

隠岐島後新第三系中の海緑石*

矢野 寛 幸**・島田 昱 郎**

Glauconitic minerals in the Neogene Tertiary formations from
Dôgo, Oki Islands

Hiroyuki YANO and Ikuro SHIMADA

まえがき

海緑石は比較的浅海成環境のもとで生成する雲母族粘土鉱物として、また、肉眼的、顕微鏡的に、その緑の色や形態からも堆積岩に親しまれる構成鉱物として、その存在は古くから注目されている。

海緑石を含む地層は、主としてグリーンタフ地域の含油新第三紀層に広く分布し、堆積環境の推定や地層対比に利用されてきた。山陰グリーンタフ地域では、これまで島根半島を含め本土側（山陰海岸地域）での海緑石の産出の記録はないが、隠岐では島後の五箇村久見川流域と都万村歌木の中新世地層からの産出が報告されている（大久保, 1981）。島後では久見、歌木のほかに、南部の飯山、箕浦地区の珪藻土採土場（珪藻土鉱床として現在稼行中）で、珪藻土採掘の進展により珪藻土層と相伴って海緑石層が見つかり、しかも濃集して分布している。筆者らの1人矢野は昭和58年度島根大学卒業論文として、歌木、飯山、箕浦の海緑石産出地を含む島後南部地域の地質調査を行った（矢野, 1984）。本稿では島後南部地域の地質の概略と、北部の久見地区を加えてこれら各地の海緑石の産状、化学分析の結果を報告し、あわせて飯山地区の海緑石鉱床としての可能性について知見を述べる。

隠岐島後南部の地質および海緑石の産状

1. 地質概要

本地域には新第三系中新統の地層と鮮新統以降の玄武岩、粗面岩、アルカリ流紋岩の火山岩類が分布している（第1図）。島後の中新統層序の地層命名を総括した山崎（1984）の地層名に従うと、本地域の中新統

は下位から郡累層の平凝灰岩（へい）シルト岩互層、久見累層の歌木泥岩層・飯山珪藻土層、都万累層の釜谷砂岩層・中里凝灰質砂岩層からなっている。各累層間の関係は不整合である。第2図に飯山・箕浦・歌木・久見の海緑石産出層準を記した島後南部地域の層序関係を示した。

最下位層の平凝灰岩シルト岩互層は本地域北部の皆市、上西から北東部の平・西田付近にかけて分布し、凝灰質な砂岩、シルト岩、礫岩と酸性凝灰岩からなる互層である。礫岩は皆市→上西→平と南方へ著しく減少する。凝灰質砂岩は淘汰のよい細粒～中粒砂岩でシルト岩とともに層理がよく発達し、植物化石や巻貝の *Viviparus* など淡水棲化石を産出する。

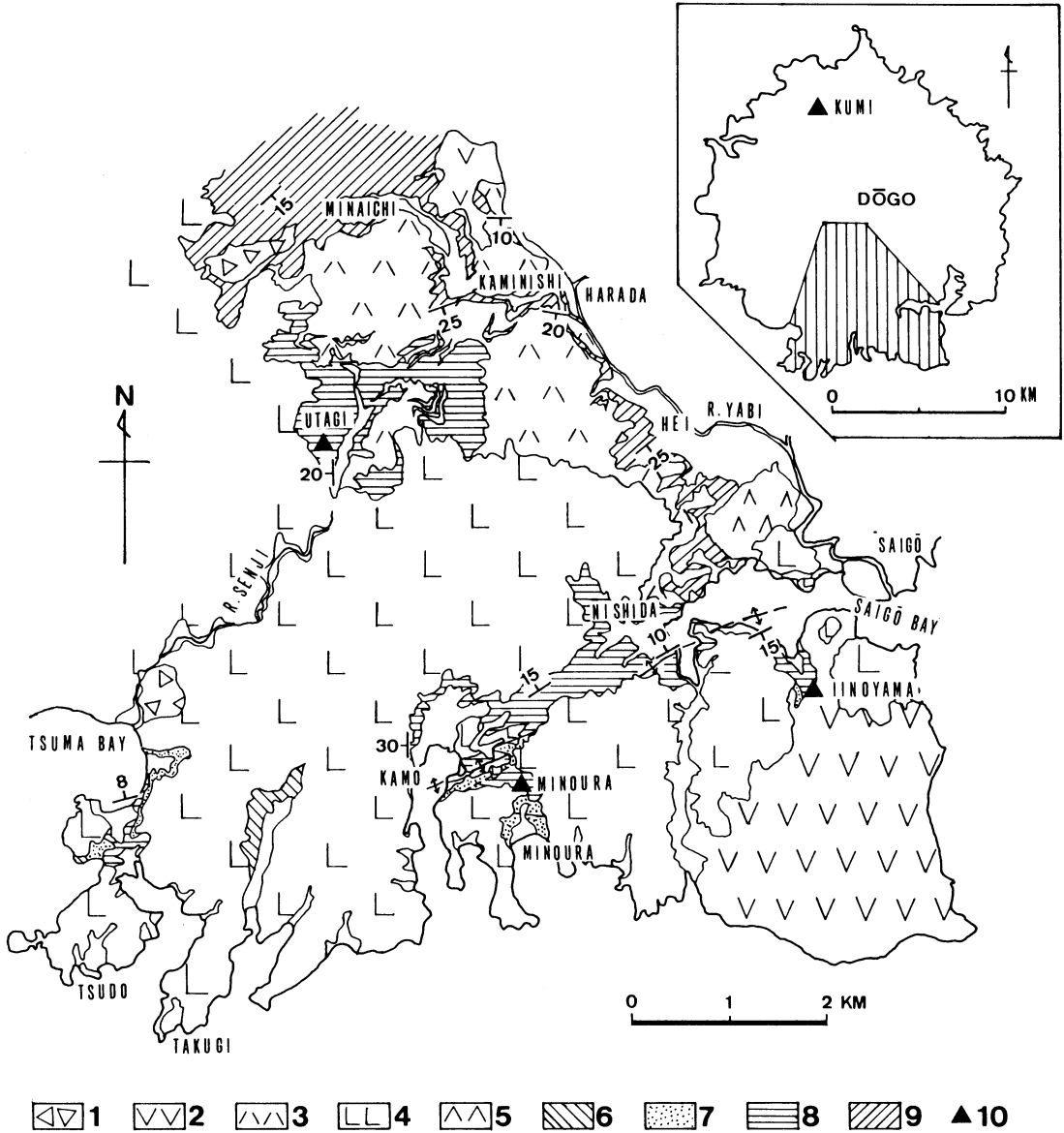
歌木泥岩層は歌木付近と南部の西田、鳥越峠、加茂付近に分布し、灰黒色～灰褐色の頁岩層で、一般に珪質で飯山珪藻土層に漸移する。歌木地区の頁岩層は板状層理を示し、露頭では細角状に割れて、しばしば海緑石を薄層状に挟有している。また、*Palliolium peckhami* や *Cyclamina* を産出する。

飯山珪藻土層は飯山採土場、箕浦採土場、加茂湾東岸、都万湾東岸などに分布し、一般に塊状の厚い珪藻土層よりなる。本層の下部には硬質頁岩層と珪藻土層の互層がみられ歌木泥岩層と指交する。本層には層状・団塊状・脈状など一般に不規則な型態で“珪乳石”を産出する。飯山と箕浦採土場では珪藻土層の最上部付近に海緑石層がみられ、層状～レンズ状に濃集している。

釜谷砂岩層は飯山採土場、箕浦、加茂湾東岸、都万湾東岸・津戸北方付近に分布し、一般にバイオターペーションのよく発達した塊状無層理の細粒～中粒砂岩である。模式地の釜谷付近では海棲貝化石を多産する。本層は飯山採土場・加茂湾東岸・都万湾東岸において、円礫～亜円礫状の主として硬質頁岩・珪藻土からなる

* 石油技術協会49回年会(1984, 秋田)で講演

** 島根大学理学部地質学教室 Department of Geology, Faculty of Science, Shimane University



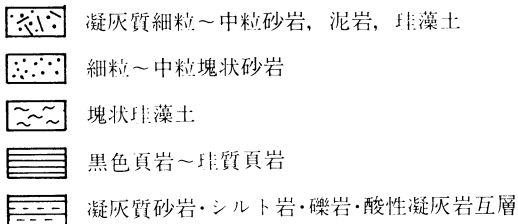
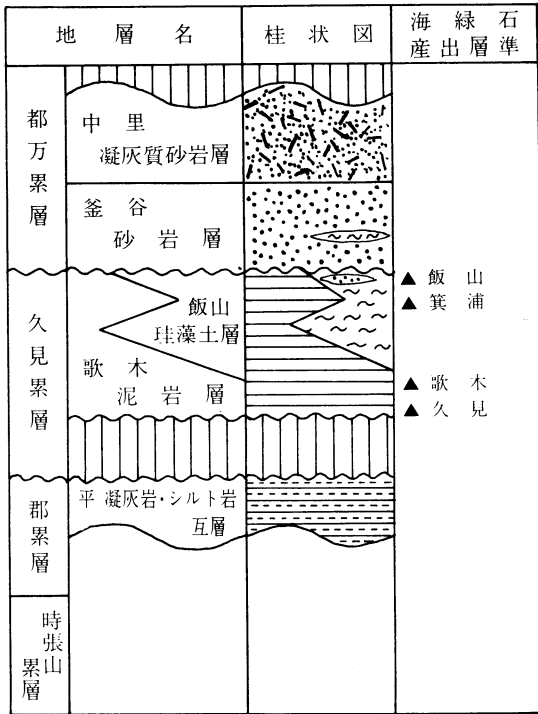
第1図 島後南部地域の地質

- 1. 崖堆積物
- 2. 岬玄武岩溶岩及び同質火砕岩
- 3. 粗面岩岩床
- 4. 隠岐粗面岩流紋岩
- 5. 西郷玄武岩溶岩及び同質火砕岩
- 6. 中里凝灰質砂岩層
- 7. 釜谷砂岩層
- 8. 飯山珪藻土層・歌木泥岩層
- 9. 平凝灰岩シルト岩互層
- 10. 海緑石産出地

細礫～中礫の基底礫を伴い不整合に飯山珪藻土層を被覆しているのが観察される。

中里凝灰質砂岩層は細粒～中粒～粗粒の凝灰質砂岩やシルト岩・珪藻土よりなり、泥岩を挟在する。固結度は比較的低い。

以上の中新統各層を鮮新統以降の西郷玄武岩（アルカリかんらん石玄武岩溶岩および同質火砕岩類）、隠岐粗面岩・流紋岩類（UCHIMIZU, 1966）、岬玄武岩（UCHIMIZU, 1966）などが不整合に被覆している。隠岐粗面岩・流紋岩類は本地域内に広く分布し、流紋



第2図 島後南部地域の中新統及び海緑石産出層準

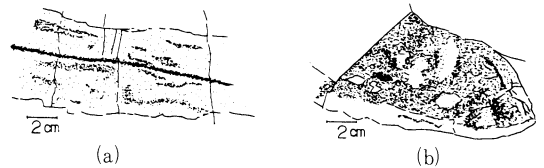
岩溶岩は一般に桃色～白桃色を呈し流理構造の発達したアルカリ流紋岩溶岩・同質火砕岩で西郷玄武岩を不整合に被覆する。岬玄武岩は多孔質で柱状節理のみられるアルカリかんらん石玄武岩溶岩・同質火砕岩類を主とし、しばしば葉理の発達した凝灰岩層を挟在する。

2. 海緑石の産状

隠岐島後では久見（五箇村久見川流域）、歌木（都万村歌木）、箕浦（西郷町箕浦北方の珪藻土採土場）、飯山（西郷町飯山北東山麓の珪藻土採土場）、加茂湾東岸（西郷町加茂）、箕浦海岸（西郷町箕浦在所）の6地区から海緑石の産出が認められる。以上の海緑石産出地の位置は第1図に示されている。以下に海緑石産出地ごとの産状について記述する。

I) 久見： 久見累層の模式地で、ここでは下部砂岩部層（久見砂岩層）と上部泥岩部層（歌木泥岩層に対比）からなり、両者は整合である。久見砂岩層の最上部は細礫から巨礫にいたる淘汰不良の礫岩層で、海緑石はその上位の歌木泥岩層最下部付近の細粒～中粒砂岩層中に濃集している。海緑石粒は生痕らしきものの周縁に濃集したり、海緑石濃集部分と少ない部分とが交互に、全体的にラミナ状に濃集する例も観察される。これはバイオターベーションに濃集したものと思われる。久見の露頭での含海緑石層の厚さは5～6mで、これは濃集する層準が数枚認められる。濃集部位は一般に暗緑色を帯び容易に見わけがつくが、散在部へと漸移している。

II) 歌木： 歌木泥岩層の模式地の末路川流域歌木集落の入口にみられる板状層理を示す頁岩層中に、海緑石を薄層状に挟在している。産出は非常に小規模で厚さ1～10cm程度で極めて稀に塊状のように濃集している例もあるが、他は層理面に沿い濃集している（第3図）。海緑石粒の濃集部と非含有部とは明瞭に区別さ



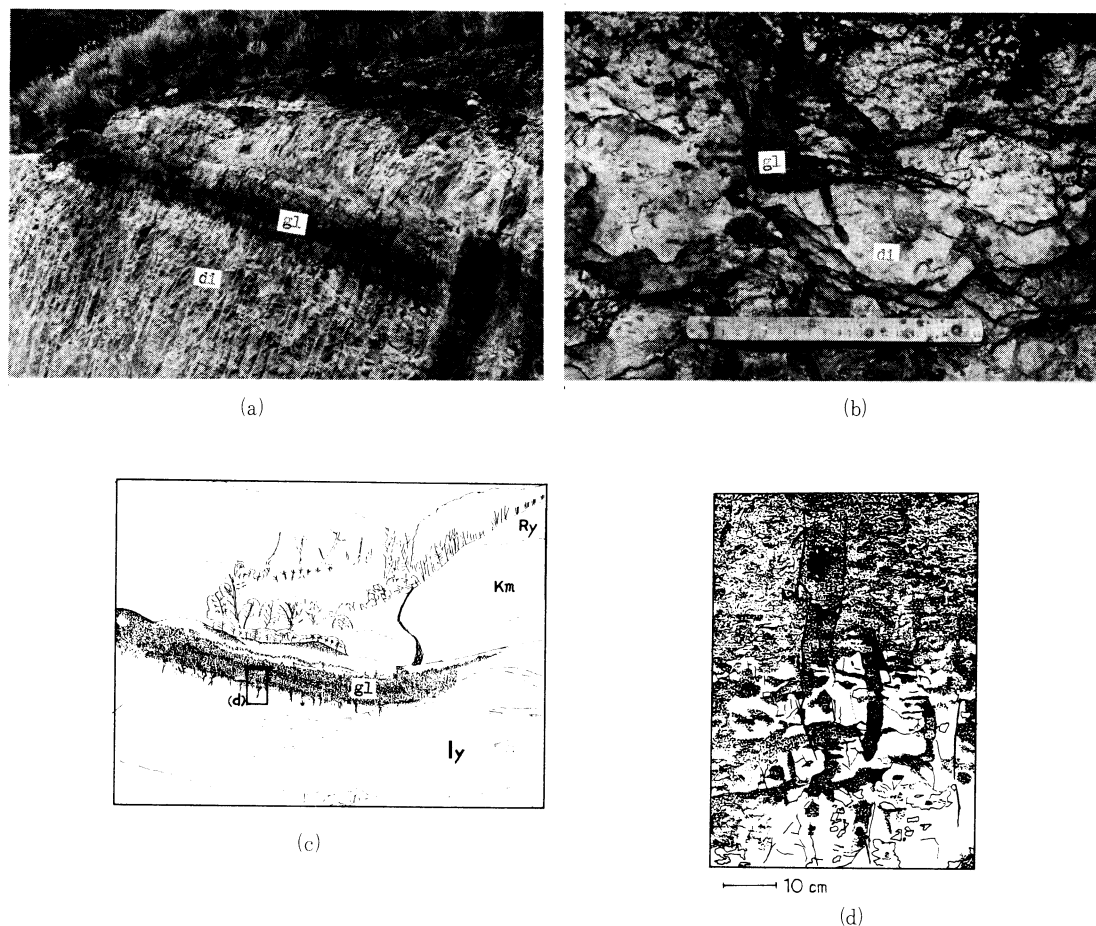
第3図 海緑石の産状（歌木）
(a)層理に沿い濃集、(b)(a)の層理面上の海緑石

れるが、濃集部から散在部へと漸移している。海緑石の濃集部は周囲の母岩（頁岩）と較べ砂質である。いずれにしても、この地区での海緑石の産出、含有状態は非常に少ない。なお、この地区の海緑石粒は細粒で均一化しており、現地で生成したのではなく碎屑物として再堆積した可能性も考えられる。

III) 箕浦採土場： ここでは珪藻土鉱床として現在も採掘・稼行している*。海緑石は久見累層飯山珪藻土層の最上部付近に、厚さ50cm・幅2mほどのレンズ状に濃集し、珪藻土層中に局部的にいわゆる“海緑石砂岩”を形成している。濃集部の規模としては後述の飯山採土場に次ぐ。濃集部は濃緑黒色を呈するが、一般に脆弱で碎けやすい。

IV) 飯山採土場： 既述の如く飯山採土場では、厚さ約30～40m以上の均質な珪藻土層で、箕浦と共に珪藻

* 大田珪藻土商会(株)、商品名オキライト



第4図 海緑石の産状(飯山採土場)

- (a) 海緑石濃集層 gl: 海緑石層, di: 珪藻土層
 (b) 生痕に濃集する海緑石
 (c) 層状海緑石層(厚さ1.2~1.5 m)
 Ry: 流紋岩質火砕岩層, Km: 釜谷砂岩層, gl: 海緑石層, ly: 飯山珪藻土層
 (d) 海緑石砂管の一例(図(c)のdの部分) 黒色部: 海緑石, 白色部: 珪藻土

土鉱床として現在も採掘・稼行している*。ここでの海緑石の濃集部は隠岐島後海緑石産地中、最大規模であり、久見累層飯山珪藻土層の最上部に厚さ1 m前後の層状の海緑石濃集層が3枚確認できる。海緑石層の数m上位には基底礫岩層を伴い都万累層釜谷砂岩層が不整合関係をもって累重している。海緑石の濃集層は暗緑色~濃緑黒色の“海緑石砂岩層”で、その海緑石層の最下部と下位の珪藻土層との境界部は、かなり不規則な形態で接している。すなわち層理面に垂直に

生痕状に海緑石を充てんしている一種の海緑石砂管(glanconite sand pipe)が多数観察される(第4図)。海緑石の濃集部から散在部へは漸移しているが、濃集部と非含有部とは明瞭に区別される。海緑石の濃集層と濃集層の間にも、海緑石粒は多く含有されている。なお、海緑石層からサメの歯の化石が産出した(矢野, 1984)。

V) 加茂湾東岸: ここでも久見累層飯山珪藻土層と都万累層釜谷砂岩層の不整合関係がみられる。海緑石は不整合面直下の珪藻土層中に含まれるが、その規模は非常に小さい。長さ2~3 cm・幅0.5~1 cmほどの不

* ニチライト(株)隠岐工場

規則だ円形状の海緑石粒濃集部がわずかに見られるだけで、それ以外は全て散在型である。

VI) 箕浦海岸：海緑石粒は都万累層釜谷砂岩層に狭在される珪藻土層中に、1～3 cmほどの不規則な小円塊状に濃集部がわずかに見られるだけである。

海緑石のX線分析と化学分析

1. 海緑石粒の分離、試料の調整

海緑石は単一結晶として存在せず、常に微晶集合の細粒であるので、そのため化学分析・X線分析の供試試料の調整にはできるだけ純粋な試料を得ることに次のような手法で注意が払われた。まず、海緑石濃集部から採取した試料を海緑石粒をほどく程度に粉碎し、水洗・乾燥後篩別する。120メッシュ以上のものを超音波洗浄器で表面付着物を除去したあと、さらに水洗・乾燥する。海緑石は鉄成分を多く含むため、アイソダイナミックセパレーターを使用し、鉄分に富まない不純物*を除去する。その後再度篩別し、超音波洗浄器・水洗・乾燥の操作を経て、双眼実体顕微鏡下で海緑石粒を手選した。なお、X線粉末回折の結果、化学分析に供した試料には海緑石以外の鉱物の存在は確認されなかった。

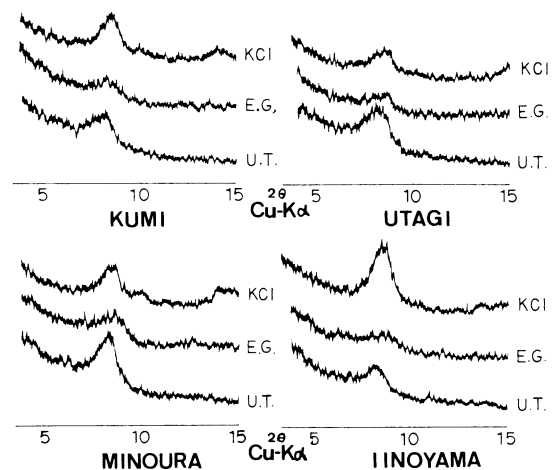
2. 海緑石粒の形態

後述のX線分析・化学分析の試料は久見・歌木・箕浦採土場・飯山採土場の4産地のそれぞれの海緑石濃集部のものを選んだ。双眼実体顕微鏡下での形態は、いずれも暗緑色を呈し、球形・円盤形・だ円体形の結粒状海緑石 (granular glauconite) や微粒の互いに連続集合した集粒状海緑石 (globular glauconite) である。久見と飯山産のものは歌木・箕浦産と比較して粗粒である。表面にはしばしば割れ目があり、不規則な凹凸をなし、凹部に白色の付着物がみられる。このような白色の付着物は久見・歌木・箕浦・飯山産の海緑石粒の全てにみられるが、鉱物かどうかわからない。とくに久見産のものに多い。また飯山産のものには、しばしば黄鉄鉱の微晶粒が付着している。なお、薄片の観察で久見産のものには、海綿骨針や珪藻の空隙を充填している海緑石 (infilling glauconite) もみられる (島田, 1982)。

3. X線粉末回折

双眼実体顕微鏡で手選した試料をめのう乳鉢で充分

にすりつぶしたあと、無処理方位・エチレングリコール処理・塩化カリウム処理のX線測定を行った。久見・歌木・箕浦・飯山産試料のそれぞれのX線回折曲線を第5図に示した。



第5図 X線回折曲線

KCI 塩化カリウム処理, E.G. エチレングリコール処理, U.T. 無処理方位

島後産海緑石の回折線はいずれもそのピークが弱く、幅広く非対称を示している。しかし、塩化カリウム処理・エチレングリコール処理と無処理方位試料の回折線を比較してみると、ピークがわずかであるが移動しており、膨潤層がわずかに認められた。BURST (1958) の分類によると、不規則型海緑石 (disordered glauconite) に相当する。

4. 化学分析

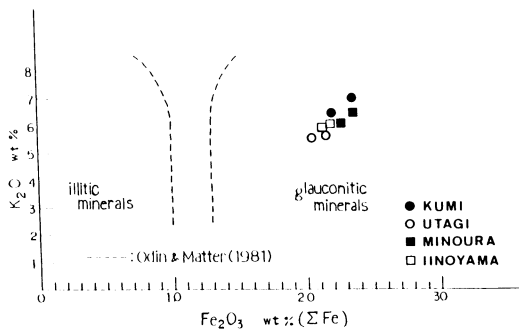
久見 (K-1, K-2), 歌木 (U-1, U-2), 箕浦採土場 (M-1, M-2), 飯山採土場 (I-1, I-2) からの8試料を蛍光X線 (日本電子社JSX-60S7) で全分析した。なお、FeOは過マンガン酸カリウム溶液による滴定で求めた。分析値を第1表に示す。

海緑石化作用が進行すると、海緑石に含まれているFe₂O₃, MgO, K₂Oが増加し、Al₂O₃, H₂Oが減少する傾向があることを、相田 (1968) が能登半島珠洲地域産の海緑石の化学分析値から、BURST (1958)・HOWER (1961) の海緑石化作用のモデルを引用し、分析値の傾向を膨潤層の割合の関係も含めてそのモデルを立証している。隠岐島後産各地の化学分析値にも、そのような傾向がみられる。いずれにしてもK₂Oは海緑石化作用の良いめやすになり、隠岐島後産のものは

* 不純物分としては石英・長石などの鉱物片、火山ガラス片、有孔虫化石、海綿骨針片などが見られた。

第1表 海緑石の化学分析値

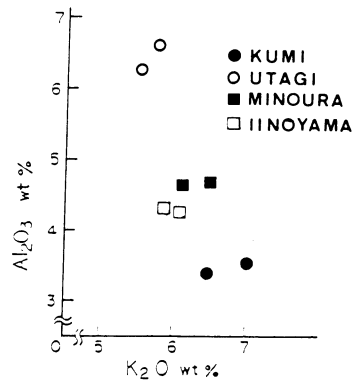
	KUMI		UTAGI		MINOURA		IINOYAMA	
	K-1	K-2	U-1	U-2	M-1	M-2	I-1	I-2
SiO ₂	52.46	50.17	51.61	49.92	51.30	50.75	53.16	52.82
TiO ₂	0.17	0.24	0.24	0.29	0.24	0.31	0.16	0.23
Al ₂ O ₃	3.57	3.38	6.61	6.21	4.67	4.63	4.27	4.33
Fe ₂ O ₃	22.50	19.99	20.60	19.39	22.60	21.40	20.76	21.01
FeO	1.04	2.15	0.85	1.13	0.95	1.18	1.41	0.63
MnO	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
MgO	4.01	3.56	3.70	3.33	3.53	3.23	4.05	3.75
CaO	tr	0.22	0.11	0.35	tr	0.21	0.01	0.20
Na ₂ O	0.97	tr	0.12	0.02	0.33	0.09	0.31	0.05
K ₂ O	7.01	6.47	5.78	5.53	6.50	6.13	6.07	5.88
P ₂ O ₅	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.04	0.04	0.04
H ₂ O	4.83	5.26	6.12	6.20	5.24	5.40	6.00	5.06
H ₂ O	3.55	6.90	4.89	7.41	4.34	5.31	4.15	5.25
Total	100.39	98.44	100.73	99.87	99.86	98.68	100.39	99.25

第6図 海緑石の Fe₂O₃ (ΣFe) — K₂O

5.53~7.01%, 平均6.71%である。

I) Fe₂O₃ (ΣFe) — K₂O の関係： 第6図において島後産の8試料は一般に Fe₂O₃ (ΣFe) の増加と共に K₂O も増加している。ODIN and MATTER (1981) は glauconitic minerals と illitic minerals との間に、第6図のような不混和領域が存在すると主張したが、三木・福岡 (1983) は最近、北部九州第三紀層産海緑石について EPMA により約 230 点の分析を行い図にプロットし検討した結果、不混和領域はかならずしも支持していないようにみえると述べている。島後産の分析値はわずか8試料であるが、全て glauconitic minerals の限られた域を占めている。

II) K₂O — Al₂O₃ の関係： 海緑石化作用が進むと K₂O は増加し、Al₂O₃ は減少するが、島後産海緑石

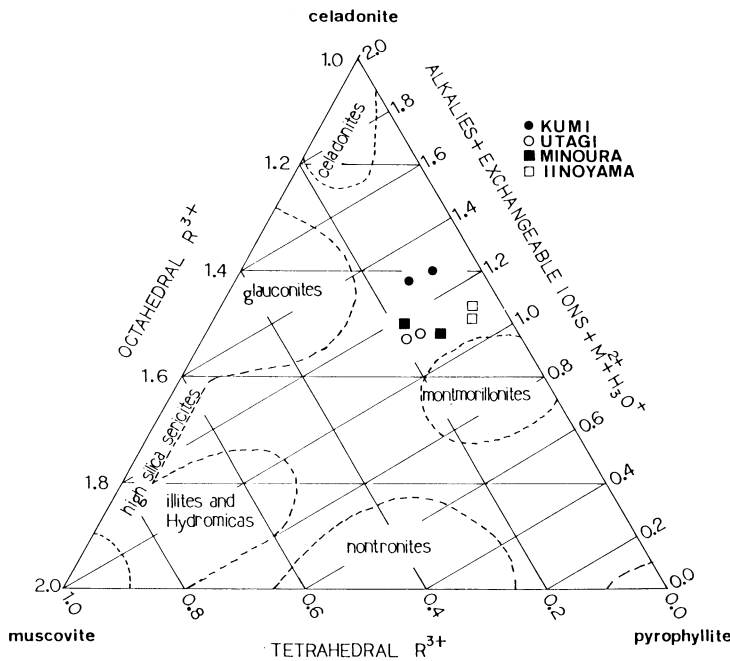
第7図 海緑石の K₂O — Al₂O₃

の分析値は第7図のようになる。歌木産海緑石は最も Al₂O₃ に富むが K₂O に乏しく、久見産海緑石は逆に Al₂O₃ に乏しく K₂O に富んでいる。飯山・箕浦産のものはそれらの中間を占めている。

III) celadonite — muscovite — pyrophyllite 三角ダイアグラム中の島後産海緑石の分布： 8試料の分析値から計算した海緑石の構造式を第2表に示す。これらの構造式から求めた原子比を YODER and EUGSTER (1955) の celadonite — muscovite — pyrophyllite 三角ダイアグラムにプロットした (第8図)。海緑石化作用が進むと一般に montmorillonite 領域から glauconite 領域へ移動するのだが、島後産のものは glauconite

第2表 海緑石の構造式

- K-1** ($K_{0.65}Na_{0.14}$) ($Fe_{1.24}^{3+}Al_{0.18}Fe_{0.07}^{2+}Mg_{0.44}$) ($Si_{3.87}Al_{0.13}$) $O_{10}(OH)_2$
K-2 ($K_{0.64}Ca_{0.02}$) ($Fe_{1.17}^{3+}Al_{0.23}Fe_{0.14}^{2+}Mg_{0.42}$) ($Si_{3.92}Al_{0.08}$) $O_{10}(OH)_2$
U-1 ($K_{0.54}Na_{0.02}Ca_{0.01}$) ($Fe_{1.14}^{3+}Al_{0.39}Fe_{0.05}^{2+}Mg_{0.41}$) ($Si_{3.81}Al_{0.19}$) $O_{10}(OH)_2$
U-2 ($K_{0.54}Ca_{0.03}$) ($Fe_{1.12}^{3+}Al_{0.40}Fe_{0.07}^{2+}Mg_{0.39}$) ($Si_{3.84}Al_{0.16}$) $O_{10}(OH)_2$
M-1 ($K_{0.61}Na_{0.05}$) ($Fe_{1.27}^{3+}Al_{0.23}Fe_{0.06}^{2+}Mg_{0.40}$) ($Si_{3.82}Al_{0.18}$) $O_{10}(OH)_2$
M-2 ($K_{0.60}Na_{0.02}Ca_{0.02}$) ($Fe_{1.23}^{3+}Al_{0.29}Fe_{0.07}^{2+}Mg_{0.37}$) ($Si_{3.87}Al_{0.13}$) $O_{10}(OH)_2$
I-1 ($K_{0.57}Na_{0.04}Ca_{0.00}$) ($Fe_{1.15}^{3+}Al_{0.32}Fe_{0.09}^{2+}Mg_{0.45}$) ($Si_{3.95}Al_{0.05}$) $O_{10}(OH)_2$
I-2 ($K_{0.56}Na_{0.01}Ca_{0.02}$) ($Fe_{1.17}^{3+}Al_{0.32}Fe_{0.04}^{2+}Mg_{0.42}$) ($Si_{3.94}Al_{0.06}$) $O_{10}(OH)_2$



第8図 Celadonite—muscovite—pyrophyllite
 ダイアグラム中の島後産海緑石の分布

の組成範囲から全てはずれ、両領域の中間を占めている。この三角ダイアグラムの glauconite 領域は理想的な組成範囲で問題は残るが、海緑石の化学組成は複雑で、これまで種々と異論がある。その主な原因は試料の調整でも述べた如く、海緑石は単一結晶として存在せず、常に微晶集合の細粒であるので純粋な試料を得るのが困難であることに起因している。したが

って海緑石の化学組成にも大きな幅が認められるので glauconite 領域に含まれていないから海緑石ではないということはない。また、海緑石の類似鉱物に celadonite があるが、ダイアグラムの celadonite 領域から大きくはずれており、隠岐島後産のものは celadonite でないことは生成環境の相違からも明らかである。なお、glauconite の鉱物学的名称については、既述の ODIN and MATTER(1981) が提唱した glauconitic minerals (glauconitic smectite~glauconitic mica) と呼称したほうがよいのかもしれない。

あ と が き

——飯山地区の“海緑石鉱床”
 としての可能性——

本稿では、山陰グリーンタフ地域の隠岐島後産海緑石について、産状と化学分析の結果に重点をおいて記載したが、久見、歌木、箕浦、飯山地区のなかで、飯山地区の珪藻土採土場の層状の海緑石濃集層を、“海緑石鉱床”の可能性として注目している。

海緑石を含む地層は、主としてグリーンタフ地域の中新世地層に広く分布しているが、海緑石はカリ肥料として、また、イオン交換性の利用(硬水の軟化など)として価値のある資源でもある。海緑石の濃集してい

る地層は“海緑石鉱床”の対象となり、わが国でも以前に、北海道宗谷（八木，1940），青森県鱒ヶ沢（藤井，1962），秋田県藤琴（KADOTA，1955；本多，1961；平山・角，1963），山形県西田川（本多・清水，1962），能登半島の各所（地質調査所，1951）などで、海緑石鉱床としての調査が行われた。これらの文献によると、いずれも小規模であるが、露天掘や一部坑道掘で採掘され、大部分カリ肥料として用いられた記録はあるが、現況は不明である。上記各地の海緑石鉱石としての品位は、 K_2O 2～3%土で、いずれも低品位である。これらと較べて、飯山地区の海緑石濃集層は暗緑色～濃緑色の海緑石粒の密な砂岩層で、海緑石の K_2O は6.07%（I-1），5.88%（I-2）で、比較的高品位のものになる。また、鉱量的にみると、飯山採土場では厚さ1m前後の層状～レンズ状の海緑石濃集層が3枚確認され、西南方向に2～3°と緩く傾斜しているが、下位の現在稼行中の珪藻土層の採掘展開により、海緑石濃集層の拡大も予想される。

品位（ K_2O ）と鉱量の面から、飯山地区の海緑石粒の濃集層を、“海緑石鉱床”としての可能性について言及した。現在では、海緑石のカリ肥料としての利用は工業的、農業的に、ほとんど利用されていないが、ゼオライトとともにイオン交換性を利用して、用途開発が期待される。

謝辞： 本稿を草するにあたり、隠岐島後の地質調査や海緑石について、当初から御教示いただいた本学の久保雅弘教授と、蛍光X線分析について御指導いただいた飯泉 滋助教授に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 相田 毅，1968：北陸新第三系中の海緑石の鉱物学的研究，新潟大学理学部地質鉱物学教室研究報告，**2**，1-16。
- BURST, J. F., 1958：“Glauconite” pellets: Their mineral nature and applications to stratigraphic interpretations. *A. A. P. G. Bull.*, **42**, 310-327.
- 地質調査所，1951：日本鉱産誌 II（主として化学工業原料・肥料原料となる鉱石）
- 藤井敬三，1962：青森県岩木村および鱒ヶ沢町の海緑石，東北の工業用鉱物資源，**2**，301-305。
- 平山次郎・角 清愛，1963：5万分の1地質図幅「鷹巣」，同説明書，地質調査所
- 本田朔郎，1961：秋田県藤里町藤琴の海緑石，東北の工業用鉱物資源，**1**，272-274。
- 本多明郎・清水貞雄，1962：山形県西田川郡および鶴岡市の海緑石，**2**，306-318。
- HOWER, J., 1961：Some factors concerning the nature and origin of glauconite. *Amer. Mineral.*, **46**, 314-334.
- KADOTA, O., 1955：The mineral glauconite from Fujikoto-mura, Akita Prefecture. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **62**, 145-150.
- 三木 孝・福岡正人，1983：北部九州の第三紀層に含まれる“海緑石”，石油技協誌，**48**，217-226。
- ODIN, G. S. and MATTER, A., 1981：De glauconiarum origine. *Sedimentology*, **28**, 611-641.
- 大久保雅弘，1981：隠岐・島後の中新統化石層。島根大理紀要，**15**，125-137。
- 島田昱郎，1982：西黒沢階——女川階の環境変遷にまつわる2・3の問題，、西黒沢期に関する諸問題討論会（日本地質学会第89年学術大会，1982，新潟）資料，135-140。
- UCHIMIZU, M., 1966：Geology and petrology of alkali rocks from Dogo, Oki Islands. *Jour. Frc. Sci. Univ. Tokyo*, **16**, 85-159.
- 八木次男，1940：海緑石鉱床調査報告，地学雑誌，**52**，493-509。
- 山崎博史，1984：隠岐島後の中新統
- 矢野寛幸，1984：隠岐島後南部の地質とくに新第三系中の海緑石について，島根大学卒論（手記）。
- YODER, H. S. and EUGSTER, H. P., 1955：Synthetic and natural muscovites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **8**，225-280。