

## 四国西部秩父帯石灰岩の不溶性残渣

鹿 島 愛 彦\*

(1970年11月18日 受理)

## I. 緒 論

総合研究「地向斜堆積物の総合的研究」の行なわれた1967年から1969年の間に、四国西部秩父帯においては、その地質学的諸問題についての多くの新知見が得られた。

四国西部秩父帯の古生界は、上部石炭紀から二畳紀にかけての層厚約5,300mにおよぶ eugeosyncline 性の堆積物より構成され、上部石炭系（小蘆層・貝吹層・久米層）・二畳系（才太郎層・双岩層・田之筋層・宇和川層・野村層）のそれぞれの岩相・層序および構造が明らかにされた（鹿島・宮久, 1968; 鹿島, 1969）。秩父帯・三宝山帯の南限をなす仏像構造線は、法華津衝上・高川断層・黒井地断層のそれぞれ活動時期と性格の異なる時階よりなり（鹿島, 1968）、秩父帯北限のいわゆる御荷鉾構造線は存在せず、秩父帯は三波川南縁帯に漸移しており、御荷鉾緑色岩類は下部二畳系才太郎層下部層に対比された（鹿島, 1969）。

一方、秩父帯古生界の緑色岩に各種の変成鉱物が広範に生成されていることが見出され、三波川変成作用の低変成度部分について、パンペリー石帯と角閃石帯とが識別され、その境界が緑閃石アイソグラッドをあらわすこと、そしてこの緑閃石アイソグラッドが古生界の層序・構造単元を斜めに切っており、両者の関係よりして本地域の三波川変成作用の温度構造は少なくとも白亜紀初期までは保存されていたものと推定された（橋本・鹿島, 1970）。

他方、炭酸塩堆積物については、ドロマイトについてその層序・構造・地史・および鉱床学的・鉱物学的見地よりの検討がなされ（宮久・鹿島, 1967）、石灰岩についてはその不溶性残渣についての検討が行なわれた（鹿島, 1970）。また、砂岩の構成成分などの検討がなされ、feldspathic wack に属するものが多く、feldspathic arenite がこれに次ぎ全般的に亜角粒よりなり、淘汰が悪く、玄武岩質ないし安山岩質の火山岩岩片に富む特徴を有するものであることが知られた（鹿島, 1969）。

本報においては、地向斜性堆積物の堆積学的研究の一部としてとりあげた石灰岩の不溶性残渣、とくに重鉱物

の検討結果について若干の考察を試みた。なお、詳細なデータは、愛媛大学紀要第6巻第3号に報告してある。

四国西部秩父帯の研究を進めるにあたり終始懇切に御指導下さった九州大学松本達郎教授・勘米良亀齡助教授、国立科学博物館橋本光男博士をはじめ総合研究のメンバーの各位、愛媛大学永井浩三教授・宮久三千年教授、および科学研究費を支給された当局に対し深く感謝申し上げる。

## II. 試料および研究方法と結果

検討した試料は第1表に示す各地層より採集した61個である。当地域の地質・層序・構造についてはすでに報告（鹿島, 1969）してあるので、各地層の岩相・時代などの表示にとどめた。また、研究方法および得られたデータの詳細は別報（鹿島, 1970）にのべてある。

結果を要約すれば次のとおりである。

1. 不溶性残渣の含有率（重量比）は、0.01%~23.46%の範囲内にあり、その平均含有率は3.101%である。重鉱物含有率は石灰岩に対する重量比で、0.00%から0.24%の範囲内にあり、その平均含有率は0.023%である。
2. 不溶性残渣中の重鉱物種には次のものが認められた。  
透明重鉱物（ジルコン・電気石・ざくろ石・普通角閃石・普通輝石・頑火輝石・しそ輝石・透輝石・かんらん石・緑れん石・紅れん石・モナズ石・ルチル・くさび石・硬石こう・菱苦土石）、不透明鉄鉱物（磁鉄鉱・褐鉄鉱・黄鉄鉱・チタン鉄鉱・白チタン石・赤鉄鉱）および自生鉱物（鋭錐石・螢石・海緑石・黄鉄鉱）
3. 出現頻度の高い重鉱物の鉱物種別頻度は、第1図および第2表に示すとおりである。

## III. 考 察

各地層の試料についての、出現頻度の高い鉱物の平均頻度は第2表に示すとおりであり、それぞれ特徴ある傾向を有している。

すなわち、二畳系に属する才太郎層・双岩層・田之筋層・宇和川層・野村層の試料については普通角閃石の含有率（容量比）が、18.2%~53.1%と大きく、しかもその数値は上層位に高くなる傾向が認められる。この結果

\* 愛媛大学理学部

Table 1. Stratigraphy of the Chichibu Belt in western Shikoku.

| Formation     | Oyabu  | Kaifuki  | Kume  | Saitaro   | Futaiwa  | Tanosuji                                 | Uwagawa   | Nomura   | Itagatani  | Uonashi  | Imaidani                           |
|---------------|--|--|---|---|--|--|---|--|--|--|------------------------------------|
| Lithologies   | slate<br>sandstone<br>chert<br>limestone<br>basalt<br>dacitic lava | slate<br>basaltic tuff<br>chert<br>sandstone<br>microgabbro<br>basalt<br>limestone | black phyllite<br>sandstone<br>chert<br>green phyllite<br>limestone | black phyllite<br>green phyllite<br>slate<br>chert<br>sandstone<br>limestone<br>basalt<br>microgabbro<br>diorite<br>pyroxynite<br>basaltic tuff | black phyllite<br>basalt<br>basaltic tuff<br>chert<br>sandstone<br>limestone | chert<br>slate<br>sandstone<br>limestone | black phyllite<br>slate<br>sandstone<br>limestone<br>basalt<br>basaltic tuff<br>chert | sandstone<br>slate<br>chert<br>limestone<br>conglomerate<br>andesite<br>basalt | basalt<br>basaltic tuff<br>agglomerate<br>limestone<br>chert<br>sandstone<br>slate | limestone<br>dolomitic limestone<br>dolomite<br>conglomerate | mudstone<br>sandstone<br>limestone |
| Thickness     | 1080 + m   | 900 m  | 1000 m  | 1480 m  | 900 m  | 2000 m                                   | 2300 m  | 1300 m   | 840 m  | 30 m   | ?                                  |
| Sample number | 3  | 1  | 1   | 5   | 12   | 2  | 10  | 7  | 9  | 7  | 4                                  |
| Age           | upper Carboniferous  |  |   | lower-middle Permian  |  |  | Triassic  |  |  | Jurassic   |                                    |

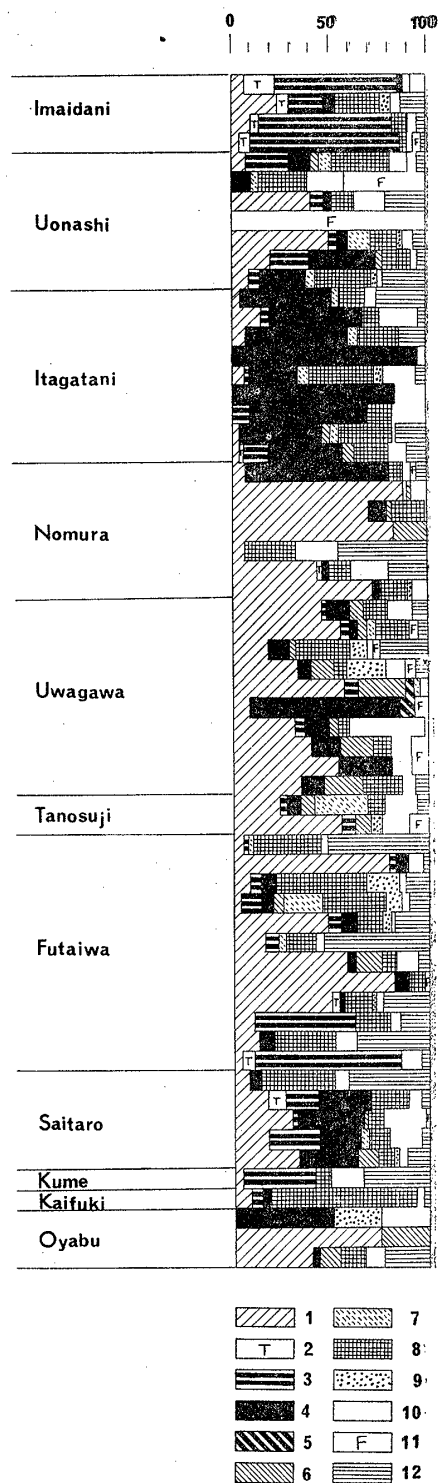


Fig. 1. Graph showing heavy mineral assemblage of the limestone in western Shikoku (in volume per cent).

1. Hornblende
2. Tourmaline
3. Zircon
4. Garnet
5. Hypersthene
6. Enstatite
7. Augite
8. Diopside
9. Epidote
10. Others
11. Fluorite
12. Anatase

Table 2. Average percentage of the insoluble residues and heavy minerals.

| FORMATION                                    |             | Oyabu  | Kaifuki | Kume  | Saitaro | Futaiwa | Tanosuji | Uwagawa | Nomura | Itagatani | Uonashi | Imaidani |
|--|-------------|--------|---------|-------|---------|---------|----------|---------|--------|-----------|---------|----------|
| INSOLUBLE RESIDUES<br>(weight percent)       | Maximum     | 23.460 |         |       | 22.075  | 8.690   | 0.232    | 3.501   | 2.065  | 5.793     | 14.700  | 7.430    |
|  | Minimum     | 0.038  |         |       | 1.905   | 0.011   | 0.016    | 0.037   | 0.253  | 0.130     | 0.107   | 3.640    |
|  | Average     | 9.850  | 0.675   | 2.750 | 10.316  | 2.868   | 0.116    | 1.221   | 0.732  | 1.425     | 2.726   | 5.183    |
| HEAVY MINERALS<br>(weight percent)           | Maximum     | 0.040  |         |       | 0.090   | 0.063   | 0.000    | 0.266   | 0.017  | 0.238     | 0.044   | 0.143    |
|  | Minimum     | 0.000  |         |       | 0.001   | 0.000   | 0.000    | 0.000   | 0.001  | 0.000     | 0.000   | 0.006    |
|  | Average     | 0.014  | 0.011   | 0.001 | 0.034   | 0.015   | 0.000    | 0.038   | 0.004  | 0.030     | 0.008   | 0.069    |
| TRANS-PARENT COMPO-NENTS<br>(volume percent) | zircon      | *      | 6.0     | 37.0  | 8.8     | 13.6    | 5.5      | 1.8     | 1.1    | 3.2       | 8.9     | 57.0     |
|  | tourmaline  | *      | 0       | 12.0  | 2.4     | 1.0     | 1.0      | 0.1     | 0.4    | 0.7       | 0.1     | 8.3      |
|  | garnet      | 17.7   | 2.0     | 1.0   | 17.8    | 4.2     | 9.0      | 17.9    | 13.3   | 53.6      | 1.4     | 2.3      |
|  | hornblende  | 38.0   | 8.0     | 3.0   | 18.2    | 31.0    | 38.5     | 37.9    | 53.1   | 5.1       | 18.1    | 11.5     |
|  | augite      | 0.3    | 1.0     | 0     | 1.6     | 2.3     | 13.5     | 1.0     | 1.0    | 2.0       | 3.7     | *        |
|  | enstatite   | 8.3    | 0       | 0     | 0.2     | 0.6     | 0.5      | 1.5     | 0      | 0.1       | 0.1     | 0        |
|  | hypersthene | 12.3   | 0       | 0     | 2.4     | 1.2     | 7.0      | 9.0     | 3.1    | 2.3       | 3.1     | 0        |
|  | diopside    | 4.0    | 74.0    | 7.0   | 15.4    | 18.4    | 3.5      | 9.6     | 10.6   | 14.3      | 17.6    | 9.0      |
|  | epidote     | 0      | 1.0     | 0     | 3.0     | 3.2     | 4.5      | 3.0     | 1.7    | 2.0       | 0.7     | 1.5      |
|  | anatase     | 8.0    | 2.0     | 33.0  | 10.2    | 19.3    | 2.5      | 4.9     | 10.4   | 7.9       | 8.3     | 4.8      |
|  | fluorite    | 0      | 1.0     | 0     | 1.2     | 1.1     | 5.5      | 4.1     | 1.0    | 0.2       | 20.6    | 1.3      |
| OPAQUE IRON ORE COMPO-NENTS                  | magnetite   | 30.7   | 8.0     | 3.0   | 2.8     | 3.3     | 20.0     | 11.6    | 45.6   | 10.6      | 37.6    | 7.0      |
|  | limonite    | 7.7    | 49.0    | *     | 3.0     | 21.2    | 12.5     | 33.6    | 29.3   | 38.6      | 0.4     | 8.5      |
|  | pyrite      | 5.7    | 1.0     | 31.0  | 21.0    | 25.3    | 7.0      | 7.1     | 3.6    | 1.8       | 5.7     | 56.5     |
|  | others      | 16.3   | 33.0    | 50.0  | 60.8    | 35.3    | 14.0     | 38.1    | 6.0    | 36.1      | 12.3    | 22.5     |
| 'TRANSPARENT OTHERS'<br>(volume percent)     |             | 39.0   | 8.0     | 15.0  | 10.8    | 12.7    | 45.0     | 9.2     | 15.0   | 10.6      | 32.7    | 4.5      |

\*, present

は、普通角閃石の比重が比較的小さくしかもその結晶形が運搬されやすい形態であり、その堆積盆における富化帯の巾が広いといわれている（ストラーホフ、1963）ことを考慮しても、特徴的に大きい値を示すものと考えてよさそうである。

三宝山帯に属する板ヶ谷層（時代未詳；二疊紀～三疊紀）の試料においては、普通角閃石は激減しざくろ石が代表鉱物種となっている。この結果と、同層の砂岩中の

重鉱物および砂岩を構成する岩石片粒についての結果とを比較すれば第3表に示すとおりである。なお、他層の砂岩についての結果を第4表に再掲する。板ヶ谷層の砂岩中の重鉱物種と石灰岩のそれとは一致しない。石灰岩のざくろ石（53.55%）・砂岩のジルコン（64.48%）の代表鉱物種の対立が、堆積場の相違によるものであるか、鉱物種の形態・比重などの相違による運搬の過程での淘汰によるものであるのかは不明であるが、透輝石が石灰

Table 3. Average composition of the heavy minerals in sandstone and limestone of the Itagatani formation (in percentage)

| Heavy minerals | sandstone | limestone |
|----------------|-----------|-----------|
| zircon         | 64.48     | 3.22      |
| tourmaline     | 8.44      | *         |
| garnet         | 17.08     | 53.55     |
| hornblende     | *         | 5.11      |
| augite         | 1.32      | 2.00      |
| enstatite      | *         | *         |
| hypersthene    | *         | 2.33      |
| diopside       | 0         | 14.33     |
| epidote        | 1.64      | 2.00      |

\* 1 percent under

Table 4. Average composition of the rock fragments in sandstone (in percentage)

| Formation   | chert | granitic rocks | volcanic rocks | sedimentary rocks | metamorphic rocks |
|-------------|-------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| Itagatani   | 5.6   | 4.1            | 77.6           | 6.5               | 6.2               |
| Nomura      | 23.1  | 0              | 76.9           | 0                 | 0                 |
| Uwagawa     | 3.8   | 1.0            | 91.1           | 2.7               | 1.3               |
| Tanosuji    | 11.8  | 2.3            | 78.2           | 3.7               | 4.0               |
| Futaiwa     | 5.5   | 12.0           | 77.5           | 4.9               | 0                 |
| Saitaro     | 1.8   | 0              | 94.5           | 3.6               | 0                 |
| Kume        | 0     | 0              | 100.0          | 0                 | 0                 |
| Kaifuki     | 7.9   | 0              | 90.5           | 1.6               | 0                 |
| Oyabu upper | 4.4   | 0.9            | 88.6           | 5.9               | 0.2               |
| lower       | 2.8   | 0              | 78.1           | 1.9               | 0                 |

岩のみにかなり多量に含有される点をのぞけば、鉱物組成が両者類似していることからして、砕屑堆積物の砂岩ではざくろ石がジルコンのかげになっているにすぎないのかもしれない。

三畳系に属する魚成層の試料は螢石で特徴づけられる。不溶性残渣中の螢石についてはすでに小原(1967)によって詳細に論ぜられているところである。螢石は当地域における 61 試料中半数以上の 35 試料より認められるが、そのほとんどは不規則な形態を示し、堆積源の自生鉱物であると考えるのが妥当であろう。

ジュラ系今井谷層に属する試料（いわゆる鳥巢型石灰岩）は、円磨された紫色および無色のジルコンが多く、普通角閃石・電気石がこれについている。本邦における石灰岩不溶性残渣についての数少ないデータに小原

(1967)の鳥巢石灰岩についてのものがある。すなわち、鳥巢石灰岩は約3.3%（重量比）の不溶性残渣を含有し、その0.53%が重鉱物、すなわち石灰岩の0.0175%の重鉱物が含有されるのに比し、今井谷層のそれは第2表に示したごとくより大きい数値を示している。しかしその重鉱物組成はよく類似している。けれども、鳥巢石灰岩の分析結果において、螢石が90%（容量比）をしめている点、普通角閃石の含有率が1%以下で今井谷層の平均値11.5%に比して非常に低い点で相違が認められる。前者の螢石の含有率の高い試料は魚成層に属する試料に類似のものが認められる。後者の普通角閃石の平均含有率の高いことは、二畳系の各地層において認められたごとく、四国西部における特徴とみなすことができる。

上部石炭系に属する各地層の試料については、分析例が少なくその傾向を把握するにいたっていない。

上部石炭系の二、三の試料および二畳系の試料にとくに顕著な普通角閃石・輝石類（透輝石・しそ輝石・頑火輝石・普通輝石）は、その供給源に超塩基性～塩基性の火成岩を指示するものである。このことは、第4表に示したごとく同時代の砂岩中に玄武岩質ないし安山岩質の火山岩岩片の多い事実からも肯定できる。また、これらの鉱物粒が円磨されていないことからして、その供給源をあまり遠くない地域の古期または同時代の超塩基性～塩基性の火成岩及び火山砕屑堆積物、または同時期の海底火山活動地域に求めることができよう。これに対し、ざくろ石を比較的多量に含有すること、加えて緑れん石、紅れん石なども含有されていることは、後背地に堆積岩類および酸性～塩基性の火成岩類および変成岩類の存在を指示するものであろう。

これに対し、今井谷層の試料に認められる円磨されたジルコン・電気石・ざくろ石などの鉱物は、主として堆積岩類を主とする後背地より供給されたものであることを指示するものである。

当地域の試料に共通して黄鉄鉱の含有率の高いことがあげられる。しかも褐鉄鉱は、すべて自形をなす黄鉄鉱の仮晶である。黄鉄鉱はその多くが、微小球状（framboidal）・自形（6面体・12面体）をなし、長石類にも多量の微粒として付着しているのが認められ、自生鉱物として含有されているものである。

他方、すでに前報（鹿島, 1964）で板ヶ谷層の試料はその粘土鉱物の検討の結果において、カオリン鉱物が存在することからそれが低 pH の環境を指示するものであることをのべたが、黄鉄鉱を多量に含有する試料は低い Eh, 中～低 pH の環境での堆積物であり、部分的には海

緑石を生じさせたやや高い Eh の環境も存在した。

#### IV. 要 約

四国西部秩父帯の石灰岩 61 個の不溶性残渣の検討結果についての考察を行なった。

重鉱物組成は各地層、時代によりそれぞれ特徴が認められる。秩父帯二疊系の各地層の試料においては、普通角閃石、透輝石、しそ輝石、頑火輝石、普通輝石などの超塩基性～塩基性火成岩にその起源を求められる鉱物種が特徴的であって、堆積当時の火山活動または供給源にそれらの岩石が優勢であったことを示している。

三宝山帯板ヶ谷層の試料はざくろ石・透輝石を多量に含有し、普通角閃石が少なく、秩父帯とは異なった頻度を示している。いわゆる鳥巢型石灰岩は、円磨されたジルコン・電気石・ざくろ石などで特徴づけられ、堆積岩を主とする後背地より供給されたものと考えられるが、他地域に比して普通角閃石の頻度が高い。

#### 文 献

- 橋本光男・鹿島愛彦 (1970), 四国西部秩父帯における古生界緑色岩の変成作用. 地質雑, vol. 76, p. 199—204.  
 鹿島愛彦 (1964), 四国西部秩父累帯の二, 三の石灰岩中

の粘土鉱物. 愛媛大学紀要, 自然科学 D シリーズ, vol. V, p. 27—38.

———・宮久三千年 (1965), 四国西部三宝山帯の地質ならびに仏像構造線についての考察. 愛媛大学紀要, 自然科学 D シリーズ, vol. V, p. 39—59.

——— (1968), 愛媛県小田町南方の地質—四国西部秩父累帯の研究 VI—, 小田町の自然と人文, p. 105—110.

——— (1968), 四国西部の仏像構造線—四国西部秩父累帯の研究 VII—, 地質雑, vol. 74, p. 459—471.

——— (1969), Stratigraphical studies of the Chichibu belt in western Shikoku. *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ.*, vol. XIX, p. 387—436.

——— (1970), 石灰岩不溶性残渣中の重鉱物—四国西部秩父帯の研究 XI—, 愛媛大学紀要, 自然科学 D シリーズ, vol. VI, p. 49—58.

MILNER H. B. (1962), *Sedimentary Petrography* vol. II. GEORGE ALLEN & UNWIN LTD.

宮久三千年・鹿島愛彦 (1967), 四国西部秩父累帯ドロマイト鉱床の地質学的研究. 鉱山地質, vol. 17, p. 214—227.

エヌ・エム・ストラッホフ (1963), 堆積岩の生成—そのタイプと進化—(I). ラティス.

小原浄之介 (1967), 鳥巢石灰岩の含有鉱物. 佐々保雄教授還暦記念論文集, p. 149—159.

### Insoluble Residues in Limestones of the Chichibu Belt,

#### Western Shikoku

Naruhiko KASHIMA

#### (Abstract)

Insoluble residues from 61 samples of limestone have been examined to get data about the provenance and depositional environment of the sedimentary series of the Chichibu belt in western Shikoku in addition to the previously reported data of non-calcareous rocks (KASHIMA, 1969).

Results of heavy mineral analysis (Tables 2, 3, Fig. 1) suggest that the source of the detrital component of the limestone in western Shikoku can be ascribed to ultrabasic and basic igneous rocks, metamorphic and sedimentary rocks.

Hornblende and pyroxene (diopside, hypersthene, enstatite and augite) characterizing the upper Carboniferous Oyabu formation and the Permian formations (Saitaro, Futaiwa, Tanosuji, Uwagawa and Nomura) must have been derived from source rocks (sediments) rich in volcanic products and from ultra-

basic-basic igneous rocks and/or from submarine volcanoes.

Garnet, the dominant mineral of the Itagatani formation of uncertain age (probably Permo-Triassic), may have been derived from igneous and metamorphic rocks.

Authigenic fluorite is commonly associated with the Triassic Uonashi formation.

Rounded zircon, tourmaline and garnet are the common minerals of the Jurassic Imaidani formation. This assemblage indicates that the detrital minerals were derived from older sedimentary rocks.

Authigenic euhedral and framboidal pyrite, which is the dominant opaque iron ore mineral in limestones, may show that the condition of depositional environment is low in pH and Eh.

## Explanation of Plate 1

(All figures are of ordinary light;  $\times 150$ )

- Figs. 1-4. Zircon.  
1. Kume Formation; 2. Saitaro Formation; 3. Uonashi Formation; 4. Futaiwa Formation.
- Figs. 5-10. Hornblende.  
5-6. Tanosuji Formation; 7. Uwagawa Formation; 8-9. Futaiwa Formation; 10. Saitaro Formation.
- Figs. 11-12. Garnet.  
11. Kaifuki Formation; 12. Itagatani Formation.
- Fig. 13. Tourmaline. Imaidani Formation.
- Fig. 14. Diopside. Saitaro Formation.
- Fig. 15. Hypersthene. Uonashi Formation.
- Fig. 16. Augite. Futaiwa Formation.
- Figs. 17-18. Enstatite. Saitaro Formation.
- Fig. 19. Epidote. Kaifuki Formation.
- Fig. 20. Piedmontite. Micaceous debris containing small piedmontite grains. Saitaro Formation.
- Figs. 21-23. Fluorite. Uonashi Formation.
- Fig. 24. Glauconite. Saitaro Formation.
- Figs. 25-26. Anatase.  
25. Yellow anatase, Futaiwa Formation; 26. Deep blue anatase, Tanosuji Formation.
- Figs. 27-28. Organic remains (?). Tanosuji Formation.

