

## 中央構造線地域におけるフィンガープリント法調査

柴田 賢\* 東原雅実\*\* 村中英寿\*\*\*

SHIBATA, K., HIGASHIHARA, M. and MURANAKA, H. (1990) Fingerprint geochemical survey applied to the Median Tectonic Line areas. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 41 (8), p. 419-453.

**Abstract :** A soil-gas geochemical exploration method called "Fingerprint" was applied to the Median Tectonic Line areas in Nara and Ehime Prefectures. Soil-gas was adsorbed on activated charcoal and was analyzed by mass spectrometry. In addition, 2 samples were analyzed by gas chromatograph-mass spectrometry.

On the basis of geochemical data, 83 samples collected along 4 lines across the Median Tectonic Line and related faults are divided into two types: those (23 samples) having high gas emission—high-mass gas ratio, and those (60 samples) having low gas emission—high-mass gas ratio, the latter of which represent the background. The results of factor and cluster analyses performed on these geochemical data indicate that 23 samples are clearly distinguished from the background in chemical composition, and that they are divided into 5 clusters. These samples are assigned to indicate fault/fracture zones, and correspond well with the locations of the Median Tectonic Line and related faults. The Washika fault is found to be the most extensive fracture system in this survey from geochemical data.

The result of factor analysis also shows that chemical composition of soil-gas is characterized by xylene and ethylbenzene on the background, and by paraffin, monoterpene and unidentified components having mass number of 94 or more than 115 on fault/fracture zones. Moreover, gas chromatograph-mass spectrometry analyses confirm that soil-gas consists of the above-identified hydrocarbons, other alkylbenzenes and cycloparaffins.

### 1. はじめに

フィンガープリント法は、石油貯留層の直接捕捉を目的として米国コロラド鉱山大学で開発された土壤ガス地化学調査法であり、「活性炭による土壤ガスの採取」、「質量分析計によるガス成分の分析」及び「多変量解析に基づくデータ解析」の3つの技術の組み合わせより成っている (KLUSMAN and VOORHEES, 1983)。本手法が、石油鉱床の捕捉のみならず、断層の抽出法としても有効であることは、奥会津地域、花崗岩地帯の“A”ダム地域、根尾谷断層地域等における調査で明らかにされている (坂井, 1987; 東原ほか, 1988a, 1988b)。

地質調査所では、原子力特研「精密年代測定による断層活動性評価の研究」を昭和61年度から4年計画で実

施してきたが、その一部として平成元年度に中央構造線地域において、フィンガープリント法による土壤ガス地化学調査を行った。本調査の目的は、中央構造線地域の土壤ガスの質的・量的な分布状況をフィンガープリント法により測定・解析することにより、断層活動性評価のための補足的な資料を得ることにある。また、本調査は第四紀層を欠く基盤岩の露出する地域におけるフィンガープリント法の有効性の検証に資するものと期待される。

なお、現地調査、試料採取、測定、データ解析は三井金属資源開発株式会社が実施した。

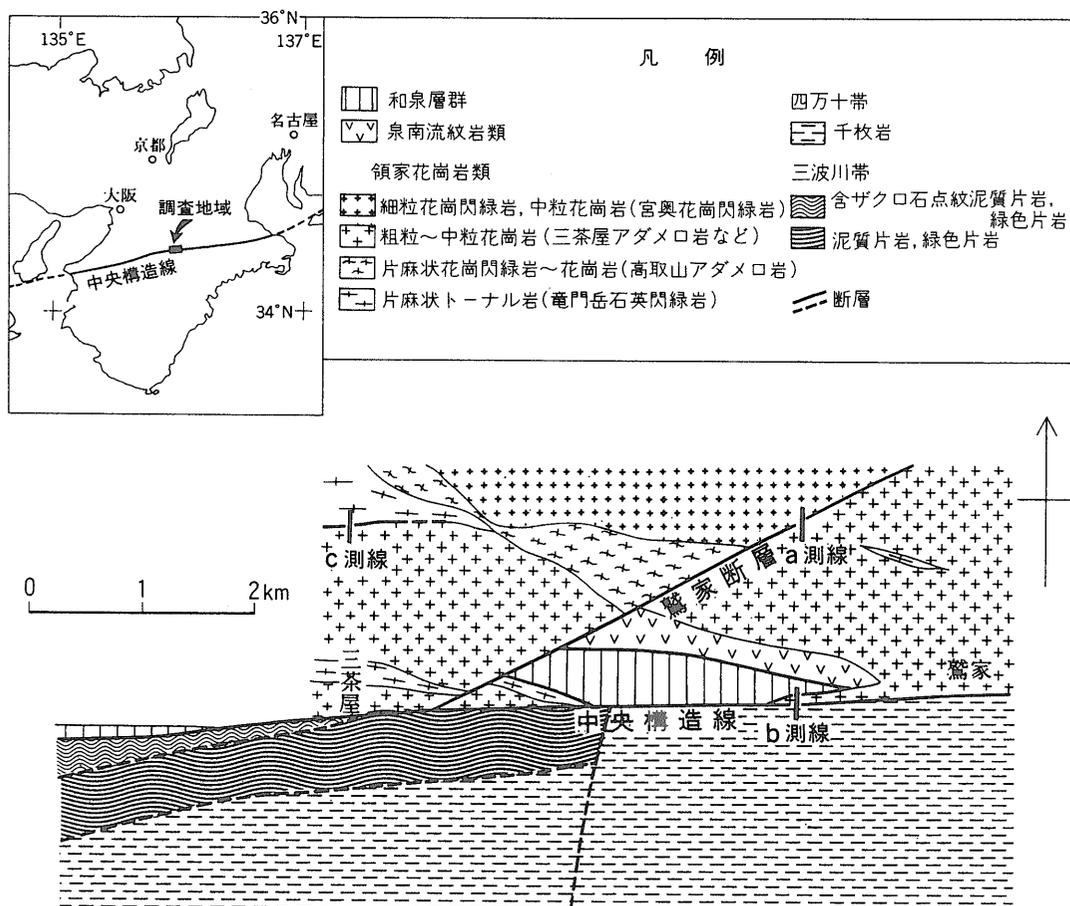
### 2. 地質概要

今回調査を実施したのは、奈良県吉野郡東吉野村・同県宇陀郡大宇陀町の中央構造線周辺の地域 (以下「東吉野村地域」と略す) 及び愛媛県宇摩郡土居町の中央構造線周辺の地域 (以下「土居町地域」と略す) である。

\* 地殻化学部

\*\* 三井金属資源開発株式会社

\*\*\* 三井金属資源開発株式会社 (現在, 新エネルギー・産業技術総合開発機構)



第1図 東吉野村地域の地質図 (柴田ほか, 1988)

### 2.1 東吉野村地域の地質概略

東吉野村地域の地質図(柴田ほか, 1988)を, 第1図に示す。中央構造線は本地域中央をほぼE-W方向に横断し, 調査地域を南北に2分している。

中央構造線の北方(内帯)には, 竜門岳石英閃緑岩・高取山アダメロ岩(以上政岡(1987)の第I期花崗岩類), 三茶屋アダメロ岩(第II期花崗岩類)及び宮奥花崗閃緑岩(第III期花崗岩類)からなる領家帯が広く分布し, これらの花崗岩中には中央構造線の活動に関連するカタクラサイト化作用が中央構造線から500-1,000m離れた範囲にまで認められる。このほかには, 中央構造線沿いの狭い範囲に和泉層群及び泉南流紋岩類の分布が認められる。

中央構造線の南方(外帯)には, 放散虫化石の産状(竹内・大和大峯研究グループ, 1984)及び碎屑性ザクロ石の化学組成の検討(竹内, 1986)などから四万十帯に

対比される可能性が高い千枚岩が広く分布している。一般に中央構造線に沿って外帯に広く分布する三波川帯の結晶片岩の分布は, 本地域では三茶屋南方600m付近までの範囲に限られている。

中央構造線の露頭は鷺家西方の沢及び三茶屋西方の道路沿いで認められる。このうち前者では, 破碎された千枚岩とカタクラサイト化した花崗岩が断層面(N 74°W 60°N)で接しており, 両岩体とも角礫化しているものの断層ガウジは認められない。この付近の地質は, 「吉野山」図幅中でも特に複雑であり, 上盤側の花崗岩中には和泉層群の頁岩(及び礫岩;部分的に片状構造を示す)がE-W系断層に囲まれ幅5-30mのレンズ状にもみ込まれている(平山・岸本, 1957)。

本地域の中央構造線の活動性については, 岡田(1973a)が地形学的に, 角田ほか(1981)が露頭調査により検討し, いずれも第四紀(特に後期)における活動

の証拠は認められないとしている。

本地域のこの他の主要な断層には、鷲家断層、鷲家西方に分布する和泉層群の北端・南東端・南西端を限る断層、三茶屋北方の竜門岳石英閃緑岩と三茶屋アグメロ岩を境する断層が認められる。鷲家断層の露頭は、佐倉峠南方 250 m において認められる。断層面は、N 64°E 78°S の走向傾斜を示し、断層面に沿って幅 2 cm の断層ガウジが伴う。また、断層より数 m の区間にはカタクラサイト化作用が認められる。

東吉野村地域における中央構造線の断層ガウジの K-Ar 年代は約 35 Ma であり、これは中央構造線の主要な断層活動の時を示すものと考えられる（柴田ほか, 1988）。一方、鷲家断層の断層ガウジの年代は約 20 Ma である。

三井金属資源開発（1989）は、本調査に先立って、フィンガープリント法による事前調査（測点総数=21）を実施した。調査は主として、三茶屋西方の道路沿いの中央構造線の露頭を中心とした N-S 方向の測線沿いに実施された。この事前調査により、質量数 (m/z)=92, 93, 121, 136 のガス成分の発散比 (=各ガス成分が全ガス量中に占める割合) の増加に特徴づけられるガスの異常 (質量数 m/z=106 のガス成分の発散比・発散量 (=各ガス成分のイオン強度) の低下を伴う) が中央構造線から上盤側に向かって 20 m 連続することが確認された。また断層の下盤側の 1 測点において、質量数 (m/z)=30, 56,

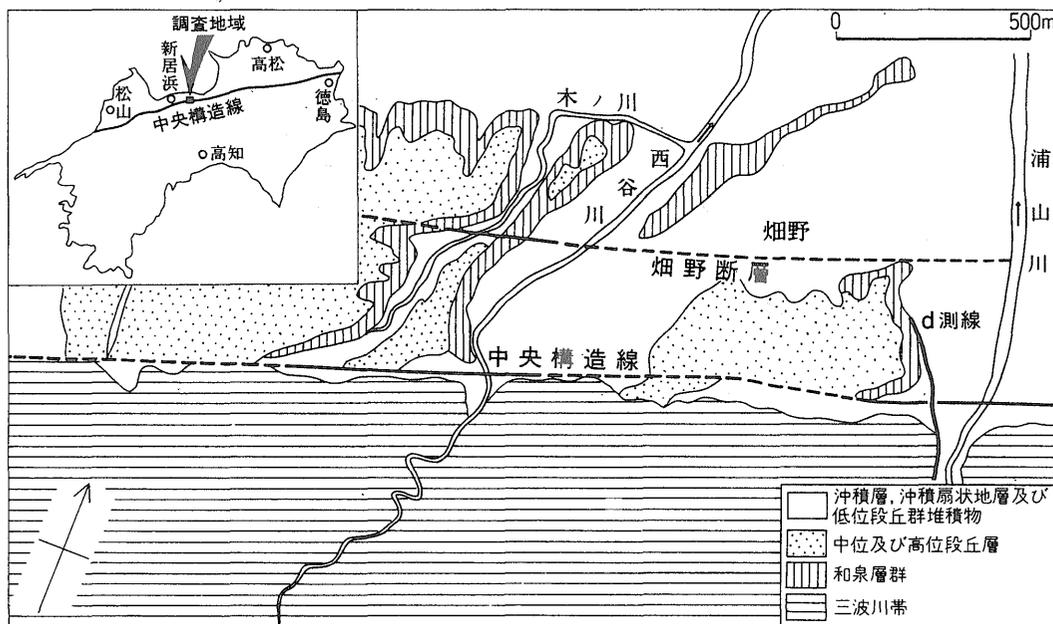
94, 96 のガス成分の発散比の増加を認めたが、断層に起因する異常か人工的な汚染によるものかは明らかでなかった。

## 2.2 土居町地域の地質概略

土居町地域の地質図 (OKADA, 1980) を、第 2 図に示す。

本地域の中央構造線は、第四紀後半に活動的となった右横ずれ成分の卓越する活断層である。中央構造線は第 2 図中央を ENE-WSW 方向に横断しており、これに沿って約 550-600 m の右横ずれの明瞭な地形変位が認められる。今回測線を配置した浦山川地区には、沢沿いに中央構造線の断層破砕帯の良好な露出が認められていた (岡田, 1973b; 現在は四国縦貫道建設工事のため露出は認められない)。断層破砕帯の剪断面は、走向 N 50-90°E 傾斜 40°N-75°S (現在の主要活動面は 70-80°N) である。破砕帯の幅は 10 数 m 以内であり、このうち約 7 m の範囲に断層粘土を伴う。また、断層面上盤側には、断層に沿って破砕された灰白色のフェルサイト岩脈が挟在している。

中央構造線の北方に認められる基盤岩は、和泉層群の砂岩泥岩互層である。これを覆って段丘堆積物が広く分布しており、このため和泉層群の露出は狭くかつ断片的である。一方、中央構造線の南方には、三波川変成岩類の泥質片岩が広く分布している。



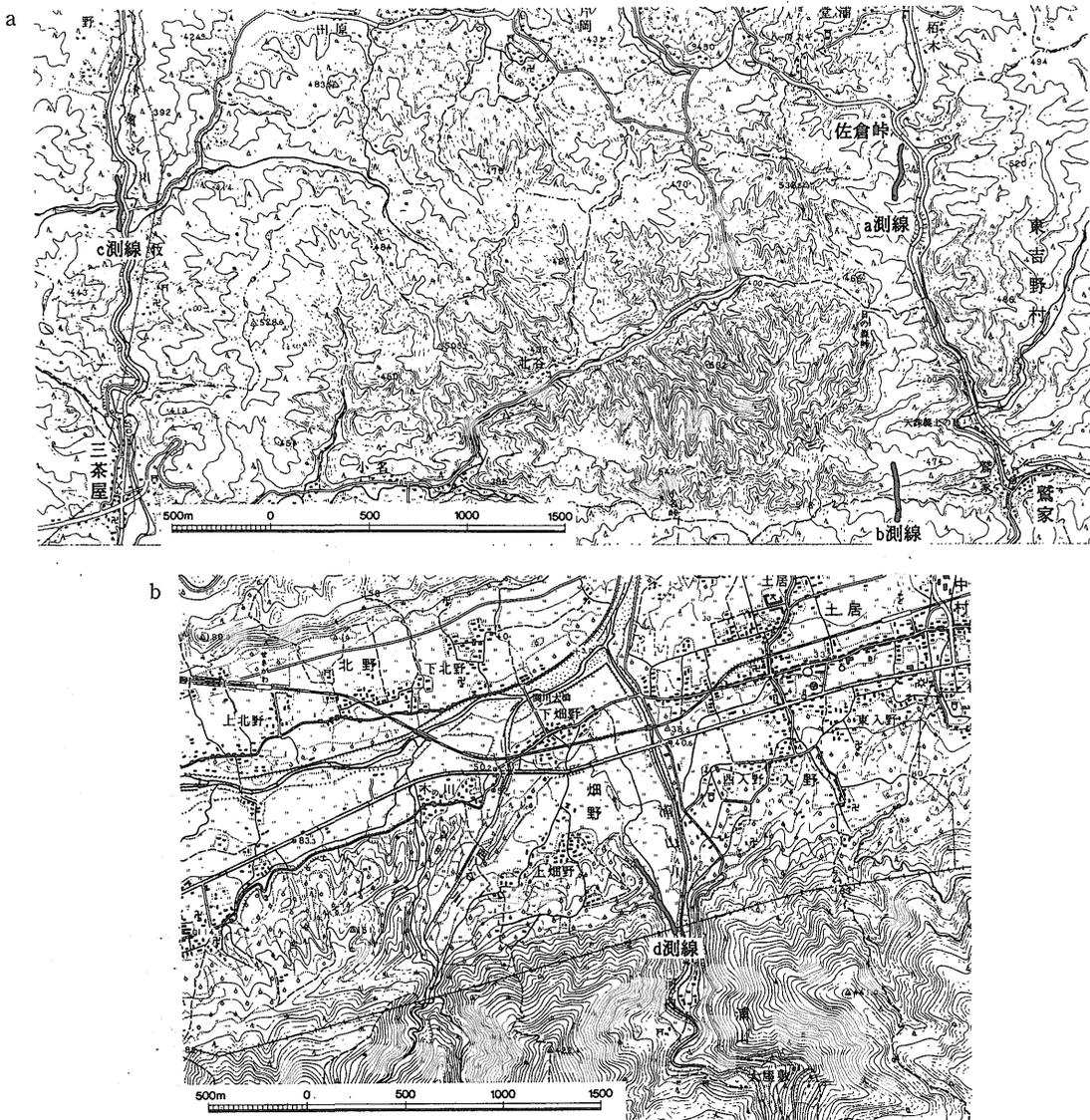
第 2 図 土居町地域の地質図 (OKADA, 1980)

浦山川における中央構造線の断層ガウジのK-Ar年代については、三波川泥質片岩由来のガウジが35 Ma、和泉層群由来のガウジが39-45 Ma、フェルサイト岩脈由来のガウジが11 Maであり、第四紀後半の活動に伴う年代の若返りは認められない(柴田ほか, 1989)。

### 3. 調査方法

#### 3.1 試料採取

土壌ガスの採取は、1) 佐倉峠南方250 mに露出する鷲家断層、2) 鷲家西方の沢中に露出する中央構造線、3) 三茶屋北方1.5 kmを通過している竜門岳石英閃緑岩と三茶屋アダメロ岩とを境する断層(以上東吉野村地域)、4) 土居町浦山川沿いに露出する中央構造線(土居町地域)



第3図 調査位置図

- a: 東吉野村地域, 国土地理院2万5千分の1「古市場」を使用。
- b: 土居町地域, 同「東予土居」を使用。

に伴う土壌ガスの異常の捕捉を目的として、各々を中心にしてほぼ N-S 方向に計 4 本の測線 (各々 a 測線, b 測線, c 測線, d 測線と呼ぶ) を設定した (第 3 図)。a, b, c, d 測線上には、5-30 m の測点間隔で各々 21, 19, 17, 30 測点, 計 87 測点を配置した。しかし、c 測線の 1 測点 (No.47), d 測線の 3 測点 (No.60, 62, 80) でガスコレクター (後述) が回収不能となり、分析できた試料の総数は 83 であった。試料採取位置及び調査日時を、第 1 表及び第 11 図に示す。

土壌ガス試料の採取には、直径約 3 cm, 長さ約 15 cm のガスコレクター (第 4 図) を用いた。ガスコレクターは、ガラス管に磁性体ワイヤー (キュリー点=358°C) を挿入したもので、ワイヤーの一端には一定量の粒径を揃えた活性炭粉末を附着してある。このガスコレクターを測点の地表下約 50 cm の深さに 20 日間 (最短 464 時間, 最長 481 時間) 埋設しておき、地下深部から上昇してきたガス成分を含む土壌ガスを活性炭に吸着・集積させた。なお、ガスコレクターは、汚染を避けるためキャップにより密閉して輸送した。

### 3.2 ガス成分の分析

本手法で解析の対象となるガスの主体は、比較的分子量の大きな炭化水素系ガスである。一般にこの種のガスは揮発性及び移動性がともに低く、その濃度は極めて希薄である。このため、ガスの分析は高感度のキュリー点パイロリシス・四重極型質量分析計 (第 5 図; イオン化のための衝撃電子のエネルギー=15 eV) で行った。分析した質量数 (正確には、イオン化による電荷  $z$  に対する質量数  $m$  の比  $m/z$ ; 通常  $z=1$ ) の範囲は、29 から 240 までである。また、イオン強度 (単位: ion count) が 100 ion count 以下のイオンはノイズとして切り捨てた。

検出したガス成分の質量数 ( $m/z$ ) とそのイオン強度は磁気テープに記録したほか、ガス成分の質量数 ( $m/z$ ) を横軸に、その強度比を縦軸にとった「質量スペクトル」として図化した。この質量スペクトルは、その測点の地質環境 (断裂の有無, 貯留層の有無その他) を反映した特有のパターンを示すことが知られている (例えば, KLUSMAN and VOORHEES, 1983)。なお、検出したガス成分のうち、質量数 ( $m/z$ )=32, 40, 44, 146, 148, 206, 207, 208, 209, 210 の 10 成分は下記のような理由で除外して、全ガス発散量の計算、高質量ガス発散比の計算及び因子分析を行った。

1) 質量数 ( $m/z$ ) が 32, 40, 44 のガス成分: この領域には、大気中に比較的多量に含有される酸素 ( $m/z=32$ ), アルゴン ( $m/z=40$ ), 二酸化炭素 ( $m/z=44$ ) の分子イオンが出現するため、地下深部の地質環境を反映

しない可能性が高い。

2) 質量数 ( $m/z$ ) が 146, 148, 206, 207, 208, 209, 210 のガス成分: この領域は、ガスコレクターの密閉、質量分析計の真空保持等に用いられているジクロロベンゼン ( $m/z=146, 148$ ) 及びシリコン ( $m/z=206, 207, 208, 209, 210$ ) の分子イオンが出現するため、人為的な汚染の影響を強く反映する可能性が高い。

さらに因子分析においては、イオンの発散比 (=イオン強度/全ガス発散量 (後述)) の最大値が 0.05% 未満のガス成分 (17 成分), イオンの発散比が 0.05% 以上の試料が 1 試料しかないガス成分 (4 成分) も除外した。

ところで、今回 b 測線の 4 測点で重複サンプリングを実施し、そのうち 2 測点 (No.22, 32) について試験的にキュリー点パイロリシス・ガスクロマトグラフ質量分析を実施した。使用した装置は、パイロリシス・質量分析システム (第 5 図) のガス膨張室をガスクロマトグラフ装置に差し替えたものである。すなわちこの装置では、パイロリシスによって活性炭から放出させた土壌ガスは、He (12psi.) のキャリアーガスに乗って、昇温条件 (40-250°C, 10°C/min) 下のキャピラリーカラム (DB-5, 30 m×0.25 mm) 中を通過し個々のガス成分に分離される。質量分析はそれぞれ個々のガス成分について実施するため、このシステムでは土壌ガスを構成する成分の同定が可能である。しかし、反面感度はパイロリシス・質量分析計より劣っている。

### 3.3 データ解析法

#### 3.3.1 断層に伴うガスの異常及びその定量的表現方法

解析に供されるガスの主体は、炭化水素系の有機ガスである。これらの有機ガスは、主として、地下深部の Catagenesis 帯 (VASOYEVICH *et al.*, 1970) における有機物の熱変質作用により生じると考えられている。地下深部から地表までの移動経路の違いを反映して、地殻の破碎部を通過して地表に到達した断裂帯直上のガスには、断裂の発達していない所を経由してきたガスとは異なる次のような異常があることが知られている (例えば, 東原ほか, 1988a)。

1) 断裂帯直上のものは、断裂の発達していない所のものより、一般にガスの総量が多い。この異常を定量的に表す指標として、「全ガス発散量」を用いた。

2) 断裂の発達していない所のガス成分が低-中質量 (通常、質量数  $m/z < 120$ ) のガスにほぼ限られているのに対し (第 6 図), 断裂帯直上の試料には高質量 (通常、質量数  $m/z \geq 120$ ) のガスも相当量含まれる (第 7 図)。特に、質量数 ( $m/z$ ) =136, 121 (さらに、107, 93) のガス成分は、断裂帯直上で特徴的な高発散を示すことが、

第1表 試料採取位置及び調査日時

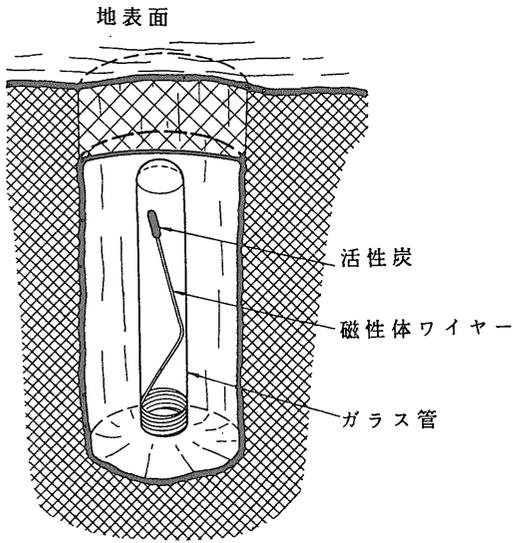
測線	試料 番号	試料採取位置						埋設日時(平成元年)			回収日時(平成元年)				
		東 經 (°)	北 緯 (°)	高度 (m)	地形	植生	土 壤	粘土 の有/無	月日	時分	天候	月日	時分	天候	
a	1	135 59 1	34 26 6	415	中傾斜	斜面	広葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	15:15	曇り	08/01	13:17	曇り
a	2	135 59 1	34 26 6	415	平	坦	草・広葉樹	細礫シルト	無し	07/12	15:05	曇り	08/01	13:10	曇り
a	3	135 59 0	34 26 5	420	中傾斜	斜面	針葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	14:52	曇り	08/01	13:04	曇り
a	4	135 59 0	34 26 4	435	尾根・緩傾斜	斜面	針葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	14:39	曇り	08/01	12:55	曇り
a	5	135 58 60	34 26 3	450	尾根	緩傾斜	針葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	14:46	曇り	08/01	12:49	曇り
a	6	135 59 0	34 26 2	455	緩傾斜	斜面	広葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	14:10	曇り	08/01	12:40	曇り
a	7	135 58 60	34 26 2	450	中傾斜	斜面	広葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	14:00	曇り	08/01	12:33	曇り
a	8	135 58 60	34 26 2	450	中傾斜	斜面	広葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	13:48	曇り	08/01	12:27	曇り
a	9	135 58 60	34 26 1	450	中傾斜	斜面	広葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	13:36	曇り	08/01	12:21	曇り
a	10	135 59 1	34 26 1	430	急傾斜	斜面	広葉樹	含細礫シルト	無し	07/12	10:08	曇り	08/01	10:41	雨
a	11	135 58 60	34 26 1	450	緩傾斜	斜面	広葉樹	含細礫茶褐色土	無し	07/12	10:47	曇り	08/01	10:53	雨
a	12	135 58 60	34 26 1	450	緩傾斜	斜面	広葉樹	黄褐色細礫シルト	無し	07/12	11:06	曇り	08/01	11:00	雨
a	13	135 58 59	34 26 1	455	緩傾斜	斜面	広葉樹	黄褐色細礫シルト	無し	07/12	11:19	曇り	08/01	11:05	雨
a	14	135 58 59	34 26 1	455	尾根・平坦	広葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	11:32	曇り	08/01	11:11	雨	
a	15	135 58 59	34 26 1	455	尾根・平坦	広葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	11:38	曇り	08/01	11:17	雨	
a	16	135 58 59	34 26 1	455	尾根・緩傾斜	斜面	広葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	11:46	曇り	08/01	11:22	雨
a	17	135 58 59	34 26 0	455	尾根	緩傾斜	広葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	11:57	曇り	08/01	11:27	曇り
a	18	135 58 59	34 25 59	450	尾根・緩傾斜	斜面	広葉樹	含細砂黄褐色土	無し	07/12	12:11	曇り	08/01	11:35	雨
a	19	135 58 59	34 25 58	440	尾根・緩傾斜	斜面	広葉樹	含細砂黄褐色土	無し	07/12	12:22	曇り	08/01	11:42	曇り
a	20	135 58 59	34 25 57	425	尾根・中傾斜	斜面	広葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	12:46	曇り	08/01	11:49	曇り
a	21	135 58 59	34 25 56	400	中傾斜	斜面	広葉樹	含細礫黄褐色土	無し	07/12	12:59	曇り	08/01	11:59	曇り
b	22	135 58 59	34 25 14	490	尾根・平坦	針葉樹	赤褐色土	無し	07/13	11:25	曇り	08/02	10:55	雨	
b	23	135 58 59	34 25 13	480	中傾斜	斜面	針葉樹	赤褐色土	無し	07/13	11:12	曇り	08/02	10:45	雨
b	24	135 58 60	34 25 12	460	中傾斜	斜面	針葉樹	含細礫赤褐色土	無し	07/13	10:59	曇り	08/02	10:36	雨
b	25	135 59 0	34 25 11	440	中傾斜	斜面	針葉樹	含細礫赤褐色土	無し	07/13	10:49	曇り	08/02	10:26	曇り
b	26	135 58 60	34 25 10	415	急傾斜	斜面	針葉樹	含細礫黒褐色土	無し	07/13	10:35	曇り	08/02	10:16	曇り
b	27	135 58 60	34 25 10	405	急傾斜	斜面	針葉樹	含細礫赤褐色土	無し	07/13	10:26	雨	08/02	10:04	曇り
b	28	135 58 60	34 25 9	400	急傾斜	斜面	針葉樹	含細礫赤褐色土	無し	07/13	10:14	雨	08/02	09:56	曇り
b	29	135 58 60	34 25 9	395	急傾斜	斜面	針葉樹	含細礫赤褐色土	無し	07/13	10:07	雨	08/02	09:49	曇り
b	30	135 58 60	34 25 9	390	緩傾斜	斜面	針葉樹	含細礫赤褐色土	無し	07/13	09:58	雨	08/02	09:41	雨
b	31	135 58 60	34 25 9	390	緩傾斜	斜面	針葉樹	含細礫赤褐色土	無し	07/13	09:48	雨	08/02	09:32	雨
b	32	135 58 60	34 25 9	390	緩傾斜	斜面	針葉樹	褐褐色土	無し	07/12	17:00	曇り	08/01	15:51	曇り
b	33	135 58 60	34 25 8	390	緩傾斜	斜面	針葉樹	褐色土	無し	07/12	17:07	曇り	08/01	16:11	曇り
b	34	135 58 60	34 25 8	395	緩傾斜	斜面	針葉樹	褐色土	無し	07/12	17:15	曇り	08/01	16:19	曇り
b	35	135 58 60	34 25 8	400	緩傾斜	斜面	針葉樹	褐色土	無し	07/12	17:26	曇り	08/01	16:28	曇り
b	36	135 58 60	34 25 7	405	緩傾斜	斜面	針葉樹	褐色土	無し	07/12	17:40	曇り	08/01	17:03	曇り
b	37	135 58 60	34 25 6	425	中傾斜	斜面	針葉樹	赤褐色土	無し	07/12	17:51	曇り	08/01	17:11	曇り
b	38	135 59 0	34 25 5	435	中傾斜	斜面	針葉樹	含細礫赤褐色土	無し	07/12	18:00	曇り	08/01	17:19	曇り
b	39	135 58 60	34 25 4	455	中傾斜	斜面	針葉樹	含細礫黒褐色土	無し	07/12	18:08	曇り	08/01	17:27	曇り
b	40	135 58 59	34 25 4	465	緩傾斜	斜面	針葉樹	含細礫黒褐色土	無し	07/12	18:17	曇り	08/01	17:33	曇り

地質調査所月報(第4巻 第8号)

第1表 つづき

測線	試料 番号	試料			採取位置						埋設日時(平成元年)			回収日時(平成元年)			
		(東. 経 <sup>o</sup> )	(北. 緯 <sup>o</sup> )	高度 (m)	地形	植生	土	壤	粘土の 有/無	月日	時分	天候	月日	時分	天候		
c	41	135 56 25	34 26 0	355	緩傾斜	斜面	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	16:49	曇り	08/02	16:05	雨
c	42	135 56 26	34 25 60	350	平	坦	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	16:38	曇り	08/02	15:59	雨
c	43	135 56 26	34 25 59	350	平	坦	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	16:30	曇り	08/02	15:53	雨
c	44	135 56 26	34 25 58	350	平	坦	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	16:21	曇り	08/02	15:41	雨
c	45	135 56 25	34 25 57	345	平	坦	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	16:14	曇り	08/02	15:34	雨
c	46	135 56 26	34 25 57	345	平	坦	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	16:04	曇り	08/02	15:28	雨
c	47	135 56 26	34 25 56	345	平	坦	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	15:55	曇り	08/02	回収不能	
c	48	135 56 26	34 25 56	345	平	坦	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	15:48	曇り	08/02	15:21	雨
c	49	135 56 26	34 25 56	345	平	坦	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	14:29	雨	08/02	14:02	曇り
c	50	135 56 26	34 25 56	345	平	坦	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	14:36	雨	08/02	14:08	曇り
c	51	135 56 26	34 25 56	345	中傾斜	斜面	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	14:43	雨	08/02	14:13	曇り
c	52	135 56 26	34 25 55	355	緩傾斜	斜面	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	14:49	雨	08/02	14:21	曇り
c	53	135 56 26	34 25 55	355	緩傾斜	斜面	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	14:56	雨	08/02	14:26	曇り
c	54	135 56 26	34 25 54	355	緩傾斜	斜面	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	15:06	雨	08/02	14:35	雨
c	55	135 56 26	34 25 53	355	中傾斜	斜面	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	15:15	雨	08/02	14:41	雨
c	56	135 56 26	34 25 52	355	緩傾斜	斜面	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	15:24	雨	08/02	15:00	雨
c	57	135 56 26	34 25 51	345	平	坦	針葉樹	赤褐色	色	土	無し	07/13	15:33	雨	08/02	15:07	雨
d	58	133 24 57	33 56 40	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	11:55	晴れ	08/04	11:55	晴れ
d	59	133 24 58	33 56 39	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	11:43	晴れ	08/04	11:40	晴れ
d	60	133 24 58	33 56 39	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	11:36	晴れ	08/04	回収不能	
d	61	133 24 59	33 56 38	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	11:25	晴れ	08/04	11:25	晴れ
d	62	133 24 59	33 56 37	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	11:10	晴れ	08/04	回収不能	
d	63	133 24 60	33 56 37	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	11:03	晴れ	08/04	11:00	晴れ
d	64	133 25 1	33 56 36	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	10:54	晴れ	08/04	10:50	晴れ
d	65	133 25 1	33 56 36	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	10:45	晴れ	08/04	10:45	晴れ
d	66	133 25 1	33 56 35	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	10:40	晴れ	08/04	10:40	晴れ
d	67	133 25 2	33 56 35	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	10:35	晴れ	08/04	10:35	晴れ
d	68	133 25 2	33 56 35	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	10:25	晴れ	08/04	10:25	晴れ
d	69	133 25 2	33 56 35	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	10:19	晴れ	08/04	10:19	晴れ
d	70	133 25 2	33 56 35	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	10:13	晴れ	08/04	10:13	晴れ
d	71	133 25 2	33 56 34	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	09:59	晴れ	08/04	09:59	晴れ
d	72	133 25 3	33 56 34	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	09:53	晴れ	08/04	09:53	晴れ
d	73	133 25 3	33 56 34	75	平	坦	水稻	含細礫	黒褐色	土	無し	07/15	09:48	晴れ	08/04	09:48	晴れ
d	74	133 25 1	33 56 34	75	緩傾斜	斜面	草	褐褐色	色砂礫	土	無し	07/15	13:40	晴れ	08/04	13:10	晴れ
d	75	133 25 1	33 56 34	75	緩傾斜	斜面	草	褐褐色	色砂礫	土	無し	07/15	13:48	晴れ	08/04	13:18	晴れ
d	76	133 25 1	33 56 34	75	緩傾斜	斜面	草	褐褐色	色砂礫	土	無し	07/15	13:54	晴れ	08/04	13:24	晴れ
d	77	133 25 1	33 56 33	75	緩傾斜	斜面	草	褐褐色	色砂礫	土	無し	07/15	14:00	晴れ	08/04	13:30	晴れ
d	78	133 25 2	33 56 33	75	緩傾斜	斜面	草	褐褐色	色砂礫	土	無し	07/15	14:09	晴れ	08/04	13:39	晴れ
d	79	133 25 2	33 56 33	75	緩傾斜	斜面	草	褐褐色	色砂礫	土	無し	07/15	14:17	晴れ	08/04	14:20	晴れ
d	80	133 25 2	33 56 33	75	中傾斜	斜面	草	赤褐色	色	土	無し	07/15	14:24	晴れ	08/04	回収不能	
d	81	133 25 3	33 56 32	75	中傾斜	斜面	草	赤褐色	色	土	無し	07/15	14:34	晴れ	08/04	14:05	晴れ
d	82	133 25 4	33 56 31	75	平	坦	草	赤褐色	色	土	無し	07/15	14:42	晴れ	08/04	14:12	晴れ
d	83	133 25 4	33 56 31	75	平	坦	草	赤褐色	色	土	無し	07/15	14:49	晴れ	08/04	14:20	晴れ
d	84	133 25 4	33 56 30	75	平	坦	草	赤褐色	色	土	無し	07/15	14:56	晴れ	08/04	14:26	晴れ
d	85	133 25 5	33 56 29	75	平	坦	草	赤褐色	色	土	無し	07/15	15:05	晴れ	08/04	14:35	晴れ
d	86	133 25 5	33 56 28	75	平	坦	草	赤褐色	色	土	無し	07/15	15:13	晴れ	08/04	14:47	晴れ
d	87	133 25 5	33 56 28	75	平	坦	草	赤褐色	色	土	無し	07/15	15:29	晴れ	08/04	15:00	晴れ

地質調査所月報(第41巻 第8号)



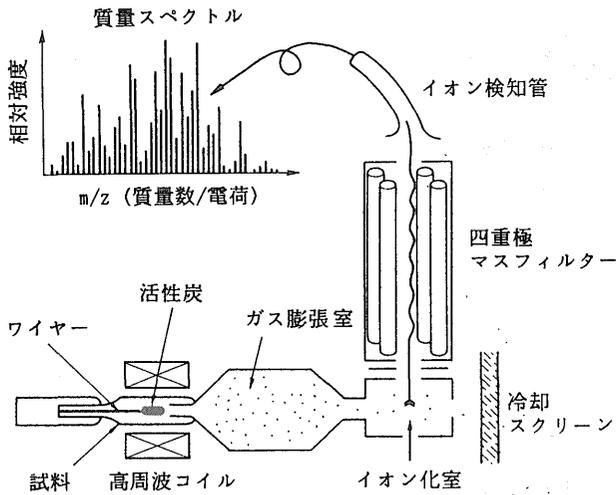
第4図 埋設されたガスコレクター

米国の油田地帯等で認められている(米国 NERI 社の未公開資料)。これら高質量のガスの異常を定量的に表す指標として、「高質量ガス発散比」を用いた。

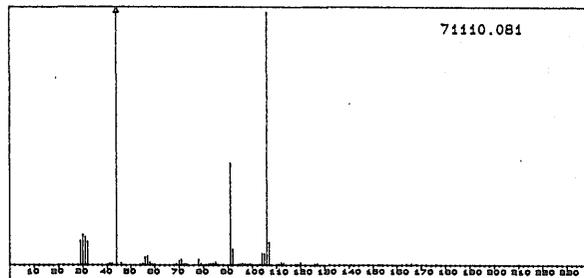
3) 断裂の発達していない所の試料はガスの成分数が乏しく成分比(質量スペクトルのパターン)が安定しているのに対し、断裂帯直上の試料はガス成分数が豊富で成分比(質量スペクトルのパターン)の変化が比較的激しい。このような質量スペクトルパターンの異常の要因を因子分析により抽出し、異常の要因が各試料に対して及ぼした影響の程度を「因子得点」として定量的に表した。また、算出した因子得点をクラスター分析し、試料を「質量スペクトルのパターンに基づいて分類」した。

以上の要点を、第2表に示す。また、上で述べた指標について以下に詳しく説明する。

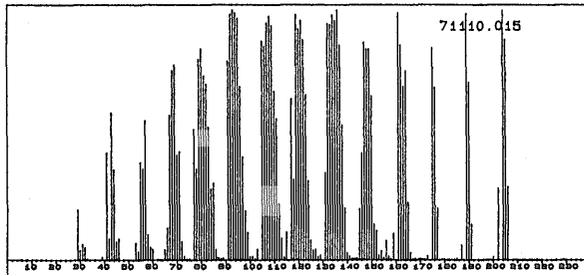
1) 全ガス発散量(単位: ion count): 検出されたガスのうち、大気成分等(質量数  $m/z \leq 28$  及び質量数  $m/z = 32, 40, 44, 146, 148, 206, 207, 208, 209, 210$ )のガスを除いたガスのイオン強度の総和。



第5図 分析システム



第6図 断裂の発達していないところの典型的な質量スペクトル



第7図 断裂帯直上における典型的な質量スペクトル

第2表 断裂帯直上と断裂の発達していないところとの相違点

異常の種類	断裂帯直上	断裂の発達していないところ	定量的に表すための指標
ガスの総量	多い	少ない	・全ガス発散量
高質量のガスの含有率	高い (特に $m/z=136, 121$ に高いピークが出現するのが、特徴的である)	低い	・高質量ガス発散比
ガスの成分数	豊富	乏しい	・因子得点 ・質量スペクトルのパターンに基づく分類
ガスの成分比 (質量スペクトルのパターン)	変化に富む	安定	

2) 高質量ガス発散比 (単位: %) : 高質量のガスが、全ガス中に占める割合。前述のように、断層の直上では質量数 ( $m/z$ ) = 136, 121, 107, 93 のガス成分に高発散が認められることが知られている。一方、断裂の発達していない所で採取された試料の質量数 ( $m/z$ )  $\geq 90$  のガス成分について見ると、通常、質量数 ( $m/z$ ) = 106, 92, 91 のガス成分に比較的高い発散が認められ、これらより重いガス成分、特に質量数 ( $m/z$ )  $\geq 120$  のガス成分には、高い発散を示すものがほとんど認められない。そこで、断層直上における高質量のガスの高発散を効果的に表すため、通常、質量数 ( $m/z$ )  $\geq 120$  のガス成分を「高質量ガス」として扱う。本報告でも、質量数 ( $m/z$ )  $\geq 120$  のガス成分を高質量ガスとした。

3) 因子得点及び質量スペクトルのパターンに基づく分類: イオン強度が低く目立たないピークしか示さないガス成分の中にも解析上重要な鍵となるものがある。このため因子分析は、各イオンの発散比 (=イオン強度/全ガス発散量) を標準化 (平均値 = 0・レンジ = 1) して実施した。因子抽出の過程は抽出因子数 = 10 で制御し、抽出した因子パターンは VARIMAX 法で回転させ、VARIMAX 回転させた因子パターンに基づいて因子得点を算出した (以上の因子分析は、米国 Infometrix 社製

のパターン認識ソフトウェア ARTHUR によって実施した)。算出した因子得点空間上における各試料間の近遠をユークリッド距離で測り、これをクラスター分析 (最遠隣法) し、デンドログラムとして図化した (クラスター分析及び後述の判別分析は米国 SPSS 社製統計解析ソフトウェア SPSS によって実施した)。試料の分類は、このデンドログラム上での位置関係に基づいて行った。

### 3.3.2 ガス特性判定図及び同図上におけるガス異常試料

以上の断裂抽出の指標を相互関連性を含めて総合的に検討するには、「ガス特性判定図」(東原ほか, 1988a) が有効である。同図は、縦軸に「全ガス発散量」、横軸に「高質量ガス発散比」をとり、各試料をその「質量スペクトルのパターンに基づく分類」(クラスター) 別に記号分けしてプロットした散布図である。同図上では、顕著な断裂を指示するガス異常の試料とその他の試料とが、各々図右上の高発散側と図左下の低発散側とに分かれてプロットされる。さらに、両者は質量スペクトルのパターンを明瞭に異にするため、顕著な断裂を指示するガス異常を同図上で容易に抽出できる。なお、鈴木ほか (1989) は、前述の顕著な断裂を指示する高発散領域のガス異常の他に、低発散領域にもこれとはタイプを異にするガス

異常(質量スペクトルパターンの異常に特徴づけられる)の存在を認め、これが強粘土化変質帯を指示する可能性が高いことを示した。彼らは、これら2つのガス異常を区別するため、前者を「高発散型ガス異常」、後者を「低発散型ガス異常」と呼んでいる。本地域では後者の出現を検討していないが、鈴木ほか(1989)による前者の呼称は踏襲した。

#### 4. 調査結果

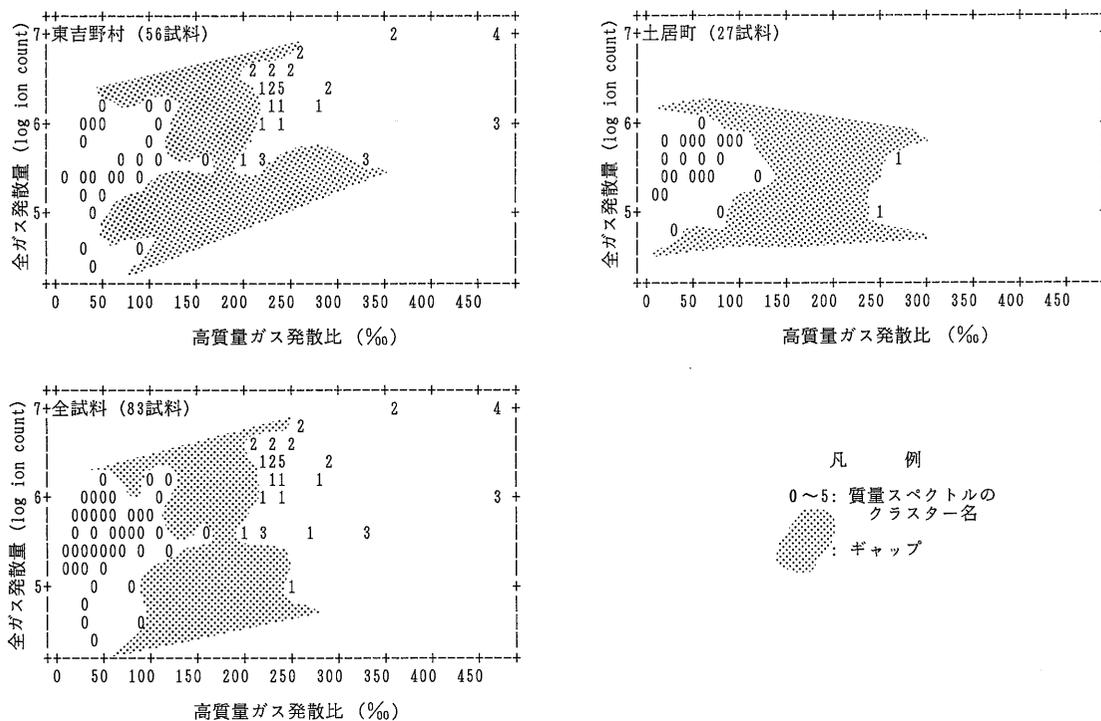
本地域で検出された190種類のガス成分の質量数(m/z)及びその記述統計値を付表A-1に、全ガス発散量、高質量ガス発散比及び主なガス成分の発散量を付表A-2に、さらに抽出された10因子の固有値を付表A-3に示す。また各因子の固有ベクトルは、横軸にイオンの質量数(m/z)を、縦軸にそのイオンに対応する固有ベクトルの成分を表した棒グラフ(因子スペクトル)として図化し、付図A-1に示した。算出した因子得点は、付表A-2に合わせて示した。

##### 4.1 高発散型ガス異常試料の抽出

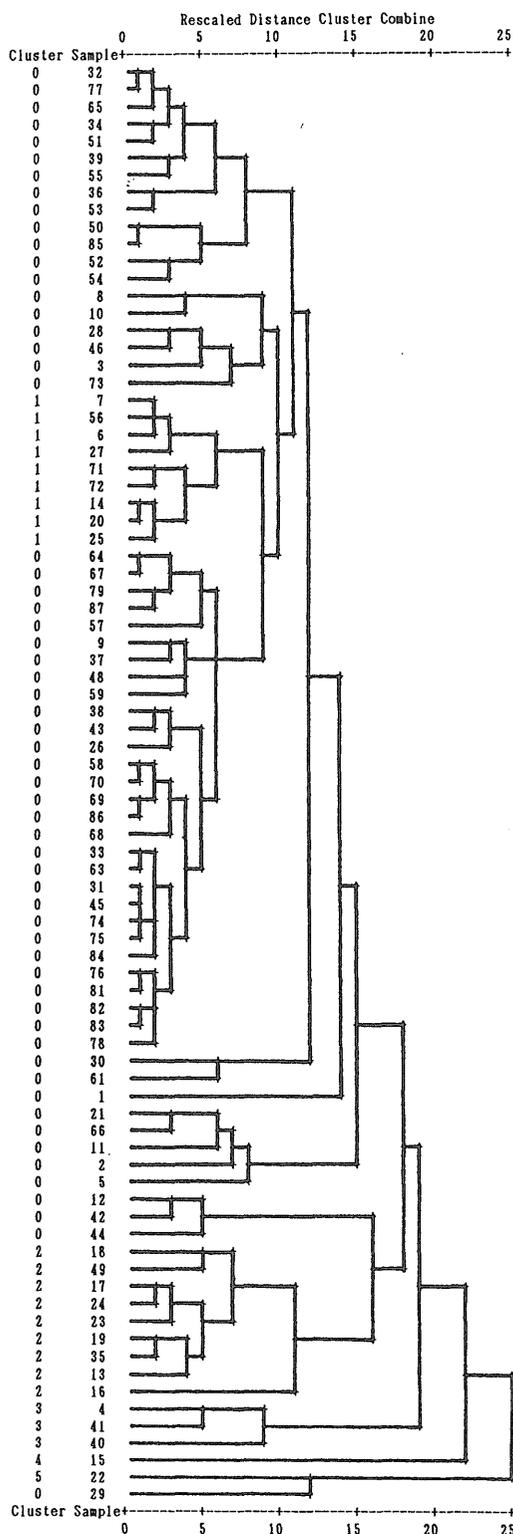
全ガス発散量と高質量ガス発散比との関係を示す。図中の数字は後述するクラスター分析によって

分類されたクラスターのクラスター名である。同図上では、東吉野村地域及び土居町地域、いずれの地域においても著しく明瞭なギャップが図上のほぼ同じ位置に認められ、この明瞭なギャップを境にして試料の分布域は図左中央-左下の低発散側の領域と図中央-右上の高発散側の領域とに2分される。図左中央-左下には、東吉野村地域では全56試料中の35試料(63%)が、土居町地域では全27試料中25試料(93%)が分布しており、これらの試料はバックグラウンドを表している可能性が高い。これに対し、図中央-右上に分布する23試料(=東吉野村地域21試料+土居町地域2試料)は断層に伴う高発散型ガス異常である可能性が高い。また、これら23試料(No.4, 6, 7, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 35, 40, 41, 49, 56, 71, 72)のうち、東吉野村地域のNo.15, 16, 40の3試料は同図右上隅付近にプロットされており、今回の調査地域内では最大規模の断層を表している可能性が考えられる。

質量スペクトルのクラスター分析の結果を第9図にデンドログラムとして示す。高発散型ガス異常の可能性が高いと考えられる23試料の類縁関係を見ると、No.7, 56, 6, 27, 71, 72, 14, 20, 25の9試料、No.18, 49, 17,



第8図 全ガス発散量と高質量ガス発散比との関係



24, 23, 19, 35, 13, 16 の 9 試料, No.4, 41, 40 の 3 試料が各々 1 つの枝から分岐しており, 各々 1 つのクラスターを形成していることが読み取れる。これらのクラスターを, 各々クラスター 1, 2, 3 と呼ぶ。残りの No.15, 22 の 2 試料は, 分岐状況が特徴的である。すなわち, まずデンドログラムの右端で No.22 が No.29 とともに分岐し (No.29 は他の試料の中では No.22 に比較的近縁であるが, 両者間の距離は約 12 であり同一の質量スペクトルパターンを示しているとは言い難い), 次いで No.15 が他の 80 試料から独立している。したがって, これらはタイプを異にする著しく異常な質量スペクトルパターンを示していると言える。そこで No.15, 22 は各々独立したクラスターを形成するものと考え, これらをクラスター 4, 5 と呼ぶ。以上のクラスター 1-5 の中には, バックグラウンドと考えられる試料は混在しておらず, 上記 23 試料は質量スペクトルパターンの上からも特異であり, 上記 23 試料が第 3.3.2 項に記述した高発散型ガス異常の一般的な性格を有していることが確認される。なお, 上記 23 試料以外のバックグラウンド試料をクラスター 0 とした。第 8 図中の数字はこのようにして分類されたクラスターのクラスター名である。この分類結果は, 付表 A-2 に合わせて示す。また, 各クラスターの代表的な質量スペクトルを第 10 図に示す。

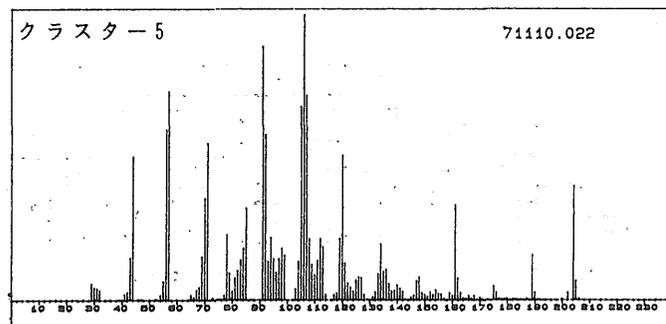
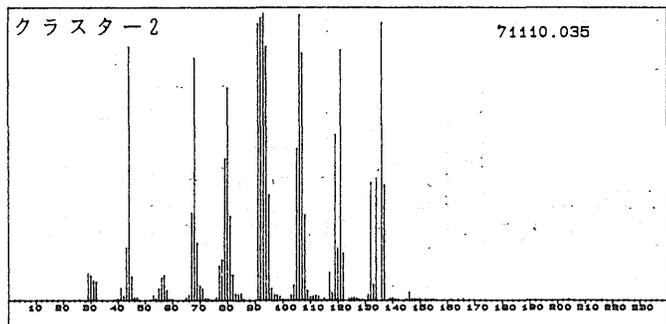
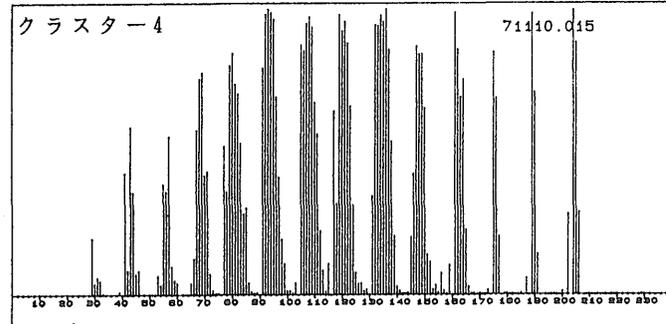
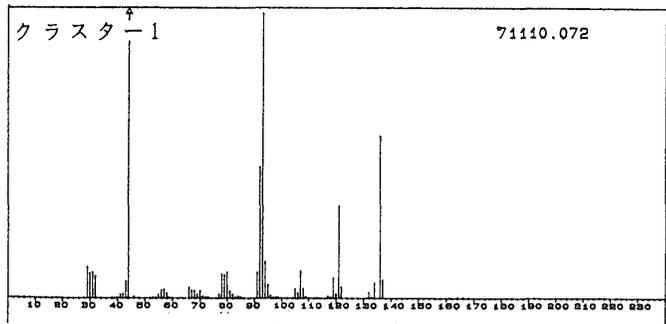
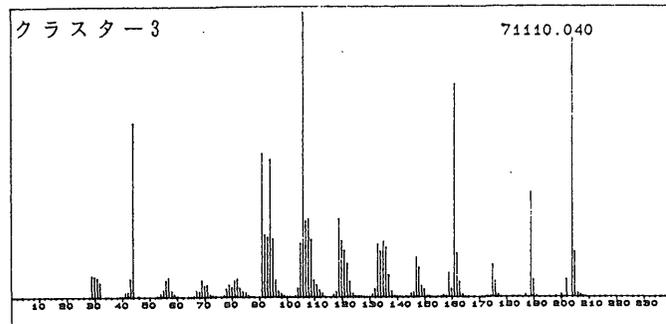
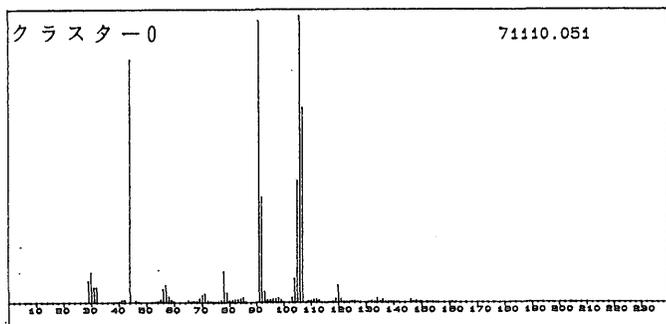
#### 4.2 高発散型ガス異常を特徴づける因子

因子分析で抽出した 10 の因子の中には, クラスター 0-5 の間の相違を特徴づける因子と, デンドログラム上に認められるバックグラウンド試料 (クラスター 0) の細分に寄与する因子とがある。この 2 種類の因子を識別するため, クラスター 0-5 を判別対象グループとして判別分析を実施した。

判別分析の結果, 5 つの判別関数 (FUNC 1-5) が算出された (その固有値は, 各々 15.6, 5.5, 4.9, 1.6, 1.5 である)。これらの判別係数 (標準化値) を, 第 3 表に示す。今仮に判別係数 (第 3 表) の絶対値が 0.9 を超す因子がクラスター 0-5 の判別に効果的に寄与するものと考えられると, このような因子は 5 つの判別関数中に各々 1 つ認められる。判別関数の固有値の降順にこれら 5 つの因子を列記すると, 第 1 因子, 第 6 因子, 第 5 因子, 第 2 因子, 第 8 因子の順に並べられる。これら 5 因子に対し, 第 9 因子及び第 10 因子は, いずれの判別関数においても判別係数の絶対値が 0.3 未満であり, クラスター 0-5 の判別には無関係な因子と考えられる。

クラスター 0-5 の判別に効果的に寄与すると考えられる

第 9 図 質量スペクトルの類縁関係 (デンドログラム)



第10図 代表的な質量スペクトル

第3表 判別係数 (標準化値)

因子	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3	FUNC 4	FUNC 5
1	[ 1.25513]	-.22084	.25970	-.12077	-.04652
2	.38254	.21887	.52846	[ .90022]	-.07056
3	-.40099	.09595	.09534	.27730	.02138
4	-.56303	.06509	-.04177	.04705	-.18176
5	-.58969	.05396	[ .92670]	-.20887	.19735
6	.37087	[ .99466]	-.00390	-.10220	-.02838
7	-.26758	.05499	.48495	.14921	-.73893
8	.51477	.07145	-.18916	.27841	[ .92002]
9	-.05069	-.19642	.15376	.27778	-.17300
10	.02896	-.07295	.22409	.22177	.20194

[ ]: 判別係数 &lt; -.9 または &gt; .9

第4表 クラスターの重心

因子 クラスター	1	2	3	4	5	6	7	8
0	.4078	-.0044	-.0355	-.0482	-.0611	-.0987	-.0454	.0617
1	-.7367	-.2852	.0171	.2091	-.0709	-.1311	.4232	-.6884
2	[-1.9927]	-.1243	.1645	.1076	.0184	-.0744	-.2308	.2849
3	.0795	-.3352	-.1048	-.0344	-.0278	[ 2.3760]	-.0513	.0016
4	.0018	.2023	.1463	.0204	[ 4.2290]	-.1199	.3459	-.1944
5	-.1411	[ 4.7550]	.6638	.1235	-.0052	.7648	.7969	.1190

[ ]: 因子得点 &lt; -1 または &gt; 1

第1, 6, 5, 2, 8 因子の5因子と, 判別に寄与するか否か不明な第3, 4, 7 因子の3因子, 計8因子のクラスター別の平均値 (クラスターの重心) を第4表に示す。本表から, クラスター2, 3, 4, 5 は, 各々第1因子, 第6因子, 第5因子, 第2因子という因子によって, クラスター0から明瞭に識別されることが認められる。これに対し残りのクラスター1は, 第1因子と第8因子との2つの因子により, クラスター0から識別されると考えられる。

#### 4.3 ガスクロマトグラフ質量分析結果

付表A-4にNo.32の分析結果を, 付表A-5にNo.22の分析結果を示す。これらの試料は, 前者がバックグラウンド (クラスター0), 後者が高発散型ガス異常 (クラスター5) である。No.32から検出された有機物質は11種類であり, ピーク面積が1,000,000 countを超える化合物にはアルキルベンゼン (C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub>) とベンゼンが認められる。No.22からは, 炭素数が11までの40種類の有機物質が検出された (このうち, シクロロベンゼンには分析等に使用する薬品に由来する可能性があり, 天然物質か

否か明瞭でない)。最も多量に含有されるのはアルキルベンゼン (C<sub>7</sub>-C<sub>10</sub>) であり, この他ピーク面積が1,000,000 countを超える化合物にはベンゼン, モノテルペン, パラフィン, シクロパラフィンが認められる。

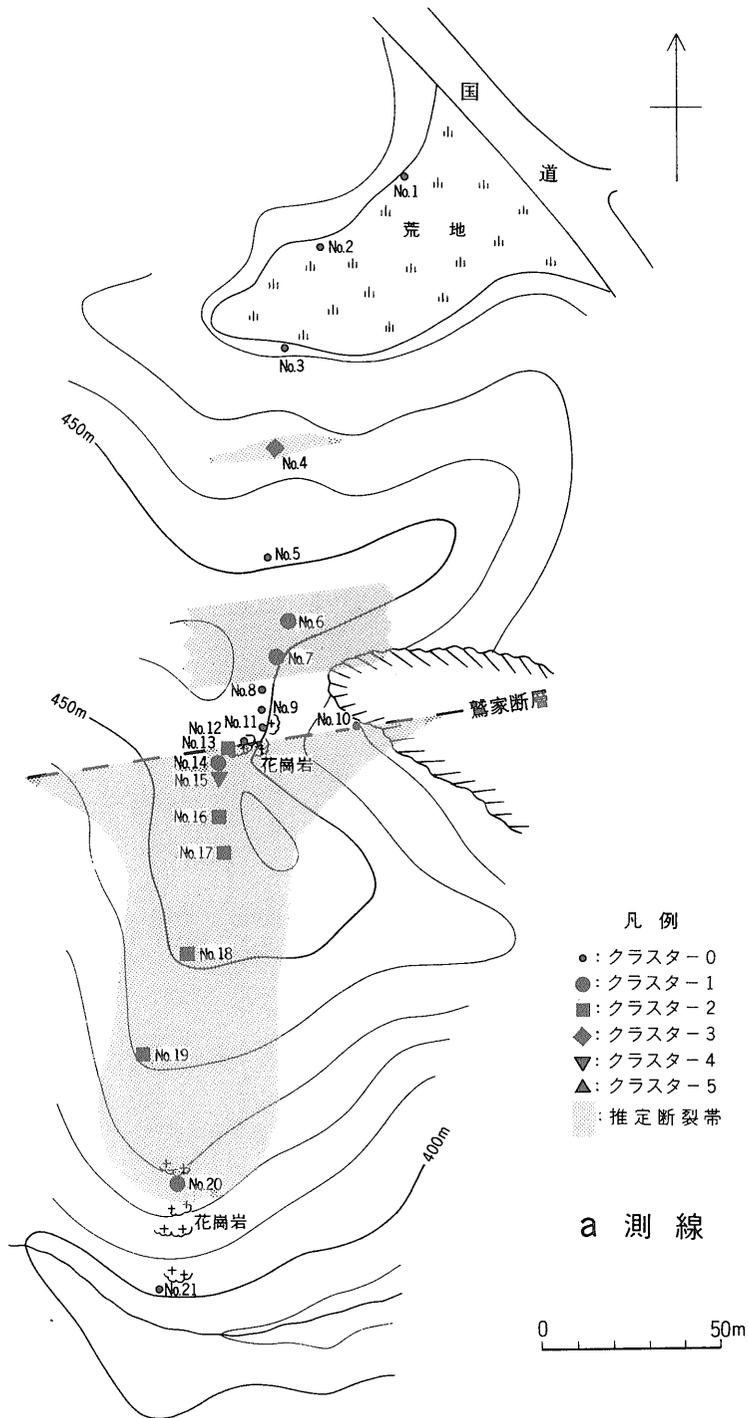
## 5. 考察

### 5.1 断裂帯の推定

クラスターの地形図上の分布を, 第11図に示す。同図上におけるクラスターの分布に基づき, 第2章で記述した地質データ及び地形データも考慮して, 推定した断裂帯を合わせて示した。今回推定した断裂帯の出現位置と, 捕捉目標の断層の露頭あるいは推定通過位置との間には, 以下のようにほぼ良好な一致が認められる。

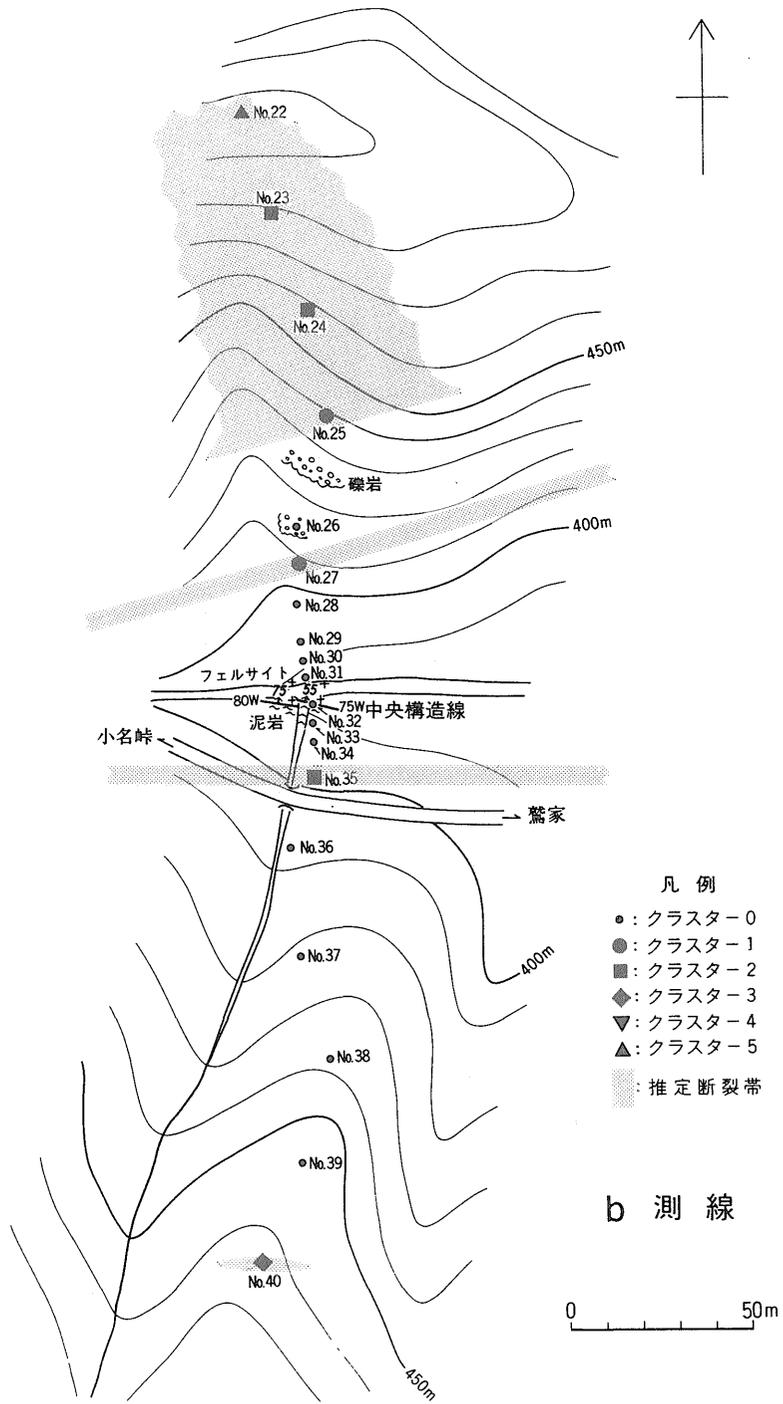
a 測線:

3カ所に断裂帯が推定された。そのうち, 鷲家断層から上盤側に向かって延びる断裂帯は本調査中最大規模のもので, 幅が120 mに達する。これは, 断層破碎帯のみならず, 周辺の岩石のカタクラサイト化による影響を反映



第 11 図 クラスターの分布 (a 測線)

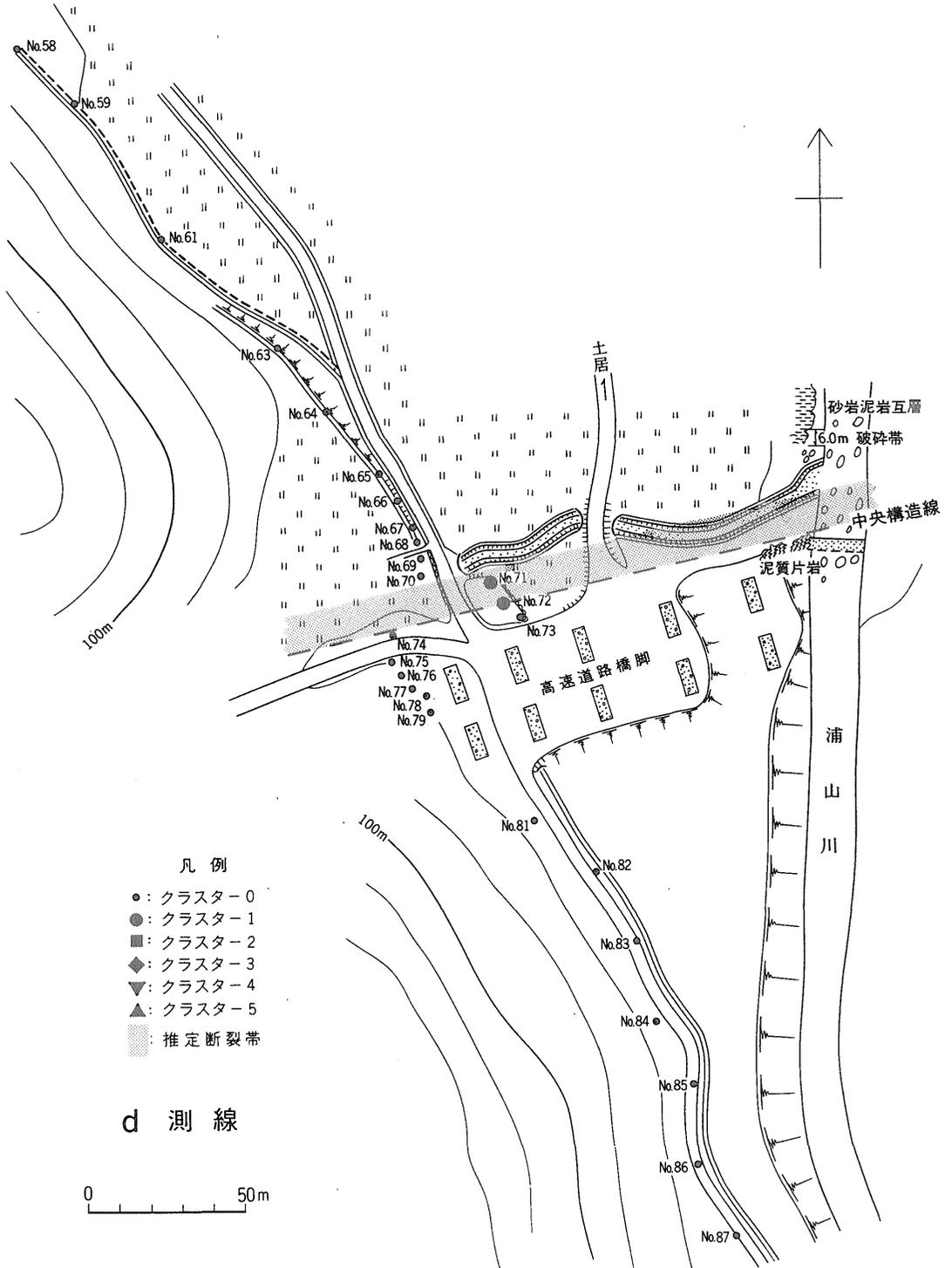
中央構造線地域におけるフィンガープリント法調査 (柴田 ほか)



第11図 つづき (b測線)



中央構造線地域におけるフィンガープリント法調査 (柴田 ほか)



第11図 つづき (d 測線)

していると考えられる。また、この断裂帯中の鷲家断層上盤際付近には、特に高い全ガス発散量・高質量ガス発散比を示す異常試料が全3試料中2試料(No.15, 16)出現している。

#### b 測線:

4カ所に断裂帯が推定された。このうち、北側の2つの推定断裂帯は、和泉層群と領家花崗岩との境界付近に位置しており、和泉層群の南東端を限るENE-WSW方向の断層系及びこれに関連する断層系を反映するものと思われる。特に、最も北側の断裂帯の幅は90m以上に達し、鷲家断層に次ぐ規模を持つ。残りの2つの推定断裂帯のうち、南から2番目のもの(No.35)は中央構造線に相当すると考えられる。しかし、その位置は中央構造線と推定される断層露頭の20m南方である。このずれの原因には、この地区の地質すなわち1)この地区にE-W系の断層が複雑に発達していること(平山・岸本, 1957)、2)露頭で観察される中央構造線の規模が小さい(破碎帯の幅が狭く、断層粘土がほとんど認められない)こと等から、次に示すものを含む幾つかの作業仮説をあげることができる。

- 1) 本地区では中央構造線が、上盤側に階段状の正断層帯を形成しており、露頭はその北端付近の1部が露出しているに過ぎない。最も大きな転移を伴う中央構造線の本体は、フィンガープリント法で捉えた推定断裂帯直下を通過している。
- 2) 中央構造線に沿って上昇してきた地下ガスが下盤側のより大きな断裂帯をバイパスにして地表に達している。
- 3) この断層露頭は、中央構造線の露頭ではなく、和泉層群を花崗岩中にもみ込んでいる断層の露頭である。

これらのうち、いずれが真の原因であるかを明らかにするには、小規模なトレンチ調査を含む地質精査が必要であろう。

#### c 測線:

3カ所に断裂帯が推定された。測線中央のものは、竜門岳石英閃緑岩と三茶屋アダメロ岩との境界の断層と考えられる。

#### d 測線:

中央構造線直上に、断裂帯が推定された。

### 5.2 因子の意味

因子の意味については、第4.2節において判別分析によりその一端を明らかにした。本節では、主として因子スペクトル(付図A-1)、因子得点空間におけるクラスターの重心(第4表)及び因子得点の測線沿いの変化(付図A-2)を検討することによって、因子の示す意味についてさらに深く考察する。なお、抽出した10因子のうち

第7因子、第9因子及び第10因子の3因子は、異常を示す測点数が少ないため地質との対応関係が読み取り難く、因子スペクトルからも特記すべき理解が得られないので省略する。

#### 5.2.1 第1因子

本因子は、クラスター1, 2を特徴づける因子である(第4.2節)。因子スペクトル(付図A-1)上において正のピークを示すイオンの中では質量数( $m/z$ )=91, 106の2つが卓越し、負のピークを示すイオンの中で卓越するのは質量数( $m/z$ )=67-137の範囲に認められる。クラスター1, 2の重心(第4表)から、負の因子得点が異常を示し、負のピークを示すイオンが異常の際に、逆に正のピークを示すイオンがバックグラウンドで卓越することが理解される。バックグラウンドで卓越する質量数( $m/z$ )=91, 106のイオン( $m/z$  91,  $m/z$  106と略す; 他のイオンも同様に略す)は、前者がアルキルベンゼンのフラグメントイオン、後者がキシレンないしエチルベンゼンの分子イオンに相当している。また、キシレン及びエチルベンゼンの標準質量スペクトルとバックグラウンド試料の質量スペクトルを比較すると両者間に明瞭な一致が認められることから、 $m/z$  106,  $m/z$  91がキシレンないしエチルベンゼンの分子イオン及びこれから導かれたフラグメントイオンである可能性は極めて高い。さらにガスクロマトグラフ質量分析で、バックグラウンド試料No.32の主成分ガスにキシレン及びエチルベンゼンが含まれていたことから、この可能性の高さが確認される。一方、断裂にともなって高発散する成分の中には、三井金属資源開発(1989)が三茶屋西方の中央構造線上で異常発散を見いだした $m/z$  94が含まれている。このガス成分は発散比の変動も比較的大きく(最小=0.5%; 最大=71.9%)、断層の有効な指標の1つになる可能性が考えられる。

次に因子得点の測線沿いの変化を検討する(付図A-2)。今回の調査では、a測線(No.13-20)及びb測線(No.22-25)に比較的広範囲な推定断裂帯が見いだされた。この推定断裂帯においては、第1因子の因子得点が両端から中心に向かって徐々に減少する傾向が見いだされる。この傾向は断層に伴うガス異常生成のメカニズムを考える上で重要と思われる。

#### 5.2.2 第2因子

本因子は、クラスター5を特徴づける因子である。因子スペクトル上において正のピークを示すイオンのうち卓越するイオンは質量数( $m/z$ )=56を超す範囲に認められ、負のピークは正のピークに比して明瞭に低い。クラスター5の重心から、正の因子得点が異常を示し、正の

ピークを示すイオンが異常の際に卓越することが理解される。断裂にともなって高発散する成分の中には、質量数  $(m/z)=57, 71, 85, 99, 113, 127, 141, 155, 169, 183$  という、14 毎の周期性を示す成分が認められる (質量数  $m/z=43$  にも小さなピークが認められる)。周期性を示すこれらのイオンは、パラフィンフラグメントの特性イオンにあたる。これらのフラグメントイオンを導いた分子イオンの候補の1つには、正の無視できない大きさのピークを示すイオン中で最大の質量数を示す  $m/z 198$  があげられ、その場合の分子式は  $C_{14}H_{30}$  であろうと考えられる。クラスター5に属する No.22 からはガスクロマトグラフ質量分析により5種類のパラフィンが検出されており、本因子がパラフィンに関連していることが確認される。しかし、その最大炭素数は11であり、 $C_{14}H_{30}$  に相当するパラフィンは確認されなかった。これは、No.22における  $m/z 198$  のイオン強度が 167.27 ion count と低いことから、 $C_{14}H_{30}$  パラフィンの濃度がガスクロマトグラフ質量分析の検出限界以下であったためと考えられる。

第2因子の著しい異常は、b測線の2測点 (No.22, 29) にのみ見いだされるだけであるので、b測線 (特に北側の内帯) 固有の因子である可能性も考えられる。

### 5.2.3 第3因子

a測線のバックグラウンド地点に広範囲に大きな負の異常が認められる。この他には、d測線上に1測点認められるだけである。このため、a測線に特徴的な因子である可能性が考えられる。

### 5.2.4 第4因子

本因子は、a測線の鷲家断層下盤側、c測線の北半分、d測線の中央構造線下盤際で、負の大きな異常を示す。因子スペクトル上において負のピークを示すイオンに着目すると、質量数  $(m/z)=164, 166, 168$  に特徴的な高いピークが認められ、さらに質量数  $(m/z)=170$  にも小さいながらピークが認められる。これら4つのイオンはテトラクロロエチレンに特徴的なイオンである。このことから、本因子は土壌の人工的な汚染に関係するものであると考えられる。

### 5.2.5 第5因子

本因子は、クラスター4を特徴づける因子である。因子スペクトル上において正のピークを示すイオンのうち卓越するイオンは質量数  $(m/z)=115-229$  の範囲に認められ、負のピークは正のピークに比して一般に低い。クラスター4の重心から、正の因子得点が異常を示し、正のピークを示すイオンが異常の際に卓越することが理解される。

第5因子の異常はa測線の鷲家断層の上盤際の2試料

(No.15, 16) にのみ見いだされるだけであるので、鷲家断層固有の因子である可能性も考えられる。

### 5.2.6 第6因子

本因子は、クラスター3を特徴づける因子である。因子スペクトル上において正のピークを示すイオンのうち卓越するイオンは質量数  $(m/z)=108$  を超す範囲に認められ、負のピークは正のピークに比して明瞭に低い。クラスター3の重心から、正の因子得点が異常を示し、正のピークを示すイオンが異常の際に卓越することが理解される。断裂にともなって高発散する成分の中には、質量数  $(m/z)=119, 133, 147, 161, 189$  という、一部に連続性を欠くが、14 毎の周期性を示す成分が認められる。これらのイオンの周期性は、同様に正の高いピークを示す質量数  $(m/z)=204$  を分子イオンとする物質のフラグメンテーションにより生じたとして説明できる可能性がある。この質量数  $(m/z)=204$  の分子の1つの候補としては、セスキテルペンがあげられる。

本因子の異常は、a測線 (No.4)、b測線 (No.40)、c測線 (No.41) に見いだされる。これらは互いに離れて出現しており、かつ基盤の岩石種に共通性が認められない (No.40が四万十帯、その他は領家花崗岩) ので、本因子と地質との対応は見いだし難い。

### 5.2.7 第8因子

本因子は、クラスター1を特徴づける因子である。因子スペクトル上において正のピークを示すイオンの中には、第1因子の因子スペクトル上で卓越したピークを示す質量数  $(m/z)=91, 106$  の2つのイオンの卓越が認められ、負のピークを示すイオンの中では質量数  $(m/z)=92, 93, 121, 136$  が卓越する。クラスター1の重心から、負の因子得点が異常を示し、負のピークを示すイオンが異常の際に卓越し、逆に正のピークを示すイオンがバックグラウンドで卓越することが理解される。断裂にともなって高発散する  $m/z 92, 93, 121, 136$  は、前3者がモノテルペンのフラグメントイオン、後1者がモノテルペンの分子イオンに相当している。また、モノテルペンの標準質量スペクトルとクラスター1の試料の質量スペクトルを比較すると両者間に明瞭な類似性が認められることから、質量数  $(m/z)=92, 93, 121, 136$  のイオンがモノテルペンの分子イオン及びこれから導かれたフラグメントイオンである可能性は極めて高い。さらにガスクロマトグラフ質量分析により、No.22及びNo.32のいずれからも、実際に分子量=136のモノテルペン ( $C_{10}H_{16}$ ) が検出されており、この点からもこの推定が妥当であると考えられる。モノテルペンの断裂上での高発散は、花崗岩地帯に位置する“A”ダム地域 (東原ほか, 1988a)、奥会津地域 (東

原ほか, 1988b), 鬼首地域(鈴木ほか, 1989)で得られた質量スペクトルからも読み取られ, 奥尻島地域調査(片山ほか, 1989), 三茶屋西方の中央構造線調査(三井金属資源開発, 1989)でも報告されており, 断層に伴うガスの異常としては一般的なものと考えられる。このガスの高発散は, 地表での測定ばかりではなく, “A”ダム地域では地表下50mに位置する横坑中での測定でも見いだされている。また, モノテルペンと $m/z$ 106との相関関係は上記調査事例の中では, 三茶屋西方の中央構造線調査でのみ検討されており, 同様に負の相関関係が見いだされている。ところで, 三茶屋西方の中央構造線調査で認められた $m/z$ 106の発散量の断層上での低下が明瞭に認められるのは, 今回の調査ではd測線だけであった。

次に測線沿いの因子得点変化を検討する。今回の調査では, a測線(No.13-20)及びb測線(No.22-25)に比較的広範囲な推定断層帯が見いだされた。この推定断層帯においては, 因子得点の異常は断層帯の端付近のみで認められ, 中心付近では異常が認められない。これは, 前述の第1因子と逆の傾向であり, 断層に伴うガスの挙動を考える上で重要であると思われる。

## 6. ま と め

中央構造線地域において, 断層線上及びその周辺の土壌ガスの質的・量的な分布を明らかにするため, 1) 鷲家断層, 2) 鷲家西方の中央構造線, 3) 竜門岳石英閃緑岩と三茶屋アグメロ岩との境界の断層(以上奈良県東吉野村地域), 4) 浦山川沿いの中央構造線(愛媛県土居町地域)を横断するN-S方向の測線(それぞれa, b, c, d測線と呼ぶ)を設定して, フィンガープリント法調査(測点間隔=5-30m; 分析試料数=合計83)を実施した。

高質量ガス発散比を横軸, 全ガス発散量を縦軸に取った直交座標上において試料の分布を検討したところ, 高質量ガス発散比及び全ガス発散量が著しく高い23試料とその他のバックグラウンドの60試料とが明瞭に分けられた。また, 試料の化学組成を検討するため, まず因子分析により化学組成の変動を支配する要因を10個(第1-10因子)抽出し, 次に因子得点の各因子成分に基づいてクラスター分析を行い, 試料の類縁関係をデンドログラムに表した。その結果, 以下の3点が明らかになった。

- 1) 上記の23試料は, 化学組成上においても, バックグラウンド試料から明瞭に識別できる(したがって, これら23試料は断層を指示すると判断される)。
- 2) これら23試料は, 化学組成を異にする5つのクラスター(クラスター1-5)に細分された。
- 3) バックグラウンド試料も, 幾つかのクラスターに細

分された。

また, これらの結果は, 抽出した10の因子中に断層を反映するクラスター1-5を特徴づける因子とそうでない因子とが含まれていることを示している。そこで, 判別分析を実施し, 各々の因子の性格を以下のように識別した。第1, 2, 5, 6, 8因子: 各々, クラスター2(及び1), 5, 4, 3, 1を特徴づける。

第9, 10因子: バックグラウンドの細分のみに関係する。第3, 4, 7因子: クラスター1-5の特徴づけに関係するか否か, 明らかではない。

次に, 断層を指示する異常試料の地形図上の分布から断層帯を推定した。まず捕捉目標にした断層については, a, b, c, d測線いずれにおいても, その直上あるいはすぐ近傍に断層帯が推定された。このうち, 鷲家断層直上に出現した断層帯は幅が120mに達し, 今回の調査中最大である。また, この他にも断層帯が7つ推定された。このうち, b測線北端に出現する断層帯は幅が90m+に達し, その規模は鷲家断層直上のものに次ぐ。この断層帯は, 和泉層群と領家花崗岩とを境する断層付近に位置しており, この断層に関連する断層系を反映するものと思われる。

最後に, 因子の意味について, 因子得点の測線沿いの変化及び因子スペクトルを検討することによって, さらに深く考察した。その結果, 断層を反映するクラスター1, 2, 3, 4, 5を特徴づけることが明らかな5因子の概要は以下のように判明した。

第1因子: ガスの化学組成は, バックグラウンドにおけるキシレンないしエチルベンゼンの卓越, 断層帯直上における $m/z$ 94等の卓越で特徴づけられる。前述の2つの大規模な推定断層帯では, 断層帯中央部に向かって第1因子の影響が徐々に増加する傾向が認められる。

第2因子: 断層帯直上におけるパラフィンの高発散で特徴づけられる。異常値の出現がb測線に限られるため, b測線固有の因子である可能性がある。

第5因子: 断層直上における質量数( $m/z$ )=115-229の範囲のガス成分の卓越で特徴づけられる。鷲家断層のみに異常が限られ, 鷲家断層固有の因子である可能性がある。

第6因子: 断層帯直上における $m/z$ 204及びそのフラグメントイオンの可能性があるガス成分の卓越で特徴づけられる。

第8因子: バックグラウンドにおけるキシレンないしエチルベンゼンの卓越, 断層帯直上におけるモノテルペンの卓越で特徴づけられる。前述の2つの大規模な推定断層帯では, 端のみに異常が認められる。

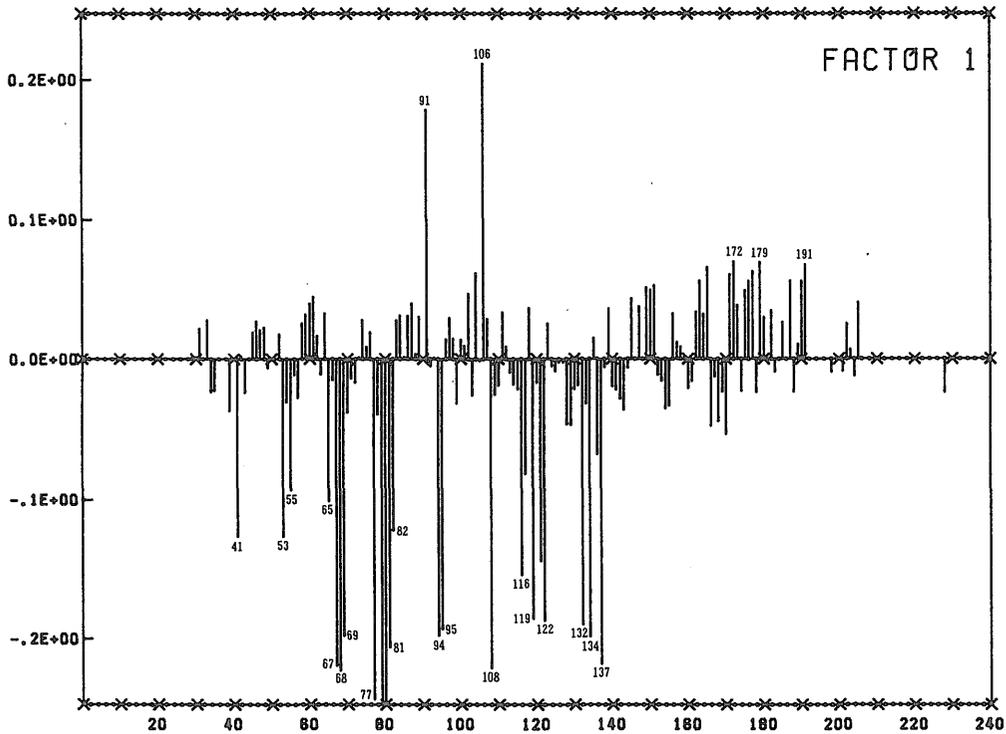
今回の調査結果から、花崗岩、変成岩からなる基盤岩地域においても断層直上に土壤ガスの異常が認められ、フィンガープリント法の有効性が実証された。しかし、非活断層である鷲家断層と活断層である土居町の中央構造線の場合にみられるように、断層の活動性と土壤ガスの性状から推定される断層帯の規模の間には、必ずしも相関が認められる訳ではない。また、今回の調査では試料数が少ないため、断層帯に伴う土壤ガスの変動を集約した各因子が断層の性状、活動性、地下深部の地質等、どの様な要因を反映するかを明瞭に解明するまでには至っていない。これらを解明するには、今後も本手法による調査を継続しデータを蓄積することが必要であり、さらに地質精査をこれと合わせて実施することが必要である。

**謝 辞** 本調査を実施するにあたり、現地の地質状況について貴重な情報を提供していただいた早稲田大学高木秀雄氏、地殻化学部中島 隆氏、また多変量統計解析及びガスクロマトグラフ質量分析について各々御教示いただいた地殻化学部上岡 晃氏、坂田 将氏に深謝の意を表す。

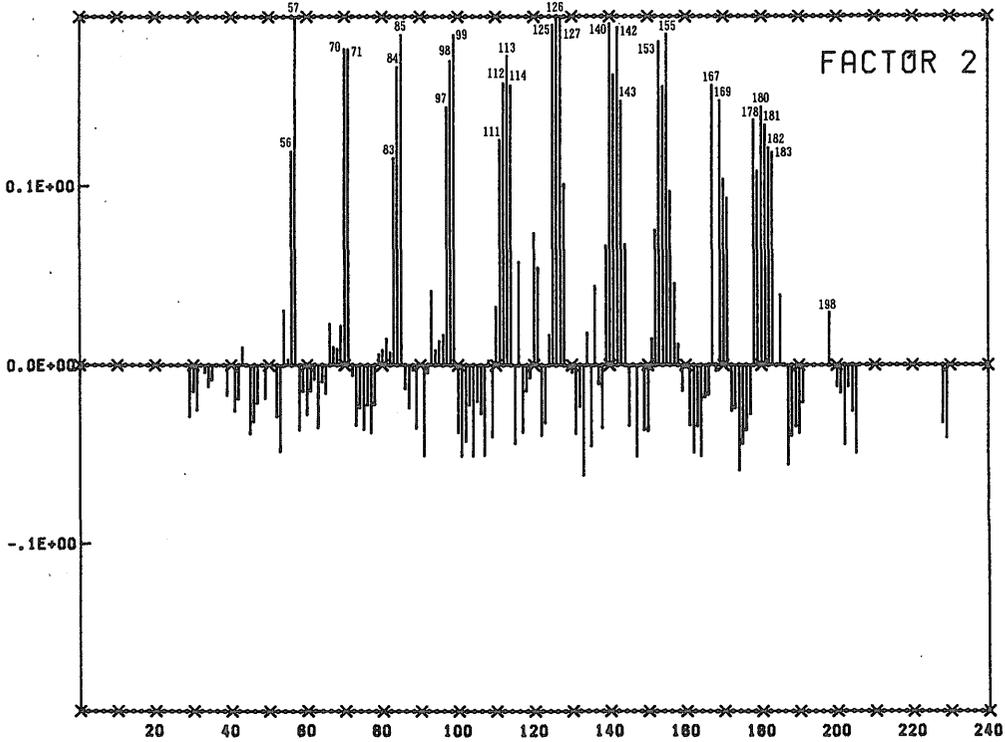
## 文 献

- 東原雅実・福元勝治・神尾重雄・小島圭二 (1988a) フィンガープリント法によるダムの地質調査。応用地質学会研究発表会論文集, p. 99-102.
- ・堀田敦史・福田宗弘・中島敬史 (1988b) フィンガープリント法の断層調査および地熱開発への応用。鉱山地質, vol. 38, p. 147-158.
- 平山 健・岸本文男 (1957) 5万分の1地質図幅及び同説明書「吉野山」。地質調査所, 44 p.
- 角田隆彦・佐竹義典・金折裕司 (1981) 中央構造線の分布・性状と活動性—紀伊半島中・西部地域における断層露頭の調査および解析—。電中研報告, 203 p.
- 片山次男・俣野恭寛・西村茂樹・近藤賢二・松浦重富・東原雅実・安藤宣雄・汲田啓一 (1989) 奥尻島の地熱調査について (第5報)。地熱学会講演要旨, A5.
- KLUSMAN, R. W. and VOORHEES, K. J. (1983) A new development in petroleum exploration technology. *Mines Magazine*, vol. 73, p. 6-10.
- 政岡邦夫 (1987) 近畿地方南部領家帯花崗岩類の構造。岩鉱, vol. 82, p. 60-74.
- 三井金属資源開発株式会社 (1989) フィンガープリント法による奈良県三茶屋地域の中央構造線調査 (事前調査)。内部資料。
- 岡田篤正 (1973a) 中央構造線の第四紀断層運動について。杉山隆二編「中央構造線」, 東海大学出版会, p. 49-86.
- (1973b) 四国中央北縁部における中央構造線の第四紀断層運動。地理評, p. 295-322.
- OKADA, A. (1980) Quaternary faulting along the Median Tectonic Line of Southwest Japan. *Mem. Geol. Soc. Japan*, vol. 18, p. 79-108.
- 坂井 茂 (1987) フィンガープリント地化学探査法による地熱探査。地熱エネルギー, vol. 12, p. 182-190.
- 柴田 賢・杉山雄一・高木秀雄・内海 茂 (1988) 奈良県吉野地域の中央構造線沿いに分布する諸岩石の同位体年代。地調月報, vol. 39, p. 759-781.
- ・中島 隆・寒川 旭・内海 茂・青山秀喜 (1989) 四国における中央構造線の断層ガウジの K-Ar 年代。地調月報, vol. 40, p. 661-671.
- 鈴木 敏・阿部 信・東原雅実 (1989) 鬼首地域奥の院地熱地帯におけるフィンガープリント法調査。地熱学会誌, vol. 11, p. 57-71.
- 竹内靖夫・大和大峯研究グループ (1984) 紀伊山地中央部の秩父帯・四万十帯 (その11) 一大滝地域—。日本地質学会講演要旨, p. 172.
- 竹内 誠 (1986) 紀伊半島中央部, 中・古生界砂岩中の碎屑性ザクロ石。地質雑, vol. 92, p. 289-306.
- VASSOYEVICH, N. B., KORCHAGINA, Y. I., LOPATIN, N. V. and CHERNYSHEV, V. V. (1970) Principal phase of oil formation. *Moskov. Univ. Vestnik.*, vol. 6, p. 3-27; English translation: *Internat. Geology Rev.*, vol. 12, p. 1276-1296.

(受付: 1990年2月23日; 受理1990年3月12日)

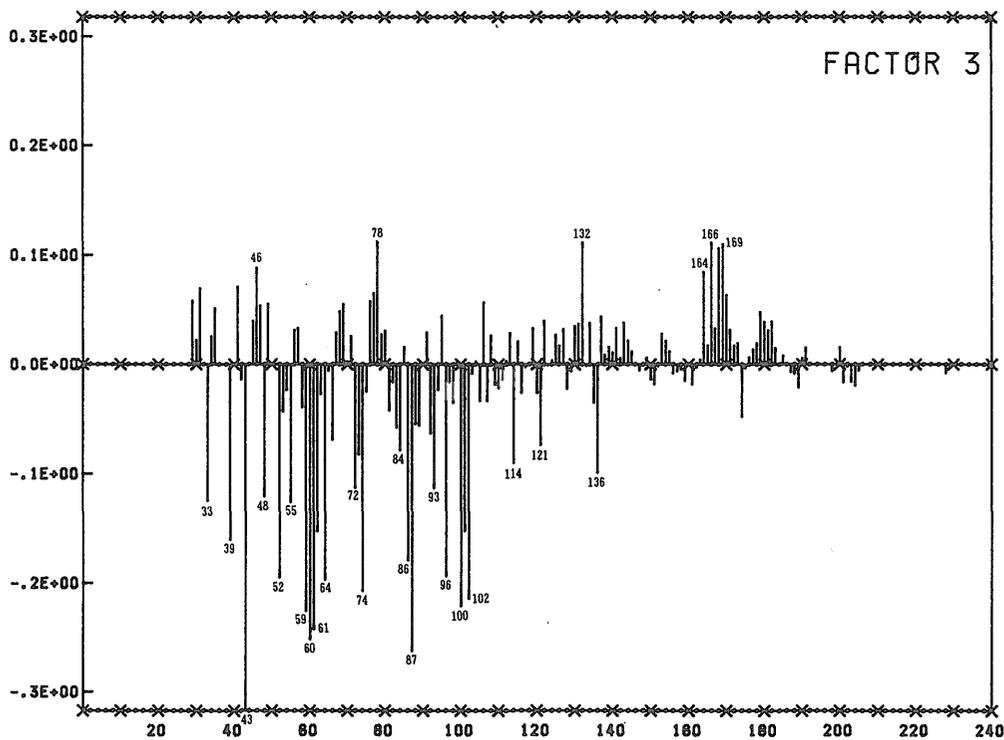


付図A-1 因子スペクトル(第1因子)

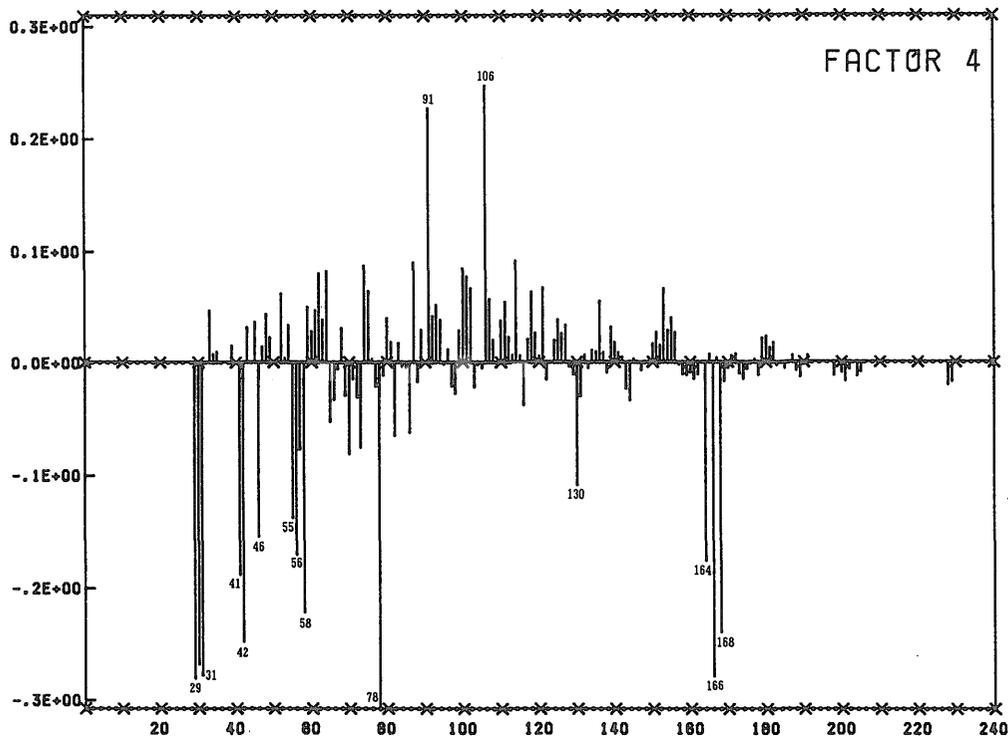


付図A-1 つづき(第2因子)

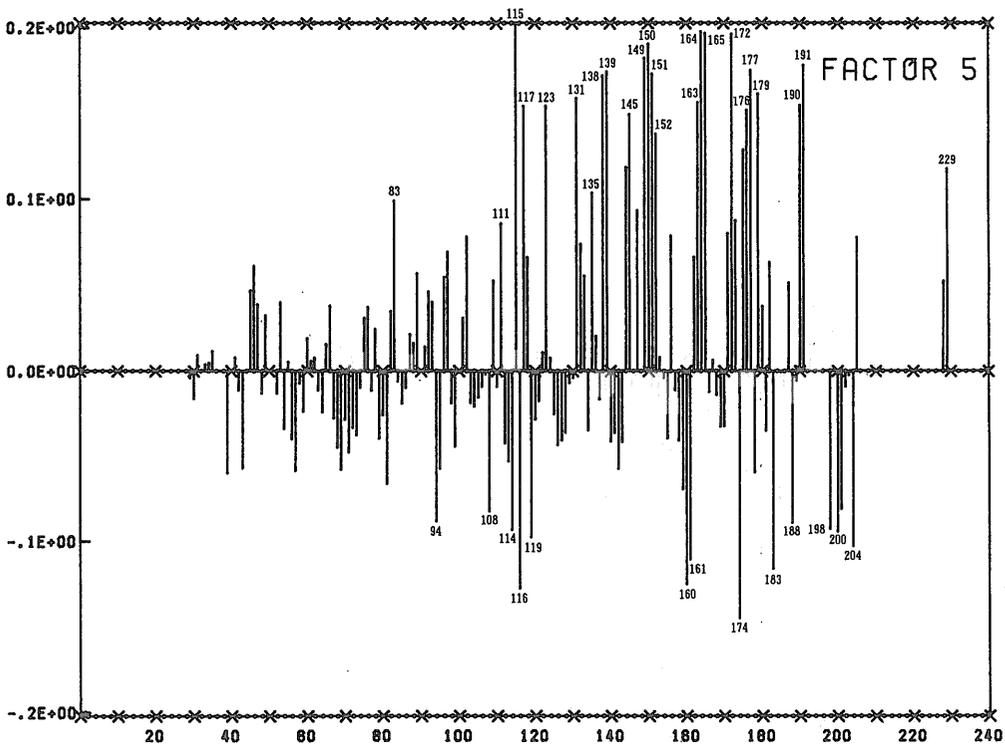
中央構造線地域におけるフィンガープリント法調査 (柴田 ほか)



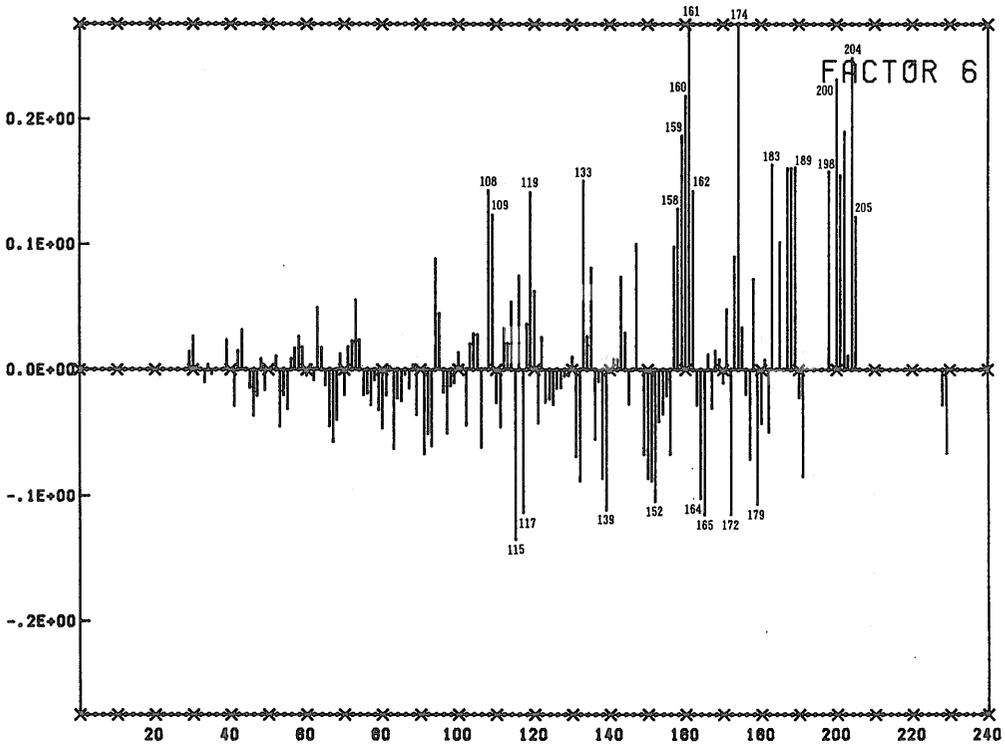
付図A-1 つづき (第3因子)



付図A-1 つづき (第4因子)

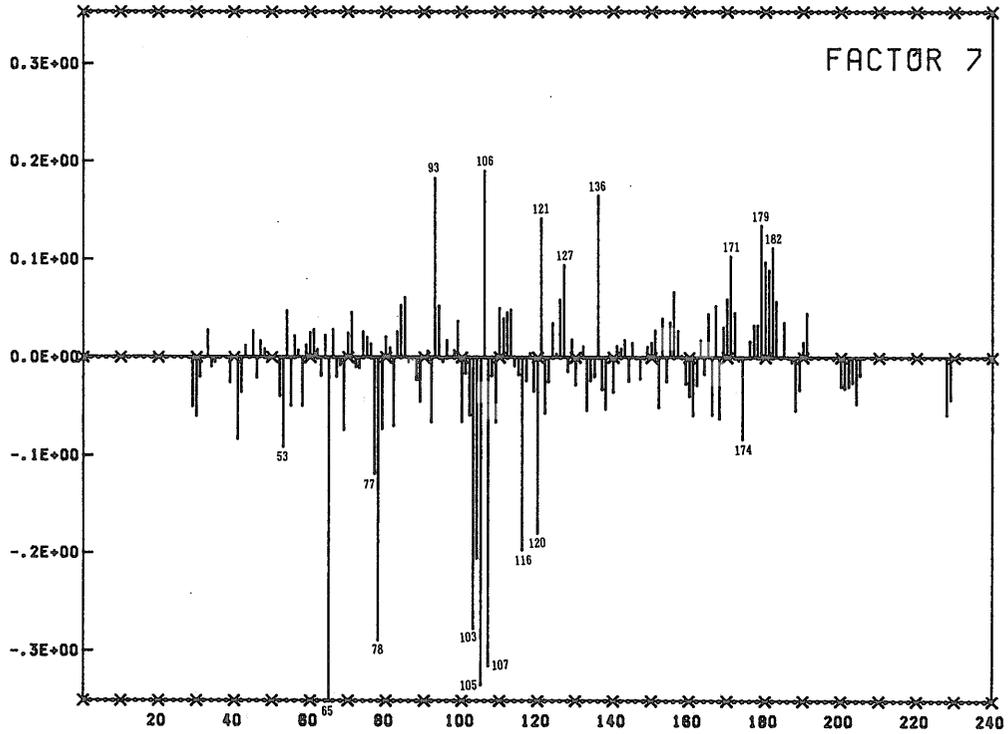


付図A-1 つづき(第5因子)

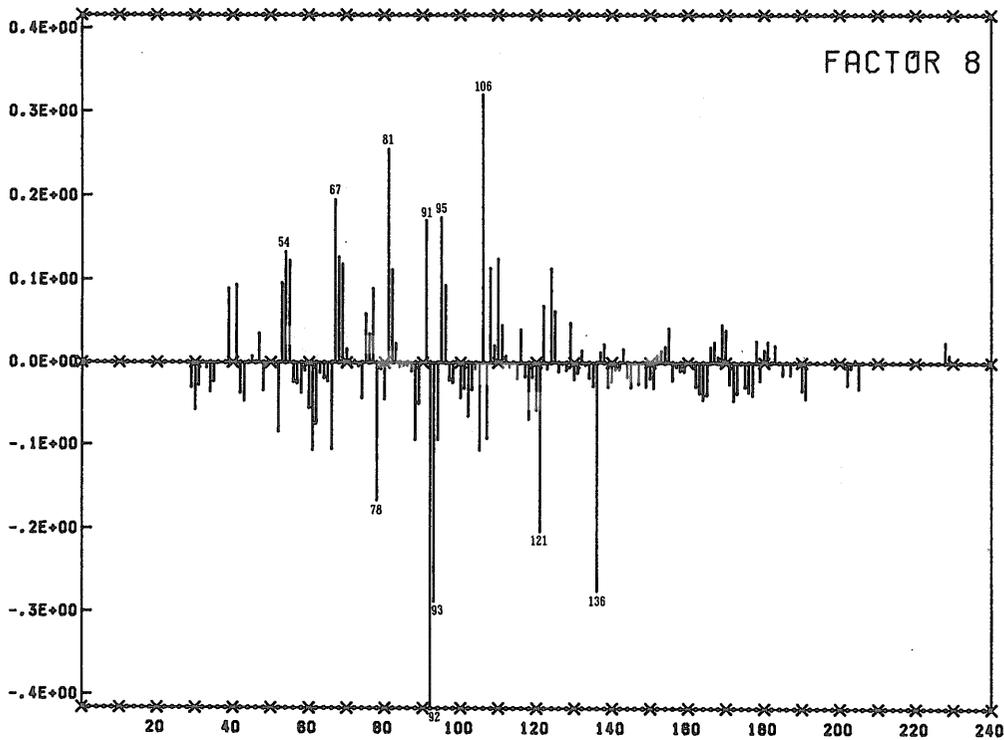


付図A-1 つづき(第6因子)

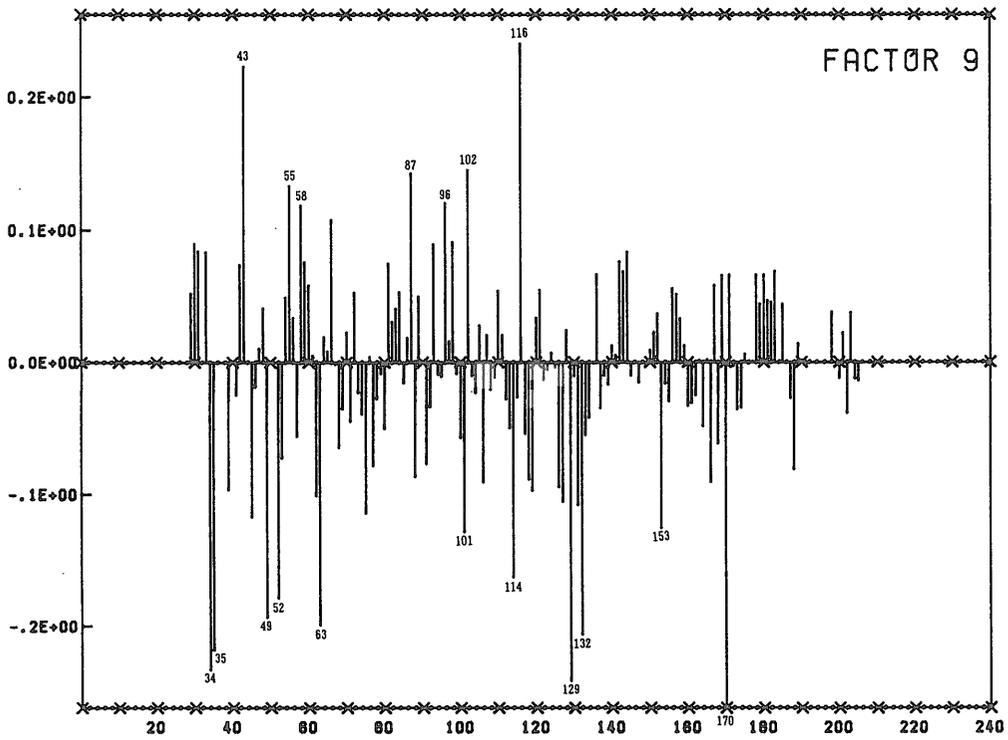
中央構造線地域におけるフィンガープリント法調査 (柴田 ほか)



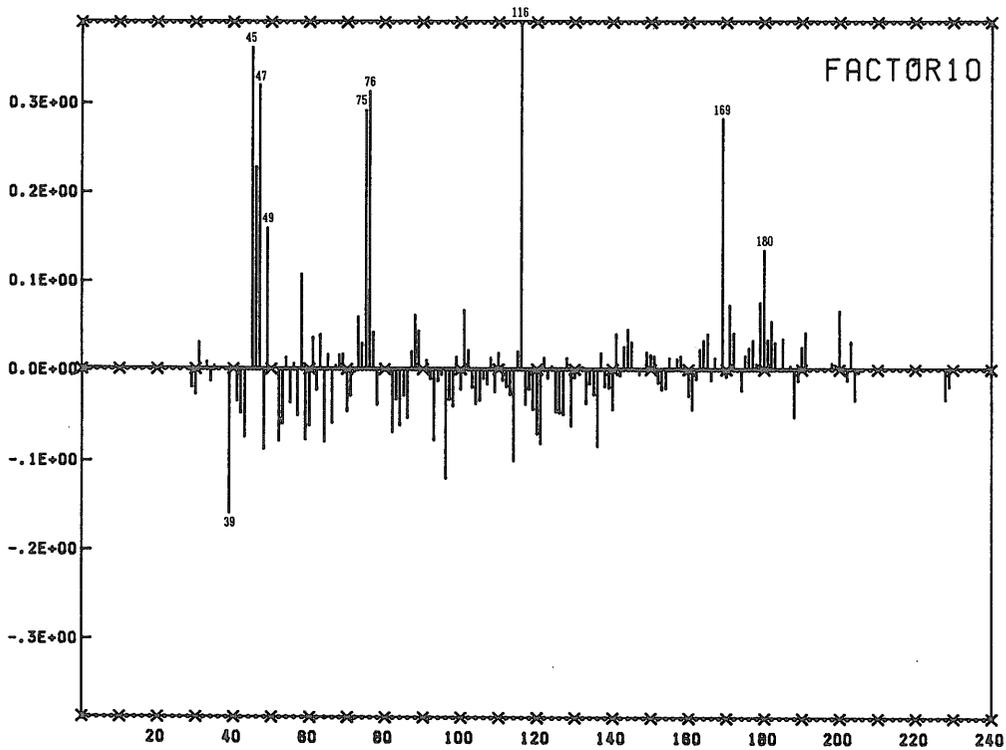
付図A-1 つづき (第7因子)



付図A-1 つづき (第8因子)

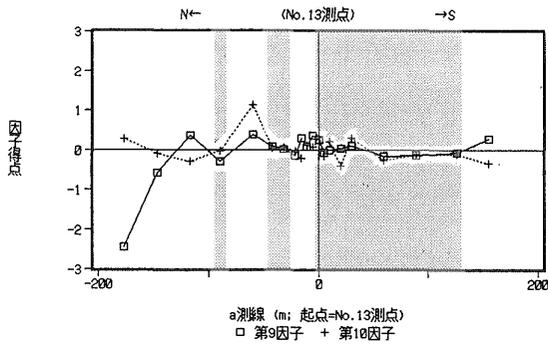
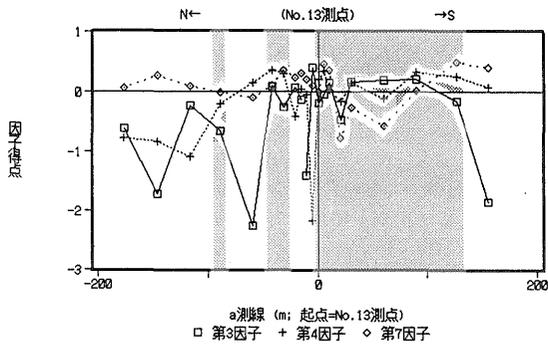
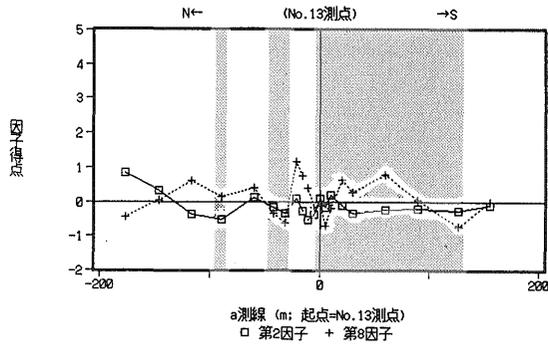
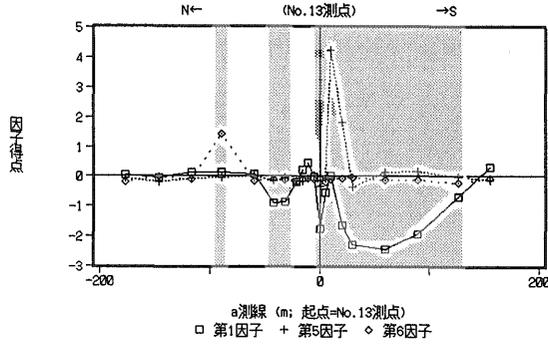


付図A-1 つづき(第9因子)



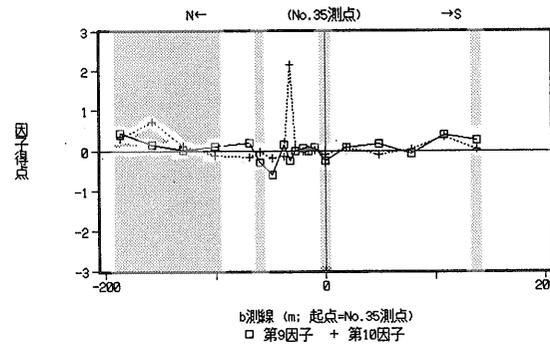
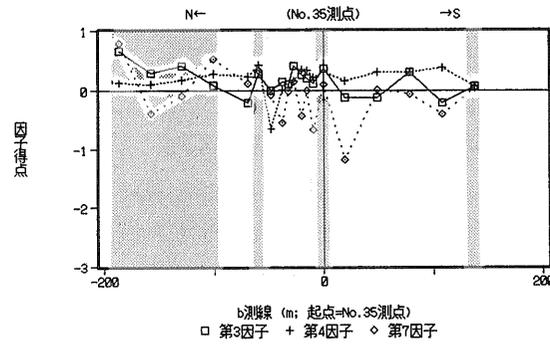
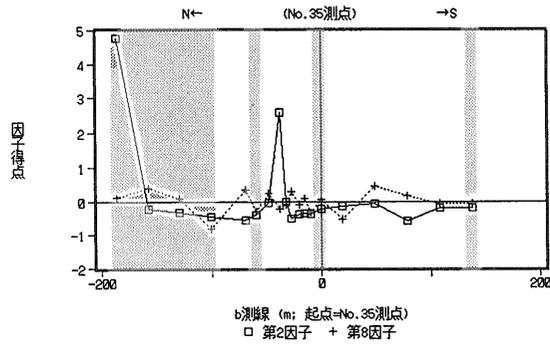
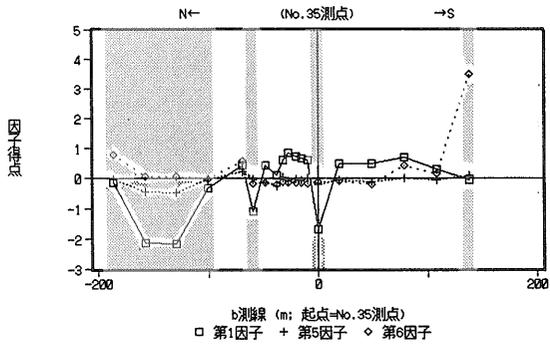
付図A-1 つづき(第10因子)

中央構造線地域におけるフィンガープリント法調査 (柴田 ほか)



推定断発帯

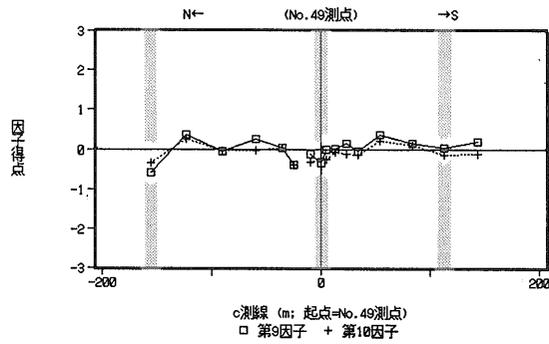
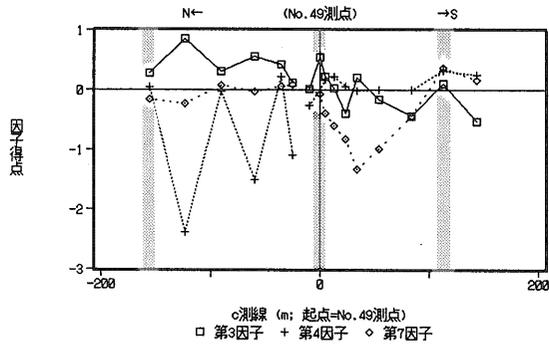
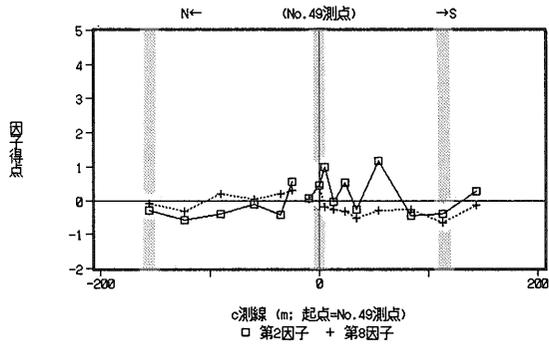
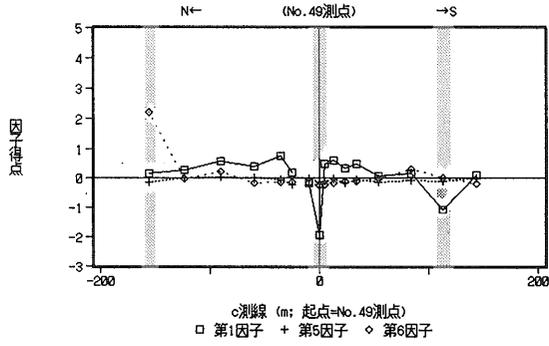
付図A-2 因子得点の測線沿いの変化 (a 測線)



推定断裂帯

付図A-2 つづき (b測線)

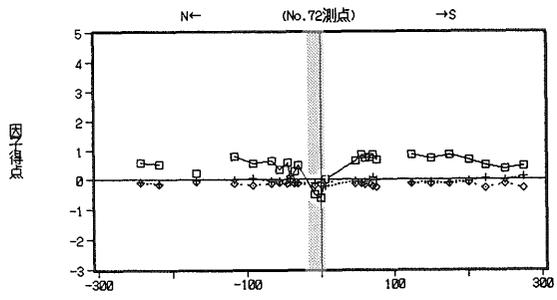
中央構造線地域におけるフィンガープリント法調査 (柴田 ほか)



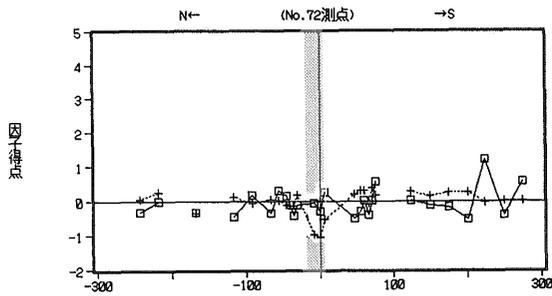
推定断裂帯

付図A-2 つづき (c 測線)

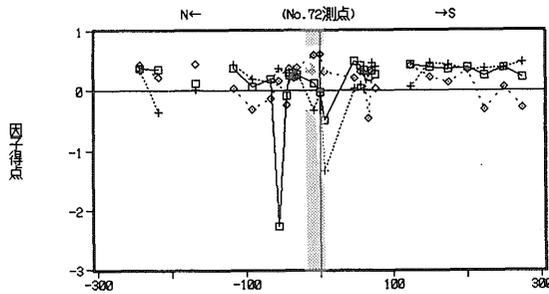
地質調査所月報(第41巻 第8号)



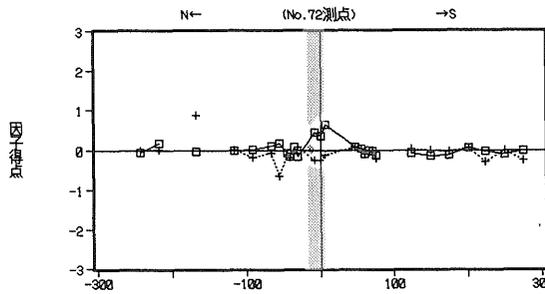
d測線 (m; 起点=No.72測点)  
□ 第1因子 + 第5因子 ◇ 第6因子



d測線 (m; 起点=No.72測点)  
□ 第2因子 + 第8因子



d測線 (m; 起点=No.72測点)  
□ 第3因子 + 第4因子 ◇ 第7因子



d測線 (m; 起点=No.72測点)  
□ 第9因子 + 第10因子

推定断裂帯

付図A-2 つづき (d測線)

中央構造線地域におけるフィンガープリント法調査 (柴田 ほか)

付表A-1 検出されたイオンの平均値, 標準偏差, 最小値及び最大値

(単位:%.)					(単位:%.)					(単位:%.)					(単位:%.)				
m/z	平均	標準偏差	最小	最大	m/z	平均	標準偏差	最小	最大	m/z	平均	標準偏差	最小	最大	m/z	平均	標準偏差	最小	最大
29	36.87	43.65	3.8	242.5	80	10.01	14.85	.0	53.2	129	.19	.38	.0	2.1	177	.08	.47	.0	4.1
30	26.44	35.19	.8	200.8	81	7.44	7.74	.0	30.9	130	.14	.55	.0	4.7	178	.01	.03	.0	.2
31	30.30	37.36	1.2	198.9	82	4.16	3.07	1.0	17.7	131	.64	.98	.0	7.0	179	.00	.02	.0	.1
(32)					83	2.64	1.96	.0	10.8	132	6.37	7.70	.0	32.1	180	.01	.04	.0	.3
33	.12	.65	.0	5.0	84	3.11	2.21	.0	13.0	133	2.18	4.03	.0	19.2	181	.00	.01	.0	.1
34	.02	.11	.0	.9	85	3.44	3.45	.0	23.1	134	9.04	10.53	.0	46.2	182	.00	.02	.0	.2
35	.02	.14	.0	1.3	86	.89	.87	.0	3.9	135	2.17	4.09	.0	20.8	183	.00	.02	.0	.1
39	.33	.42	.0	1.9	87	.14	.27	.0	1.4	136	23.67	34.27	.0	141.8	184*	.00	.00	.0	.0
(40)					88	.12	.23	.0	1.3	137	5.95	9.71	.0	42.0	185	.00	.03	.0	.2
41	5.32	5.01	1.0	30.0	89	.03	.08	.0	.5	138	.81	2.02	.0	13.5	186*	.00	.00	.0	.0
42	5.53	5.91	.0	31.5	91	135.22	76.69	8.1	284.2	139	.40	.65	.0	4.1	187	.08	.23	.0	1.1
43	11.33	14.41	.0	62.9	92	56.81	29.50	17.7	138.6	140	.46	.68	.0	3.7	188	.01	.05	.0	.4
(44)					93	38.91	54.48	.0	253.9	141	.20	.41	.0	2.9	189	2.00	5.77	.0	38.3
45	8.60	26.60	.0	138.6	94	15.81	18.80	.5	71.9	142	.13	.34	.0	2.2	190	.48	1.82	.0	14.5
46	1.68	2.26	.0	13.4	95	7.22	7.44	.6	35.9	143	.01	.05	.0	.3	191	.04	.31	.0	2.8
47	1.37	5.70	.0	41.6	96	4.06	3.55	.0	16.1	144	.01	.03	.0	1	192**	.00	.01	.0	.1
48	.00	.03	.0	.3	97	2.25	1.84	.0	10.4	145	.15	.50	.0	4.1	193*	.00	.00	.0	.0
49	.01	.05	.0	.4	98	2.11	2.01	.0	13.0	[146]					194**	.00	.01	.0	.1
50*	.00	.00	.0	.0	99	1.54	1.96	.0	11.3	147	1.04	3.02	.0	17.7	195*	.00	.00	.0	.0
51*	.00	.00	.0	.0	100	.19	.26	.0	1.3	[148]					196**	.00	.01	.0	.1
52	.07	.16	.0	.7	101	.15	.32	.0	1.6	149	.59	2.11	.0	17.2	197*	.00	.00	.0	.0
53	.44	.65	.0	3.8	102	.02	.06	.0	.3	150	.67	1.67	.0	13.3	198	.00	.03	.0	.3
54	2.54	6.65	.0	50.3	103	1.70	1.31	.0	7.4	151	.15	.36	.0	2.8	199*	.00	.00	.0	.0
55	4.29	3.09	1.0	14.1	104	10.81	8.96	.0	45.0	152	.34	.56	.0	3.2	200	.04	.14	.0	.9
56	12.75	9.66	2.9	58.5	105	34.38	28.06	.0	122.7	153	.18	.25	.0	1.2	201	.00	.01	.0	.1
57	11.84	9.54	2.2	53.2	106	212.10	138.58	4.4	475.7	154	.37	.54	.0	3.0	202	.42	1.35	.0	8.1
58	7.12	7.46	.0	35.8	107	55.50	38.76	.0	148.8	155	.16	.25	.0	1.5	203	.00	.02	.0	.2
59	1.15	2.22	.0	13.1	108	5.65	7.41	.0	28.4	156	.12	.39	.0	2.7	204	4.81	14.27	.0	94.6
60	.70	1.17	.0	5.6	109	2.57	4.01	.0	20.9	157	.02	.10	.0	.7	205	1.00	3.12	.0	18.0
61	.13	.29	.0	1.3	110	4.58	10.04	.0	77.4	158	.01	.05	.0	.4	[206]				
62	.04	.15	.0	.8	111	2.06	2.07	.0	11.4	159	.29	1.07	.0	8.8	[207]				
63	.03	.15	.0	.9	112	2.49	2.23	.0	15.4	160	.12	.58	.0	4.3	[208]				
64	.15	.42	.0	3.0	113	1.65	1.91	.0	13.4	161	4.23	13.17	.0	77.9	[209]				
65	.59	.64	.0	2.9	114	.30	.30	.0	1.3	162	1.05	3.23	.0	17.5	[210]				
66	1.26	2.20	.0	15.4	115	.14	.32	.0	2.2	163	.45	1.74	.0	14.1	211*	.00	.00	.0	.0
67	5.47	6.21	.0	28.5	116	.03	.06	.0	.2	164	1.33	2.51	.0	15.4	213*	.00	.00	.0	.0
68	8.83	12.67	.0	57.4	117	2.03	2.91	.0	16.7	165	.07	.51	.0	4.6	215*	.00	.00	.0	.0
69	7.49	8.60	1.4	49.6	118	1.18	1.16	.0	7.9	166	1.42	2.43	.0	11.2	216*	.00	.00	.0	.0
70	6.87	4.23	1.9	25.5	119	10.29	12.38	.0	54.2	167	.02	.06	.0	.4	217*	.00	.00	.0	.0
71	6.23	5.81	1.0	39.7	120	12.27	11.14	.0	56.1	168	.70	1.30	.0	7.5	218*	.00	.00	.0	.0
72	1.55	2.03	.0	13.1	121	17.48	21.91	.0	79.5	169	.01	.04	.0	.2	219*	.00	.00	.0	.0
73	1.47	1.88	.0	10.1	122	4.30	5.78	.0	26.2	170	.08	.20	.0	1.0	220*	.00	.00	.0	.0
74	.13	.32	.0	1.7	123	.94	1.94	.0	13.5	171	.00	.02	.0	.1	222*	.00	.00	.0	.0
75	.17	.32	.0	1.6	124	1.15	3.23	.0	26.5	172	.00	.01	.0	.1	228	.00	.01	.0	.1
76	1.34	4.92	.0	36.5	125	.77	.93	.0	5.0	173	.01	.05	.0	.3	229	.00	.03	.0	.3
77	4.13	6.38	.0	28.3	126	1.01	1.00	.0	5.7	174	.01	.06	.0	.4	230**	.00	.01	.0	.1
78	15.62	10.33	2.9	49.3	127	.82	.92	.0	5.5	175	.77	2.54	.0	17.2					
79	10.76	10.34	1.4	45.0	128	.25	.43	.0	2.7	176	.45	1.74	.0	14.0					

( ): 解析から除外(3.2の①), [ ]: 解析から除外(3.2の②)

\*: 最大値<.05のため因子分析から除外, \*\*: 最大値≧.05の試料が1試料のみであるため因子分析から除外

付表A-2 解析に用いる指標の値

測線 番号	試料 番号	全ガス発散量 (ion count)	高質量ガ ス発散比 (%)	主なガスの発散量 (ion count)		因子										質量スペ クトルの クラスター名
				m/z106	m/z136	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子	第7因子	第8因子	第9因子	第10因子	
a	1	250376	60	23165	0	0.0477	0.8507	-0.6249	-0.7897	-0.0675	-0.1873	0.0604	-0.4526	-2.4400	0.2765	0
a	2	244304	69	11385	2893	-0.0429	0.3357	-1.7130	-0.8387	-0.2040	-0.0132	0.2629	0.0304	-0.5806	-0.1057	0
a	3	85310	38	17713	138	0.1347	-0.3620	-0.2410	-1.0930	-0.0915	-0.0924	0.0836	0.6066	0.3698	-0.2949	0
a	4	331620	215	50558	1894	0.1265	-0.5150	-0.6634	-0.2168	-0.0549	1.4270	-0.0199	0.1534	-0.3063	-0.0373	3
a	5	1129349	31	175858	1351	0.0830	0.1133	-2.2690	0.1414	0.0215	-0.1520	-0.1016	0.4001	0.3963	1.1460	0
a	6	2216475	221	213061	191447	-0.8916	-0.1643	0.0817	0.3453	-0.1758	-0.1113	0.1034	-0.3572	0.0837	0.0249	1
a	7	1114215	244	79521	123887	-0.8861	-0.3406	-0.2635	0.2880	-0.0357	-0.1458	0.3530	-0.6399	0.0169	0.0477	1
a	8	213121	63	56574	231	-0.2103	0.0966	0.0698	-0.4154	-0.1679	-0.1942	0.2282	1.1650	-0.1394	-0.0223	0
a	9	272247	42	97303	1548	0.2296	-0.2580	-0.1433	0.0393	-0.1789	-0.1018	0.3082	0.7571	0.3079	-0.2209	0
a	10	1244323	113	151201	46341	-0.8092	0.4664	-0.1462	0.1156	-0.2849	-0.2743	0.3305	0.7623	0.3441	0.0241	0
a	11	189294	28	60876	173	0.4446	-0.5368	-1.4080	-0.0507	-0.0739	-0.0843	0.1966	0.3961	0.0863	0.1170	0
a	12	44960	88	522	861	-0.0198	-0.3826	0.3923	-2.1680	0.0447	-0.1044	0.0952	-0.1690	0.3608	0.0840	0
a	13	2322945	230	87998	178945	-1.7600	0.0986	-0.2027	0.2087	-0.3396	-0.0882	-0.0070	-0.1221	0.2469	0.3137	2
a	14	1310600	225	127545	134637	-0.5562	-0.1783	-0.0427	0.3388	-0.0821	-0.1913	0.4541	-0.7081	-0.0814	-0.1569	1
a	15	11858768	473	206068	241599	0.0018	0.2023	0.1463	0.0204	4.2290	-0.1199	0.3459	-0.1944	-0.0062	0.2018	4
a	16	10298889	356	205919	234458	-1.6280	-0.1216	-0.4711	-0.1716	1.8200	-0.0747	-0.7832	0.6253	0.0428	-0.4176	2
a	17	3894166	234	130455	232212	-2.2900	-0.3423	0.1536	0.1468	-0.3716	-0.0462	-0.2713	0.2809	0.1048	0.3090	2
a	18	6003225	263	172775	231765	-2.4440	-0.2465	0.1926	-0.1262	0.1161	-0.1240	-0.5741	0.7777	-0.1644	-0.2739	2
a	19	2825427	285	101914	192720	-1.9300	-0.2088	0.2024	0.3245	0.1586	-0.1220	0.0155	0.0432	-0.1348	-0.1154	2
a	20	1053283	219	51121	103965	-0.7085	-0.2789	-0.1602	0.2502	-0.0149	-0.2107	0.4864	-0.7293	-0.0745	-0.1123	1
a	21	380557	73	81084	6699	0.3088	-0.1035	-1.8530	0.0752	-0.1375	-0.0735	0.3996	-0.0074	0.2672	-0.3389	0
b	22	2952005	243	214593	22500	-0.1411	4.7550	0.6638	0.1235	-0.0052	0.7648	0.7969	0.1190	0.4324	0.3085	5
b	23	4289829	210	211529	216779	-2.1030	-0.2195	0.2904	0.0952	-0.4304	0.0810	-0.3843	0.4029	0.1474	0.7276	2
b	24	3183021	251	146401	206047	-2.1500	-0.3109	0.4131	0.1713	-0.4545	0.0636	-0.0971	0.1020	0.0134	0.1211	2
b	25	370096	202	35885	32288	-0.3019	-0.4463	0.0917	0.2768	-0.0081	-0.0078	0.5316	-0.8126	0.1084	-0.1180	1
b	26	358407	162	119022	1944	0.4176	-0.5448	-0.2091	0.2344	0.2110	0.5647	0.1096	0.3403	0.1816	-0.1730	0
b	27	1756123	235	165032	152464	-1.0930	-0.3958	0.2722	0.4170	-0.0217	-0.1664	0.3311	-0.2981	-0.3020	-0.0396	1
b	28	291519	28	98247	135	0.4286	-0.0329	-0.0075	-0.6461	-0.1441	-0.1225	-0.0797	0.2385	-0.6009	-0.1922	0
b	29	1734849	101	217670	1548	0.0859	2.5920	0.1366	0.0042	-0.2536	-0.2005	-0.5539	-0.2150	0.1384	-0.1466	0
b	30	865271	29	156709	427	0.8076	-0.0133	0.0930	0.0526	0.0443	-0.1059	-0.0112	-0.0841	-0.2610	2.1550	0
b	31	216275	9	101284	0	0.8447	-0.5124	0.4071	0.1602	-0.0719	-0.1332	0.1491	0.2879	-0.0013	0.0704	0
b	32	547796	33	167713	442	0.7252	-0.3748	0.2633	0.3529	-0.0125	-0.1392	-0.4337	-0.0866	0.0648	-0.0046	0
b	33	545901	32	176716	2492	0.6704	-0.3346	0.2103	0.3285	-0.0522	-0.1468	0.0023	0.1004	-0.0211	0.0394	0
b	34	976209	31	223483	4342	0.6007	-0.3715	0.1213	0.2165	0.0131	-0.1539	-0.6647	-0.3235	0.0789	0.0080	0
b	35	3362953	228	213142	207455	-1.6840	-0.2185	0.3605	0.3166	-0.2096	-0.1158	0.0976	0.0563	-0.2449	-0.1106	2
b	36	1208756	46	223045	899	0.4931	-0.1517	-0.1288	0.1529	-0.0594	-0.0740	-1.1910	-0.5403	0.0688	0.0747	0
b	37	564987	26	171367	605	0.4699	-0.0753	-0.1174	0.3091	-0.0981	-0.1811	0.0048	0.4449	0.1559	-0.1040	0
b	38	428342	86	149569	1198	0.6931	-0.5885	0.3051	0.3065	0.0062	0.4333	-0.0618	0.1651	-0.0679	0.0344	0
b	39	707243	101	176565	9745	0.2968	-0.1902	-0.2073	0.3727	-0.0528	0.1487	-0.3980	-0.0663	0.3771	0.3494	0
b	40	1115716	467	116179	20194	-0.0572	-0.1906	0.0657	0.0680	0.1006	3.4940	0.0361	-0.0512	0.2655	0.0330	3

地質調査所月報(第41巻 第8号)

付表A-2 つづき

測線 番号	試料 番号	全ガス 量 (ion count)	高質量 成分 の 割合 (%)	主なガスの発散量 (ion count)		因子										質量スペ クトルの クラスター名
				m/z106	m/z136	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子	第7因子	第8因子	第9因子	第10因子	
c	41	368020	331	70568	3028	0.1693	-0.3000	0.2834	0.0456	-0.1292	2.2070	-0.1699	-0.0974	-0.5858	-0.3522	3
c	42	29568	36	907	114	0.2656	-0.5727	0.8489	-2.3840	0.0215	-0.0281	-0.2355	-0.3139	0.3591	0.2534	0
c	43	290193	90	105607	1103	0.5650	-0.3937	0.3080	-0.0303	0.0473	0.2077	0.0632	0.1923	-0.0490	-0.0346	0
c	44	38902	29	7385	0	0.3966	-0.1042	0.5610	-1.5090	0.0073	-0.1614	-0.0390	0.0441	0.2512	-0.0353	0
c	45	237341	27	97385	522	0.7583	-0.4306	0.4188	0.2232	-0.0336	-0.1276	0.0539	0.1967	0.0229	0.0355	0
c	46	142070	46	29940	218	0.1910	0.5628	0.1206	-1.0940	-0.2169	-0.1219	0.0883	0.2947	-0.3938	-0.3789	0
c	47															
c	48	339586	106	82916	6964	-0.1518	0.0725	0.0173	-0.2661	-0.0302	-0.1756	0.0091	0.0427	-0.1269	-0.3161	0
c	49	3607589	211	199961	184722	-1.9450	0.4504	0.5418	0.0031	-0.1238	-0.2428	-0.0732	0.3977	-0.3331	-0.2427	2
c	50	847002	43	181575	1980	0.4865	0.9958	0.2126	0.1682	-0.1158	-0.2365	-0.3985	-0.1957	-0.0166	-0.2590	0
c	51	1046171	33	227859	2155	0.5908	-0.0276	0.0245	0.2241	-0.0323	-0.1522	-0.6141	-0.2588	0.0158	-0.0815	0
c	52	1473615	49	231404	3007	0.3371	0.5393	-0.4013	0.0587	-0.1605	-0.1136	-0.8270	-0.3143	0.1346	-0.1137	0
c	53	1181964	35	215055	483	0.4892	-0.2689	0.2041	-0.0119	-0.0601	-0.0952	-1.3340	-0.5366	-0.0567	-0.1391	0
c	54	1371648	101	221127	1579	0.0691	1.1700	-0.1625	-0.0048	-0.1460	-0.0047	-0.9947	-0.2845	0.3665	0.2005	0
c	55	1575217	115	218909	31347	0.1455	-0.4587	-0.4408	0.0005	-0.0690	0.3148	-0.4409	-0.2797	0.1388	0.0898	0
c	56	1769150	280	59403	177681	-1.0880	-0.4057	0.1038	0.3179	-0.1032	0.0145	0.3703	-0.6471	0.0317	-0.1367	1
c	57	819067	107	154885	22451	0.1005	0.2844	-0.5407	0.2422	-0.0248	-0.1994	0.1652	-0.1484	0.1865	-0.1276	0
d	58	204093	66	85992	4267	0.5598	-0.3323	0.3634	0.3316	-0.0763	-0.1029	0.4281	0.0388	-0.0454	-0.0146	0
d	59	74353	27	26841	330	0.5089	-0.0080	0.3466	-0.3622	-0.1462	-0.1531	0.2206	0.2371	0.1709	0.0004	0
d	60															
d	61	446927	78	71853	13901	0.2135	-0.3163	0.1136	0.0133	-0.0318	-0.0655	0.4425	-0.3402	-0.0286	0.8763	0
d	62															
d	63	516430	35	188853	3355	0.7663	-0.4490	0.3695	0.4298	-0.0325	-0.1291	0.0201	0.1107	-0.0210	0.0169	0
d	64	795059	55	198518	2420	0.5571	0.1785	0.0529	0.1907	0.0296	-0.1989	-0.3177	-0.0623	0.0065	-0.1909	0
d	65	579613	35	176349	2456	0.6334	-0.3437	0.1940	0.1388	-0.0477	-0.1264	-0.1355	0.0461	0.1013	-0.0707	0
d	66	355630	61	93641	3413	0.3502	0.2975	-2.2570	0.3695	-0.0596	-0.1006	0.1606	0.0207	0.1710	-0.6531	0
d	67	698441	61	190468	339	0.5850	0.1385	-0.0964	0.2868	0.0099	-0.1452	-0.2424	-0.1191	-0.0810	-0.1168	0
d	68	236413	121	64646	6452	0.0136	-0.1066	0.2744	0.1826	-0.1037	-0.0318	0.3657	-0.1344	-0.1749	-0.1792	0
d	69	590196	103	165772	21464	0.2884	-0.4133	0.2386	0.3564	-0.0647	-0.1444	0.2031	-0.1358	0.0849	-0.0508	0
d	70	209478	63	85252	2536	0.4718	-0.1023	0.2685	0.2768	-0.1094	-0.1240	0.3807	0.1591	-0.1705	0.0726	0
d	71	109556	248	1015	14406	-0.4829	-0.0625	0.1085	-0.3212	-0.1042	-0.1970	0.5849	-0.9620	0.4330	-0.2449	1
d	72	350286	272	1552	49672	-0.6222	-0.2948	-0.0376	-0.0312	-0.0920	-0.1646	0.5941	-1.0410	0.3323	-0.2616	1
d	73	81614	79	1599	2789	0.0057	0.2594	-0.4895	-1.3330	-0.2148	-0.0632	0.2998	-0.5244	0.6420	-0.1269	0
d	74	143411	22	61924	281	0.6443	-0.5029	0.4817	0.0217	-0.0339	-0.1328	0.1989	0.1988	0.0710	0.0818	0
d	75	131277	10	60059	0	0.8276	-0.2957	0.4066	0.0874	-0.0935	-0.1258	0.3035	0.3009	0.0395	0.0278	0
d	76	287280	20	121826	204	0.7312	0.0097	0.3330	0.0123	-0.0637	-0.1796	0.2951	0.3029	-0.0897	-0.1000	0
d	77	714738	20	192720	355	0.7398	-0.4043	0.2240	0.2822	-0.0161	-0.1315	-0.4540	-0.0683	-0.0191	-0.0518	0
d	78	217041	28	100444	188	0.8243	0.0263	0.3138	0.4568	0.0554	-0.2296	0.3113	0.3769	-0.0278	-0.0986	0
d	79	504637	45	160401	197	0.6533	0.5600	0.2628	0.3954	-0.0277	-0.2500	0.0251	0.1765	-0.1344	-0.2085	0
d	80															
d	81	158757	14	70787	101	0.8264	0.0192	0.4248	0.0505	-0.1185	-0.1421	0.4129	0.2796	-0.0773	0.0246	0
d	82	377770	36	151722	1593	0.7235	-0.1151	0.3740	0.4573	-0.0797	-0.1334	0.2248	0.1512	-0.1333	-0.0182	0
d	83	367605	20	145842	118	0.8304	-0.1692	0.3433	0.4278	-0.1211	-0.1313	0.1343	0.2349	-0.1270	-0.0374	0
d	84	203298	46	96705	2568	0.6559	-0.5240	0.3853	0.3411	-0.0604	-0.0970	0.3286	0.2592	0.0509	0.0480	0
d	85	790355	97	181899	480	0.4764	1.1930	0.2399	0.3657	0.0353	-0.2836	-0.3111	-0.0303	-0.0434	-0.2974	0
d	86	603360	81	183852	13662	0.3752	-0.4101	0.3840	0.3843	-0.0148	-0.1429	0.0486	0.0219	-0.0968	-0.0118	0
d	87	775444	92	196413	6898	0.4613	0.5547	0.2175	0.4694	0.0911	-0.2773	-0.2914	0.0131	-0.0121	-0.2586	0

中央構造線地域におけるフロンターフント法調査(柴田 ほか)

付表A-3 算出された因子の固有値

因子	固有値
1	57.84
2	42.33
3	26.56
4	23.43
5	22.72
6	21.98
7	13.27
8	12.75
9	10.34
10	10.11

付表A-4 No. 32 のガスクロマトグラフ質量分析結果

保持時間 (min:s)	ピーク面積* ( $\times 10^3$ count)	化合物名**
01:17	3,226	air
01:36	173	methoxy-cyclobutane(?)
02:00	307	methyl-pentane
02:08	285	dimethyl-oxathiane(?)
02:12	319	dimethyl-oxathiane(?)
02:34	1,128	benzene
04:24	4,078	toluene
05:16	201	tetrachloro-ethene
06:23	8,247	ethyl-benzene
06:34	3,776	xylene
07:03	2,401	xylene
07:55	555	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> cyclomonoterpene

キャピラリーカラム: DB-5 30m $\times$ 0.25mm; キャリヤース: He 12psi.;  
 昇温: 40~250°C 10°C/min; 質量スペクトルライブラリー: NBS;  
 \*: 全イオンクロマトグラフ; \*\*: 質量スペクトルによって同定;  
 ?: 同定の確実性が低い化合物

中央構造線地域におけるフィンガープリント法調査 (柴田 ほか)

付表A-5 No. 22 のガスクロマトグラフ質量分析結果

保持時間 (min:s)	ピーク面積* ( $\times 10^3$ count)	化合物名**
01:16	6,382	air
01:30	1,455	methoxy-cyclobutane(?)
01:44	304	trimethyl-silanol
01:52	635	methyl-pentane
02:01	688	dimethyl-oxathiane(?)
02:25	2,511	benzene
04:08	10,228	toluene
04:39	6,334	pentyl-cyclopropane
06:13	457,702	ethyl-benzene
06:39	486,336	xylene
06:50	298	ethyl-heptene(?)
07:07	733,144	xylene
07:14	562	ethyl-methyl-cyclohexane
07:20	328	xylene
07:25	484	phenyl-butanediol(?)
07:28	406	octahydro-methyl-pentalene
07:34	11,890	methyl(-)ethyl-benzene
07:40	1,049	methylethyl-cyclohexane(?)
07:45	2,487	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> cyclomonoterpene
07:53	850	trimethyl-heptane(?)
08:01	1,362	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> monoterpene
08:08	4,429	propyl-benzene(?)
08:17	12,224	ethyl-methyl-benzene
08:26	6,319	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> alkylbenzene
08:32	879	methyl-decene(?)
08:39	5,163	ethyl-methyl-benzene
08:46	306	methyl-methylethylidene-cyclohexen-one(?)
08:55	5,163	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> alkylbenzene
09:01	1,527	decane
09:08	302	dichloro-benzene
09:16	1,087	dichloro-benzene
09:23	267	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O
09:29	2,937	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> alkylbenzene
09:35	1,260	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> cyclomonoterpene
09:39	197	butyl-cyclohexane(?)
09:41	1,183	paraffin, ethyl-methyl-octane(?)
10:00	476	methyl-propyl-benzene
10:08	1,282	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> alkylbenzene
10:12	342	diethyl-benzene(?)
10:17	405	methyl(-)propyl-benzene
10:49	374	dimethyl-nonane(?)

キャピラリーカラム: DB-5 30m $\times$ 0.25mm; キャリヤース: He 12psi.;

昇温: 40~250°C 10°C/min; 質量スペクトルライブラリー: NBS;

\*: 全イオンクロマトグラフ; \*\*: 質量スペクトルによって同定;

?: 同定の確実性が低い化合物