

平成 22 年 5 月 19 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2009

課題番号：18540469

研究課題名（和文） 円石藻類の炭酸塩殻における形態の光学的特徴に関する研究

研究課題名（英文） Research on optical property of shape of coccolith

研究代表者

古川 登 (FURUKAWA NOBORU)

千葉大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号：40251194

研究成果の概要（和文）：

円石藻類の炭酸塩殻の形態が光学的にどのような特徴を持つのかを明らかにするために、方解石の紫外-可視-赤外光領域での透過スペクトルの取得を試みた。その結果、赤外領域の吸収には、結晶方位による顕著な異方性があり、その異方性は、c軸まわりに回転対称として扱うことができることが分かった。実際の円石藻類の殻を用いた測定でも、それを支持する結果が得られた。

研究成果の概要（英文）：

It aimed to clarify what feature the shape of the coccolith had in optics, UV-VIS-IR spectrum of calcite single crystal were measured. In the absorption of the infrared region, there is remarkable anisotropy by the crystallographic orientation. The anisotropy can be treated as a rotational symmetry around c axis. The result of supporting it was obtained even for the measurement that used coccolith of nature.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,100,000	0	2,100,000
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	300,000	90,000	390,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,600,000	450,000	4,050,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：円石藻類，方解石，光学的性質，赤外吸収

1. 研究開始当初の背景

円石藻類は、石灰質殻を付けて浮遊する植物プランクトンの代表的存在である。その殻の形態は正十二面体、朝顔の花びら状、五ないし六本のヒトデ状など複雑かつ多様にわたっているが、形態、機能、殻の形成機構など不明なことが多い。特に、化石種においては、その1個体の正確な形態すらつかめていないのが現状である。そのため、その形態の持つ意味については物理的、化学的なものを含めさまざまな要因が推定されている。その一つとして、現生種の観察において、海面に近い深度に生息する円石藻類は、複雑な形態の殻を持つものが多いのに対し、50m程度の円石藻類にとって深い深度に生息するものは、比較的単純な形態の殻を持つ傾向があることがわかってきた。この理由として、深い深度に生息する種は、太陽光が減衰した環境にあるため、殻を集光装置として利用しているのではないかという仮説が出されている。そこで、海面付近に生息する種と、より深い水深に生息する種の殻の光学的特性に注目することとした。

2. 研究の目的

円石藻類は、大きさ数10nm～数 μm の微小な方解石結晶が組み合わさって出来ている炭酸塩殻の化石である。

この化石を作り出した藻類は三畳紀末に出現し、現在までにいろいろな形態の石灰質ナノ化石種を多数生み出している。ところが、個体を構成する方解石結晶に着目すれば、一見複雑に見える石灰質ナノ化石も、光学的性質の異なるいくつかの結晶と、その組み合わせでできていることがわかってきた。

そこで、本申請ではこの殻の形態と光学的機能を明らかにすることを目的とする。

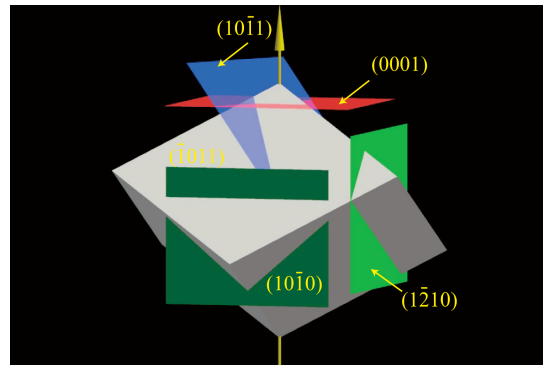
3. 研究の方法

1) 方解石の紫外-可視-赤外光領域での透過率データの取得。

円石藻類の殻の光学的機能を明らかにするためには、その基礎データとして、方解石の光学的異方性が、さまざまな波長の光の透過率にどのように影響するかを知る必要がある。

そこで、方解石結晶を特定の方位(C軸に垂直あるいは平行)を持ち、分光器のセルにあわせた角柱状に加工し、紫外可視分光光度計および赤外分光計を用いて、紫外から

赤外までの範囲の波長の透過率を測定する。測定した結晶面を以下に示す。



(0001): C軸に垂直

(1011): へき開面

(1210): C軸//かつへき開面に垂直

(1010): C軸//かつa2//

(1011): へき開面に垂直かつC軸に平行でない

方解石結晶単体での測定に加え、円石藻類の環境に合わせた条件、すなわち、厚さによる効果、海水に浸漬した場合の影響に関する測定も行う。

2) 円石藻類の殻の形態の精密測定

1) と平行して、対象とする円石藻類の殻の結晶学的方位の特定を行う。

透過型電子顕微鏡(TEM)(現有設備)による制限視野回折法を用いた解析と、溶液成長を利用した殻の表面へ方解石をエピタキシャル成長させる方法を併用する。

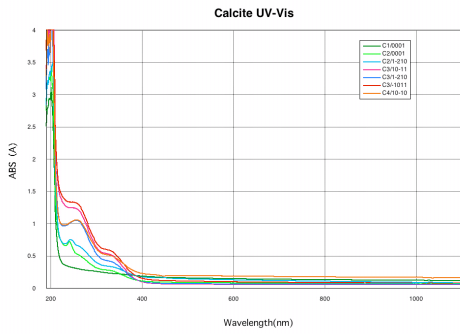
3) 殻を通過する光のシミュレーション解析

光学シミュレーション用コンピュータソフトウェアを開発し、任意の殻の形態を設定し、そこに任意の方向から光を透過させたときの光路を計算し、その結果を可視化する。

4. 研究成果

(1) 紫外および可視光領域の透過光の異方性

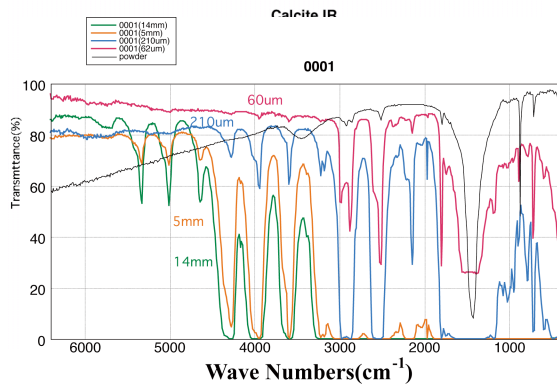
次図は方解石の紫外および可視光領域の吸光度の測定結果である。



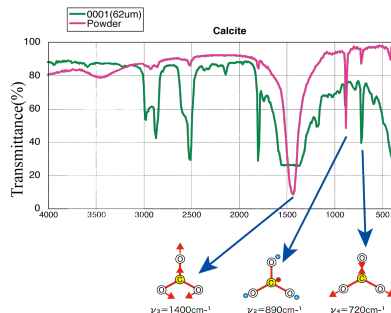
可視領域では吸収ピークは存在せず、80%以上の透過率を示す。また、吸収パターンは結晶方位による異方性はみられない。紫外領域では400nmより短波長になると急激に吸光度が大きくなり、350nm 260nm に吸収のピークが見られたが、結晶方位による異方性よりもこの試料の個体差による影響のほうが大きい。

(2) 方解石の赤外光領域の透過光の異方性

赤外領域では、吸収が非常に強く、試料が10mm程度の試料では、通常のKBr錠剤法による吸収パターンと異なり、400-3000 cm^{-1} の範囲では赤外線はほとんど吸収され、スペクトルが得られなかった。一方、3000-7900 cm^{-1} の範囲では、倍音と思われる吸収ピークが多数みられ、これらのピークには結晶方位による明瞭な異方性がみられた。



方解石の赤外波長領域の吸収と振動様式

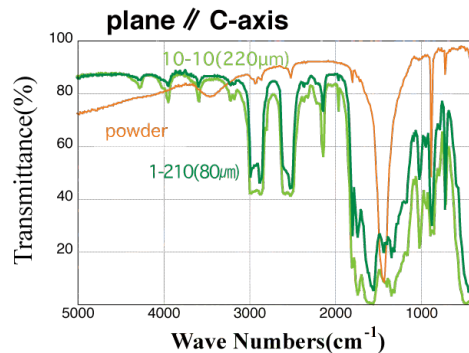
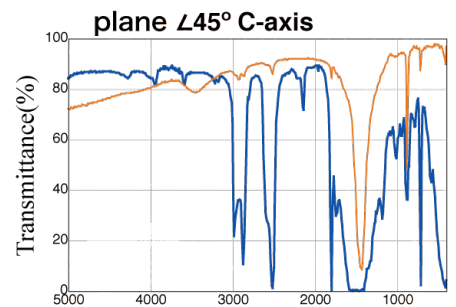
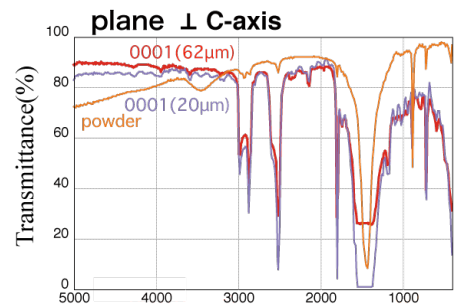


このため、試料の厚さを薄くし、吸収スペクトルの測定条件を変更するなどの、測定方

法の改良を試みた。その結果、約100 μm よりも厚さが小さい試料であれば、吸収スペクトルを得られることがわかった。

天然の方解石結晶から、[0001], [10-11], [10-10], [1-210], [-1011]を切り出し、各面の赤外領域における吸収特性を測定した。各面は3 μm のダイヤモンドペーストまで研磨した。測定には、日本分光製 FT-IR300 を使用した。測定範囲は、7900-400 cm^{-1} (1266-2500nm)である。

得られた吸収パターンは、顕著な異方性が見られ、粉末法による吸収パターンと比べ、劈開面方向およびC軸方向では ν_2 と ν_4 と吸収強度が逆転する。C軸に垂直な方向では、粉末法では、強い一本のピークに見える吸収が、複数のピークに分離する。これは方解石の CO_3^{2-} イオンの対称が低下することによって考えられる。



(3) 円石藻類の石灰質殻の赤外透過スペクトル

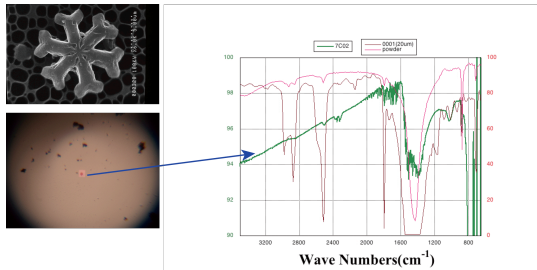
ル

方解石の単結晶による赤外透過スペクトルの結果を実際の円石藻類のコッコリスに適用するため、Discoaster 属、Retocolofenestra 属、Braarudosphaera 属の殻の赤外吸収パターンを赤外顕微鏡を用いて測定し、方解石単結晶の結果と比較した。

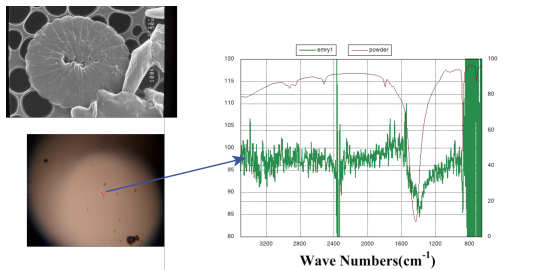
試料は、CaF₂の円盤状に、試料を水ひでマウントし、石灰質殻1個の赤外吸収パターンを得た。Discoaster 属、Retocolofenestra 属の試料はODP31次航海によるフィリピン海沖の試料を用いた。測定には、日本分光製FT-IR300と顕微赤外付属装置MICRO-20を使用した。測定範囲は、4000-850cm⁻¹(11.8-2.5 μm)である。

Discoaster 属、Retocolofenestra 属の吸収パターンは、粉末法で測定した場合にもっとも強く吸収がみられる1500cm⁻¹付近に現れるピークが2~3本に分離する。

Discoaster 属は、5ないし6本の腕が湾曲した傘の骨組のような形態をしており、c軸は傘の柄の方向である。したがって、[0001]面の吸収パターンでは、同様のピーク分離がみられること期待されるが、単結晶のパターンでは1500cm⁻¹付近のピークは吸収が強すぎたため、確認することができなかった。



また、この付近のピークが分離する現象は、非晶質な方解石の場合に報告されているが、円石藻類の殻に非晶質成分が含まれるかはさらに検討が必要であろう。



Retocolofenestra 属も v3 付近の吸収が複数のピークに分離する。

Braarudosphaera 属は、殻の大きさが差し渡し10μmと小さかったため、十分な精度のスペクトルを得ることができなかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

1. 森田秀彦, 廣井 美邦, 古川 登 "泥質変成岩の部分融解におけるアルカリ長石と斜長石の花崗岩質メルトへの溶解過程", 査読有, 岩石鉱物科学, {37}, 96-109, (2008).

2. Kameo, K., Okada, M., El-Masry, M., Hisamitsu, T., Saito, S., Nakazato, H., Ohkohchi, N., Ikehara, M., Yasuda, H., Kitazato, H. and Taira, A., 2006, Age model, physical properties and paleoceanographic implications of the middle Pleistocene core sediments in the Choshi area, central Japan. Island Arc, 15, 366-377.

[学会発表] (計5件)

1, Furukawa, N, Kameo, K, EMPG XI "Crystallographic direction of coccolith elements of the marine alga Braarudosphaera and its fossil group, Discoaster spp", 2006年, Bristol, GB.

2. Furukawa, N, Kameo, K, IMA 2006 "Crystallographic direction of coccolith elements of the marine alga Braarudosphaera and its fossil group, Discoaster spp", 2006年, Kobe, Japan

3. 古川 登 "方解石結晶における紫外-可視-赤外光の透過率の異方性", 日本鉱物科学会 2007年度年会, 2007年9月24日, 東京大学

4. 古川 登 "方解石結晶における赤外光の透過率とその異方性", 日本鉱物科学会 2008年度年会 2008年9月22日, 秋田大学

5. 古川 登 "円石藻類の石灰質殻の赤外光透過スペクトル", 日本鉱物科学会 2009年度年会, 北海道大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古川 登 (FURUKAWA NOBORU)

千葉大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号：40251194

(2) 研究分担者

亀尾 浩司 (KAMEO KOJI)

千葉大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：00312968

(H19→H20：連携研究者)

大須賀 敏明 (OSUGA TOSHIAKI)

千葉大学・フロンティアメディカル工学研究

開発センター・准教授

研究者番号：80223816

(H19→H20：連携研究者)