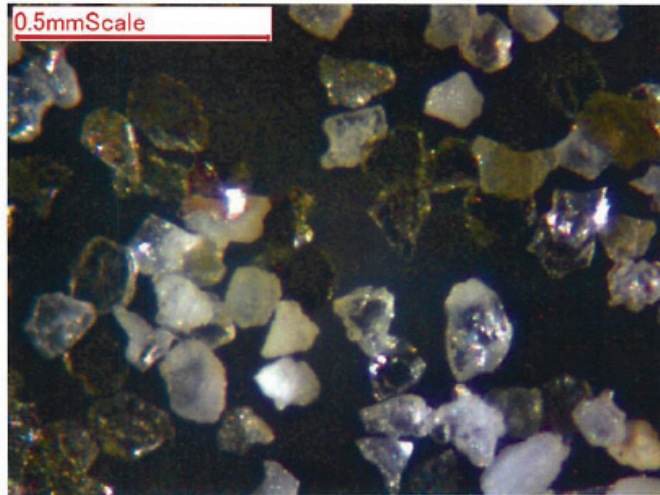


写真8 深度 66.50～66.60m の雲母

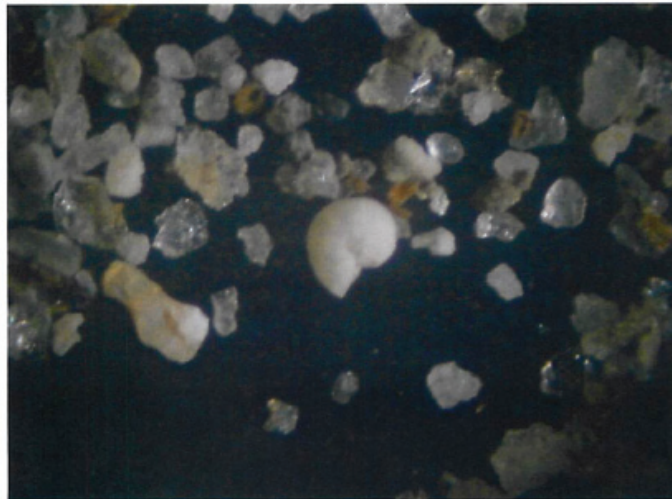


写真9 深度 84.50～84.60m の有孔虫

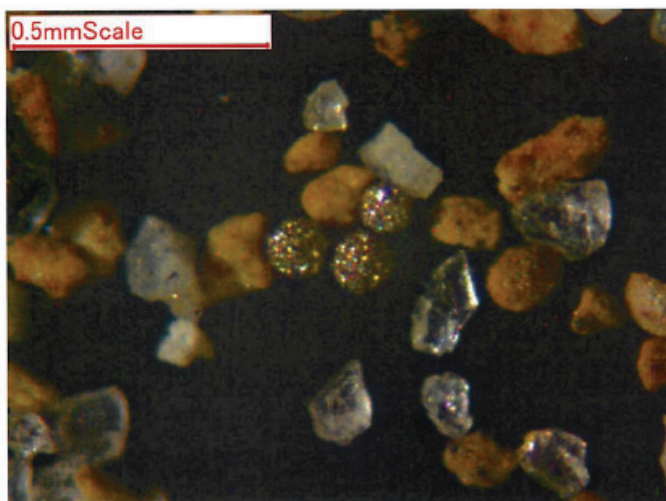


写真10 深度 95.50～96.60m の黄鉄鉱

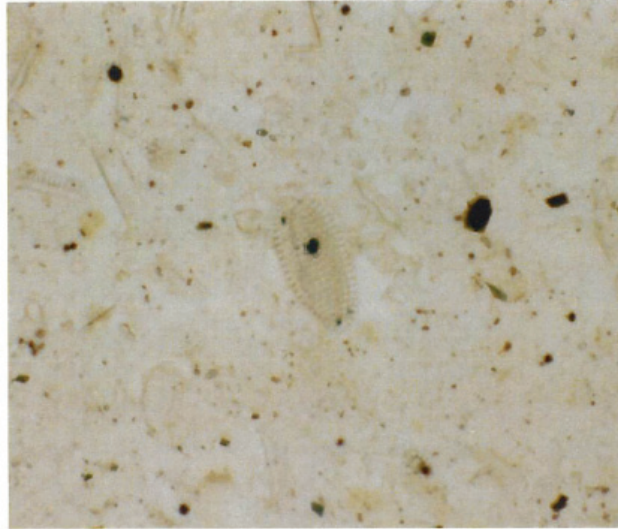


写真 11 深度 98.50～98.60m の海水性珪藻 *Nitzschia granulata*

b) 火山灰分析

火山灰分析は、粒度によるふるいわけを実施し、概略の粒度組成を確認した後、極細砂サイズ（ $63\mu\sim 125\mu$ ）の粒子の薄片で、全鉍物組成、重鉍物組成、火山ガラス形態分類を行った。その後同サイズの粒子を使用し、温度変化型屈折率測定装置を用いて、火山ガラスおよび鉍物の屈折率測定を実施した。

火山灰分析は、22 年度の分析結果の比較のために、保管されていたコア（北津守コア）から火山灰を採取して、下記のグラフ（図 2）の結果を得た。その結果と 22 年度の分析結果との比較検討を実施して地層対比の基準を作成した。分析例を図 3 に示す。

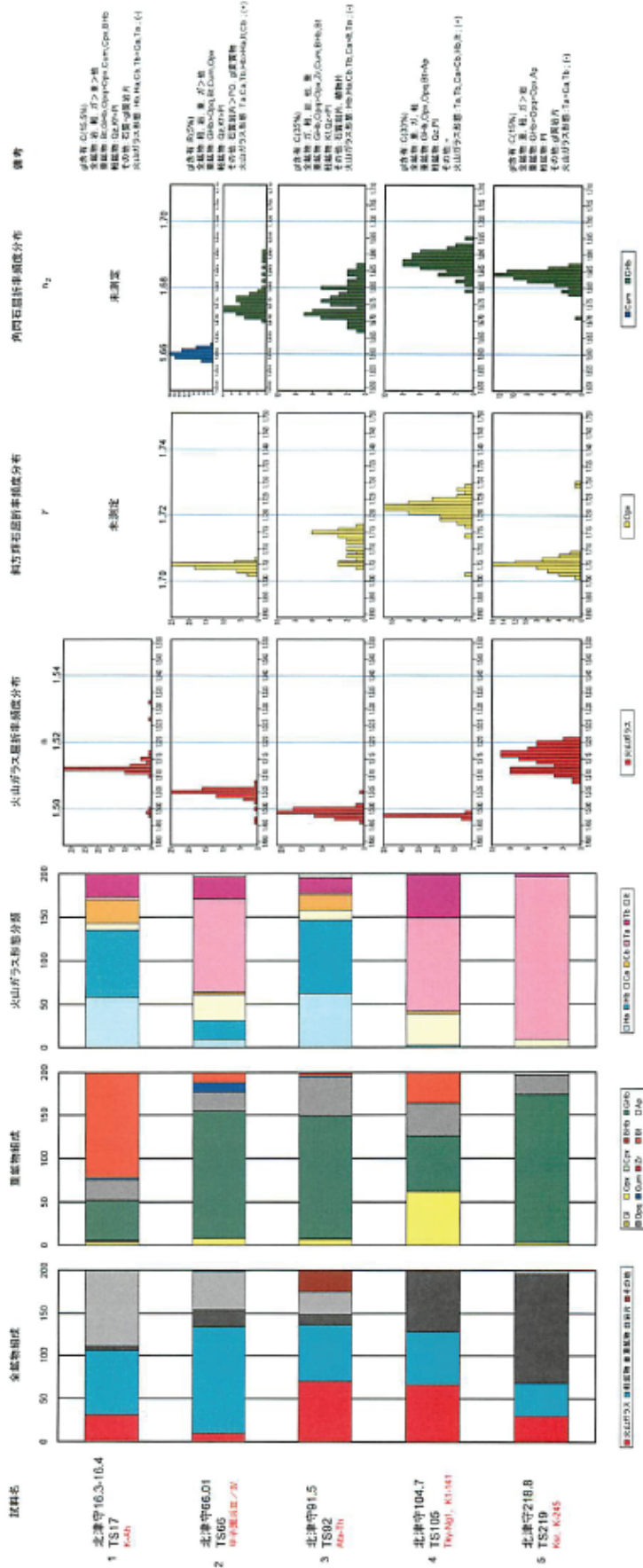


図2 北津守コアの火山灰分析結果

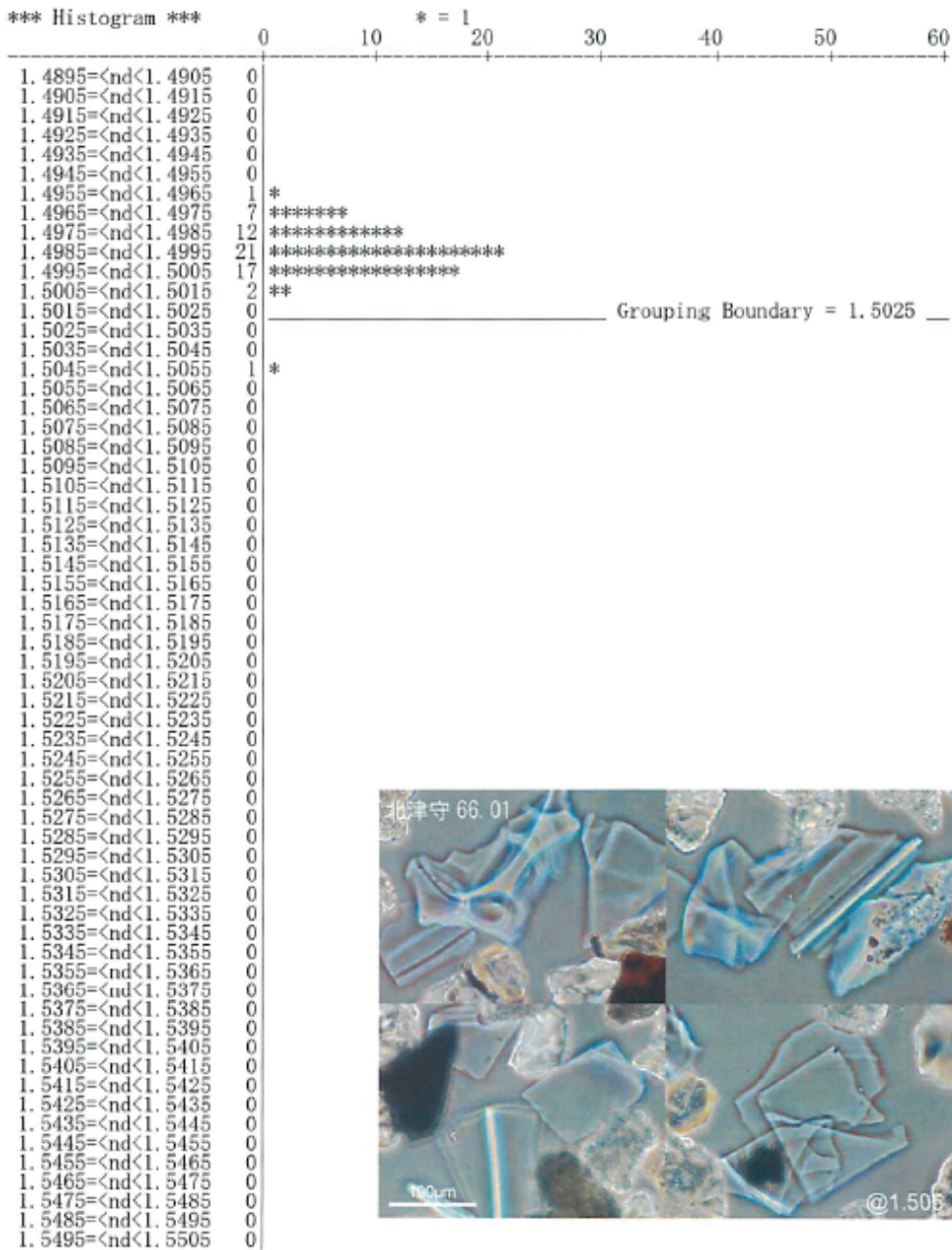
*** Grouping Data Sheet ***
 Series Name : 京都大学/地域地盤環境研究所
 Sample Name : 3. 北津守 91.5 / TS92 =Ata-Th
 Analyst : Yamashita
 Material : V.Gl.
 Immersion Oil: SD51 (nd=1.5184-0.000387·t)

Group. 01
 1.4956 1.4968 1.4969 1.4971 1.4971 1.4971 1.4973 1.4974 1.4976 1.4979
 1.4980 1.4981 1.4981 1.4981 1.4983 1.4983 1.4983 1.4983 1.4984 1.4984
 1.4985 1.4985 1.4985 1.4986 1.4986 1.4987 1.4987 1.4988 1.4989 1.4989
 1.4989 1.4990 1.4990 1.4991 1.4991 1.4991 1.4992 1.4992 1.4993 1.4994
 1.4994 1.4995 1.4996 1.4996 1.4997 1.4997 1.4998 1.4998 1.4998 1.4999
 1.4999 1.4999 1.4999 1.4999 1.5001 1.5001 1.5004 1.5004 1.5005 1.5005

Group. 02
 1.5048

	count	min.	max.	range	mean	median	st. dev.	skew.
Group. 01 :	60	1.4956	1.5005	0.0049	1.4988	1.4989	0.0011	-0.6412
Group. 02 :	1	1.5048	1.5048	0.0000	1.5048	1.5048	0.0000	0.0000
Total :	61	1.4956	1.5048	0.0092	1.4989	1.4989	0.0013	1.1280

*** Histogram ***



Measured by RIMS2000

図3 火山灰分析結果の例

c) UMH22 コアの総合柱状図

UMH22 コアの詳細地層観察を実施して、特に最上部深度 7m~10m のシルト質粘土の部分は貝が多産しており、明らかに海成であると判断された。また、地層が柔らかく、経験的にいえば、完新統のものと考えられる。この層に含まれる火山灰分析結果から、この層は K-Ah 火山灰を含むことが確認され、Ma13 海成粘土層であることが確認された。上部の柱状図を図 4 に、全体柱状図を図 5 に示す。

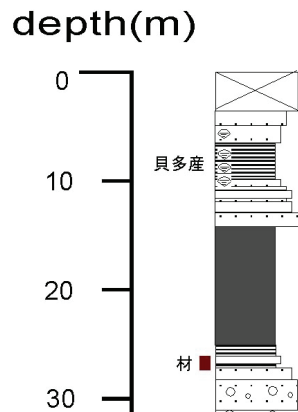


図 4 UMH22 コア上部の柱状図

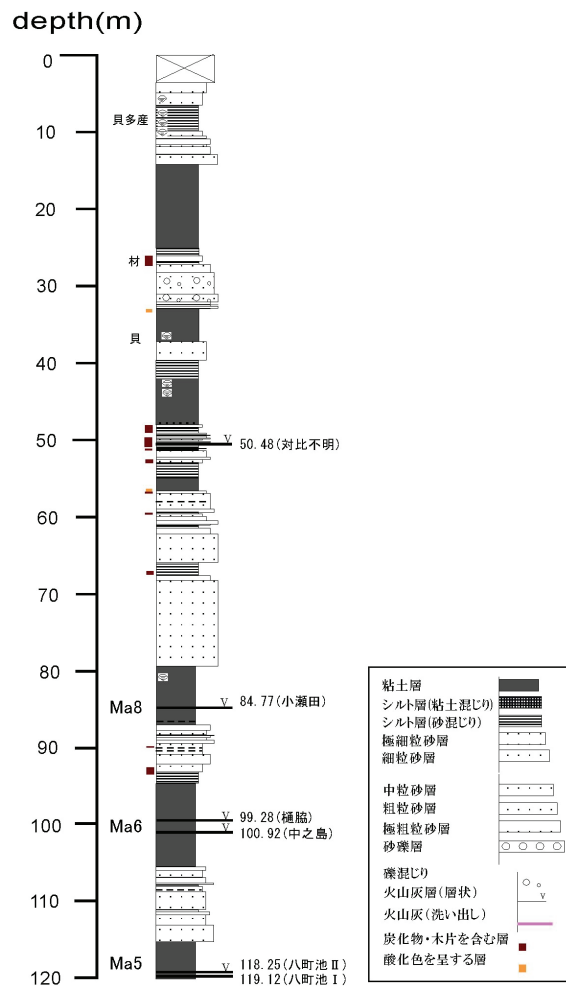


図 5 UMH22-1 コアの総合柱状図

3) 平均的変位速度の検討

a) 概要

上町断層については、過去の研究においても、断層付近で見られる基盤岩上面の標高差や大阪層群中の海成粘土の変形量を用いて長期的な変位速度については議論されてきた。ここではこれらの過去の研究とあわせて本重点調査における新たな知見も含めた形で断層の変位速度についてとりまとめを行う。

b) 変位量の検討

変位量の検討を詳細に行うには反射法地震探査において概ねの基盤上面および海成粘土層の特定がなされた断面があるもの、あるいは長尺の地質ボーリングの情報が必要である。本調査では、過去に実施された全てのこれらの情報を集めるとともに、情報を用いた再検討を実施した。

図6には、これまでに実施された反射法地震探査の測線図を示す。また、図7には大阪平野および周辺部における地質学的な学術ボーリング（大阪層群の各地層に対比された地層情報があるもの）の分布図を示す。

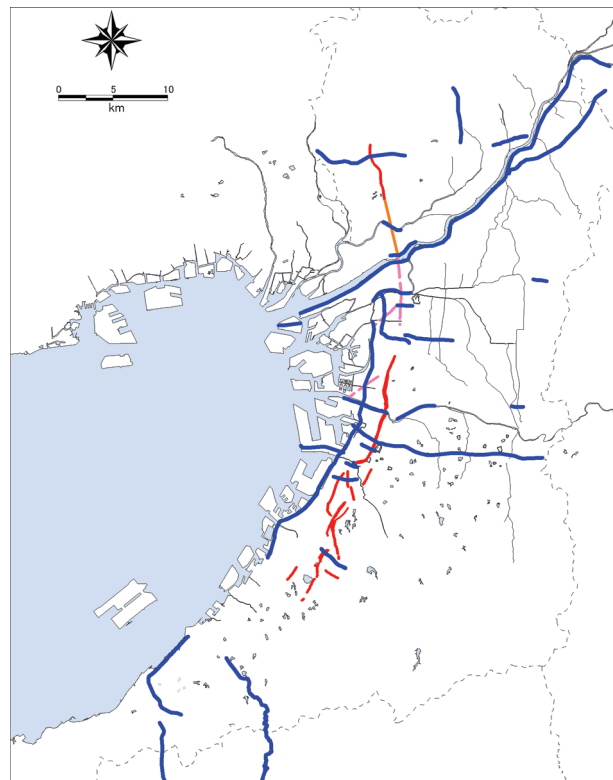


図6 上町断層帯周辺において実施された反射法地震探査測線

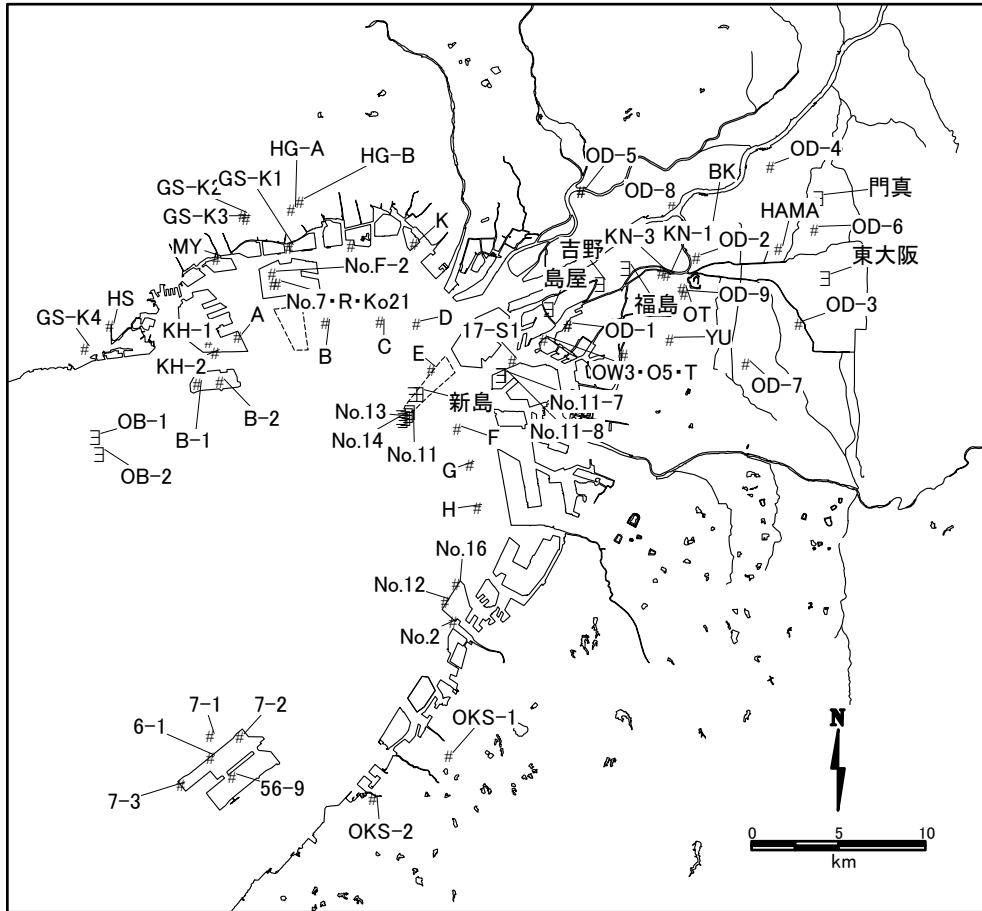


図7 大阪平野および周辺における地質学的ボーリングの実施位置図

藤田・笠間（1982）では、OD-1 コアと上町台地部の海成粘土層との比高差と年代の関係を図8のように示し、約50万年前を境に上町断層の活動性が変化したことを論じた。実際に詳細な活動性についての議論を行おうとすれば、このような海成粘土の下端面を同時期面として比高差で検討することには課題がある。なぜなら、海進時においても堆積場によって堆積開始時期が実際には異なることや堆積場によっては海成の粘土ではなく、海浜の砂層が堆積している場所もあるため、正確な堆積開始深度や堆積開始時間を設定できないことなどの問題があるためである。しかしながら、中長期的な活動性について論じるとする場合には、大きな枠内における活動性の評価の判定として、ある程度のオーダーを知る上では十分に利用できるものとする。そこで、これらの海成粘土層の堆積開始時期については、最新の知見を用いて求められた Itoh et al. (2000) を用いて検討を行うことにした。

Itoh et al. (2000) では、表2に示すような各粘土層の堆積開始年代が最近の知見によって求められている。よってこれを用いて図8の堆積開始年代を修正したものを作成した（図9）。

表 2 各海成粘土層と堆積開始時期 (Itoh et al., 2000)

Marine Clay	Age of Basement of Marine Clay (Ma)
Ma13	0.012
Ma12	0.127
Ma11	0.242
Ma10	0.334
Ma9	0.427
Ma8	0.528
Ma7	0.577
Ma6	0.621
Ma5	0.694
Ma4	0.787
Ma3	0.865
Ma2	0.951
Ma1	1.077
Ma0	1.185
Ma-1	1.241

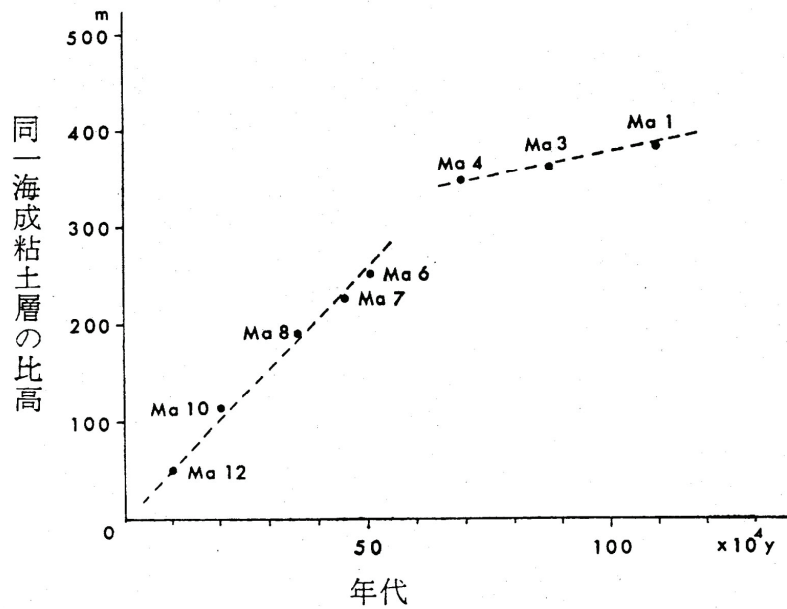


図 8 OD-1 ボーリングと上町台地上の海成粘土との対比図 (藤田・笠間, 1982)

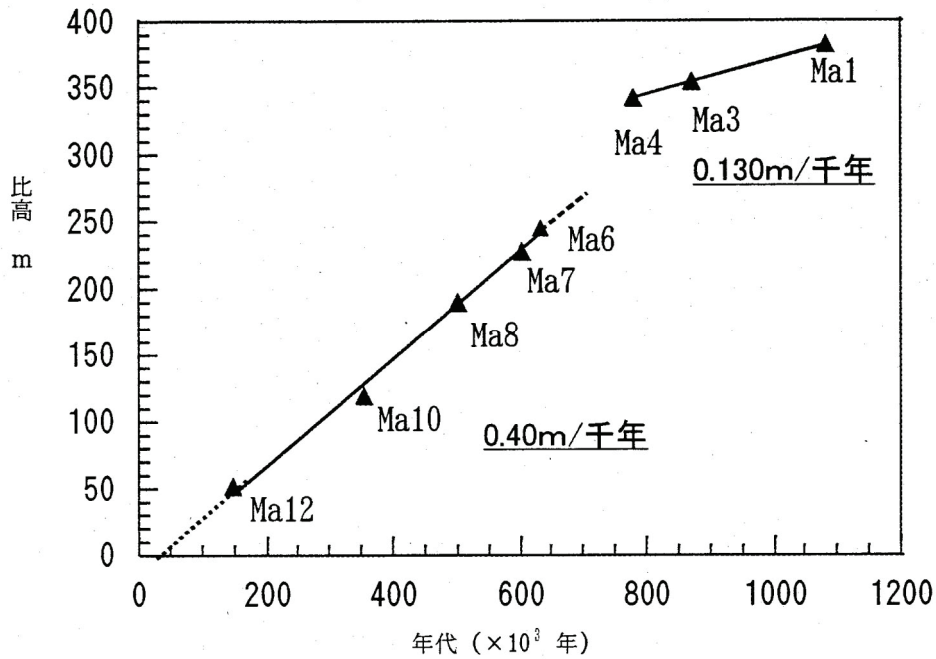


図9 図8の年代値を最新の堆積開始年代に修正した図

これによると、Ma1 から Ma4 までの期間では、0.130m/千年であった活動性が Ma6 以降では、0.4m/千年に変化していることがわかる。同様な関係は大阪府が実施した平成9年度の久米田池測線の結果と平成10年度の久米田ボーリングの結果を用いても作成することができる。図10にその結果を示す。

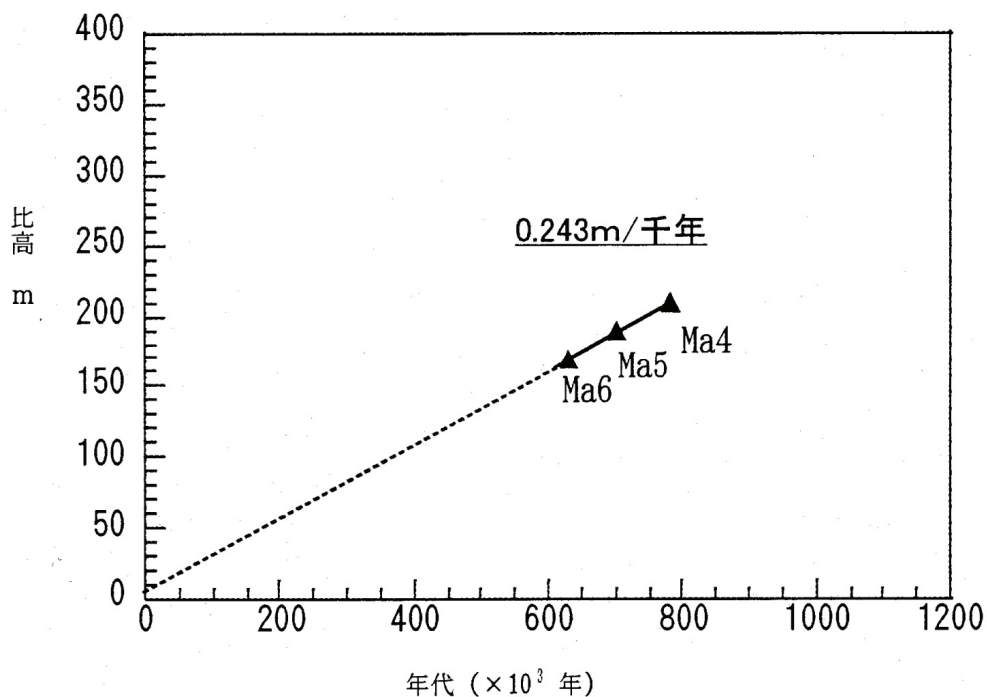


図10 久米田池ボーリング結果と反射測線を組み合わせて検討した結果図

この結果では、Ma 4 から Ma6 の間の結果から、0.243m/千年という結果になる。
 同様に中之島測線や大阪なにわ測線（桜川撓曲）においても図面を作成すると図 11、
 12 のような結果になる。

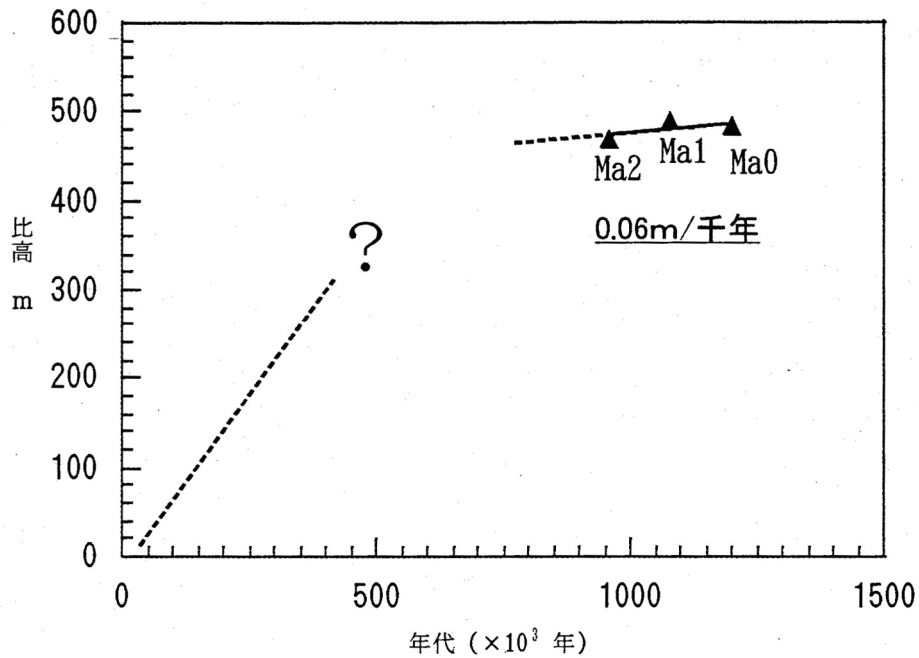


図 11 中之島測線を用いた検討図

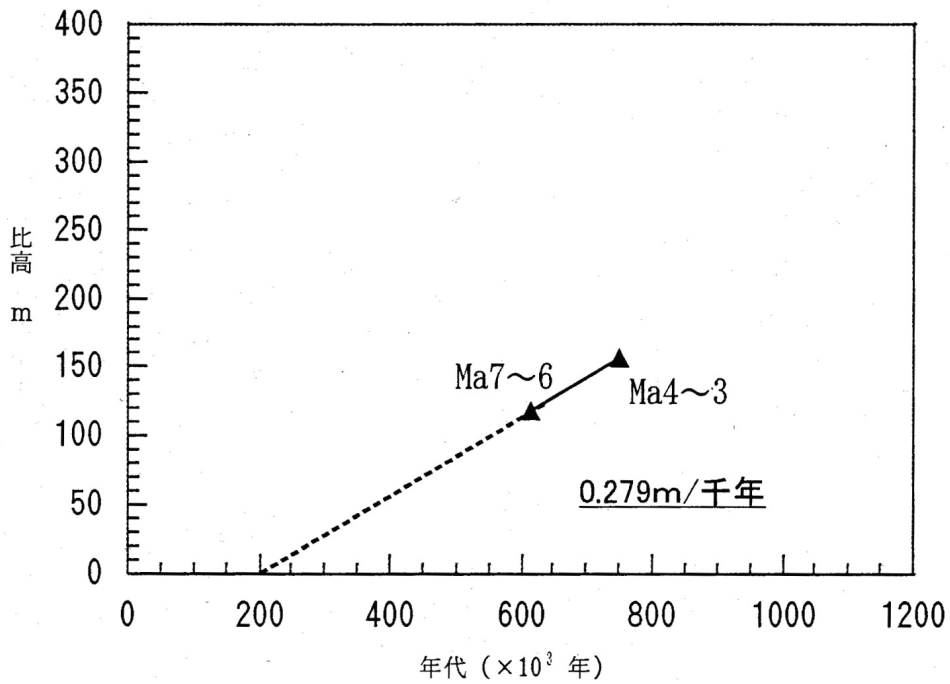


図 12 大阪なにわ測線（桜川撓曲）における検討

以上の結果からは、Ma4 以深の古い海成粘土を用いて検討を行えば、0.1m/千年程度の平均変位量が得られ、Ma4 層よりも新しい時代の海成粘土層では 0.2m/千年以上の結果が得られた。

JR 難波駅付近で実施した UMH22-1 コアと夕陽丘コア、北津守コアとの対比結果においても、Ma 8 の基底を基準にして標高差を求めると、135.79mあり、堆積開始時期を 528ka とすると、0.257m/ka、UMH 2 2 と夕陽ヶ丘コアは Ma 5、6（中之島火山灰と八町池 I）を基準にした場合、標高差が 75.64mと 89.35mで、各粘土層の堆積開始時期を 712ka および 621ka とすると、変位速度は 0.106m/ka、0.144m/ka 程度になり、明らかに上町断層本体と考えられる東側の断層よりも桜川撓曲側の変位の方が大きい結果が得られ、UMH23-1E、W コア間において Ma12 層および Ma13 層に対して変位速度を計算したところ、それぞれ、0.10m/千年、0.22m/千年の値を得た。以上の結果を図 13 にまとめた。

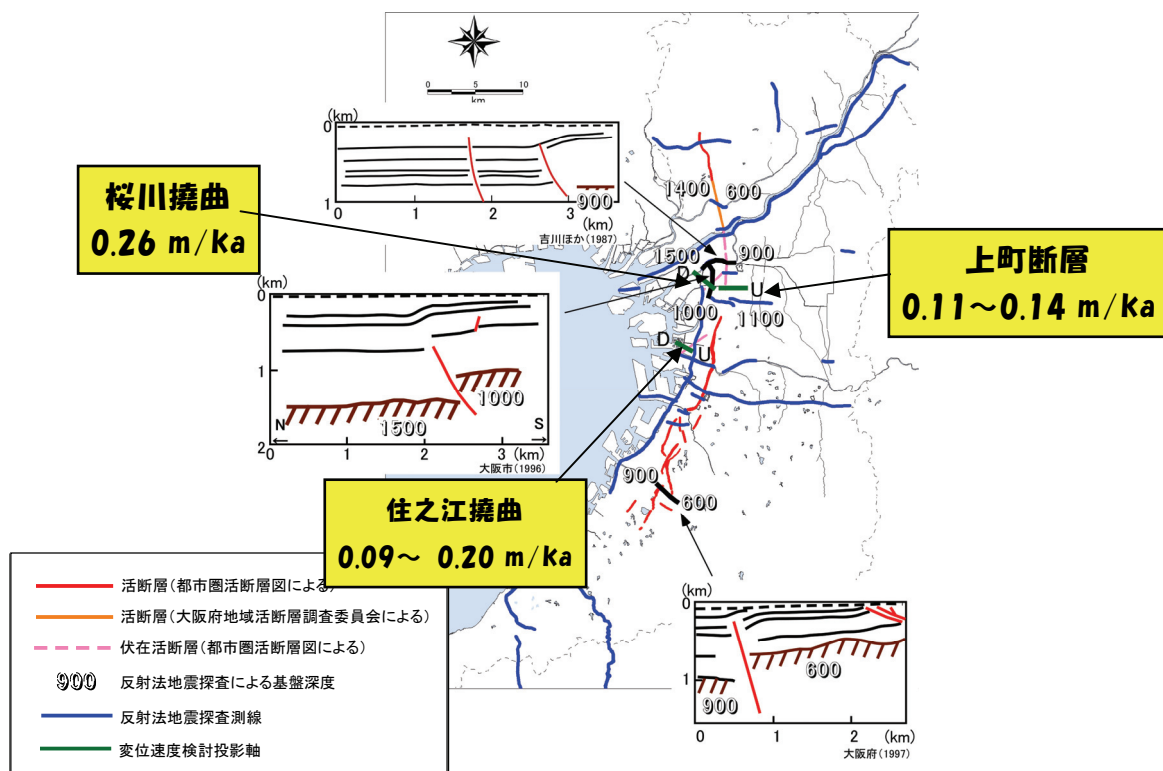


図 13 上町断層の各地域における平均変位速度

c) まとめ

これらの検討については、前述の通り、大きな変形量や地域性を検討するために作成したものであり、一定の活動のオーダーを知るための調査である。これ以上に詳細な活動性についての検討を行う場合は、粘土層下端の堆積開始時期の正確な把握とこの値による検討を行う必要があること、また粘土層間に分布する砂礫層中において大規模な削剥などの地域性の違いなども考慮する必要がある。また、厚い堆積物については圧密の影響なども

考慮する必要がある。

(c) 結論ならびに今後の課題

活断層帯の伏在部におけるやや長期的な平均変位速度の調査を実施した。平成 23 年度は伏在撓曲部及びその両側における既存のボーリングデータの収集解析と、22 年度に難波駅付近で掘削したボーリングコア (UMH22-1 および UMH22-2) の分析・解析 (採取試料を用いた地層の観察、微化石・珪藻等の調査により、粘土層の海成・非海成の確認と火山灰の詳細分析) を行い、上部大阪層群の海成粘土層や火山灰層などを変位基準とした数十万年間の平均変位速度を評価するための基準を作成できた。また、従来からのボーリング結果や反射法測線を用いての平均変位速度に関する解析を実施した。上町断層の平均的変位速度の算出にあたっての課題は、基準になる地層の堆積学的検討や侵食の課題、また厚密の影響の取り扱いとその平均的な変位速度の算出における影響の見積もり等の議論が必要である。

(d) 引用文献

藤田和夫・笠間太郎, 大阪西北部地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 112pp, 1982.

Itoh, Y., Takemura, K., Ishiyama, T., Tanaka, Y. and Iwaki, H., Basin formation at a contractional bend of a large transcurrent fault: Plio-Pleistocene subsidence of the Kobe and northern Osaka Basins, Japan, *Tectonophysics*, **321**, 327-341, 2000.
KG-NET・関西圏地盤研究会, 新関西地盤－大阪平野から大阪湾－, 関西圏地盤研究会, 450pp, 2007.