

東チモールのグアノ型燐灰土の地化学探査に 関する知見

島田 昱 郎
(島根大学理学部地質学教室)

Some Informations on the Geochemical Prospecting for Guano Phosphorites in Eastern Timor

Ikuro SHIMADA
(Received September 5, 1981)

Abstract

Geological successions of the Timor Island situated in the eastern part of the Lesser Sunda Islands are stratigraphically composed of the sedimentary formations ranging in age from Lower Permian to Recent. In these formations, the Baucau Limestone (Pleistocene) and the uplifted coral reef (Holocene) consist largely of porous, cavernous, greyish-white coral reef limestone. These limestones are well developed along the north coast in eastern Timor, and characterized by karst topography.

A geochemical method in the field has been preliminarily tested for the detection of phosphate, on the possibility of guano phosphorite in these coral reef limestones. The method is an approach of the yellow color reaction which has been used for the qualitative determination of phosphorus by the nitric acid and ammonium molybdate solutions. In this paper, the application and usefulness of a geochemical field method for guano phosphorite exploration in eastern Timor are briefly described.

1. ま え が き

チモール島はスンダ列島の外側弧の東端に、南緯 $8^{\circ}15' \sim 10^{\circ}30'$ に位置する面積 30.295 km^2 の小スンダ列島中の最大の島である。筆者は1974年夏にチモール島の東半部(旧ポルトガル領チモール)の地質調査の機会があり、東チモールの地質層序と石油地質については UMBGROVE (1938), AUDLEY-CHARLES (1968) の総括的な地質資料を参考に、筆者の踏査記録を加えて、その概要を紹介した(島田, 1976)。

チモール島における燐鉍床賦存の可能性については、第2次大戦中、南洋諸島を調査された故阿曾八和太氏による調査記録があり、この貴重な記録は農林省農業技術研究所 肥料化学科資料(1974)として刊行されている。この記録によると、未開発の燐鉍床のなかでも、注目を要する地域の第1にポルトガル領チモール島をあげ、とくに、北海岸の Manatuto か

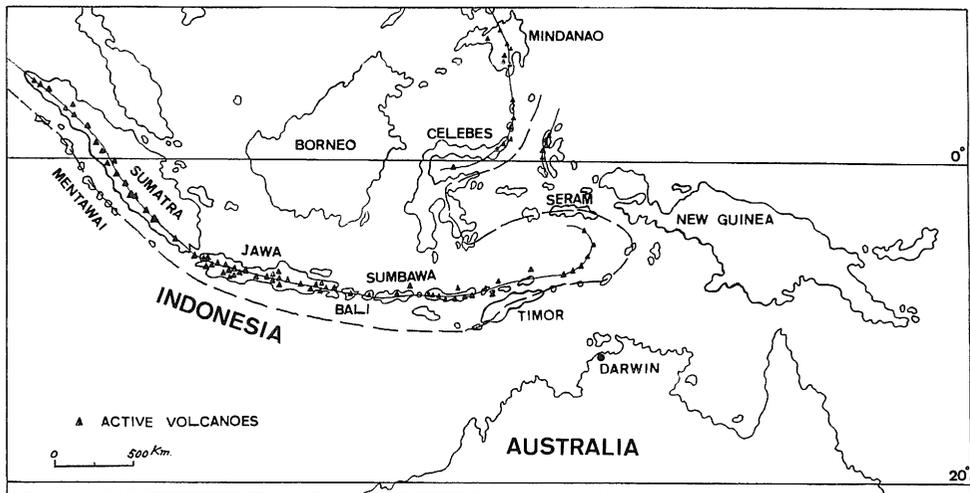
ら Baucau, Laga に至る海岸のリーフ地帯には相当量の燐鉍床分布の予想されることが指摘されている。

筆者はチモール島の有機堆積性グアノ型燐灰土の賦存状況と産状の予察的調査に、現地での地化学探査としての1つの簡易法を試みた。本稿ではこれらの観察を基に、東チモールのグアノ型燐鉍床賦存の可否は別として、地質環境および野外における燐鉍の地化学的探査法の意義について述べる。

2. 東チモール（チモール島東部）の地形および地質概説

(1) 地 形

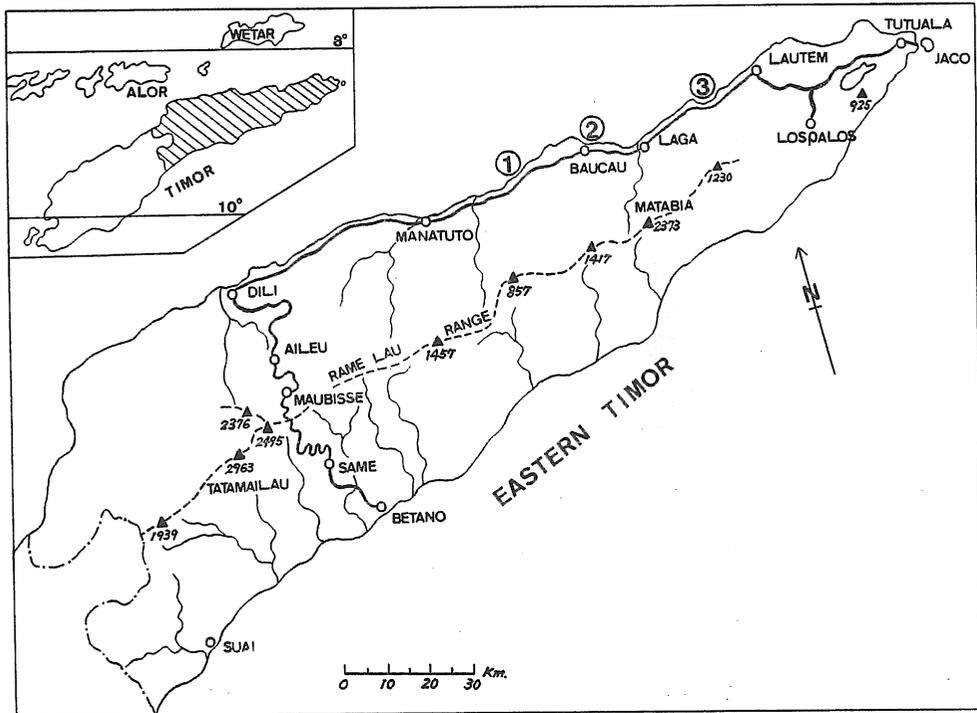
スンダ列島には内側のスンダ弧と外側のバンタ弧の2条の弧状配列がみられる。スンダ弧には多くの活火山が分布しているが、チモール島を含むバンタ弧には活火山の分布はなく、モルッカ諸島に広がっている堆積性弧状列島を形成している（第1図）。



第1図 スンダ列島、チモール島の位置図

東チモールはENE-WSW方向に中央背梁山脈のRame-Lau Rangeが走り、主峰のMt. Tata Mailau (2,963 m)が最高峰をなし、北側と南側に多くの支脈をだし複雑な山系をつくっている。この中央山脈から北側と南側に流下する河川は、いずれも乾期(4~11月)は流量非常に少なく水なし川が多いが、雨期(12月~3月)には濁流増水し乱流河川になっている(第2図)。

北部の海岸地域では、DiliからManatutoまでは山系が海岸にせまり断崖となっている所が多いが、Manatutoから東方には隆起珊瑚礁の台地地形が広くつづき、Baucau台地(300~700 m)など石灰岩特有のカルスト地形がよく発達している。南部の海岸地域は、比較的広



第2図 東チモールの地勢略図, ①, ②, ③: 燐鉍の地化探ルート (①第4図, ②第5図, ③第6図)

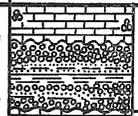
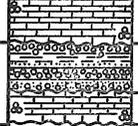
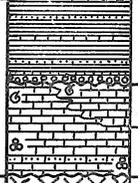
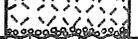
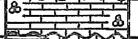
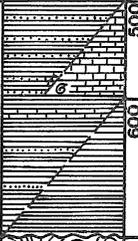
い沖積平野, 隆起海岸平野や丘陵性の密林地帯, 草原地帯がひらけている。また, 北岸, 南岸にはそれぞれ数 10 m の新期の隆起珊瑚礁が発達している。

チモール島東端の Tutuala から Lospalos に高度 300~400 m の隆起珊瑚礁石灰岩の Fuiloro 平原が盆状に広く展開し, Mt. Paitchau (925 m) の突出した山容と併せてチモールの景観をそえている。盆状の中心部に, 長さ 10 km, 幅 5 km の Surubeco 湖が存在するが, 乾期は渇水状態になっている。

(2) 地 質

チモール島東部の地質層序については UMBGROVE (1938), AUDLEY-CHARLES (1968) の文献を参考にして要述したが (島田, 1976), チモール島東部に分布する地層は, 先二疊系, 二疊系, 三疊系, ジュラ系, 白亜系, 第三系, 第四系の各層におよび, その大部分が砂岩・頁岩・シルト岩・礫岩・泥灰岩・石灰岩などの堆積岩層で占められ, とくに炭酸塩岩層が卓越している (第3図)。

チモールで最も古い岩層は先二疊系の千枚岩および結晶片岩からなる変成岩 (Lolotoi 累層群) で, 中央脊梁山脈に断続的にクリッペ状に分布する。二疊紀の地層は, 主に砂岩・頁岩・千枚岩・石灰岩からなり, 地質構造, 岩相および化石群集から, 異地成堆積層の Aileu

Age	Columnar section	Formation name	Lithology
Holocene ┆ Pleistocene		SUAI FORM.	Uplifted coral reef Gravels, sands, muds
		BAUCAU LIMESTONE	Coral reef limestone
Pliocene		DILOR CONGLOMERATE	Conglomerates, silts, sands
		LARI GUTI LIMESTONE	Coral reef limestone
Miocene		VIQUEQUE FORM.	Mudstones, siltstones, sandstones, marls
		ALIAMBATA LIMESTONE	Calcilutites
		CABLAC LIMESTONE	Calcirudites, calcarenites
Oligocene		BARIQUE FORM.	Tuffs, pumice, lavas
Eocene		DARTOLLU LIMESTONE	Biocalcarenites
Cretaceous		BOROLALO LIMESTONE	Calcilutites
		WAI BUA FORM.	Shales, cherts, marls
Jurassic		WAI LULI FORM.	Shales, marls, arenites
Triassic		AITUTU FORM.	Calcilutites, shales
Permian		CRIBAS FORM.	Shales, siltstones
		MAUBISSE FORM.	Calcilutites
		ATAHOC FORM.	Black shales, calcilutites
Pre-Permian		AILEU FORM.	Shales, slates, phyllites
		LOLOTOI COMPLEX	Phyllites, schists

第3図 東チモールの地質層序 (Audley-Charles 1968 の資料から編図)

層、Maubisse 層と原地成堆積層の Atahoc 層、Cribas 層とに区別されている (AUDLEY-CHARLES, 1968)。

三畳紀の Aitututu 層は中央山脈に沿って分布し、石灰泥岩を特徴的な岩相として石灰砂岩とフリッジ相を示している。中生代の地層で注目されるのは、チモールでは三畳紀から

ジュラ紀、白亜紀の各層がよく発達し、すべて海成相とフリッシュ相で特徴づけられ連続的に累重している。このような特徴はチモールばかりでなく、東インド諸島のロチ、ミゾール、セラム、ブルの各島およびセレベス東部にも共通にみられ (UMBROVE, 1938)、これらの地域では中生代を通じて共通の海成環境 (浅海域) であったと推察される。UMBROVE (1938) は中生代にチモール～東セレベス地向斜 (Timor-East Celebes Geosyncline) の存在を想定し、主としてニューギニア、オーストラリア、西部セレベス、ボルネオなどの侵食地域から碎屑堆積物の供給があったものとしている。

第三系の層序は、下位から始新世 Dartollu 石灰岩層、漸新世 Barique 層、中新世前期 Cablac 石灰岩層、Aliambata 石灰岩層、中新世後期 Viqueque 層、鮮新世 Dilor 礫岩層に区分されている。Barique 層は東チモールの全層序を通じて唯一の火山碎屑岩層である。第三紀層のなかで、とくに注目されているのは Viqueque 層 (石灰泥岩・砂岩・シルト岩・礫岩の互層) で、これは良好な石油根源岩層および貯油岩層を有し油・ガス徴も認められることから石油探査の的になっている。

更新世の Baucau 石灰岩層は、北部海岸の Baucau を中心に隆起珊瑚石灰岩層が台地状に分布し、石灰岩特有のカルスト地形を形成し、随所に石灰洞がみられる。この石灰岩層はやや堅硬であるが多孔質で灰白色～灰黄褐色を呈し、珊瑚・有孔虫・蘚虫類・貝殻の化石を多く含んでいる。また、更新世 Suai 層は海岸地帯に沿って砂・礫・粘土層の分布がみられ、それを不整合に被覆して新期隆起珊瑚礁石灰岩が発達している。この珊瑚石灰岩は多種の珊瑚化石のほか多数の貝殻破片を含み、とくに Baucau から Laga, Lautem に至る海岸地帯に 20～40 m の隆起台地を形成し発達している。

3. チモール島の堆積性燐鉍資源賦存の地質環境

グアノ型燐灰土の調査対象として選択した地域は、Manatuto から Baucau, Laga を経て Lautem に至る北海岸に沿うリーフ地帯で、地質層序的には更新世の Baucau 石灰岩層と新期隆起珊瑚礁石灰岩に相当する。

Baucau 石灰岩層は Baucau 台地 (高度 300 m～700 m) を中心として、東方へ Laga, Lautem, Fuloro 平原の北海岸地域沿いに広く分布している。この石灰岩層は化石を多く含む珊瑚礁石灰岩からなり、とくに、台地の頂部はカルスト地形と赤褐色の土壌 (ラテライト質) で特徴づけられる。本層の層厚は水平あるいは約 2～3° の傾斜で一連の台地を形成しているので判然としないが、海水準から約 300～700 m 位まで隆起し、その最大層厚は約 100 m と思われる。このような一連の珊瑚礁石灰岩台地の隆起はスンダ列島で顕著であり (UMBROVE, 1947)、モルッカ諸島を含めてチモールの第四紀の海水準の変動は、世界的にみて興味ある地域である。

新期の珊瑚礁石灰岩は Baucau 海岸付近や、とくに Laga から Lautem に至る間によく発達し、20～40 m の隆起台地を形成し、水準面降下に基づく海蝕崖や種々の形態のノッチが観察される。

チモール島の燐鉍資源賦存に可能性のある地質環境は、このような Baucau 石灰岩層 (隆

起珊瑚礁石灰岩)と新期の隆起珊瑚礁石灰岩中に求められ、この場合、予測される燐鈹の型は有機堆積性のグアノ型燐灰土である。これは、主として珊瑚礁上に集積した海鳥の排泄物のなかで、分解した可溶性燐酸塩が溶解し、珊瑚礁石灰岩に透過し交替的に生成したものと思われる。

4. 燐鈹の地化学探査

(1) 方 法

北海岸リーフ地帯の選択した地域で、現地における試料採取には露頭において石灰岩を他の可溶燐酸塩成分がいくらか交代していると思われるものや、鯛状〜ぶどう状〜粘土状のグアノ型燐鈹の形態をとっている可能性のあるものに留意した。

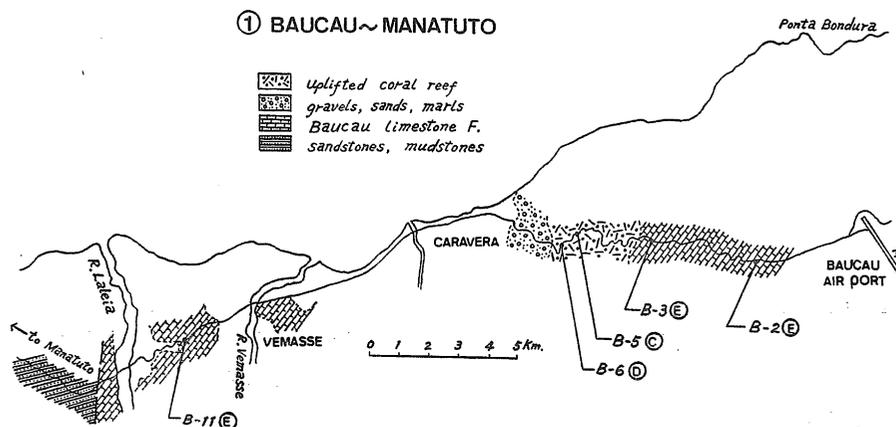
これらの採取試料について、現地で燐酸塩含有量の目安をつけるために、簡単な定性試験を行なった。すなわち、試料を粉碎し、さらに小型のめのう乳鉢で微粉にしたものを約1グラム程度ポリビーカーにとり、それに硝酸(1:1)3~5mlを加え分解する。次に、これにモリブデン酸アンモニウム水溶液を加え除々に攪拌すると、リンモリブデン酸アンモニウムの黄色沈澱を生ずる。

ここでは、ナウル島のグアノ型燐鈹試料(P_2O_5 , 約25~30%)を参考にして、沈澱物の濃度により、鮮黄色(A)、黄色(B)、淡黄色(C)、やや着色(D)、無色(E)の5階級に分け、 P_2O_5 量の定性判定を試みた。

(2) 探査ルートおよび観察事項

① Baucau~Manatuto (第4図)

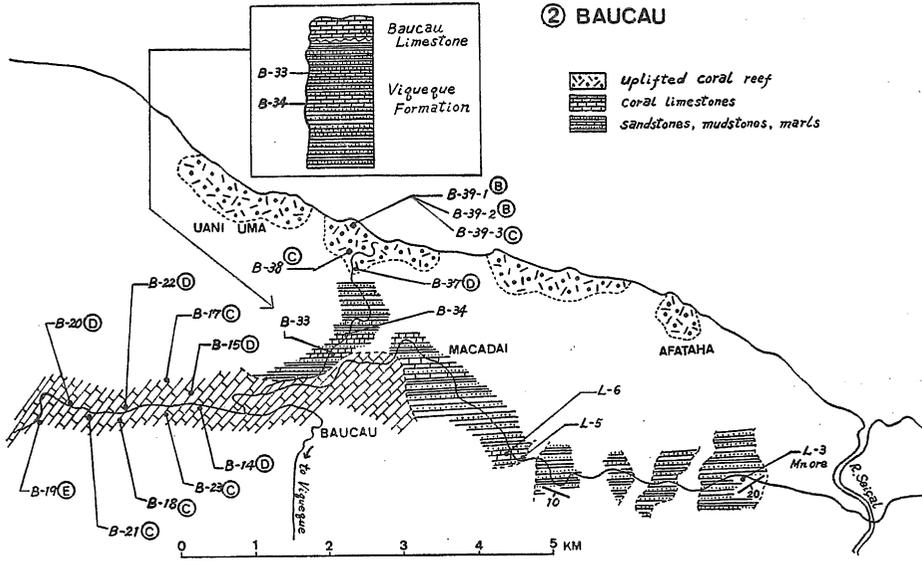
Baucau 石灰岩台地は、海拔480~550mの高度でBaucau 空港を中心として周囲60km²におよび、石灰岩地域特有のカルスト地形を呈している。この石灰岩台地を構成しているのは既述の更新世のBaucau 石灰岩層で、岩相は灰白色〜淡褐色のやや多孔質の石灰岩で珊瑚化石のほか多数の貝殻破片を含んでいる。また、溶蝕再結晶した方解石結晶がしばしば蝕洞



第4図 燐鈹の地化探ルート、① Baucau~Manatuto

中にみられる。Baucau 空港から Caravera に至るルートでは、Baucau 石灰岩層は高度 300 m (第 4 図の B-3 地点) 付近まで連続して分布している。また、Vemasse から Laleia 川流域にかけても露出している。採取測定試料は Baucau 石灰岩層 (B-2, B-3, B-11) と新期の隆起珊瑚礁 (B-5, B-6) の 5 試料で、前者は全て着色の反応がみられず無色 (E) である。後者には灰褐色粗状の試料 (B-5) に淡黄色 (C) を示した。

② Baucau 周辺 (第 5 図)

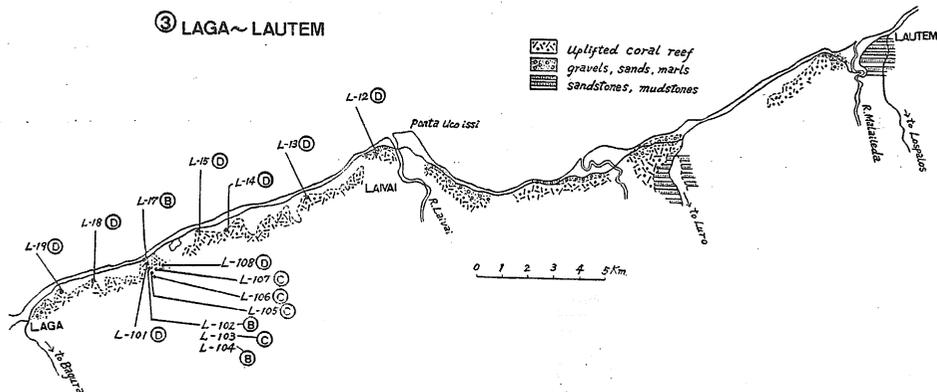


第 5 図 燐鉍の地化探ルート、② Baucau 周辺

Baucau の町付近は Baucau 石灰岩層の溶蝕によるドリリーネ、カッレンなど小起伏の多い凹凸地形が見事に発達し、また、随所に石灰洞が形成されている。この凹部と凸部とで石灰岩中の燐酸塩含有量にどの程度差異があるかを比較検討するために、Baucau から空港に至る台地までの間で選択的に灰白色粗状の試料を採取し測定した。溶蝕による凹凸部を比較してみると、凹部 (B-17, B-18, B-21, B-23) は C, 凸部 (B-14, B-15, B-19, B-20, B-22) は D~E と著るしい相違が認められた。

この Baucau 石灰岩層の下盤にはよく成層した砂岩・頁岩の互層 (第三紀中新世 Viqueque 層) が発達し、Baucau から Baucau 海岸へのルートおよび Laga に至る主道路沿いによく露出している。この互層には、しばしば石灰岩層を挟有し、また厚さ 20~30 cm の層状マンガン鉍の露頭も観察される (第 5 図の L-3)。

Baucau 海岸付近には新期の隆起珊瑚礁石灰岩が発達し、高度 20~50 m の比較的平坦な台地を形成している。3 地点で採取した試料について測定したが、B-39 の淡褐色 篩状および粘土質ラミナ状のものは黄色 (B) を呈し、グアノ型燐灰土状の外観と併せて含燐炭酸塩岩の可能性を示した。



第6図 燐鉍の地化探ルート, ③ Laga~Lautem

③ Laga~Lautem (第6図)

Laga から Lautem に至るルートでは、海岸線に沿って新期の隆起珊瑚礁石灰岩が海蝕崖を露呈して発達し、高度 20~60 m の台地を形成している。とくに、Laga から Laivai の約 15 km の間には海蝕崖の露頭が連続してみられる。

珊瑚礁石灰岩は、灰白色、淡褐色、淡黄褐色で粗状、粘土質やや硬質、ベントナイト状、鮎状などを呈し、一般に脆弱で、多種の珊瑚化石、大型貝殻の化石破片を多数含んでいる。溶蝕作用は Baucau 石灰岩ほど進行していないが、それでも台地面には小起伏のカルスト地形がみられる。Laga~Laivai ルートの新期隆起珊瑚礁石灰岩の海蝕崖露頭において、選択的に採取した試料 (L-12~L-19) について呈色反応を試みた結果、L-17 の試料は黄色 (B) を示した。L-17 地点の岩相は灰褐色で、塊状、粘土状、鮎状を呈し、外観上含グアノ質燐酸塩成分を予測されるもので、高度 20~30 m の台地面の露頭で重点的に採取した試料 8 コ (L-101~L-108) について測定した。その結果、2 コを除き L-102~L-107 の試料はいずれも C~B の呈色反応を呈し、含燐炭酸塩岩の可能性を示した。

5. 要約—東チモールの有機堆積鉍床としてのグアノ型燐灰土

東チモールの燐鉍資源賦存の可能性のある岩相は、更新世の Baucau 石灰岩層 (古期隆起珊瑚礁石灰岩) と新期の隆起珊瑚礁石灰岩に求められ、その予想される鉍床の型はグアノ型燐灰土である。

有機堆積鉍床には生物遺体そのまま堆積した鉍床 (珪藻土、石灰岩など)、堆積有機物が埋没続成で変化生成した化石燃料鉍床のほかに、生物の排泄物などに由来する鉍床としてグアノ型の鉍床もあげられる。したがって、東チモールの予想されるグアノ型燐灰土鉍床も海鳥の排泄物に起因する有機堆積鉍床である。

古期および新期の両隆起珊瑚礁石灰岩は、いずれも灰褐色~灰白色~淡黄褐色を呈し、珊瑚化石のほか多数の貝殻、有孔虫化石を含んでおり一般に多孔質脆弱である。とくに、

Baucau 石灰岩は Baucau を中心として広大な石灰岩台地を形成し、いたる所で石灰岩特有のドリーネ地形が発達している。東チモールのグアノ型燐灰土の賦存調査に、これらの隆起珊瑚礁石灰岩地帯において北海岸の Baucau から Lautem 付近までのルートの地質層序について概査し、グアノの可溶燐酸塩成分が CaCO_3 を若干溶蝕交代していると思われる試料を選択的に採取し、予察的に地化学探査の簡易法を試みた。

以上の地質学的、地化学的調査結果、全体的に新期隆起珊瑚礁石灰岩が Baucau 石灰岩層よりも燐酸塩の呈色反応を示した。また、Baucau 石灰岩層の溶蝕による凹凸部を比較してみると、凹部にやや呈色反応が示されたが、これはおそらく交代した可溶燐酸塩成分が凹部により集積したものであると思われる。このほか、露頭でもこのような可溶燐酸塩成分が CaCO_3 を交代したと思われるグアノ型燐灰土様の岩相をしたものも、いくつか観察される。

いずれにせよ、チモールの広い地域のなかで北海岸の主ルートを概査したにすぎず、また、採取測定試料は僅かで、グアノ型燐鉍床賦存の可否について述べることはできない。しかし、Baucau 海岸の試料 B-39 や Laga 付近の試料 L-17 は黄色の呈色反応を示し含燐炭酸塩岩であろうと思われ、これらの地点付近の新期の隆起珊瑚礁石灰岩の精査と P_2O_5 の定量分析が期待される。したがって、硝酸+モリブデン酸アンモニウムによる燐酸塩の呈色反応は定性にすぎないが、野外におけるグアノ型燐鉍探査にとって、有効な地化学的手段の簡易法として有意義なものと思われる。

文 献

- AUDLEY-CHARLES, M. G. (1968), The geology of Portuguese Timor: *Mem. Geol. Soc. London*, No. 4, 1~76.
- 農林省農業技術研究所 (1974), リン鉍資源に関する調査—阿曾八和太氏の記録—, 肥料化学科特別資料, 1~40.
- 島田豊郎 (1976), ポルトガル領チモール島の岩相層序および石油地質の概要, 石油技協誌, 41 111-120.
- UMBROVE, J. H. F. (1938) Geological history of the East Indies: *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 22, 1~70.
- UMBROVE, J. H. F. (1947) *The Pulse of the Earth*, 2nd ed., *Martinus Nijhoff, The Hague*.