

15. 凝灰岩層の粒度組成と鈹物組成の 均一性について

地震研究所 村 井 勇

(昭和33年6月24日発表—昭和37年3月31日受理)

1. ま え が き

油田、ガス田または炭田等で行われる地質構造の精密調査においては、適当な連続する地層（鍵層 key bed）を見いだして、それに基づいて調査を進めることが最も重要な作業の一つとなつている。微細な断層構造の調査は、鍵層の分布状態を詳しく調査し、その不連続部分を発見することによつて進めることができる。また、一つの堆積盆地内における地層の堆積状態を詳しく知ろうとする場合にも、鍵層によつて一定の時限面を見だし、地層の横方向の岩相変化や層厚の変化を求めることもできる。鍵層として最もよく用いられるものは凝灰岩層（火山碎屑岩層）である。南関東ガス田地帯をはじめ、各地における地質調査で、凝灰岩を鍵層とした精密調査が行われ、多くの成果をあげている¹⁾。

一般に凝灰岩層は、火山の爆発によつて噴き上げられた火山灰が短い時間に非常に広い範囲にわたつて降下堆積して形成されたものであるから、その上下の地層の岩相の変化に全く関係なく分布し、広範囲にわたつて連続し、一定の時限面を代表する等の鍵層として利用する上に好都合な特徴を持つている。

比較的狭い範囲内では、凝灰岩層は均質な状態を示し、厚さ、色、構造、粒度組成、鈹物組成等の性質がほとんど変わらない。従つて、野外においては、これらの性質を肉眼で判定しながら、特定の凝灰岩層の識別同定を行い、それを追跡していくことができる。ある程度広い範囲において、あるいはある程度距つた地区相互の間においては、非常に特徴的な凝灰岩鍵層を見いだすことによつて、あるいは数枚の凝灰岩鍵層の層序的組み合わせによつて、地層の対比を行うことができる²⁾。また、個々の凝灰岩層の識別同定が困難な場合には、特徴的な1群の凝灰岩層（tephrozone）を見いだして対比を行うことも可能である³⁾。これらのいずれの場合においても、一枚の凝灰岩層の諸性質が、広い範囲にわたつ

1) 金原均二・他9名「千葉県茂原町附近の天然ガス」石油技術協会誌 14 (1948), 245-273.

河井興三・他3名「千葉県大多喜町附近の天然ガス」石油技術協会誌 15 (1949), 151-219.

三梨 昂「房総半島鬼冨山南部の地質—特に岩相の時空的ひろがりについて—」地質学雑誌 60(1954), 461-472.

三梨 昂・外2名「千葉県養老川・小櫃川の上総層群の層序—養老川・小櫃川流域地質調査報告」地質調査所月報 10 (1959), 83-98.

2) 三梨 昂・矢崎清貫「火砕鍵層による房総・三浦両半島の新生代層の対比(第1報)」石油技術協会誌 23 (1958), 16-22.

3) 小池 清・村井 勇「関東地方南部における凝灰岩研究(1)—Tephrozone について—」東京大学立地自然科学研究所報告 5 (1950), 22-26.

て均質に保たれているということが、前提として成立していなければならない。

火山の爆発によつて上空高く噴き上げられた火山灰は、大気の流れにのつて運搬されていく間に分級作用を受けるため、その降下堆積物は、層厚、粒度および鉱物組成などの性質が、火口からの距離に応じた規則的な変化を示す。火山学者は、この作用を *eolian differentiation* と呼んでいる。このような降灰堆積物の諸性質の規則的変化は、火口に近い地域において特に著しく認められ、火口から遠く距たるにつれて変化の度合はしだいに小さくなる。したがつて、火口より十分遠く距たつた地域においては、ある限られた広さの中だけについて見れば、降灰堆積物の諸性質がほとんど均質に保たれると見なすことが可能となる。地層中に挟まれて分布する凝灰岩層は、堆積の条件が陸上の降灰堆積物とは異ると考えられるが、やはり同様に、その源より十分遠く距たつた地域においては、ある限られた範囲内では、その諸性質が均質に保たれると期待できる。ところで、凝灰岩層を鏝層として利用するに当つては、その諸性質の均質性がはたしてどの程度の広さの中で保たれるかを、あらかじめ確かめておく必要がある。

筆者は以上の点を検討するために、房総半島の新第三系の中から一枚の凝灰岩層を例として取りあげてみた。調査の対称とした凝灰岩層は、豊岡亜層群の稲子沢泥岩層および清澄砂岩層の中に挟まれて分布するもので、野外調査により広い範囲にわたつて確実に追跡できるものである。数ヶ所から試料を採集し、粒度組成、鉱物組成、ガラス破片の屈折率等について詳しい検査を行つた。ここに報告するのはその結果である。

報告に先だち、種々御指導をいただいた東京大学地震研究所の津屋弘達教授に厚く謝意を表す。使用した試料の一部は、東京大学理学部地質学教室の故小池清氏の提供による。また、この報文中の挿図の作製を、地震研究所小諸支所の細谷与七氏にお願いした。ここに記して両氏に感謝する。なお、この研究の一部は、文部省科学研究費交付金によつてなされたものである。

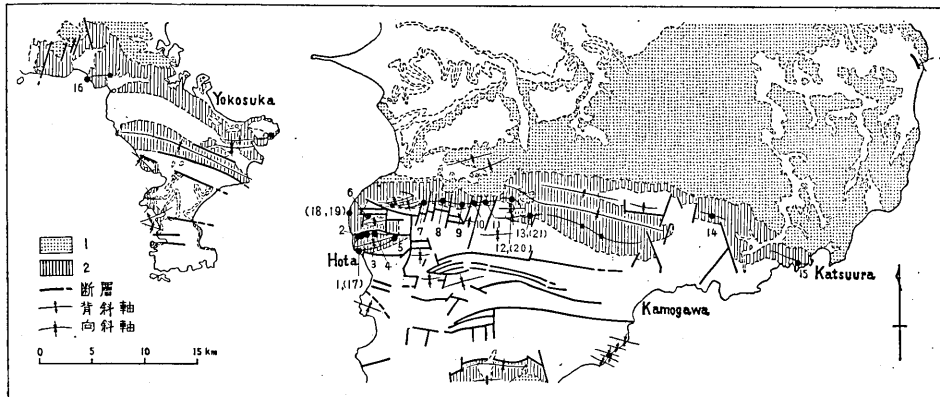
2. 試料の採集

豊岡亜層群（大塚 1932；大塚・小池，1949；小池，1949）⁴⁾ は房総半島中部地域に発達する地層で、鋸南町北部—天羽町南部—峰上村南部—清和村—上総町南部—天津小湊町北部—勝浦市にかけて、ほぼ東西の走向、北落ちの傾斜をもつて分布している。鋸山およびその北方、清澄山北方等では、小規模な褶曲構造を示し、かつ南北性の断層により切られている（第1図および第2図参照）。砂岩と泥岩（シルト岩）の互層よりなり、多数の凝灰岩層を挟んでいる。小池（1949）はこれを鮮新統下部、 H_1 に相当するものとしている。調査の対称とした凝灰岩層は、稲子沢泥岩層（清澄砂岩層）の最上面よりほぼ 150 m 下位の層準をしめるもので、層厚は 150~200cm、層内はきわめて均質である。非常に特徴

4) 大塚弥之助「関東地方の第三系の対比」地質学雑誌 39 (1932), 298-304.

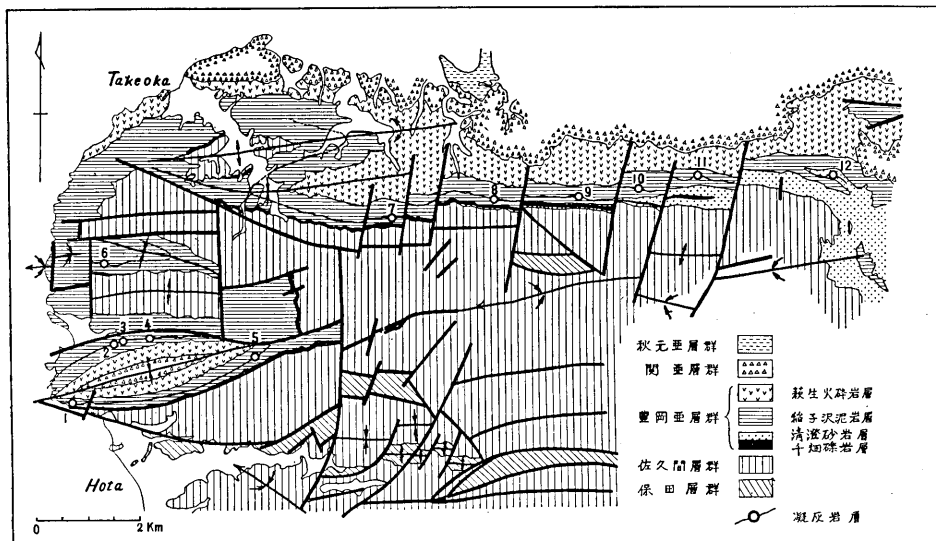
大塚弥之助・小池 清「房総半島中部の地質」東京大学立地自然科学研究所報告 2 (1949), 31-32.

小池 清「房総半島中部の地質 (II)」東京大学立地自然科学研究所報告 3 (1949), 1-6.



第1図 房総半島中部および三浦半島の地質概略図

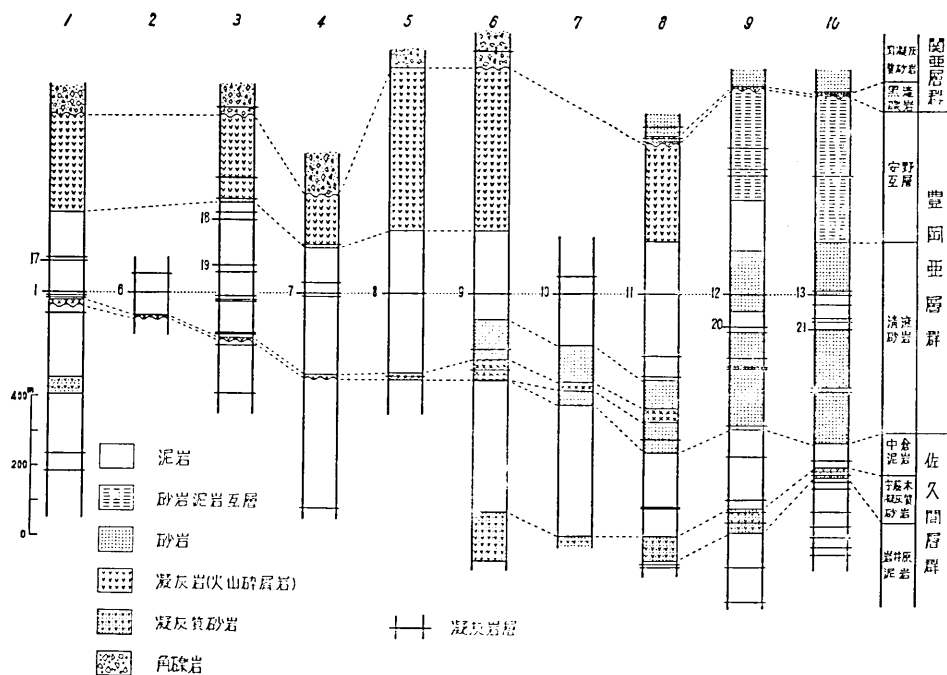
1: 関亜層群, 2: 豊岡亜層群, ∙ ∙ : 試料採集地点



第2図 鋸山附近の地質図 (主として小池 清, 1950 による)

的な凝灰岩で、野外において容易に識別同定することができる。三梨・矢崎 (1958) による清澄層中部の Hk 層は、この凝灰岩に相当するものと考えられる (第3図参照)。

豊岡亜層群は安房群鋸南町保田北方の鋸山附近において、小さな向斜構造を示して分布しており、問題にした凝灰岩層は、この向斜の両翼にあい対して現われている。この向斜の両翼において合計5ヶ所の地点を選び、凝灰岩の試料を採集した (Sp. nos. 1~5)。試料は層の中央部より採集したが、Loc. no. 3 においては、層内の各部分から、すなわち、最下面より 10 cm までの間の部分、10~20 cm の間の部分、中央部、最上面より 10~20 cm



第3図 房総半島中部各地域における地質柱状図と凝灰岩層の層準

1: 鋸山, 2: 天羽町打越, 3: 天羽町竹岡, 4: 天羽町相ノ沢, 5: 天羽町鹿原,
6: 峰上村稲子沢, 7: 峰上村神徳, 8: 峰上村御代原, 9: 峰上村高溝, 10: 清
和村旅名。

の間の部分, 最上面より 10cm までの間の部分より 5ヶの試料を採集した (Sp. nos. 3A~3E). 最上部および最下部の 20 cm ほどの部分は, 一見したところ, 中央部と比べて粒度がいくぶん異なるように見うけられたので, これを確かめるために, このように合計 5ヶの試料を層内の各部分から採集したのである。

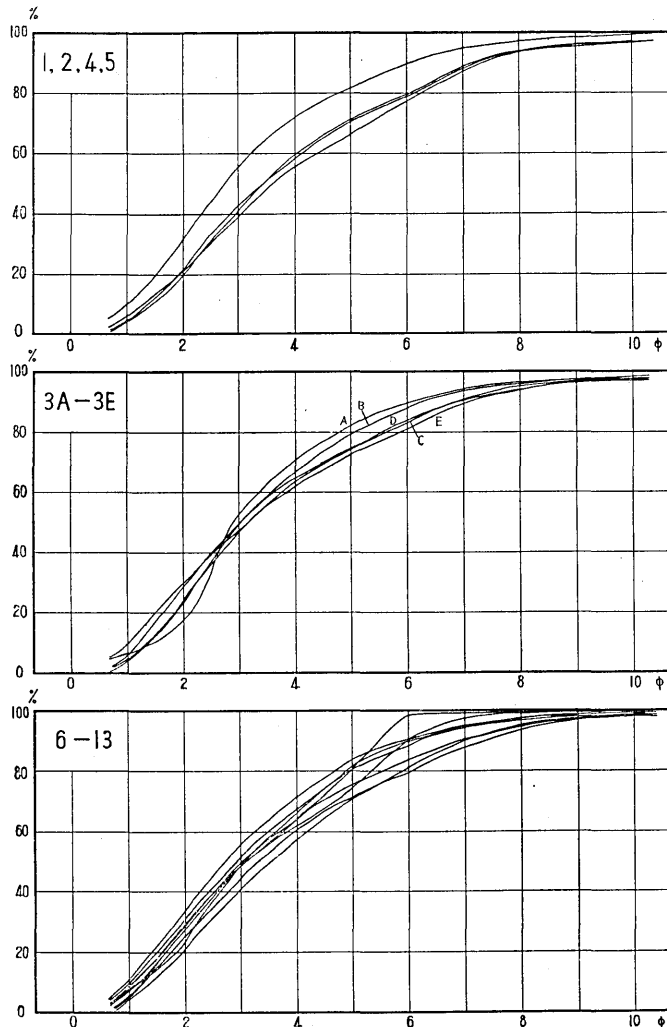
君津郡天羽町竹岡南方より峰上村, 清和村にかけて, 豊岡亜層群はほぼ東西の走向をもつて連続して分布しているが, この区域内で問題の凝灰岩層は完全に追跡される。この東西ほぼ 20 km にわたる範囲内で, 8ヶ所から試料を採集した (Sp. nos. 6~13)。また, この凝灰岩層の上下の層準に見いだされる数多くの凝灰岩層の中から, ほぼ同じ粒度および鉱物構成をもち, 外観上区別のつきにくい凝灰岩層 5枚を選び出し, 比較のために試料を採集して検査した (Sp. nos. 18~22)。各試料の採集地点は第1図および第2図に, また各凝灰岩層の層準関係は第3図に示してある。

豊岡亜層群は, 清和村よりさらに東方に, 夷隅郡上総町南部より勝浦市にかけて続いているが, この間においても, 同一の凝灰岩層と見られるものが連続して発見される。この範囲から 2ヶ所の地点で試料を採集した (Sp. nos. 14, 15)。海をへだてた三浦半島にお

いても、豊岡亜層群と対比される鎌倉累層⁵⁾の逗子泥岩層中に、ほぼ同一の層準と考えられる位置に、稲子沢泥岩層および清澄砂岩層中の問題の凝灰岩層と外観のよく類似した凝灰岩層が見いだされる。これより1ヶの試料を採集した (Sp. no. 16)。

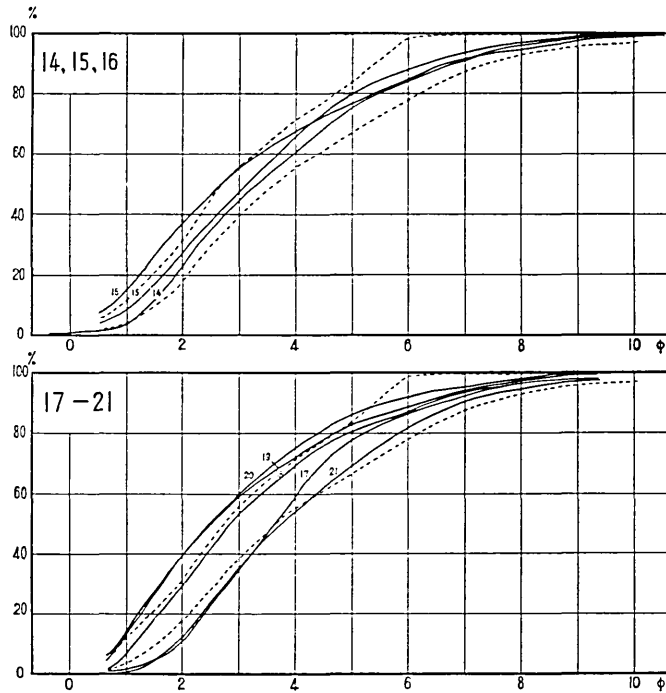
3. 粒 度 組 成

採集した試料より 50~80 g をとり、機械分析を行つた。試料を蒸留水に浸して粒子を



第4図 a 粒度分布の累積和曲線, Sp. nos. 1~13

5) 赤嶺秀雄・他 8 名「三浦半島の三浦層群について」地球科学 30 (1956), 1-8.



第4図b 粒度分布の累積和曲線, Sp. nos. 14~21

図中の2本の点線は Sp. nos. 1~13 の累積和曲線の変動の範囲を示す

完全に分離させたのち、傾瀉法により直径 $1/32\text{mm}$ ($\phi=5$, ただし $\phi = -\log_2 \xi$, ξ は直径 mm) を境にして、細粒部分と粗粒部分に分け、粗粒部分は乾燥したのち篩分けを行い、細粒部分はピペット法によつて分析を行つた。分析の結果は第1表に示してある。これをヒストグラムおよび累積和曲線で示せば、第4図および第5図のようになる。

累積和曲線上で、5%、16%、25%、50%、75%、84%、95%にあたる ϕ の値 ϕ_5 , ϕ_{16} , ϕ_{25} , ϕ_{50} , ϕ_{75} , ϕ_{84} , ϕ_{95} を読み取り、粒度分布の各パラメーターの値を計算すると、第2表のようになる。 Md_ϕ , Q' , Q'' は四分位法による中央値、標準偏差、および歪度に相当するパラメーターである。 M_ϕ , σ_ϕ , α_ϕ および $\alpha_{2\phi}$, β_ϕ は, Inman (1952) による平均値、標準偏差、歪度、尖度に相当するパラメーターである⁶⁾。

ここに問題にした一枚の凝灰岩層からの各試料は、粒度組成がほとんど変化を示していない。このことは、ヒストグラム (第5図) および累積和曲線の図 (第4図) によつて明瞭に示されている。また、第2表および第6図に示されているように、粒度分布曲線の各パラメーターの値は、いずれもよくそろつている。層内の各部分から採集した試料 Sp. nos. 3A~3E についてみると、Sp. no. 3A のみが粒度分布の形に若干の変化を示すのみ

6) D. L. INMAN, "Measures of Describing the Size Distribution of Sediments", *Jour. Sed. Petrol.*, 22 (1952), 125-145.

第1表 粒度組成
欄内の数字は各区間の占める重量%を示す。

ϕ	1	2	3A	3B	3C	3D	3E	4	5
0~1	5.5	9.4	6.3	4.2	3.7	6.0	9.3	4.0	4.1
1~2	15.7	21.2	11.3	18.5	19.2	22.7	19.9	17.2	15.8
2~3	17.7	20.6	34.8	26.4	23.4	20.8	18.2	21.6	21.1
3~4	17.3	15.5	18.1	17.6	17.2	15.3	14.3	15.8	18.5
4~5	10.3	11.5	11.5	13.0	11.2	10.0	11.1	11.8	11.3
5~6	11.0	7.5	7.5	8.1	9.1	8.1	8.2	8.5	8.4
6~7	10.1	5.3	4.4	5.2	7.2	8.1	8.7	9.7	9.2
7~8	5.4	2.6	2.5	2.8	3.2	4.1	5.1	4.9	4.8
8~9	3.0	1.1	0.8	1.8	2.0	2.0	2.2	2.5	2.1
9~10	1.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.7	0.5	0.4	2.1
10~	2.6	0.8	2.3	1.7	3.0	2.2	2.5	3.6	2.6

ϕ	6	7	8	9	10	11	12	13
0~1	9.0	11.0	5.9	7.0	4.6	8.1	6.4	7.9
1~2	21.3	22.0	21.3	20.1	16.5	20.2	19.6	15.4
2~3	21.3	22.7	21.0	21.4	19.7	19.9	18.6	25.9
3~4	16.1	15.7	16.1	15.7	16.4	14.0	15.8	18.3
4~5	12.7	12.2	11.5	15.9	13.6	12.2	11.6	14.2
5~6	7.8	7.2	7.5	18.5	9.7	15.7	7.0	8.0
6~7	6.0	3.9	7.4	0.6	9.0	7.8	8.9	5.2
7~8	2.6	2.5	3.6	0.3	5.8	1.0	5.9	2.7
8~9	1.1	1.2	2.7	0.4	2.2	0.8	2.9	0.9
9~10	0.5	} 1.6	1.0	} 0.1	0.8	} 0.3	0.8	0.5
10~	1.6		2.0		1.7		2.5	1.0

ϕ	14	15	16	17	18	19	20	21
1~0	0.4							
0~1	3.0	8.5	15.0	1.5	6.5	11.8	12.4	0.1
1~2	19.1	17.5	22.0	9.1	22.7	28.2	26.6	11.3
2~3	22.1	21.5	18.4	23.8	24.1	18.8	20.8	24.6
3~4	16.2	18.8	12.6	23.9	16.2	12.9	15.2	18.8
4~5	14.4	13.9	8.9	19.4	11.5	10.6	10.7	14.3
5~6	9.0	9.4	7.8	9.2	6.6	6.3	6.1	12.4
6~7	8.0	6.1	6.7	5.2	8.0	5.3	3.4	8.8
7~8	4.0	3.1	3.3	4.5	3.0	2.9	2.5	4.4
8~9	1.7	1.6	2.6	1.2	1.2	2.3	1.7	2.2
9~10	0.9	0.7	1.2	} 2.2	} 2.2	} 0.9	} 0.6	} 3.1
10~	1.2	0.9	1.5					

第 2 表 粒度分布曲線の各パラメーターの値

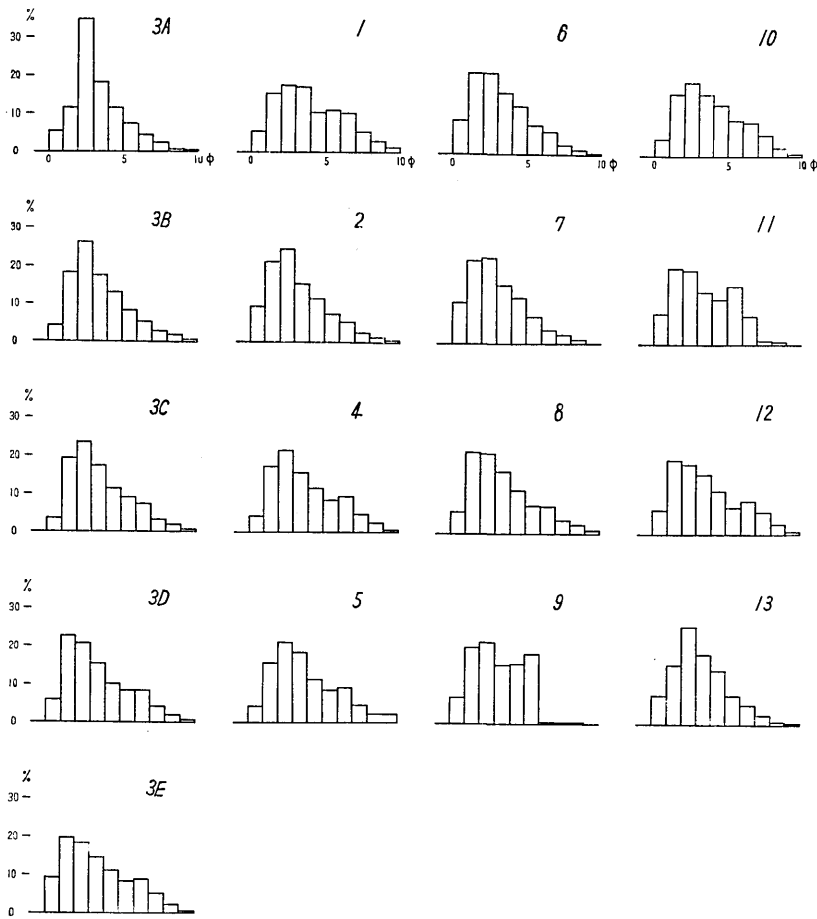
	Md_{ϕ}	M_{ϕ}	Q'	Q''	σ_{ϕ}	α_{ϕ}	$\alpha_{2\phi}$	β_{ϕ}
1	3.61	4.14	1.78	0.52	2.43	0.22	0.46	0.55
2	2.73	3.30	1.30	0.55	1.95	0.29	0.60	0.62
3A	2.93	3.54	0.97	0.91	1.67	0.37	0.77	1.00
3B	3.04	3.56	1.25	0.50	1.89	0.28	0.71	0.76
3C	3.17	3.84	1.47	0.51	2.16	0.31	0.25	0.21
3D	3.03	3.78	1.64	0.43	2.33	0.32	0.60	0.49
3E	3.15	3.89	1.73	0.40	2.46	0.30	0.52	0.48
4	3.40	4.09	1.66	0.53	2.39	0.29	0.59	0.56
5	3.38	4.15	1.61	0.61	2.36	0.12	0.62	0.60
6	2.87	3.37	1.35	0.39	1.99	0.25	0.51	0.64
7	2.72	3.26	1.31	0.39	1.88	0.29	0.67	0.69
8	3.10	3.76	1.53	0.43	2.27	0.29	0.62	0.57
9	3.07	3.36	1.41	0.36	1.86	0.15	0.15	0.32
10	3.51	4.03	1.60	0.36	2.29	0.23	0.42	0.50
11	3.12	3.49	1.61	0.40	2.09	0.18	0.28	0.37
12	3.32	4.05	1.88	0.34	2.56	0.28	0.53	0.47
13	3.03	3.43	1.23	0.43	1.81	0.22	0.45	0.75
14	3.28	3.83	1.44	0.36	2.15	0.26	0.51	0.53
15	3.11	3.46	1.33	0.25	1.98	0.18	0.49	0.68
16	2.67	3.47	1.66	0.51	2.42	0.33	0.67	0.52
17	3.62	3.95	1.09	0.21	1.68	0.20	0.58	0.82
18	2.83	3.41	1.32	0.46	1.98	0.29	0.67	0.63
19	2.48	3.19	1.43	0.53	2.06	0.34	0.99	0.60
20	2.48	2.98	1.27	0.40	1.84	0.27	0.72	0.40
21	3.69	4.21	0.93	0.41	2.01	0.26	0.34	0.83

で、他はほとんど変化を見せていない。各パラメーターの値は、いずれも狭い範囲に入るよくそろつた値を示す。 Md_{ϕ} は 2.9~3.2 で、最下部の試料 Sp. no. 3A が最も低い値をとるが、全体を通じて殆んど差はない。 M_{ϕ} は 3.5~3.9 で、やはり同様に殆んど差はない。 σ_{ϕ} は 1.7~2.5, α_{ϕ} は 0.28~0.37, β_{ϕ} は 0.21~1.00 で、いずれもよくそろつた値を示す。

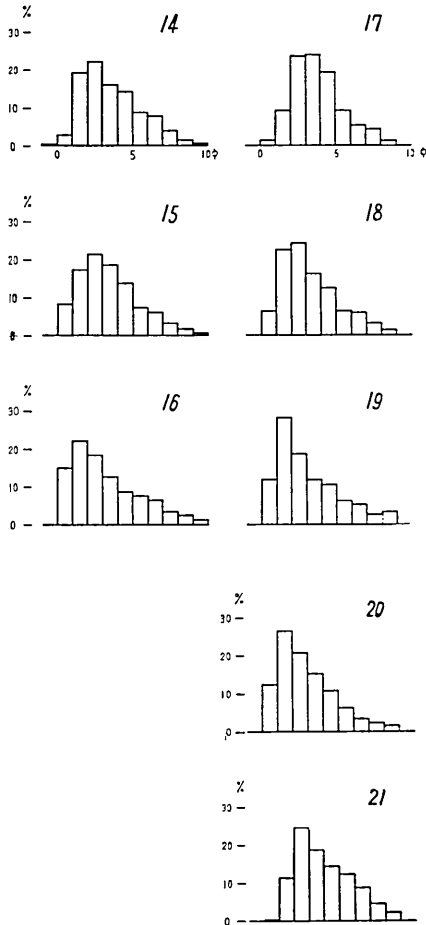
鋸山附近で採集した試料 Sp. nos. 1~5 と、天羽町竹岡—清和村旅名間の 20 km にわたる地域から採集した試料 Sp. nos. 6~13 について見ると、この両者の間では粒度組成の特徴は完全に一致している。パラメーターの値については、Sp. nos. 1~5 では、 Md_{ϕ} :

2.7~3.6, M_ϕ : 3.3~4.2, σ_ϕ : 1.7~2.4, α_ϕ : 0.12~0.37, β_ϕ : 0.21~0.62, Sp. nos. 6~13 では, Md_ϕ : 2.7~3.5, M_ϕ : 3.3~4.1, σ_ϕ : 1.8~2.6, α_ϕ : 0.15~0.29, β_ϕ : 0.32~0.75 で, 非常によく合致している.

粒度分布曲線のパラメーターの値を試料の採集地点の位置に関して図示してみると, 粒度組成の採集地点ごとの変化の状態が知れるはずである. 現世の降灰堆積物は, 一般に上空の偏西風につれて運搬されて, 東方に扇状に拡がって堆積しているが, 新第三紀の頃においても同様であつたろうと考えられるから, 試料の採集地点の位置を東西方向の断面に投影すれば, 源からの距離の関係を表わすものと見てよい. このようにして, 東西方向の断面上に投影したパラメーターの値の図 (第7図) では, 採集地点の位置に関係した規則的变化は全く認められない. したがって, ここで問題とした凝灰岩層では, 房総半島の西海岸より中央部にわたる東西約 20 km の範囲内では, 粒度組成は完全に均質であるとい



第5図 a 粒度分布のヒストグラム, Sp. nos. 1~13



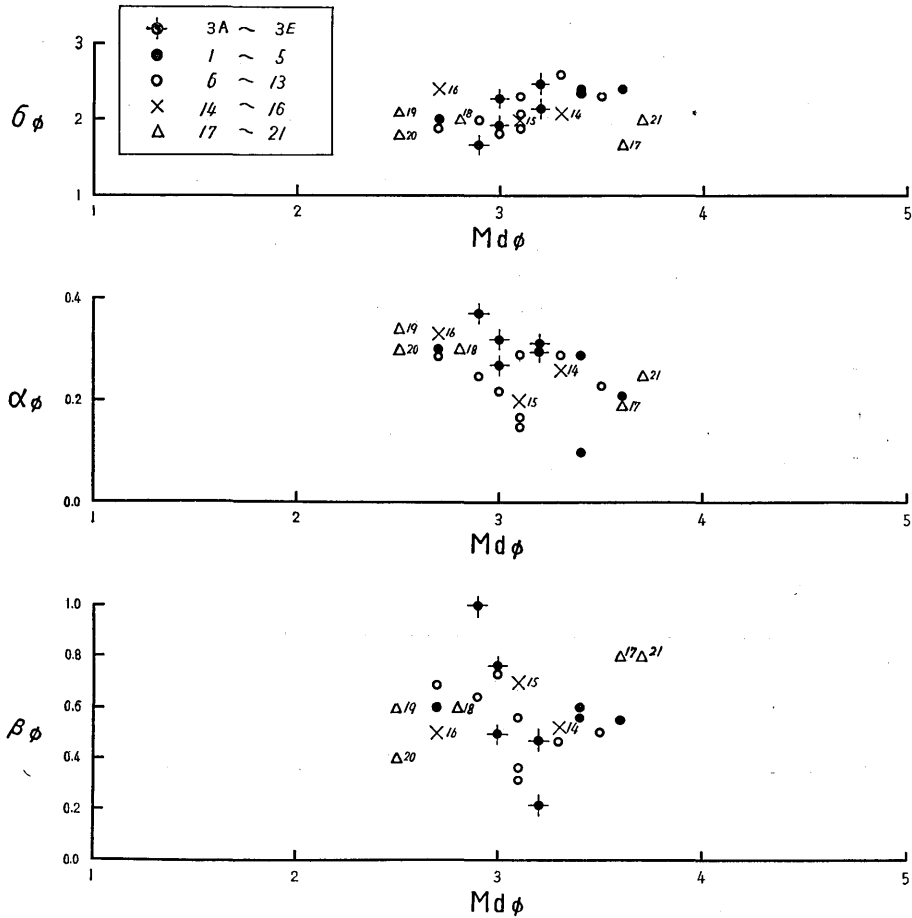
第5図b 粒度分布のヒストグラム,
Sp. nos. 14~21

線のパラメーターの値を Md_{ϕ} の値について図示した図 (第6図) によつても明らかである。すなわち, Sp. nos. 14, 15 の各パラメーターの値は, Sp. nos. 1~13 の各パラメーターの値の変動の範囲内にあり, 一方 Sp. no. 16 のパラメーターの値はこの範囲の外に出ている。 Md_{ϕ} の値は 2.67 であり, Sp. nos. 1~13 の Md_{ϕ} の値のいずれよりも小さい。このように, Sp. nos. 14, 15 は粒度組成が Sp. nos. 1~13 と完全に一致し, 一方 Sp. no. 16 はいくぶん差異を示し, やや粗粒である。第1図に示されているように, Sp. nos. 1~13 は房総半島西岸~中部, Sp. nos. 14, 15 は房総半島東部~東岸において, また Sp. no. 16 は三浦半島西岸において採集したものである。したがつて, 房総半島東岸より西岸までの東西約 45 km にわたる範囲内では, 問題の凝灰岩層は, 完全に均質な粒度組成を示しているわけであり, 一方, さらに 25 km 距つた三浦半島西岸では若

うことができる。

以上に説明した Sp. nos. 1~5 および Sp. nos. 6~13 の粒度組成は, 完全な均一性を示しているとはいえ, ある程度の変動の幅を示す。この変動の幅は, 累積和曲線およびパラメーターの図 (第4図, 第6図) によつて明瞭に知ることができる。Sp. nos. 1~13 を採集した地域内で, 外見上ほぼ同様の粒度組成を示すと見られ, かつ同一の鉱物構成を有する別の凝灰岩層から採集した試料 Sp. nos. 18~22 について見ると, その粒度分布曲線およびパラメーターの値は, Sp. no. 18 を除けば, 他はいずれも Sp. nos. 1~13 の変動の範囲より外にでている。このことから, 粒度組成および鉱物構成が同様な5ケの試料のうち4ケまでが, 問題の凝灰岩層とはいくぶん異つた粒度組成を持つことが知れる。

問題の凝灰岩層の連続部分と考えられる試料 Sp. nos. 14~16 も, Sp. nos. 1~13 と大体同一の粒度組成を示すが, わずかの差異は認められる。累積和曲線の図 (第5図) より弱らかなように, Sp. nos. 14, 15 は Sp. nos. 1~13 と全く同一の粒度分布を示し, その変動の幅の中に入っている。これに対し, Sp. no. 16 は, 粗粒部分の曲線が Sp. nos. 1~13 の変動の範囲より粗粒部の方へいく分はみ出している。同様なことは, 粒度分布曲



第6図 $Md\phi$ と $\sigma\phi$, $\alpha\phi$, $\beta\phi$ との関係を示す図

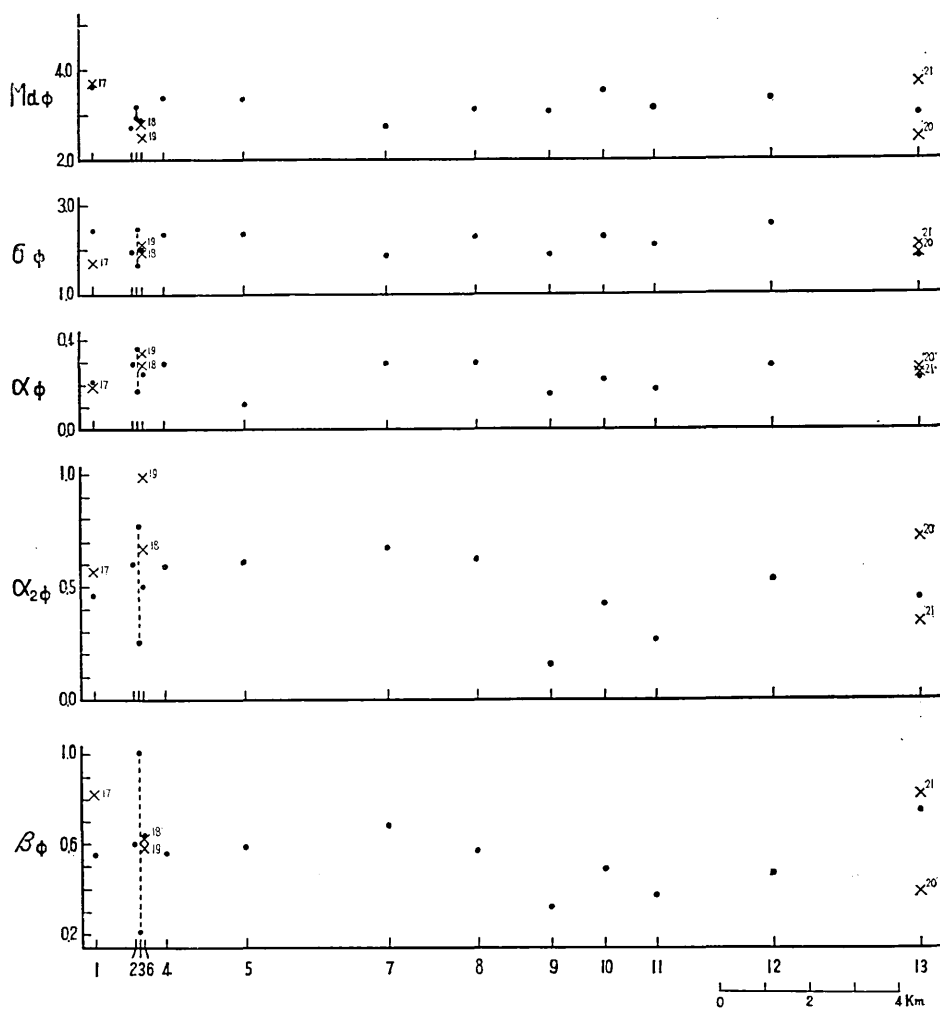
干の差異を示し、粗粒になっていることが知れる。

ここに説明してきたような粒度組成の類似や差異の程度を、推計学的方法によつて検定することも可能である。これには、ベクトル量の検定法を用いればよい⁷⁾。粒度分析の結果は、第1表および第5図に示されているように、等間隔に区切つた粒度区間ごとの重量によつて表示される。この個々の分析結果を、それらの1組の数値によつて示されるベクトル量と考へて、検定を行えばよい。計算を簡単にするために、筆者は粒度区間を6ケにまとめ、その内の5ケの数値を用いて5次元のベクトルとして検定を行つてみた。最初に、Sp. nos. 1~13 について、鋸山附近の Sp. nos. 1~5 と、その北方地域に連続する Sp. nos. 6~13 との2群にわけ、その両者の間の差異について比較検定を行つた。用い

7) 増山元三郎 医学と生物学 3 (1943), 291, 294.

第 3 表 棄却楕円面の方法による検定の結果

Sp. no.	F_0	$Pr \{F > F_0\}$
16	4.8066	$0.05 > p > 0.01$
15	1.1014	$p > 0.2$
17	8.5671	$0.01 > p > 0.001$
18	0.7501	$p > 0.2$
19	2.8934	$0.2 > p > 0.05$
20	1.9650	$0.2 > p > 0.05$
21	3.6054	$0.05 > p > 0.01$



第 7 図 粒度分布曲線の各パラメーターの値と試料採集地点の位置との関係

た資料は, Sp. nos. 1, 2, 3A~3E, 4, 5 および Sp. nos. 6, 8, 10, 12, 13 である。その結果は, $F_0 \div 0.47$, $Pr\{F > F_0\} > 0.2$ となり, 両者の間に差異を認めることはできなかつた。これらの資料を一緒にまとめ, 棄却楕円面の方法により, Sp. nos. 15~21 が Sp. nos. 1~13 と比べてどの程度の差異を示すかを検定した。その結果は第3表に示す通りで, Sp. nos. 16, 17, 21 について顕著な差異が認められた。すでに説明したように, 直視したところでは, Sp. nos. 14, 15, 18 は Sp. nos. 1~13 と全く差異がなく, Sp. nos. 16, 17, 19, 20, 21 が若干の差異を示していると思われた。検定の結果はこの直視の結果と全く一致している。この検定では, Sp. nos. 19, 20 については, $Pr\{F > F_0\}$ が 0.05 を越えているが, これは粒度区間をわずか6ケにまとめたため, 差異が十分顕著に表われなかつたものと見られる。粒度区間の数を更に増して, 検定を行えば, その差異は明瞭になると考えられる。

4. 鉱物組成

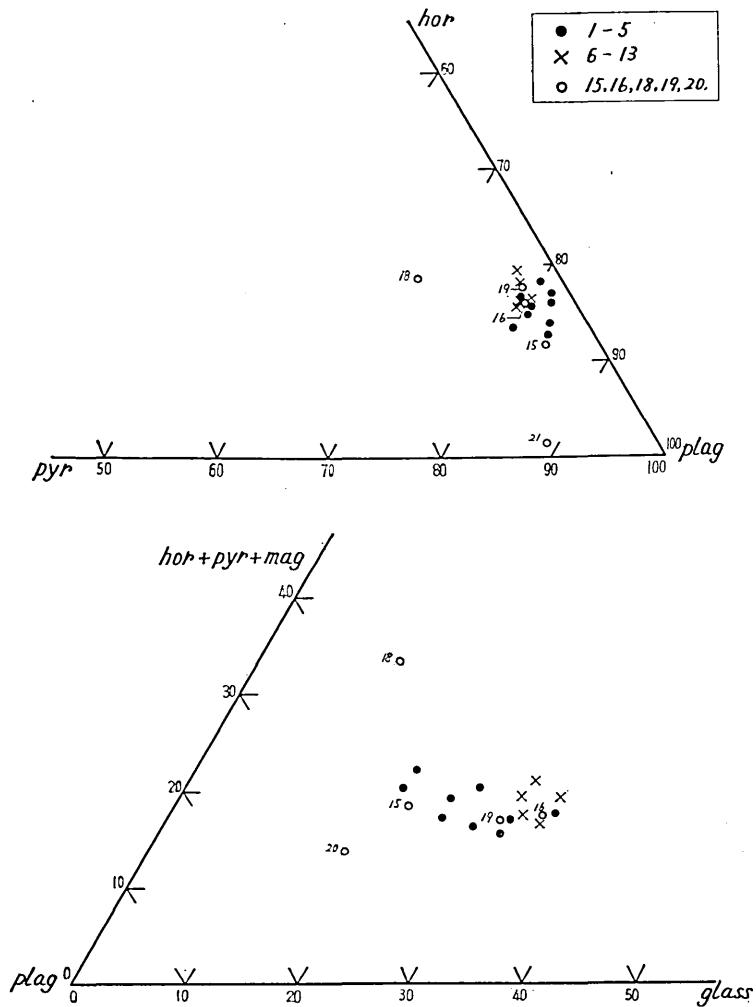
すでに述べたように, 降灰堆積物は運搬中の分級作用によつて粒度の変化を示すが, 同時に, その鉱物組成にも変化が認められる。すなわち, 火山灰は比重, 大きさおよび形状の異なる幾種類もの構成物質(鉱物粒・岩石破片・軽石・ガラス破片など)の混合物であるので, 気流の分級作用により, 粒度ばかりでなく構成物質の組成にも変化が生じる。しかし, 前節で示したように, ここで問題としている凝灰岩層では, 房総半島を横断する東西の範囲内では, 分級作用による粒度組成の変化は全く認められなかつた。これはおそらく, 火口より十分遠く離れた地域に堆積したため, この程度の広さの中では変化が表われないものと解釈される。同じように, 鉱物組成にも変化が認められないと期待されるが, この点については綿密な検討が必要である。凝灰岩鍵層の識別同定の一方法として, 重鉱物分析が重要視されているが⁸⁾, その方法の根底には, 凝灰岩層の鉱物組成の均質性が成立するという条件があるはずである。筆者は, この点を確かめるために, 採集した試料の中からいくつかを選んで, 鉱物組成の分析を行つてみた。

分析の方法は, 次に述べるような統計的方法を用いた。このような方法によれば, 迅速に分析を進めることが可能であり, かつ比較的正確な結果が得られる。まず, 粒度分析によつて分けけた各々の粒度区間の試料から無作為に少量を取りだして, 鉱物組成の分析のためのスライドを作る。無作為抽出法としては次のような方法を用いた。すなわち, 2×2 cm の方眼を作り, 各方眼に右側最上列より各列各行の番号を並べた2桁の数字(11, 12, …, 21, 22, …)を書きこみ, この方眼上に一定の粒度区間の試料をまき散らす。乱数表の任意の部分から連続する5ケの数値をとりだし, その数値に該当する方眼内から試料を取り出してスライドグラス上に移す。このようにして, 各粒度区間の試料から5枚の

8) 河井興三「茂原ガス田の地下地質調査に適用せる重鉱物分析に就て」石油技術協会誌 16 (1951), 252-256.

河井興三「重鉱物百分率の信頼度について」石油技術協会誌 17 (1952), 229-235.

河井興三「ガス田の凝灰岩層」千葉県出版物 (1958)。



第8図 鉍物組成を三角図型によつて示した図

スライドを作り、顕微鏡で検査する。顕微鏡下では、平行移動機を用いて、スライドを移動させながら十字線の中心を通る構成粒子の鑑定を続け、1枚のスライドにつき200ヶの粒子を鑑定して、その結果を記録する。5枚のスライドの検査結果から、その粒度区間についての鉍物組成を算出する。この作業を顕微鏡によつて鑑定のできる最小の粒度まで行い、得られる各粒度区間ごとの結果をまとめて、試料全体の鉍物組成を求める。

Sp. nos. 1~13のうち10ヶの試管について、上記の方法により鉍物組成の分析を行った。また、Sp. nos. 14~16のうち Sp. nos. 15および16についても分析を行った。その結果は第4表に示してある。これを三角図型によつて表示すれば、第8図のようにな

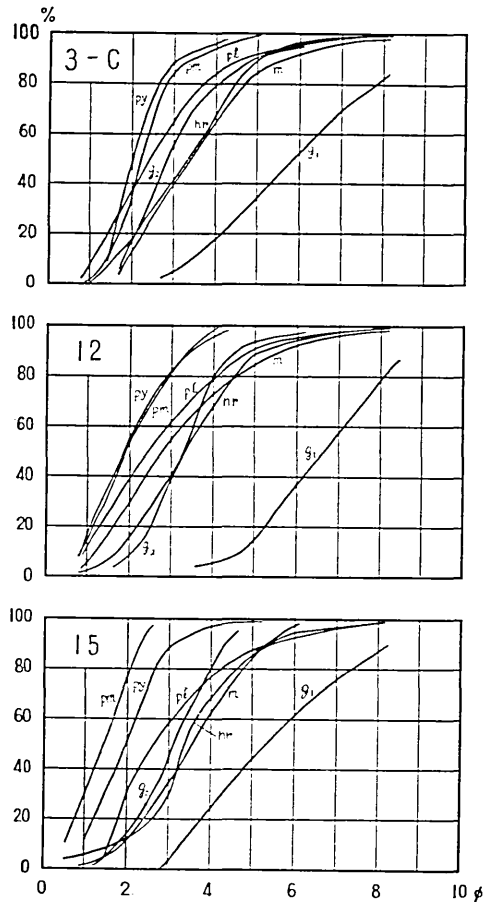
第4表 鉱物組成 (重量%)

Sp. no.	角閃石	輝石	磁鉄鉱†	斜長石	ガラス破片
1	11.1	1.0	4.9	52.6	30.4
2	11.8	3.3	4.2	56.3	24.4
3A	9.8	2.7	6.6	47.0	33.9
3B	11.9	2.3	7.2	47.7	30.9
3C	10.0	3.4	4.6	50.4	31.6
3D	11.6	2.2	5.2	50.6	30.4
3E	9.9	2.3	4.5	49.8	33.5
4	8.2	4.3	5.3	48.0	34.2
5	13.1	1.4	7.6	57.9	20.0
6	10.5	2.5	7.2	53.3	26.5
8	10.5	1.3	3.8	54.1	30.3
10	9.8	2.4	5.0	58.7	24.1
12	8.6	2.8	5.3	55.8	27.5
13	11.3	3.3	5.7	60.3	19.4
15	8.4	3.7	6.2	60.7	21.0
16	9.9	2.9	5.0	48.4	33.8
18	14.6	10.5	8.1	54.3	12.5
19	12.1	2.7	2.5	53.6	29.1
20	0.8	7.4	5.5	68.9	17.4

†: チタン鉄鉱を含む

る。一見して知れるように、Sp. nos. 1~5 と Sp. nos. 6~13 とでは、いずれの試料も共通の鉱物組成を示し、かつ両群の間に差異は認められない。Sp. nos. 15, 16 も、鉱物組成は Sp. nos. 1~13 と共通である。

層準の異なる凝灰岩層の試料 Sp. nos. 17~21 のうち、粒度組成について推計学的検定で十分に顕著な差異が表われなかつた Sp. nos. 18, 19, 20 について鉱物組成の分析を行った。その結果は、第4表および第8図に付記してある。Sp. nos. 18, 20 は、構成鉱物の組み合わせが Sp. nos. 1~13 と同一であつても、その組成比率は著しく異つている。Sp. no. 19 のみは、Sp. nos. 1~13 と全く共通の鉱物組成を示す。したがつて、粒度組成と鉱物組成の両者が Sp. nos. 1~13 と差異がないと見られるのは、Sp. nos. 17~21 のうち、Sp. no. 19 のみである。すでに説明したように、累積和曲線(第4図)およびパラメーターの図(第6図)を直視してみれば知れるように、Sp. nos. 18, 19, 20 のうち Sp. nos. 19, 20 の粒度組成は Sp. nos. 1~13 の粒度組成の変動範囲からいくぶんはみ出しており、綿密な検定を行えば、その差異は十分明瞭になると思われる。そのように考



第9図 構成物の粒度分布の累積和曲線の例
Sp. nos. 3C, 12, 15 について分析した結果を示す

えれば、粒度組成と鉱物組成の両方が Sp. nos. 1~13 と全く共通なもの一つもないということになる。以上のように、外観のきわめて類似する凝灰岩層でも、粒度組成と同時に鉱物組成を検査することによつて、その差異を識別する可能性が著しく大きくなるわけである。

5. ガラス破片の屈折率

凝灰岩鍵層を迅速に識別同定するための一つの手掛りとして、ガラス破片の屈折率が考えられる⁹⁾。一枚の均質な凝灰岩層は、一回の爆発的噴火を代表するものと考えられるか

9) 河井興三・山田 博「凝灰岩中の微量化学成分と火山ガラスの屈折率一対比のための予察的研究一」石油技術協会誌 25 (1960), 290-297.

第5表 ガラス破片の屈折率

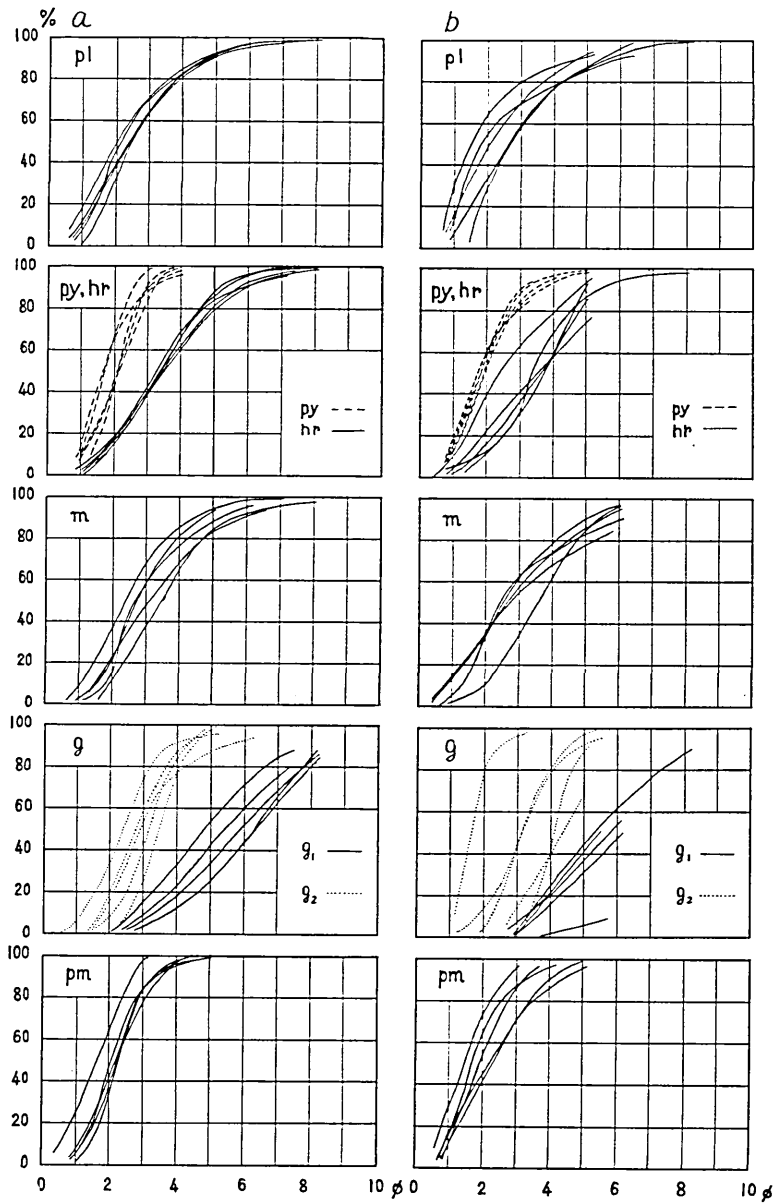
Sp. no.	n	Sp. no.	n
1	1.502	8	1.502
2	1.502	9	1.502
3A	1.502	10	1.502
3B	1.502	11	1.502
3C	1.502	12	1.501
3D	1.500	13	1.502
3E	1.500	14	1.501
4	1.502	15	1.502
5	1.502	16	1.500
6	1.503		
7	1.502		

ら、その中では、ガラス破片の屈折率は一定となるはずである。噴火を起したものとマグマが均質な熔融体であれば、ガラス破片は噴火の際にマグマが急冷して生ずるものであるから、その屈折率は一定の値を示すはずである。このような観点から、問題の凝灰岩層の試料 Sp. nos. 1~13 について、ガラス破片の屈折率を測定してみた。その結果は第5表に示す通りで、いずれもきわめて近い値を示している。Sp. nos. 14, 15, 16 についても測定を行つたが、共通の値が得られた。すなわち、一枚の凝灰岩層の各部分より採集した5ヶの試料 Sp. nos. 3A~3E については、 $n=1.500\sim 1.502$ であり、Sp. nos. 1~13 の全体についてみても $1.500\sim 1.503$ の狭い範囲内に全部の値が入っている。Sp. nos. 14, 15, 16 の値もこの範囲内に入っている。

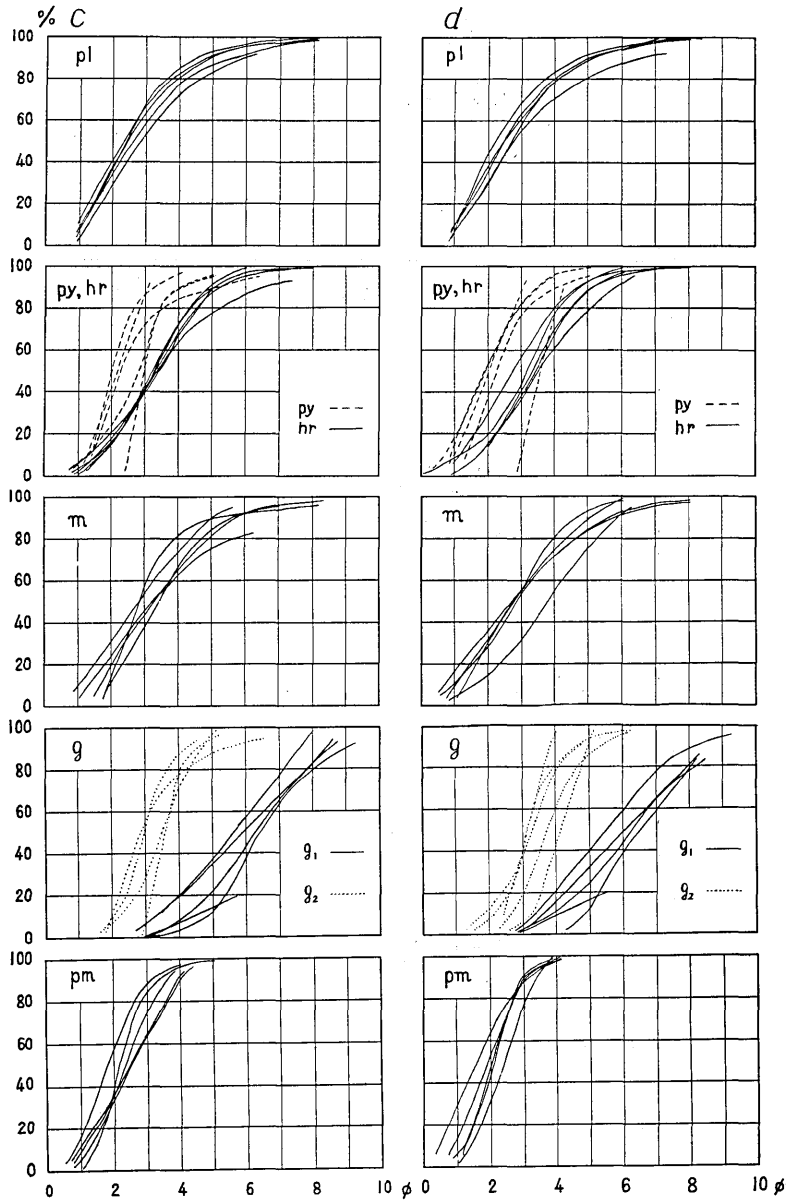
以上のように、問題とした一枚の凝灰岩層について、ガラス破片の屈折率がほとんど一定の値を示すことを確かめることができた。しかし、ガラス破片の屈折率は、同源のマグマから、あるいは同質のマグマから由来した火山灰ではほとんど類似の値を示すものと考えられ、凝灰岩層の識別同定のための有力な手掛りとして利用できる可能性はむしろ小さいものと見なければならぬ。多くの場合、ガラス破片の屈折率の値は、個々の凝灰岩層ごとにある程度の変動範囲を示し、その上、夫々の凝灰岩層の間で、構成鉱物の組み合わせや組成比率に表われるほどの明瞭な差異が見られないからである。たとえば、Sp. nos. 1~13 の凝灰岩層とは粒度組成も鉱物組成も顕著に異なる凝灰岩層の試料 Sp. no. 21 について、ガラス破片の屈折率を測定したところ、 $n=1.499$ の値を得た。この値は、Sp. nos. 1~13 の値にきわめて近く、この場合は凝灰岩層の識別同定のための手掛りとしては役立たない。

6. 鉱物組成と粒度組成との関係

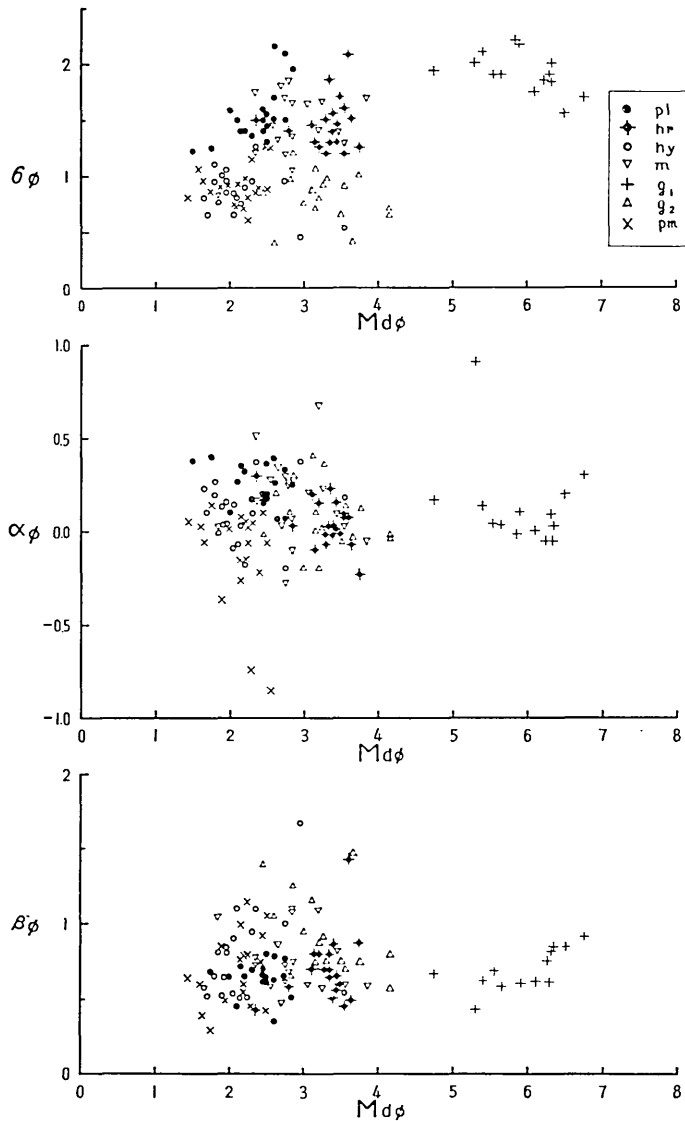
ここに取り上げた凝灰岩の試料の粒度組成は、いずれも一般の降灰堆積物に共通の特徴を示している。即ち、分級の程度は比較的良好で、いちぢるしい非対称的な粒度分布を示



第 10 図 a 各構成物ごとの粒度分布の累積和曲線
 a: Sp. nos. 1, 2, 3C, 4, 5; b: Sp. nos. 6, 8, 10, 12, 13.



第 10 図 b 各構成物ごとの粒度分布の累積和曲線
 c : Sp. nos. 3A~3E; d : Sp. nos. 15, 16, 18, 19, 20



第 11 図 凝灰岩の各構成物の粒度分布曲線のパラメーター $\sigma\phi$, $\alpha\phi$, $\beta\phi$ の値を $Md\phi$ に関して図示した図

し、モードの位置は粒径の大きい区間の方に片より、細粒部分が長く尾をひくのに対して、粗粒部分は鋭くたち切られている。このような非対称的な粒度分布は、降灰堆積物に特徴的なもので、明らかに風による分級作用の影響を示すものである。

この凝灰岩は、前述のように、鉄物粒子、ガラス破片および少量の軽石片により構成さ

れているが、それらの各々の構成物について粒度分布を調べてみると、第9図および第10図のようになっている。各構成物の粒度分布は、もとの試料全体としての粒度分布の特徴をそのまま受けつぎ、いずれも非対称的な、粗粒部が鋭く切られた特徴的な形を示している。各構成物ごとに、中位粒径・分級度等はかなりの相違を見せ、第9図に見られるように、累積和曲線は広い範囲にちらばっている。しかし、累積和曲線を各構成物ごとにまとめると、第10図に見られるように、いずれもきわめてよく揃っている。各々の粒度分布曲線のパラメーターを算出して図示すれば第11図のようになる。各構成物のパラメーターの値は、いずれも狭い範囲内にまとまっており、中位粒径について見れば、軽石片、輝石および斜長石は $\phi: 2 \sim 2.5$ 、磁鉄鉱（チタン鉄鉱を含む）は $\phi: 2.5 \sim 3.5$ 、角閃石は $\phi: 3 \sim 3.5$ 附近にある。ガラス破片は色々な構造を持つたものが認められ、それらのうち、鱗片状のものと細管状のものが特に目立つが、鱗片状のものでは $\phi: 5 \sim 6.5$ 、細管状のものでは $\phi: 2 \sim 4$ 附近に中位粒径がある。分級度について見れば、軽石片・角閃石および細管状ガラス破片が非常によく ($\sigma_\phi: 0.6 \sim 1.2$)、輝石・斜長石・磁鉄鉱はこれより劣り ($\sigma_\phi: 1 \sim 2.2$)、鱗片状ガラス破片は最も悪い ($\sigma_\phi: 1.5 \sim 2.2$)。このような、構成物相互の間の粒度分布の相違が、どのような意味を持つものかは明らかではないが、おそらく、噴出の際の色々な条件、たとえば、もとのマグマ内における結晶の晶出状態、マグマが火道内を上昇する間に起る軽石の形成と変形、爆発の際の結晶粒や軽石の破壊とガラス破片の形成等の諸条件と、運搬・堆積の間の諸条件とが重なり合っているものと解釈される。磁鉄鉱の中位粒径が小さいのは、比重の著しく大きいことが原因であろう、一方、輝石にくらべて角閃石の中位粒径が小さいのは、晶出の時期の後れや、爆発の際に破碎され易いことを意味するものかもしれない。ガラス破片に色々な構造を持つたものが存在するのは注目すべきことで、噴火の際のマグマからのガス放出の過程を示すものと考えられる。鱗片状のガラス破片は爆発の際にマグマの熔融部分が細かく飛散し急冷して生じたもの、細管状のガラス破片は火道内ですでにマグマの一部が発泡して生じた軽石が上昇中にひき伸ばされ破碎されて生じた破片と解釈される。このように、一般の降灰堆積物についても、構成物の粒度組成の色々な特徴から、噴火の際の諸条件を知る手掛りが得られるものと期待される。この点については別の機会に詳しく論じたいと思う。

7. む す び

地層中に存在する一枚の凝灰岩層が、広範囲にわたって均質な状態を示し、その粒度組成、鉱物組成等の性質が変化を示さないという事実を一つの例について示した。ここに取りあげた凝灰岩では、野外調査によつて確実に追跡できる東西 20 km の巾にわたつて、粒度組成と鉱物組成およびガラス破片の屈折率が全く変化を示していない。また、さらにその東方延長の 25 km 距たつた地域で採集した同一の凝灰岩と思われる試料も、粒度組成、鉱物組成、ガラス破片の屈折率が全く同一であつた。西方に 25 km 距たつた地点より得た同一の凝灰岩の連続部分と考えられる試料については、鉱物組成およびガラス破片の屈折率は変わらず、粒度組成がやや変化を見せていたが、その差はけつして著しいもので

はない。更に、異なる層準の凝灰岩層のうちから、粒度組成と構成鉱物が類似して、肉眼で直視したのみでは区別しにくいものを選びだして、粒度組成と鉱物組成を比較して見たが、その両者の性質が問題の凝灰岩と全く一致するものは一つもなかつた。以上のことから、凝灰岩層を鍵層として用いることは、かなり広い範囲にわたつて行うことが可能であることが確かめられた。また、個々の凝灰岩層の識別・同定に、粒度組成・鉱物組成・ガラス破片の屈折率等の性質が重要な手掛りを提供することも明らかにされた。

15. Homogeneous Characteristics of the Particle Size Distribution and Mineral Composition of a Tuff Bed.

By Isamu MURAI,
Earthquake Research Institute.

Tuff beds intercalated in sedimentary formations have been adopted as convenient key beds by field geologists. Pyroclastic materials, such as volcanic ash and dust, blown up in the air by an explosive eruption are spread over an extensive area and settle down in a short time, resulting in a continuous sheet of ash fall deposits. When such a continuous sheet of pyroclastic materials is intercalated as a tuff bed in a pile of sedimentary strata, it is useful as a horizon-marker which represents a certain horizon in a geologic section. It shows good continuity and homogeneity within its length and width, regardless of facies change of adjacent strata. A tuff bed is usually homogeneous in the characteristics of the particle size distribution and in mineral composition. Therefore, the identification of a certain tuff bed buried in a pile of different kinds of deposits may be carried out on the basis of its homogeneous characteristics of texture and composition.

In fact, ash fall deposits produced by a volcanic explosion show regular variations in texture and composition according to the distance from the source, and the effect of an eolian differentiation during transportation. Such regular variations may be recognized pronouncedly when an extensive examination of the deposits is performed. A small part of the whole stretch of the deposits, however, may exhibit no significant variation in texture and composition. Especially, the deposits far from the source may show practically homogeneous characteristics over a fairly long length. Consequently, it is considered that a tuff bed intercalated in sedimentary formations holds its homogeneous characteristics of the texture and composition within a certain limited area.

The present paper shows the result of an examination on such homogeneous characteristics of the particle size distribution and mineral composition of a tuff bed. The writer took up a tuff bed in the Pliocene formations distributed on the Boso and Miura peninsulas as an example. 13 samples were collected from its 20 km length in E-W direction extending in the western half of the Boso Peninsula. They showed quite similar characteristics of the particle size distribution and mineral composition. Three extra samples were collected from the E-W 25 km stretches of that bed distributed in the eastern half of the Boso Peninsula and in the Miura Peninsula. They also showed no

significant variation in texture as well as in composition. Consequently, it has been clarified that the tuff bed maintains homogeneous characteristics along its 70 km stretch in E-W direction. In addition, for the purpose of comparison the writer collected 5 samples from other tuff beds which are situated in the horizons adjacent to the above-mentioned tuff bed, and which appear to have similar characteristics of texture and composition. But he could find none having practically similar characteristics to that tuff bed.