三浦・房総半島の三浦層群における火砕鍵層対比 —重鉱物組成と化学組成による再検討*—

卜 部 厚 志**

Correlation of some pyroclastic key beds in the Mio-Pliocene Miura Group,
Miura and Boso Peninsulas, central Japan
—reconsideration with additional data on heavy mineral composition
and chemical composition*—

Atsushi Urabe**

Abstract So, Ok, Bg and Hk are some of the most important and well-known pyroclastic key beds in the Mio-Pliocene Miura Group and have been correlated widely through the Miura and Boso Peninsulas, central Japan. These key beds were originally defined in combination with some single tuff beds occurring collectively and orderly in a limited stratigraphic succession and described based only on the lithologic characteristics of these constituent tuff beds. But several recent studies on both the heavy mineral composition and the chemical composition of minerals and volcanic glasses of these key beds have showed that there are controversial problems with the previous stratigraphic correlation.

The present work systematically analyzed the heavy mineral composition and the chemical composition of amphiboles and volcanic glasses in the individual tuff bed of the above key beds at various localities. These localities have been correlated by detailed stratigraphic studies. Data on the heavy mineral composition and the chemical composition of amphiboles and volcanic glasses proved to be very useful for distinguishing and correlating the constituent individual tuff bed of these key beds. This conclusion reconfirms the correctness of the previous stratigraphic correlation of these key beds through the Miura and Boso Peninsulas based on their lithologic characteristics. This paper also stresses the importance of the detailed stratigraphic works in order to avoid the sampling from the wrong tuff beds or key beds.

Key words : Neogene, Miura Group, pyroclastic key bed, correlation, chemical composition of amphibole and volcanic glass

は じ め に

三浦・房総半島(第1図)に分布する三浦層群は、中

新・鮮新統の厚い海成層からなり、多くの凝灰岩層を挟んでいる。このため、これらを鍵層として追跡・対比することによって詳細な層序を組み立て、地質構造を解明する研究が行われてきた。

三梨・矢崎(1958)は、凝灰岩層を用いた鍵層対比の精度を上げ鍵層を誤認して対比する可能性を低くするために、岩相上の特徴の異なる数枚の凝灰岩層を組み合わ

1991年8月15日受付。1991年12月16日受理。

* 日本地質学会第97年学術大会(富山)および第98年学術大会(松山)にて講演。

** 新潟大学大学院自然科学研究科, Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata 950-21, Japan.

第1図. 位置図.

せて鍵層の設定・対比を行い、三浦・房総半島における三浦層群の層位学的対比を可能とした。これに基づいて、三梨・矢崎(1968)、三梨ほか(1976, 1979)は、両半島の三浦層群の地質構造とその層序を明らかにした。彼らによって対比された鍵層は、その後の多くの研究において同時面を示す指標として用いられている(徳橋, 1976 a, b; 小玉ほか, 1980; 中嶋ほか, 1981など)。特に、三浦層群中・上部に挟在される So, Ok, Hk は代表的鍵層である。

また、野外における凝灰岩層の特徴とその組み合わせによる対比を補足しより正確に対比を行うために、さまざまな手法による研究も進められてきた。三浦層群中の鍵層について、村井(1962)は、鍵層 Hk を構成する凝灰岩層の粒度組成と鉱物組成が広域的に均一であることを示した。平田ほか(1984)は、同じく鍵層 Hk の構成鉱物の化学組成が三浦半島と房総半島においてほぼ同一であることを示し、三梨ほか(1976, 1979)による対比を支持する結果を得た。堀内・谷口(1985)は、三浦半島南部の鍵層 So をはじめとする凝灰岩層に含まれる輝石の化学組成を検討した。ト部ほか(1990 a)は、三梨・矢崎(1958)および三梨ほか(1976, 1979)が示した鍵層を単層単位で同定・対比し、それらの鉱物組成・重鉱物組成・火山ガラスの形態の特徴を予察的に検討し、従来の鍵層の識別・対比を支持する結果を得た。

他方、三梨・矢崎(1958, 1968)および三梨ほか(1976, 1979)による従来の岩相上の特徴による鍵層対比には、一部誤りがあると指摘した研究がある。堀内・斎藤(1982)は、三浦半島荒崎地域で三梨・矢崎(1968)が鍵層 So に対比したものは、他地域の鍵層 So と重鉱

物組成が異なることから対比されないとした。蟹江・笹原(1988)は、笹原・蟹江(1987)による各鍵層の鉱物組成等の検討結果から、三浦半島南部と房総半島西部で従来鍵層 Ok・Hk に対比されていた凝灰岩層が鍵層 Ok・Hk に対比されないとした。さらに、蟹江ほか(1989)、蟹江・笹原(1990 a, b)、蟹江ほか(1991)は、鍵層の鉱物組成とナンノ化石の検討から、三梨・矢崎(1958, 1968)、三梨ほか(1976, 1979)による鍵層の対比とそれらの層序関係を改定し、三浦半島南部・房総半島西部における三浦層群の層序に関して別の見解を示した。

しかし、上記の研究を詳しく検討すると、これらの研究には試料を採集する段階で三梨・矢崎(1958, 1968)、三梨ほか(1976, 1979)が示した各鍵層を正確に識別・同定せずに別の試料を採集している可能性があるなどいくつかの基本的な混乱が含まれているように思われる。

本研究では、これらの混乱を解決するために、また鍵層の広域的な変化や岩相変化に対する対比の有効性を再検討するために、三浦層群の代表的な鍵層について、ト部ほか(1990 a)より多くの地点で、まず岩相上の特徴による対比を正確に行い、これに基づいて鍵層 So, Ok, Hk を構成する各凝灰層中の重鉱物組成、角閃石・火山ガラスの化学組成を検討した。また、これらと比較するために鍵層 Hk の下位の鍵層 Bg(三梨・矢崎, 1968)について重鉱物組成、角閃石・火山ガラスの化学組成を検討した。

謝辞 この研究を進めるにあたり元島根大学理学部教授の三梨 昂博士には、野外調査をはじめ、論文作成にあたり有益な御教示をいただいた。島根大学理学部の赤坂正秀博士には、EPMA 分析をはじめとして、論文作成にあたり御教示・御討論をいただいた。地質調査所の小玉喜三郎博士、島根大学理学部の山内靖喜博士・小室裕明博士には、論文作成にあたり御助言・御討論をいただいた。信州大学理学部の三宅康幸博士には、現地にて御討論いただき、さらにデータ処理に際してプログラムを使用させていただいた。また、島根大学理学部の高須晃博士から、構成鉱物の同定について御教示をいただいた。東京農業大学の猪俣道也博士には、鍵層の構成鉱物や鉱物組成についての資料をいただき、現地にて御討論いただいた。信州大学理学部の山口佳昭博士には、角閃石の化学組成について御討論いただいた。EPMA 分析に際し島根大学農学部の高野 毅博士、上原 徹氏にお世話になった。これらの方々に記して感謝の意を表します。

第2図. 三浦層群の層序(三梨ほか, 1979に一部加筆).

①: 白狐チャネル, ②: 田越川礫岩層, ③: 千畑礫岩層, 矢印は鍵層間の層厚を示す. 房総半島での鍵層 So は南西部のみに対比される(三梨, 1990).

各鍵層の層序関係

本研究では, 三梨・矢崎(1958, 1968)および三梨ほか(1976, 1979)が用いた凝灰岩層の組み合わせと, 鍵層名を用いた. 各鍵層の層序関係は, 三梨ほか(1979)による層序(第2図)に従う. また, 三浦層群の地質構造は, 三梨・矢崎(1968), Kodama(1976), 三梨ほか(1976), 小玉ほか(1980), 中嶋ほか(1981), 小玉ほか(1990), 藤田・小玉(1990), 坂ほか(1990), ト部ほか(1990b)などによって明らかにされているため詳細を省略し, ここでは三浦層群中の代表的な鍵層である So・Ok・Bg・Hk の層序関係について述べる.

鍵層 So は, 三浦層群中部に挟在し, 主に三浦半島南部に分布する(三梨・矢崎, 1968). 鍵層 Ok・Bg・Hk は, 三浦層群上部に挟在し, このうち鍵層 Ok・Hk は, 三浦・房総半島において広範囲に追跡されている. この他に, Mo, In, Nt などの鍵層が広域的に追跡されることは, 三梨・矢崎(1968), ト部ほか(1990b)による地質図あるいは層序断面図に示されている. 各鍵層の層序関係は, 下位より So, Ok, Mo, In, Bg, Hk, Nt である(第2図).

各鍵層の岩相上の特徴

各鍵層の岩相上の特徴については, 三梨・矢崎(1958)と同様の記載方法を用い, 粒度は碎屑岩の粒度

分類を用いて行った. また, 凝灰岩層の岩相上の特徴とは, 層厚・粒度・構成鉱物・色・有色鉱物の粒度および量・堆積構造(級化層理など)による特徴とその組み合わせによる総合的な特性である. 以下に野外での鍵層の識別に有効な岩相上の特徴を簡略に述べる.

So: 鍵層 So は, 厚さ 100~300 cm の中~粗粒ゴマシオ状凝灰岩とその上位の細~中礫大の岩片を含む細礫スコリア凝灰岩*よりなる. 模式的な地点の柱状図を第3図に示す. ゴマシオ状凝灰岩は粗粒の角閃石を多く含み, 堆積構造と粒度の違いからいくつかの部分に区分できる場合もある. この場合上部では, 細礫大のスコリアが散在し, 上方ほど軽石が多くなる傾向がある. 本研究では, 斜交葉理や平行葉理を伴う層準直下の葉理を示さない部分から試料を採集し, 下位より So 1, So 2 とした. So 1, 2 は, その上位よりも粗粒の角閃石を多く含む.

Ok: 鍵層 Ok は, 数枚のゴマシオ状凝灰岩と1枚のスコリア軽石凝灰岩よりなる(三梨・矢崎, 1958). このうち, 下位4枚のゴマシオ状凝灰岩と1枚のスコリア軽石凝灰岩は連続性が良く, 対比の主要な指標となる. 本研究では, 第4図の柱状図に示すように, これらの

* 本研究で用いるスコリア凝灰岩は, 三梨・矢崎(1958)による鍵層の記載とその基準を同一にするため, 2 mm 以上の大きさを持ち多孔質で塩基性の成分をもつものとし, これより小さい粒度のものをスコリア質砂岩としている. また, スコリアと軽石が混ざったものをスコリア軽石凝灰岩としている.

第3図. 鍵層 So と鍵層 Bg の柱状図.

A: 荒崎, B: 諸磯, C: 城ヶ島 (A, B, C は So), D: 逗子桜山 (Bg), 1: シルト粒凝灰岩 (T), 2: 凝灰質砂岩 (T. S.), 3: ゴマシオ状凝灰岩 (G. T.), 4: ゴマシオ状凝灰岩 (葉理あり), 5: 軽石質凝灰岩 (pmc), 6: 有色鉱物を含む砂岩 (Gus. S), 7: パミスを含む砂岩 (pmc. S), 8: スコリア凝灰岩 (Sco) およびスコリア軽石凝灰岩 (P. S.), 9: 泥岩, 10: 凝灰質泥岩, 11: 泥質砂岩, 12: 砂岩; 柱状図中の粒度区分, v. f: 極細粒, f: 細粒, m: 中粒, c: 粗粒, v. c: 極粗粒, gr: 細礫, pb: 中礫; So の柱状図中の★1, ★2 は So 1, So 2, Bg の柱状図中の★1, ★2 は Bg 1, Bg 2 の試料採集位置を示す. 柱状図の左の数字は層厚 (cm) を示す.

主要な凝灰岩層を下位より Ok 1, Ok 2, Ok 3, Ok sco, Ok 4 とする. なお, 千葉県富津市志駒川 (第 4 図: N) における鍵層 Ok の露頭写真と Ok 1~Ok 4 の区分を第 5 a, b 図に示す.

Ok 1 は, 中~粗粒ゴマシオ状凝灰岩 (厚さ 20~40 cm) からなり, 上部では漸移的に粗粒な軽石が多く含まれる. Ok 2 は, 中粒の有色鉱物を多く含む中~粗粒ゴマシオ状凝灰岩 (厚さ 20~40 cm) よりなる. Ok 3 は, 粗粒の有色鉱物を多く含む中~粗粒ゴマシオ状凝灰岩 (厚さ 10~20 cm) よりなる. Ok sco は, 粗~極粗粒スコリア軽石凝灰岩 (厚さ 5 cm) で下部は粗粒のスコリアが多く, 上部は粗粒の軽石が多いが, やや漸移的である. Ok 4 は, 粗粒ゴマシオ状凝灰岩 (厚さ 10~30 cm) からなり, Ok を構成する他の凝灰岩層と比較すると粗粒な角

閃石を多く含む.

Bg: 鍵層 Bg は, 全体として粗粒な軽石を多く含む砂岩と白色シルト粒凝灰岩からなり, 砂岩層の最下部には有色鉱物が比較的多く含まれる. 逗子市桜山における柱状図を第 3 図に示す. 砂岩層と白色凝灰岩層の層厚変化は著しい. 本研究では, 粗粒な軽石と有色鉱物を多く含む最下部より試料を採集し, Bg 1, Bg 2 とした.

Hk: 鍵層 Hk は, 厚さ 100~300 cm の中粒ゴマシオ状凝灰岩とその上位の細礫スコリア凝灰岩よりなり, これらの間にシルト粒凝灰岩ないしは凝灰質泥岩が挟在することが多い (第 6 図). また, この細礫スコリア凝灰岩は, 三浦半島南部や房総半島において広域的に認められるが, 三浦半島北部では, ゴマシオ状凝灰岩の上位のスコリア質砂岩層ないしはスコリアを含む砂岩層として認

第4図. 各地点における鍵層Okの柱状図.

柱状図の凡例は、第3図に同じ。柱状図中の★は試料採集位置。
E: 久里浜, F: 佐島西岸, G: 佐島入口, H: 菊名, I: 金谷(不動岩), J: 奥山, K: 上白狐, L: 白狐川, M: 相川, N: 志駒川, O: 金山川, a: 相模・下総層群, b: 上総層群, c: 三浦層群, d: 葉山・保田層群; 大楠山の柱状図は、三梨・矢崎(1958)による。

第5図. 富津市志駒川における鍵層 Ok (第4図 N 地点).
露頭の全景(5 a)と一部拡大(5 b). 5 b 図中の Ok 1~4 の説明は本文中に示した. 各単層中の○は試料採集位置.

められる. ゴマシオ状凝灰岩は, 泥質な薄層により 3 部分に区分できる場合が多い. 本研究では, 中~粗粒の角閃石が多い中~粗粒ゴマシオ状凝灰岩を下位より Hk 1, Hk 2, Hk 3 とした. Hk 1, 2 の有色鉱物は, 中~粗粒の角閃石が多い. Hk 3 の有色鉱物も, 中~粗粒の角閃石が多いが, 全体に Hk 1, 2 と比較してやや軽石が多く, 平行葉理が発達する場合が多い.

試 料

採集: 鍵層の試料採集は, ト部ほか(1990 a)により重鉱物組成等が明らかにされているものと同一地点において鍵層を構成する各単層を識別し, それぞれの試料を採集した. さらに, 本研究で新たに検討した地点の鍵層 Ok・Hk の試料と鍵層 Bg の試料は, 三梨・矢崎(1968), 三梨ほか(1976), 小玉ほか(1980), 中嶋ほか(1981), 坂ほか(1990), 藤田・小玉(1990), ト部ほか(1990 b)による地質図に基づいて試料を採集し

た.

鍵層 So は, すでにいくつかの研究によって対比が確認されているため模式的な地点荒崎(A), 諸磯(B), 城ヶ島(C)で試料採集した(第3図).

鍵層 Ok は, 隣接した地域間において鍵層のもつ一般性を検討するために房総半島西部の金谷(不動岩)(I), 奥山(J), 上白狐(K), 白狐川(L), 相川(M), 志駒川(N)(第5図)において試料を採集した. また, 地理的に離れた地域間で岩相変化に対する対比の有効性を検討するため久里浜(E), 佐島西岸(F), 佐島(入口)(G), 菊名(H), 金山川(O)(Am 78, 中嶋ほか, 1981)で試料採集を行った(第4・7図).

鍵層 Bg は, 鍵層 So・Ok・Hk と比較するため逗子市桜山(旧地名, 番合)(D)において試料採集した(第3図).

鍵層 Hk は, 岩相変化に対する対比の有効性と広域的な組成の変化について検討するため, 佐島(P), 菊名(白山神社)(Q), 金谷(R), 鋸山(S), 志駒川(T), 香木原(U)(Ky 21, 中嶋ほか, 1981), 勝浦(V)で試料を採集した(第6図).

各鍵層の試料採集地点のうち房総半島西部(鋸山)地域は, 岩相が急激に変化するため鍵層の岩相上の特徴が他地域のものとは若干異なる. また, この地域において, 後述するように鍵層の対比について異なる見解が出されているため, この地域の地質図を第7図に示す. なお, 主要地点におけるルートマップと全層準の柱状図については, 別報に報告される予定であるので本研究では省略する.

処理: 試料は, 120~250 メッシュに粒度を揃え, 偏光顕微鏡下で 1000 粒以上の粒子を観察した. なお, 各鍵層の構成鉱物比の分析方法と結果は, ト部ほか(1990 a)に示したのでここでは省略する. なお, 鉄鉱物は鍵層の記載としては重要であるが, 堆積時に混入する可能性が大きいので対比の指標とはせずにその他に区分した.

構成鉱物の化学分析用試料は, 鉱物組成を検討したものと同一の試料を用いた. 分析用試料は, 超音波洗浄後 60~120 メッシュのものをハンドピックにより分別し, 偏光顕微鏡下で鉱物中に包有物がいないことを確認した.

重 鉱 物 組 成

鍵層として凝灰岩層を用いる場合で, 一般的に凝灰岩層の構成鉱物の特徴(重鉱物組成・火山ガラスの屈折率・火山ガラスの形態等)を対比の指標とすることは有

第6図. 各地点における鍵層 Hk の柱状図.

P: 佐島, Q: 菊名(白山神社), R: 金谷, S: 鋸山, T: 志駒川, U: 香木原, V: 勝浦; 柱状図中の★1, ★2, ★3 はそれぞれ Hk 1, Hk 2, Hk 3 の試料採集位置を示す. 柱状図の凡例は, 第 3 図と同じ. 東小路(逗子市久木)の柱状図は, 三梨・矢崎(1958)による. 佐島(P)のゴマシオ状凝灰岩の下位約 100 cm は, 現在露頭が欠如している.

効であると考えられている。しかし、三浦層群の場合は、堆積環境の違いにより、層序的に同一の凝灰岩層においても火山ガラス・斜長石・有色鉱物・鉄鉱物等の構成鉱物比には、若干のばらつきがみられる。また、凝灰岩層を含む周囲の岩相が砂質になれば、火山ガラス・斜長石などの軽鉱物と鉄鉱物の比は増える傾向がある(卜部ほか, 1990 a)。さらに、同一の粒度において重鉱物組成比(Amp, Opx, Cpx)と構成鉱物比(火山ガラス・長石・重鉱物)を予察的に検討した場合、前者の方が対比に対して有効な指標となるという結果もある(卜部ほか, 1990 a)。このため本研究では、各鍵層の重鉱物組成(Amp, Opx, Cpx)を対比の指標とした。すでに、卜部ほか(1990 a)は、三梨・矢崎(1958, 1968)、三梨ほか(1976, 1979)による三浦層群の鍵層のうち So・Ok・Hk の構成鉱物を明らかにしたので、ここでは、鍵層 So・Ok・Hk の重鉱物組成の特徴と鍵層 Bg の重鉱物組成について述べる。

Ok: 卜部ほか(1990 a)は、鍵層 Ok を構成する各凝灰岩層(Ok 1, Ok 2, Ok 3, Ok_{sco}, Ok 4)ごとの重鉱物組成比(Amp, Opx, Cpx)(第 8 図)の検討から、鍵層 Ok を構成する各凝灰岩層が、岩相変化や単層の層厚変化にかかわらず特徴的な領域を占め、Ok 2 と Ok 3 の領域が大きく重なっているものの Ok 1 と Ok 4 とは明確に区分

でき、全体として単層間の層序関係により Ok 1, Ok 2, Ok 3, Ok 4 に区別することが可能であることを示した。また、各単層ごとの構成鉱物比(火山ガラス、長石、重鉱物)では、Ok 1~Ok 4 の各ゴマシオ状凝灰岩層を区分することはできないが、Oksco にガラス質な傾向がみられる。特に、Oksco は、他のゴマシオ状凝灰岩には含まれない赤紫色を呈した火山ガラスを多く含み(火山ガラスのおよそ 5~25%)、この特徴が Oksco を対比する上での指標となることを示した。

なお、本研究において新たに検討した佐島西岸(F)、金山川(O)の鍵層 Ok もこれらの特徴を示している。

So · Bg · Hk : 鍵層 So · Bg · Hk の重鉱物組成 (Amp, Opx, Cpx) を第 9 図に示す.

鍵層 So と鍵層 Hk の重鉱物組成は、角閃石の割合が高いことを特徴とする。鍵層 So の So 1, So 2 は、ほぼ同様の傾向を示す。鍵層 Hk の Hk 1~Hk 3 を比較すると、Hk 1 から Hk 3 に向かって角閃石の含有率が低くなる傾向がみられる(卜部ほか, 1990 a)。また、本研究において新たに検討した佐島(P)、鋸山(S)の鍵層 Hk の重鉱物組成は、鍵層 Hk のもつ領域にプロットされる。鍵層 So と鍵層 Hk の重鉱物組成は、一部領域が重なるが全体として区分することが可能である。

鍵層 Bg の重鉱物組成は、角閃石が 50% 程度であ

第7図. 房総半島西部鋸山付近の地質構造(ト部ほか, 1990bの一部).

1: 沖積層, 2: 竹岡層(Tk), 3: 萩生層(Hg), 4: 稲子沢層中・上部(In), 5: 稲子沢層下部(INL), 6: 千畑層(Sh), 7: 天津層(Am), 8: 鍵層確認位置と鍵層名. 図中の I, R, S は第4図と第6図に同じ.

第8図. 鍵層 Ok の重鉱物組成(角閃石・斜方輝石・単斜輝石)のダイアグラム.

図中の F: 佐島西岸, O: 金山川は, 第4図に同じ.

第9図. 鍵層 So・Bg・Hk の重鉱物組成(角閃石・斜方輝石・単斜輝石).

図中の P: 佐島, S: 鋸山は, 第6図に同じ. So, Hk の重鉱物組成領域は, ト部ほか(1990a)による. Bg の重鉱物組成領域は, 本研究による.

第1表. 各鍵層に含まれる代表的な角閃石の化学組成.

	So(B:諸磯)		Ok2(E:久里浜)		Ok3(J:奥山)		Ok4(N:志駒川)		Bg(D:逗子)		Hk(T:志駒川)	
SiO ₂	45.41	47.00	47.45	48.21	47.89	47.59	47.98	48.10	45.13	44.37	46.46	46.98
TiO ₂	2.09	1.70	1.55	1.39	1.52	1.52	1.47	1.40	1.90	2.15	1.83	1.56
Al ₂ O ₃	8.51	7.12	6.92	6.10	6.42	6.65	6.52	5.97	7.98	9.33	7.90	7.27
Fe ₂ O ₃	5.81	5.26	4.21	4.92	4.68	4.74	4.68	4.46	4.92	5.18	4.46	4.75
FeO	8.56	9.24	10.39	9.85	10.38	10.14	10.35	10.32	10.43	10.31	9.58	10.11
MnO	0.35	0.39	0.41	0.41	0.43	0.44	0.41	0.50	0.52	0.42	0.42	0.41
MgO	14.45	14.53	14.17	14.54	14.18	14.26	14.25	14.48	13.67	13.24	14.33	14.05
CaO	10.97	10.78	11.04	10.78	10.83	10.82	10.73	11.17	11.18	11.09	11.20	11.10
Na ₂ O	1.79	1.52	1.52	1.37	1.40	1.52	1.46	1.49	1.92	1.98	1.62	1.40
K ₂ O	0.38	0.36	0.27	0.25	0.27	0.26	0.27	0.26	0.58	0.41	0.38	0.48
Total	98.32	97.90	97.93	97.82	98.00	97.93	98.12	98.15	98.23	98.48	98.18	98.11
O	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Si	6.598	6.840	6.914	7.001	6.971	6.932	6.971	6.997	6.631	6.496	6.754	6.847
Ti	0.228	0.186	0.170	0.152	0.166	0.166	0.161	0.153	0.210	0.237	0.200	0.171
Al	1.457	1.221	1.188	1.046	1.101	1.142	1.116	1.024	1.382	1.610	1.354	1.249
Fe ³⁺	0.635	0.576	0.462	0.539	0.513	0.519	0.511	0.488	0.544	0.571	0.488	0.521
Fe ²⁺	1.040	1.124	1.266	1.198	1.263	1.235	1.258	1.256	1.282	1.262	1.164	1.232
Mn	0.043	0.048	0.051	0.051	0.053	0.054	0.050	0.062	0.065	0.052	0.052	0.051
Mg	3.130	3.152	3.078	3.152	3.077	3.096	3.086	3.140	2.994	2.890	3.106	3.053
Ca	1.708	1.681	1.723	1.680	1.689	1.689	1.670	1.741	0.760	1.740	1.744	1.733
Na	0.504	0.429	0.429	0.386	0.395	0.429	0.411	0.420	0.547	0.562	0.457	0.396
K	0.070	0.067	0.050	0.046	0.050	0.048	0.050	0.048	0.109	0.077	0.070	0.089
Total	15.41	15.34	15.33	15.26	15.28	15.31	15.29	15.33	15.32	15.50	15.39	15.34
Name	*	*	*	*	*	*	*	*	**	***	*	*

Amphibole name (IMA, 1978) *: magnesio-hornblende **: edenitic-hornblende,

***: tschermakitic-hornblende

り、鍵層 So・Hk とは明確に区分できる。

構成鉱物・火山ガラスの化学分析

三浦・房総半島のように岩相上の特徴の類似した凝灰岩層が多産する地域では、鍵層を対比するために野外での対比と構成鉱物の特徴(重鉱物組成・火山ガラスの形態など)や構成鉱物の化学組成を合わせて総合的に検討することにより正確に鍵層を同定・対比することができる。

第四紀の堆積盆地において凝灰岩層中の構成鉱物(特に火山ガラス)の化学組成を対比の指標とした研究は、横山(1972), Itihara *et al.* (1978), 吉川(1978), 横山・西田(1987)など多くある。しかし、構成鉱物中の有色鉱物の化学組成による研究は少ない。また、三浦層群では、平田ほか(1984)が鍵層 Hk の構成鉱物(火山ガラス・斜長石・角閃石・輝石・鉄鉱物)の化学組成を明らかにし、三浦・房総半島において鍵層 Hk を対比した研究や、堀内・谷口(1985)による三浦半島南部の凝

灰岩層中の輝石の化学組成の研究があるが、鍵層 Ok を含めた代表的ないくつかの鍵層を対象として、同一手法を用いた検討はなされていない。

角閃石の化学組成

各鍵層を構成する各凝灰岩層は、それぞれ特徴的な重鉱物組成比を示すが、以下にそれぞれの構成鉱物の化学組成の均一性を検討した。

鍵層 So・Hk では、含まれる重鉱物のほとんどが角閃石であることから、So 1, So 2 と Hk 1, Hk 2, Hk 3 に含まれる角閃石の化学組成を検討した。鍵層 Ok の凝灰岩層は、それぞれ角閃石の含有率が異なるという特徴をもつため、Ok 2, Ok 3, Ok 4 に含まれる角閃石を分析した。また、鍵層 Bg と他の鍵層との比較のため、Bg 1, Bg 2 の角閃石の化学分析も行った。

角閃石の分析には、島根大学の JXA 733 型 X 線マイクロアナライザーを用いた。分析条件は、加速電圧 15 kV, 試料電流 0.02 μA (標準試料スピネル上)である。補正計算は、Bence & Albee 法(Bence & Albee, 1968)で行

第10図. 鍵層 So・Ok・Bg・Hk に含まれる角閃石の化学組成。
Ok の組成領域は Ok 2, Ok 3, Ok 4 を合わせたもの。Hk の組成領域は Hk 1, Hk 2, Hk 3 を合わせたもの。So の組成領域は So 1, So 2 を合わせたもの。

った。Fe²⁺と Fe³⁺の見積もりは Stout(1972)の方法を用いて行った。また、角閃石の分類は、I. M. A. (1978)の分類法に基づいた Rock (1987)のプログラムを用いて行った。

分析は、各鍵層に含まれる角閃石に顕著な累帯構造が認められないため、1 鉱物粒につき中心のみの分析を行い、1 試料について 20 個以上の分析を行った。それぞれの代表的な化学組成を、第 1 表に示す。構造式は、酸素数を 23 として求めた。これらの構造式に基づき、角閃石の化学組成を Al^{IV} と Al^{VI}、Ti、Al^{VI} + Fe³⁺ + 2 Ti、Na + K in A site、Fe²⁺/(Fe²⁺ + Mg)図(Kawakatsu & Yamaguchi, 1987)を用いて検討する。

So: 荒崎、諸磯および城ヶ島の 3 地点の鍵層 So に含まれる角閃石は、すべて magnesio-hornblende である。また、So 1 と So 2 の組成領域の違いもみられない。このため、3 地点の So 1 と So 2 の組成領域を一括して第 10 図に示す。これらの組成領域のうち、Al^{IV} は 1.05～1.45、Al^{VI} + Fe³⁺ + 2 Ti は 0.95～1.31、Na + K in A site は 0.25～0.42 の幅に収まる。Ti および Fe²⁺/(Fe²⁺ + Mg)比は、鍵層 Hk のものと似ている。

Ok: 各地点の鍵層 Ok に含まれる角閃石は、すべて magnesio-hornblende である。Ok 2, Ok 3, Ok 4 のうち、Ok 4 に含まれる角閃石の化学組成の地点ごとの違

いを第 11 図に示す。Ok 4 は、Al^{IV} が 0.9～1.2、Al^{VI} + Fe³⁺ + 2 Ti が 0.8～1.1、Na + K in A site が 0.23～0.35 の範囲に収まる。Ok 2 および Ok 3 はこれより少し狭い領域を占めるが主な部分は、Ok 4 と重なる。

山口(1984)は、浅所貫入深成岩体中の角閃石について総括的な議論を行っている。そこに示されているデータによれば、角閃石の化学組成はコアの部分でも、Al^{IV} が 0.3 以上変化する。Kawakatsu & Yamaguchi (1987)は、山陰帯の大東-横田花崗岩体中の角閃石の中心が magnesio-hornblende, magnesianhastingsitic-hornblende, edenitic-hornblende であり、Al^{IV} が 1.2～1.6、Al^{VI} + Fe³⁺ + 2 Ti が 0.9～1.15、Na + K in A site が 0.3～0.6 の範囲で変化することを示した。また、カルクアルカリ安山岩中の hornblende も同程度の幅の組成変化をする(Yagi & Takeshita, 1987)。これらの事実を考慮すると、本研究で明らかとなった鍵層 Ok の各凝灰岩層中の角閃石の化学組成は、極めてよく収束していることがわかる。また、各凝灰岩層中の角閃石の化学組成が互いにほぼ重なることも注目される。

Bg: 逗子市桜山における鍵層 Bg の Bg 1, Bg 2 に含まれる角閃石は、主に magnesio-hornblende であるが、edenitic-hornblende や tschermakititic-hornblende も含まれる。第 10 図に示すように、Al^{IV} は 1.1～1.8、Al^{VI} +

第11図. Ok 4 に含まれる角閃石の化学組成.

第12図. 鍵層 Hk に含まれる角閃石の化学組成.
図中には、三浦半島逗子の鍵層 Hk の角閃石の化学組成を合わせて示した.

$\text{Fe}^{3+} + 2\text{Ti}$ は 0.83~1.30, $\text{Na} + \text{K}$ in A site は 0.38~0.61 の範囲で組成が変化し、鍵層 So・Ok・Hk に比べて組成領域が広い。しかし、組成が広く分散していることではなく、一定のチェルマック置換および $\text{Si} \rightleftharpoons (\text{Na}$

$+\text{K})\text{Al}^{\text{IV}}$ 置換による組成変化で、鍵層 Bg 中の角閃石を特徴づけるものである。

Hk: 三浦半島の佐島西岸から房総半島東岸の勝浦に至るまでの 7 地点の鍵層 Hk に含まれる角閃石は、mag-

nesio-hornblende である。鍵層 Ok のと同様に、角閃石の化学組成は Hk 1, Hk 2, Hk 3 の各凝灰岩層間の違いが認められないので、すべてを一括して鍵層 Hk の組成領域として第 12 図に示す。Al^{IV} は 1.0~1.5(主な部分は 1.0~1.4), Al^{VI}+Fe³⁺+2 Ti は 0.85~1.20(主な部分は 0.85~1.15), Na+K in A site は 0.24~0.48(主な部分は 0.24~0.42)の範囲で変化する。鍵層 Ok の角閃石に比べて、Ti が多く、Fe²⁺/(Fe²⁺+Mg)比が小さい傾向がある。

各鍵層の角閃石の比較：鍵層 So, Ok, Bk, Hk に含まれる角閃石の組成領域を比較したものを第 10 図に示す。各鍵層に含まれる角閃石は、組成領域・トレンドの勾配によって区別できる。特に Al^{IV}-(Al^{VI}+Fe³⁺+2 Ti)図, Al^{IV}-(Na+K in A site)図より、Ok と Bg, So と Bg はその組成領域が重複しないことから明確に区別される。また、So, Ok, Hk は一部組成領域が重なるが、全体として占める組成領域や Al^{IV} に対する Ti, Al^{VI}+Fe³⁺+2 Ti, Na+K in A site の勾配が異なりそれぞれ区分することが可能である。

火山ガラスの化学組成

鍵層中に含まれる火山ガラスの分析は、各地点の So 1, So 2, Ok 1, Ok 2, Ok 3, Oksco, Ok 4, Bg 1, Bg 2, Hk 1, Hk 2, Hk 3 に含まれる火山ガラスの化学組成を検討した。このうち Oksco は、その特徴となる赤紫色の火山ガラスの化学組成を検討した。

火山ガラスの分析には、島根大学の JXA 733 型 X 線マイクロアナライザーを用いた。分析条件は、角閃石の分析の場合と同様であるが、ビーム径を Oksco 中の赤紫色の火山ガラスでは 50 μm, その他の火山ガラスは 20 μm として、1 鉱物粒につき 1 点の分析を行い、1 試料につき 20 個以上の分析を行った。なお、代表的な化学組成を第 2 表に示す。

各鍵層に含まれる火山ガラスの化学組成は、ほぼ同一の組成領域を占め、試料採集地点の違いによるばらつきはみられない。地域が異なってもほぼ同一の化学組成である例として Oksco に含まれる赤紫色の火山ガラスの化学組成(Total : 92~93 wt.%)と、この比較として Ok 1~Ok 4 に含まれる火山ガラスの化学組成(Total : 93~94 wt.%)を volatile free として第 13 図に示す。これからわかるように Oksco の赤紫色の火山ガラスは、Ok 1~Ok 4 中の火山ガラスとはまったく異なる組成領域をもっている。Oksco に含まれる赤紫色の火山ガラスの組成のうち、SiO₂ (63~74 wt.%), FeO (4~8 wt.%), CaO (3~6 wt.%), K₂O (0.5~1 wt.%)は、Ok 1~Ok 4 に含まれる火山ガラスの組成(SiO₂ 76~81 wt.%, FeO

第 2 表. 各鍵層に含まれる代表的な火山ガラスの化学組成.

	Oksco(J:奥山)		Sol(A:荒崎)		Ok1(J:奥山)		Ok2(J:奥山)	
SiO ₂	60.12	65.28	75.07	75.96	73.06	72.71	74.41	73.36
TiO ₂	0.86	1.64	0.12	0.10	0.36	0.36	0.20	0.21
Al ₂ O ₃	13.16	12.45	11.85	11.46	11.85	11.80	11.30	11.39
FeO*	7.09	4.14	1.14	1.09	1.89	1.74	0.96	1.15
MnO	0.14	0.15	0.04	0.04	0.04	0.06	0.02	0.04
MgO	1.91	0.72	0.18	0.20	0.42	0.40	0.22	0.25
CaO	5.46	3.31	1.32	1.30	2.01	1.98	1.24	1.45
Na ₂ O	3.08	4.27	2.49	2.79	1.59	2.13	1.57	2.29
K ₂ O	0.61	0.81	2.88	2.93	1.94	1.83	3.01	2.82
Total	92.43	92.77	95.09	95.87	93.16	93.01	92.93	92.94

	Ok3(J:奥山)		Ok4(J:奥山)		Bg1(D:逗子)		Hk1(T:志駒川)	
SiO ₂	74.86	72.63	74.06	73.80	74.84	74.82	74.21	75.35
TiO ₂	0.15	0.35	0.23	0.25	0.20	0.20	0.15	0.11
Al ₂ O ₃	11.39	12.33	11.16	11.98	11.57	11.49	11.77	11.79
FeO*	1.10	1.88	1.25	1.54	1.22	1.34	1.28	1.10
MnO	0.03	0.06	0.04	0.05	0.12	0.11	0.06	0.04
MgO	0.23	0.43	0.24	0.32	0.18	0.17	0.25	0.18
CaO	1.42	2.09	1.41	1.81	1.08	1.07	1.47	1.24
Na ₂ O	2.02	1.57	1.77	1.58	2.62	2.74	2.48	2.97
K ₂ O	2.82	1.98	2.83	2.03	3.71	3.38	3.30	2.96
Total	94.02	93.32	92.99	93.36	95.54	95.32	94.97	95.74

* Total Fe as FeO

1~2 wt.%, CaO 1~2 wt.%, K₂O 2~4 wt.%)と大きく異なる(第 13 図)。

Oksco 以外の鍵層に含まれる火山ガラスの組成を TiO₂-MgO 図に示す(第 14 図)。これらの火山ガラスの組成は、鍵層 Bg をのぞきやや広い組成領域を占めており、一部の組成領域が重複している。しかし、各凝灰岩層の組成領域は、無秩序に分散しているのではなく、全体として各鍵層ごとに異なる傾向を示している。

鍵層 Ok のゴマシオ状凝灰岩(Ok 1, Ok 2, Ok 3, Ok 4)は、野外での岩相上の特徴や重鉱物組成においてそれぞれに区分が可能であるが、Ok 2, Ok 3, Ok 4 に含まれる角閃石の化学組成には違いはみられない。しかし、火山ガラスの組成領域(第 14 図)では、Ok 1, Ok 2, Ok 3, Ok 4 を区分できる傾向がみられる。また、Ok 3 に含まれる火山ガラスは 2 つの異なる組成領域に区分が可能である。鍵層 So と Hk の火山ガラスの組成領域は重複しているが、鍵層 Bg の組成領域は比較的収束しており、鍵層 So・Hk の組成領域とは明らかに区分することができる。

また、このように組成領域が広がる原因としては、火山ガラスの変質による影響などが考えられるが、偏光顕微鏡下の観察ではこれらの火山ガラスに顕著な変質が認められないことから、この原因については、より詳細な検討が必要である。

各鍵層の特徴

So：三浦半島の 3 地点において、鍵層 So を構成するゴ

第13図. Okscoに含まれる火山ガラスの化学組成.

Ok 1~4 の火山ガラスは、奥山(第4図: J)におけるものを示す.

マシオ状凝灰岩中の角閃石・火山ガラスの化学組成を検討した結果、それぞれの組成はほぼ同一であり、地域的な違いを示さないことを確認した(第10, 14図).

Ok: 鍵層 Ok を構成する各凝灰岩層について、三浦・房総半島の11地点で角閃石(Ok 2, Ok 3, Ok 4)と火山

ガラス(Ok 1~Ok 4)の分析を行った. その結果、鍵層 Ok を構成する各凝灰岩層中の角閃石・火山ガラスの化学組成は、それぞれ各地点ともに、ほぼ同一の組成領域をもつことが明らかになった(第11, 14図). また、Oksco 中の赤紫色の火山ガラスは、ゴマシオ状凝灰岩

第 14 図. 鍵層 So・Ok・Bg・Hk に含まれる火山ガラスの化学組成(TiO_2 -MgO).

(Ok 1~4)中の火山ガラスに比べて特徴的な組成をもつことも明らかになった(第 13 図). このような鍵層 Ok の特徴は, 三浦半島西部から房総半島中部までの地域においてほとんど変化しない. これらの特徴は, 鍵層 Ok を対比する上での有効な指標ということができる.

Bg: 鍵層 Bg については, 鍵層 So, Ok, Hk との比較のため 1 地点のみの検討であるが, 岩相上の特徴(第 3 図)・重鉱物組成(第 9 図)・角閃石の化学組成(第 10 図)・火山ガラスの化学組成(第 14 図)において鍵層 So, Ok, Hk と明瞭に異なるものであることが明らかになった.

Hk: 各地点の鍵層 Hk のゴマシオ状凝灰岩に含まれる角閃石の化学組成は, ほぼ同一の組成領域(第 12 図)を占めている. また, ゴマシオ状凝灰岩中の角閃石の化学組成は, 下部(Hk 1)から上部(Hk 3)までほとんど変化しない. さらに, これらの化学組成は, 三浦半島佐島から房総半島勝浦までほとんど変化しない. また, 火山ガラスの化学組成も各地点ごとにほぼ同一の組成領域を示している.

この結果は, 平田ほか(1984)が, 三浦半島(逗子)と

房総半島(志駒川, 勝浦)における鍵層 Hk の構成鉱物(斜長石・火山ガラス・角閃石・紫蘇輝石)が極めて類似した化学組成をもつとしていることや, 堀内・谷口(1985)が, 三浦半島(逗子), 房総半島西部(金谷)と房総半島中部の鍵層 Hk に含まれる輝石の化学組成がほぼ同一であるとしていることとも調和的である.

対比についての議論

最近三浦層群の各鍵層について, 従来の岩相上の特徴だけによる対比ではなくさまざまな研究がなされてきた. これらの中には, 三梨・矢崎(1958, 1968)および三梨ほか(1976, 1979)による鍵層の対比が一部異なるとした指摘もある.

堀内・斎藤(1982)は, 鍵層 So の重鉱物組成による検討を行った. そして, 三梨・矢崎(1968)が三浦半島の荒崎(第 3 図:A)において鍵層 So に対比したものは, 他地域の鍵層 So と重鉱物組成が異なることからより下位の鍵層 Mr である可能性を示した.

蟹江・笹原(1988)は, 笹原・蟹江(1987)による鍵層の構成鉱物分析による結果に基づき, 三浦半島南部と房総半島西部において, 三梨・矢崎(1968), 三梨ほか(1976, 1979)が対比した鍵層 Ok, Hk は, 他地域の鍵層 Ok, Hk と構成鉱物比が異なることから対比されないとした. これに基づき, 蟹江ほか(1989), 蟹江・笹原(1990 a, b)は, Mn, Fd, Sk などの新たな鍵層を設定した. また鍵層 So と Bg が“重鉱物のうち角閃石が普通に含まれ, 海底に降下後移動・堆積したと推定されていること, 層厚変化が著しいこと, 岩相・構成鉱物相が相似している”という根拠から同一のものであるとして, 三梨ほか(1979)による三浦層群の層序の一部改訂を示した. さらに, 蟹江ほか(1991)は, これらを総括して, 三浦半島南部で従来鍵層 Hk に対比されていたものを鍵層 So とし, 鍵層 So・Bg・Mn が“岩相・構成鉱物相・ナンノ化石年代の類似”から同一のものである可能性と鍵層 In (三梨・矢崎, 1968)と鍵層 Sk が重鉱物組成が類似している理由から同一のものである可能性を示した.

三梨・矢崎(1968)および三梨ほか(1979)による三浦層群の層序と蟹江ほか(1991)による三浦層群の層序の相違点を第 15 a, b 図に示す. 両者の違いは, 三浦半島において蟹江ほか(1991)が, 鍵層の層序関係を下位より Ok, In, Bg=So, Hk, Nt としているのに対し, 三梨・矢崎(1968)では下位より So, Ok, In, Bg, Hk, Nt としている点である(第 15 a 図). また, 房総半島西部において蟹江ほか(1991)は, 鍵層 Ok, Hk が対比されず, こ

第 15 図. 三梨・矢崎 (1968) および三梨ほか (1979) と蟹江ほか (1991) による鍵層の層序関係。

15 a 図は三浦半島における相違点. 15 b 図は房総半島西・中部における相違点. 図中の実線は対比されることを示し, 破線は対比されないとされたもの. 15 b 図中の Mn, Fd の対比はなされていない. Sk は蟹江ほか (1991) により三浦半島の In に対比されたものの.

れと異なるものとして鍵層 Mn*, Fd** を設定し, 中西部の志駒川においては, 鍵層 Ok が対比されないとして鍵層 Sk を設定し, 鍵層 Hk のみが対比されたとした. さらに, 鍵層 So・Bg・Mn および鍵層 In と Sk が同一である可能性を示した. これに対し, 三梨ほか (1979) では, 房総半島西部から東部にいたるまで鍵層 Ok, Hk, Nt を一連のものとして対比している (第 15 b 図).

ここでは, これまでに行われた多くの三浦層群の鍵層についての研究の鍵層 Ok の識別・同定に関する問題点と, 堀内・斎藤 (1982) および蟹江ほか (1991) が, 三梨・矢崎 (1958, 1968), Kodama (1976), 三梨ほか (1976, 1979), 卜部ほか (1990 b) による鍵層の対比と異なるとした点について検討した結果を述べる. なお, このような層序の相違が生じる主な原因は鍵層 Ok の同定・対比にあることから鍵層 Ok の検討を中心に以下に述べる.

Ok の識別・同定

堀内・斎藤 (1982) は, 三浦半島の佐島地域の検討から鍵層 Ok を角閃石を含まず斜方輝石が 50~60% 含まれるもの (層厚 30 cm ないし 150 cm のもの) とし, 堀内・谷口 (1985) は, 塊状の極粗粒~細粒ゴマシオ状凝灰岩 (層厚 45 cm ないし 200 cm のもの) としてい

る. また, 笹原・蟹江 (1987), 蟹江・笹原 (1990 a, b) は, 三梨・矢崎 (1958) による鍵層 Ok の柱状図との対比ができないことから, 角閃石を含まず普通輝石を大量に含むものや角閃石を含む数枚のゴマシオ状凝灰岩 (層厚 30~130 cm) を一括して “Ok 凝灰岩鍵層群” としている. さらに, 蟹江ほか (1991) は, この “Ok 凝灰岩鍵層群” を “層厚数 10 cm のゴマシオ状凝灰岩の 5 枚組で, 重鉱物は大量の斜方輝石と単斜輝石が存在し, 上位の層準には, 角閃石が少量含まれ, 火山ガラスが少ないもの” と再定義した.

しかし, これらの研究の鍵層 Ok の定義は, 以下の理由で不適切であると考えられる. まず, 鍵層 Ok には, 第 8 図から明らかなように Ok 1 層の一部を除いて角閃石が含まれる. また鍵層 Ok は, 1 枚の凝灰岩層ではなく, 第 8 図に示すような重鉱物組成と角閃石の化学組成 (第 11 図)・火山ガラスの化学組成 (第 14 図) に幅広い特徴をもつ凝灰岩層の組み合わせである. このように, 堀内・斎藤 (1982), 堀内・谷口 (1985), 笹原・蟹江 (1987), 蟹江・笹原 (1990 a, b), 蟹江ほか (1991) の鍵層 Ok の同定は, 三梨・矢崎 (1958) による “鍵層 Ok” を把握していないものと考えられる. 鍵層の対比は, 最終的には正確に同一の一枚の単層を決めるものであり, すでに述べたように三浦・房総半島全域においては, 主要な鍵層が単層単位で対比されているので, 凝灰岩鍵層群として一括したような定義は不適当である.

Ok の対比

蟹江ほか (1991) は, 三浦半島南部 (佐島, 菊名, 金田地域) と房総半島西部において鍵層 Ok が対比されないとしている. この点について以下に検討する.

三浦半島の佐島西岸 (第 4 図 : F) の鍵層 Ok は, 各単層 (Ok 1, Ok 2, Ok 3, Ok 4) の重鉱物組成が, 他の地域の

* 蟹江ほか (1991) は, 鍵層 Mn の定義として “三梨ほか (1976), Kodama (1976), 卜部ほか (1990 b) の明鐘峠付近に分布する Ok 鍵層を改定” としている. しかし, 三梨ほか (1976), Kodama (1976) および卜部ほか (1990 b) は, これを鍵層 Hk として地質図に示しており, 蟹江ほか (1991) が地質図を誤認したものと思われる.

** 鍵層 Fd についても同様に, 蟹江ほか (1991) は, “三梨ほか (1976), Kodama (1976), 卜部ほか (1990 b) の不動岩付近に分布する Hk 鍵層を改定” としているが, 三梨ほか (1976), Kodama (1976) および卜部ほか (1990 b) は, これを鍵層 Ok として地質図に示しており, 蟹江ほか (1991) が地質図を誤認したものと思われる.

鍵層 Ok のものと一致し(第 8 図), Ok_{sco} の特徴である赤紫色の火山ガラスも含まれる。また, Ok 2, Ok 3, Ok 4 中の角閃石の化学組成(第 11 図)と Ok_{sco} の赤紫色の火山ガラスの化学組成(第 13 図)は, 他地域のものとはほぼ同一である。よって, 同一鍵層として対比することに問題はない。

佐島(入口)(第 4 図: G)の鍵層 Ok は, ト部ほか(1990 a)により, 重鉱物組成と火山ガラスの色から対比されており, 本研究による角閃石・火山ガラスの化学組成の検討からこれを確認できる。また, 佐島地域の鍵層 Ok の上位約 400 m にある凝灰岩層が鍵層 Hk に対比されることから, Ok-Hk 層準として対比が可能である。

三浦半島南部の菊名(第 4 図: H)でト部ほか(1990 a)により鍵層 Ok と同定された鍵層は, Ok 1~Ok 3 および Ok_{sco} の岩相上の特徴を示す単層群よりなる。Ok 1~Ok 3 の重鉱物組成は他の地域のものと同様の特征を示し, Ok_{sco} は赤紫色の火山ガラスを含む。また, 本研究の結果から Ok 2, Ok 3 に含まれる角閃石の化学組成は同一の領域におさまり, 赤紫色の火山ガラスの化学組成は他の地域の Ok_{sco} のものと同じ領域にプロットされる(第 13 図)。さらにゴマシオ状凝灰岩の火山ガラスの化学組成もこれらの対比と矛盾しない。したがって, 岩相上の特徴による Ok 1~Ok 3 と Ok_{sco} の同定は正しいことが確認される。

また, ト部ほか(1990 a)により, 下位から 4 番目に発達するゴマシオ状凝灰岩層は, 重鉱物組成が Ok 4 のものに比べて角閃石が著しく少ないため, Ok 4 ではなくより上位の Ok 5~Ok 7 に対比されるため, 菊名(H)での鍵層 Ok は Ok 4 が欠如したものと考えられる(第 4 図)。しかし, Ok 1, Ok 2, Ok 3, Ok_{sco} の特徴とその組み合わせにより鍵層 Ok に対比される。さらに, 佐島地域と同様に鍵層 Ok の約 100 m 上位の凝灰岩層が鍵層 Hk に対比される(後述)ことから, 本地域も Ok-Hk 層準として対比される。

菊名地域と層序的に同一である金田地域の OkQ (三梨・矢崎(1968)が層序的に鍵層 Ok に相当するとしたもの)は, ゴマシオ状凝灰岩層が斜交葉理を示すことから, 粗粒な軽石が多く重鉱物が少ない傾向を示し, 岩相上の特徴づけが困難である。このうち, Ok_{sco} 相当層が火山ガラスの色から確認できる(ト部ほか, 1990 a)が, この単層の下位で層序的に区分される 2 枚の単層に含まれる角閃石の化学組成には, 一般的な鍵層 Ok のもつ組成領域以外にもばらつきがみられ, 堆積時の混入を考慮する必要がある。よって, このような地域での構

成鉱物による単層単位の議論は, 現在のところ不適當であると考えられる。このような地域では, 特定の鍵層の有無によって層序を決定するのではなく地質構造や全体の層序関係を重視すべきであり, 現在の段階では金田地域は Ok-Hk 層準として対比することが妥当である。

房総半島西部地域の金谷海岸の不動岩付近の鍵層 Ok (第 4・7 図: I)は, 中~粗粒砂岩中に含まれるため各ゴマシオ状凝灰岩層の間の堆積物(他地域では一般的に泥岩層ないし砂岩層を挟む場合が多い)が欠如しているが, 各凝灰岩層は泥質な薄層によってのみ区分される。しかし, それぞれの凝灰岩層の重鉱物組成は鍵層 Ok の条件を満たし, Ok_{sco} の特徴である赤紫色の火山ガラスも含まれることから, これらが鍵層 Ok として対比されることに問題はない(ト部ほか, 1990 a)。また, 角閃石(第 11 図)・赤紫色の火山ガラスの化学組成(第 13 図)も, 他地域の鍵層 Ok のものと一致する。各ゴマシオ状凝灰岩層を境する泥岩層ないしは砂岩層が欠如したり薄化することは, 鍵層 Ok が砂岩層中に含まれる場合にしばしばみられる。また, この上位(層厚約 100 m)にある凝灰岩層が鍵層 Hk に対比され, 周辺地域の鍵層の層序関係や地質構造と矛盾しない(第 7 図)。

奥山(J)~相川(M)地点(第 4 図)の鍵層 Ok も, 鍵層 Ok としての特徴(重鉱物組成・ガラスの色)をすべて満たしており, さらに Ok 2・Ok 3・Ok 4 に含まれる角閃石は, 他の地域の鍵層 Ok のそれぞれの単層に含まれる角閃石とはほぼ同一の化学組成である(第 11 図)。

志駒川(N)の鍵層 Ok(第 4・5 a, b 図)について, 蟹江ほか(1991)は, 鍵層 Ok と異なるとして鍵層 Sk を設定した。この理由としては①鉱物組成が異なること, ②鍵層 Hk との層厚が三浦半島での層厚と著しく異なること, ③ナノ化石年代が異なることをあげている。しかし, ①については, すでに述べたように志駒川(N)の鍵層 Ok が鍵層 Ok としての条件をすべて満たしていることから, 蟹江ほか(1991)が鍵層 Ok の単層単位での同定・対比を誤った可能性が指摘される。②について, 鍵層間の層厚が著しく変化することは, すでに多くの地域で実証されており(三梨ほか, 1961; 安房団体研究グループ, 1991など), 層厚が変化していることが対比されない理由にはならない。③について, 蟹江ほか(1991)によるナノ化石年代では, 鍵層 Ok を CN 9, 鍵層 Sk を CN 9~10 b にしており, 同一のナノ化石年代に含まれる可能性もある。よって鍵層の相違を議論できる対象ではない。以上のように志駒川(N)の鍵層 Ok が対比されないとした根拠は妥当ではない。

また, 本研究の I~N 地点間の鍵層 Ok は, ト部ほか

(1990 b)および藤田・小玉(1990)により層序的に一連のものとして地質図上で連続的に追跡されている。以上のことから I~N 地点で Ok とした鍵層は、他の地域の鍵層 Ok と共通の特徴を有し、同一鍵層として対比することに問題はない。

なお、稲子沢泥岩層の模式ルート(志駒川), 相川ルート, 湊川ルートにそって作成した天津層基底から三浦層群の上限までの全層準にわたり 1/100 実測柱状図を作成した結果, 鍵層 Ok と類似の特徴をもつ組み合わせが他に出現しないことから, この対比以外には可能性のないことが確認できる。

Hk の対比

蟹江ほか(1991)は, 三浦半島南部において従来鍵層 Hk とされていたものが, 鍵層 So に対比されるとし, これと房総半島西部における従来の鍵層 Hk が“鉍物組成の相違・層理を有すること・ナンノ化石年代が異なること”から両半島間で鍵層 Hk は対比されないとしている。

三浦半島(第 6 図:P)の鍵層 Hk(鍵層 So: 蟹江ほか, 1991)の重鉍物組成は, ト部ほか(1990 a)による三浦・房総半島の鍵層 Hk のものと一致し(第 9 図), 含まれる角閃石・火山ガラスの化学組成も同様に他地域の鍵層 Hk のものと一致する(第 12・14 図)ことから同一鍵層として対比することができる。

三浦半島南部の菊名(第 6 図:Q)の鍵層 Hk(鍵層 So: 蟹江ほか, 1991)を構成するゴマシオ状凝灰岩には, 全体的に平行葉理が発達し, 構成鉍物比では他の地域と比較して軽石の含まれる割合が多い傾向があるが, 重鉍物組成は, 他地域の鍵層 Hk のものと一致しており(ト部ほか, 1990 a), 含まれる角閃石・火山ガラスの化学組成も一致している(第 12・14 図)。

房総半島西部の金谷(R)の鍵層 Hk は, 第 6 図にみられるように層厚が厚くなっているが, 重鉍物組成・角閃石・火山ガラスの化学組成により他地域の鍵層 Hk と同様に対比することができる。

鋸山(S)の鍵層 Hk(鍵層 Mn: 蟹江ほか, 1991)は, 鍵層を構成するゴマシオ状凝灰岩の露頭単位での層厚変化が激しく, 斜交葉理が発達するが, 重鉍物組成(第 9 図)は, 鍵層 Hk の領域に一致する。また, 含まれる角閃石・火山ガラスの化学組成も一致することから, ト部ほか(1990 b)などが対比したように鍵層 Hk として対比できる。また, 房総半島西部では, 地質図上で一連のものとして追跡できる(第 7 図)。

よって, 三浦半島南部と房総半島西部における鍵層 Hk は, 三浦・房総半島の他地域での鍵層 Hk と同様に

一連のものとして対比される。

以上述べたように, 三浦半島南部と房総半島西部において, 鍵層 Ok・Hk が対比されず層序が異なるとした蟹江ほか(1991)による三浦層群の層序は, 各地でさまざまな鍵層を混乱して同定した結果, 本来の鍵層 Ok・Hk を正確に把握していないため生じた対比の誤りと結論される。特に, 鍵層 Ok・Hk を含めその上下の層準の鍵層の層序関係ならびに周辺地域の地質構造を考慮していないために生じた誤認も含まれ, このような根拠で提案された三浦層群の層序改訂は不適當と思われる。

So の対比

堀内・斎藤(1982)は, 三浦半島南部の荒崎において三梨・矢崎(1968)が鍵層 So として対比したものは, すでに述べた理由から, より下位の鍵層であるとしている。しかし, ト部ほか(1990 a)や本研究から明らかに荒崎(第 3 図:A)での鍵層 So は, 重鉍物組成・角閃石・火山ガラスの化学組成から他の地域と同様に鍵層 So として対比することができる。

この相違については, 三梨・矢崎(1968)が示した荒崎地域の地質図上の鍵層 So の位置がずれていたことと, 堀内・斎藤(1982)が, 鍵層 So を岩相上の特徴によって正確に同定していないために地質図上の位置にあった別の鍵層を誤認したことが混乱を生じた理由と思われる。

So・Bg・Mn の対比

蟹江・笹原(1990 a, b)は, 鍵層 So と逗子層中の鍵層 Bg を同一のものとして対比して層序を組み立て, さらに, 蟹江ほか(1991)は, 岩相・構成鉍物相・ナンノ化石年代の検討からこれらと鍵層 Mn が同一である可能性を示している(第 15 a, b 図), 本研究より検討した鍵層 So・Bg・Mn の対比について述べる。

まず, 鍵層 So と鍵層 Bg の対比について述べる。これについて, 蟹江・笹原(1990 a, b)は, 鍵層 So と鍵層 Bg が対比される根拠として, ①重鉍物のうち角閃石が普通に含まれる, ②海底に降下後移動・堆積したと推定されること, ③ともに層厚変化が著しいこと, ④岩相・構成鉍物相が相似していることなどをあげている。しかし, これは以下の理由により対比の根拠として不適當である。まず①について, 本研究の結果では鍵層 So の重鉍物組成は, ほとんどが角閃石であるのに対して鍵層 Bg の重鉍物組成は, 角閃石は含まれるが 50%程度であり明らかに区別できる(第 9 図)。また, 岩相により鍵層の構成鉍物比が変化しても, 重鉍物組成変化は小さいことが鍵層 Ok, Hk の検討から明らかである。したがって, 鍵層 So と鍵層 Bg の重鉍物組成の違いは両者が異

なる鍵層であることを示すものである。②については、移動・堆積したとしても含まれる角閃石・火山ガラスの化学組成が変わるとは考えられない。したがって、両者の角閃石・火山ガラスの化学組成が明らかに異なること(第 10, 14 図)は、両者が異なる鍵層であることを示しており、また“移動・堆積している”という理由は鍵層の対比の根拠として妥当ではない。③については、鍵層 Ok, Hk でも述べたように鍵層の対比の指標としては不適当である。④については、柱状図(第 3 図)から鍵層 So と鍵層 Bg は、単層の岩相上の特徴やその層序的組み合わせが明らかに異なる。よって蟹江・笹原(1990 a, b)および蟹江ほか(1991)が同一のものとして対比している鍵層 So と鍵層 Bg は、明らかに異なるものである。

さらに、蟹江ほか(1991)が鍵層 So・Bg と対比される可能性を示した鍵層 Mn は、重鉱物組成(第 9 図)・角閃石の化学組成(第 12 図)や周辺地域の地質構造(第 7 図)から鍵層 Hk に対比されるものであり、鍵層 So や Bg とは明らかに異なるものである。

In と Sk の対比

蟹江ほか(1991)は、三浦半島返子層中の鍵層 In と房総半島志駒川の鍵層 Sk が“重鉱物組成が似ていること・鍵層 Hk との層厚が両者とも 150~180 m であること”から同一のものとして対比される可能性を示している。

しかし、すでに述べたように蟹江ほか(1991)が志駒川で鍵層 Sk としたものは、従来の鍵層 Ok であり、鍵層 In とは、層準が明らかに異なるもので、鍵層 In と Sk が仮に類似しているとしても層序的に対比される可能性はない。

鍵層対比の有効性

鍵層の同定・対比は、帰納的な命題であり証明の確度を高めるためには、対比に対して有効な指標を選択し、さまざまな手法によってその有効性を高めていくことが必要である。これまでの三浦層群における研究で鍵層の対比を誤る原因としては、野外において凝灰岩層を単層単位で正確に記載していないことや、特に周囲の地層に含まれる他の鍵層との層序的な組み合わせにより対比していないなどの基本的作業の軽視に本質的な問題があるものと考えられる。また、野外で一見類似した岩相の組み合わせをもつ鍵層(例えば鍵層 So と Hk は、ゴマシオ状凝灰岩とスコリア凝灰岩であるので類似している)や重鉱物組成・構成鉱物の化学組成領域が重複し区分できない鍵層の同定・対比に際しては、野外での特徴を改

めて検討し、鍵層の上下の層準に副鍵層を設定し対比に用いたり、上下の層準に対比される別の鍵層との層序関係を重視して対比に用いることが必要である。さらに、本研究で行ったように、鍵層を単層ごとに同定し正確に試料採集しなければ、構成鉱物の化学組成によって鍵層対比の有効な議論をすることはできない。この際、火山ガラスの化学組成の例で示したように、三浦層群のものは、その組成領域が広く一部重複しているために、鍵層ごとに明確な特徴がみられない。このことは直ちに他の地域における第三紀層の鍵層の対比をする上で考慮すべき点である。したがって、第三紀の特に三浦・房総半島のように多くの凝灰岩層が含まれる地域では、鍵層を対比する際に野外での特徴を重視した上で、重鉱物組成や構成鉱物の化学組成領域を留意した総合的な検討が必要であると考えられる。

ま と め

三浦・房総半島に分布する三浦層群の層序とその地質構造は、凝灰岩層を肉眼的特徴によって区分しこれを鍵層として対比することによって明らかにされてきた(三梨ほか, 1976, 1979)。

鍵層 Ok・Hk を構成する各凝灰岩層は、重鉱物組成によっても特徴づけられ、主な重鉱物である角閃石や火山ガラスも各凝灰岩層ごとにそれぞれ特徴的な化学組成領域を占める。各鍵層の重鉱物組成および角閃石や火山ガラスの化学組成領域は、鍵層を含む岩相が異なっても変化しない。これらの結果は、岩相上の特徴による単層の区分とその層序的組み合わせに基づいた対比が正しいことを支持している。

これにより、三浦半島南部と房総半島西部において蟹江ほか(1991)が対比されなかった鍵層 Ok・Hk は、他の地域と同様に一連のものとして対比が可能であり、蟹江ほか(1991)の層序改訂は不適当であることを示した。

三浦層群中に挟在する数多くの凝灰岩層から結果として一枚の凝灰岩層を決定し対比するためには、三梨・矢崎(1958)が提示した岩相上の特徴により対比する方法が有効であり、これに基づいて単層単位で試料採集を行えば、構成鉱物に関する特徴から鍵層の対比を検証することが可能であることを示した。

文 献

安房団体研究グループ, 1991, 房総半島南端地域の新生代堆積盆地と褶曲構造の形成過程. 地質学論集, no.34, 139-147.

- 坂 靖範・橋尾宣弘・山田将史・小室裕明・山内靖喜・三梨 昂, 1990, 房総半島清澄背斜の形成機構の実験的研究. 地質学論集, no.34, 117-126.
- Bence, A. E. and Albee, A. L., 1968, Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. *Jour. Geol.*, **76**, 382-403.
- 藤田 望・小玉喜三郎, 1990, 房総半島中部の大釜戸背斜の形成機構. 地質学論集, no.34, 127-138.
- 平田大二・相原延光・猪俣道也, 1984, 三浦層群中の鍵層の構成鉱物. 日本地質学会第 91 年学術大会演旨, 137.
- 堀内一利・斎藤京子, 1982, 三浦半島南部, 三浦層群における凝灰岩鍵層の重鉱物組成. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要. no.17, 47-58.
- ・谷口英嗣, 1985, 三浦半島南部, 三浦層群の凝灰岩鍵層の対比に関する基礎的研究. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要. no.20, 11-31.
- I. M. A., 1978, Nomenclature of amphiboles. *Am. Min.*, **63**, 1023-1052.
- Itihara, M., Shimoda, C. and Itihara, Y., 1978, Chemical composition of volcanic glass in the Osaka Group. *Jour. Geosci. Osaka City Univ.*, **21**, 29-38.
- 蟹江康光・岡田尚武・笹原由紀, 1989, 三浦・房総半島三浦層群の石灰質ナノ化石層序年代. 日本地質学会第 96 年学術大会演旨, 106.
- ・———・———・田中浩紀, 1991, 三浦・房総半島新第三紀三浦層群の石灰質ナノ化石年代および対比. 地質雑, **97**, 135-155.
- ・笹原由紀, 1988, 凝灰岩鍵層による三浦層群の対比—三浦・房総両半島地域—. 日本地質学会第 95 年学術大会演旨, 50.
- ・———, 1990 a, 三浦半島と房総半島中部の三浦層群の層序. 日本地質学会第 97 年討論会演旨, 19-20.
- ・———, 1990 b, 三浦半島と房総半島中部の三浦層群の層序. 月刊地球, **13**, 11-14.
- Kawakatsu, K. and Yamaguchi, Y., 1987, Successive zoning of amphiboles during progressive oxidation in the Daito-Yokota granitic complex, San-in belt, south-west Japan. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **51**, 535-540.
- Kodama, K., 1976, Route map and cross section of Nokogiriyama. In Mistunashi, T., Nakagawa, H. and Suzuki, Y. eds., 1-CPNS Guidebook for excursion 2. Boso Peninsula. **73**, Tokyo.
- 小玉喜三郎・岡 重文・三梨 昂, 1980, 三崎地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 38 p.
- ・大竹規夫・富田 博・小野 敏・中島良員・城井浩介・鈴木尉元, 1990, 房総半島中部における三浦層群天津層の堆積と褶曲の形成過程. 地質学論集, no.34, 105-115.
- 三梨 昂, 1990, 関東堆積盆南部のシンセディメンタリー・テクトニクス. 地質学論集, no.34, 1-9.
- ・菊地隆男・鈴木尉元・平山次郎・中嶋輝允・岡重文・小玉喜三郎・堀口萬吉・桂島 茂・宮下美智夫・矢崎清貫・影山邦夫・奈須紀幸・加賀美英雄・本座栄一・木村政昭・楡井 久・樋口茂生・原 雄・古野邦雄・遠藤 毅・川島真一・青木 滋, 1976, 東京湾とその周辺地域の地質. 特殊地質図(20), 地質調査所.
- ・———・———・———・———, 1979, 東京湾とその周辺地域の地質. 地質説明書, 地質調査所, 91 p.
- ・矢崎清貫, 1958, 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). 石油技協誌, **23**, 16-22.
- ・———, 1968, 日本油田・ガス田図 6. 三浦半島(1:25,000), 地質調査所.
- ・———・影山邦夫・島田忠夫・小野 咲・安国 昇・牧野登喜夫・品田芳二郎・藤原清丸・鎌田清吉, 1961, 日本油田・ガス田図 4. 富津-大多喜(1:50,000), 地質調査所.
- 村井 勇, 1962, 凝灰岩層の粒度組成と鉱物組成の均一性について. 地震研究所彙報, **40**, 333-355.
- 中嶋輝允・牧本 博・平山次郎・徳橋秀一, 1981, 鴨川地域の地質. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 107 p.
- Rock, N. M. S., 1987, A FORTRAN program for tabulating and naming amphibole analyses according to the International Mineralogical Association scheme. *Mineral. Petrol.*, **37**, 79-88.
- 笹原由紀・蟹江康光, 1987, 新第三系三浦層群に挟在する凝灰岩鍵層の鉱物組成. 横須賀市博物館報告(自然科学), no.34, 29-37.
- Stout, J. H., 1972, Phase petrology and mineral chemistry of coexisting amphiboles from Telemark, Norway. *Jour. Petrol.*, **13**, 99-145.
- 徳橋秀一, 1976 a, 清澄層 Hk 層準フリッシュ型砂泥互層の堆積学的研究(その 1)—砂泥互層の層厚・岩相変化と砂岩層の形態—. 地質雑, **82**, 729-738.
- , 1976 b, 清澄層 Hk 層準フリッシュ型砂泥互層の堆積学的研究(その 2)—砂岩層の堆積機構と堆積環境—. 地質雑, **82**, 757-764.
- 卜部厚志・赤坂正秀・三梨 昂, 1990 a, 三浦層群における火砕鍵層の対比についての基礎的研究. 島根大学地質研究報告, no.9, 97-115.
- ・佐目元昭・秋山晋二・椿 和弘・山内靖喜・三梨 昂, 1990 b, 房総半島中部西岸・浦賀水道地域の第三系の地質構造. 地質学論集, no.34, 31-44.
- Yagi, K. and Takeshita, H., 1987, Impact of hornblende crystallization for the genesis of calc-alkalic andesite in Magmatic Processes: In Mysen, B. O., ed., *Physicochemical Principles. The Geochemical Society. Spec. Pub.* no.1, 183-190.
- 山口佳昭, 1984, 浅所貫入深成岩体の Ca 角閃石の累帯構造. 地球科学, **38**, 346-351.
- 横山卓雄, 1972, 火山ガラスの特徴による火山灰識別, とくに火山ガラス中に含まれるチタン量の相違について. 第四紀研究, **11**, 247-253.
- ・西田史朗, 1987, 琵琶湖深層試錐中の火山ガラスの EDX 分析による火山灰層の同定と対比. 地質雑, **93**, 275-286.
- 吉川周作, 1978, 大阪層群火山灰層中の火山ガラスの化学組成について. 地質雑, **84**, 131-140.

(要 旨)

ト部厚志, 1992, 三浦・房総半島の三浦層群における火砕鍵層対比—重鉱物組成と化学組成による再検討—. 地質雑, 98, 415-434. (Urabe, A., 1992, Correlation of some pyroclastic key beds in the Miocene Miura Group, Miura and Boso Peninsulas, central Japan—reconsideration with additional data on heavy mineral composition and chemical composition—. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 98, 415-434.)

三浦・房総半島に分布する中新-鮮新世の三浦層群の代表的な鍵層 So, Ok, Bg, Hk は, 鍵層を構成する凝灰岩層の岩相上の特徴とこれらの組み合わせによって定義され, 広域的な対比がなされている.

最近, これらの鍵層について, いくつかの研究は, 従来示された鍵層の対比に問題点があることを指摘している. このため本研究では, 層位学的に対比した各地点におけるこれらの鍵層を構成するそれぞれの凝灰岩層について, 系統的に重鉱物組成および角閃石, 火山ガラスの化学組成を検討した.

この結果, これらの鍵層の構成鉱物に関する特徴は, 広域的に変化が少なく, 鍵層を構成する凝灰岩層を区分し, 鍵層対比における有効な指標となることを示している. よって, 三浦・房総半島におけるこれらの鍵層の層位学的検討と岩相上の特徴に基づいた対比には, 誤りがないことを再確認した.