

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 14 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22540463

研究課題名（和文）石油根源岩評価のための花粉化石のカラー画像解析

研究課題名（英文）Petroleum source rock evaluation by means of color image processing of fossil pollen

研究代表者

氏家 良博（UJIIE YOSHIHIRO）

弘前大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：50151858

研究成果の概要（和文）：加熱により人工的に有機熟成させた現生クロマツ花粉、及び 5 本の基礎試錐から採取した化石有翼型花粉を顕微鏡用カメラで撮影し、その色調をカラー画像解析した。得られた RGB の各強度と明度は加熱温度や試料の深度とよい相関を示し、さらに有機熟成指標であるビトリナイトの反射率とも強い逆相関を示す。これらの事実は化石花粉の色調が有機熟成指標となり得る可能性を示唆する。

研究成果の概要（英文）：Change in color of living pollen heated, and fossil pollen in muddy stone from five boreholes was measured with a color image processor. Each intensity of R, G and B, and brightness of pollen have a good correlation to heating temperature or depth of sample. Color indices of fossil pollen inversely correlate with vitrinite reflectance, so they have potential for a parameter of organic maturity.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,200,000	600,000	2,800,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	900,000	4,100,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：石油、天然ガス、探鉱、有機熟成、花粉、色調、画像解析

## 1. 研究開始当初の背景

顕微鏡下で花粉や胞子の色が、続成作用に伴い黄色→橙色→褐色→黒色へと変化する事実は 19 世紀から知られていた。しかし、その色を判定する基準はカラーチャートであり、定性的で主観的で評価は低かった。

Yule ら（1998）は顕微鏡下で化石胞子の色調を測定し、その RGB 値が有機熟成指標であるビトリナイトの反射率やロックエバル熱分解における Tmax と相関関係を持つことを公表した。しかし、その関係は彼らが測定し

た英国ランカシャー州 Thistleton 試錐、1 坑井の試錐内でのみ成り立ち、他地域では成り立たないと同論文で結論した。Yule ら（1998）の結論が正しければ、カラー画像解析した花粉や胞子化石の色調は有機熟成指標にはなりえず、その後花粉や胞子化石の色調を利用した有機熟成に関する論文は公表されていない。

申請者は、Yule ら（1998）が対象とした胞子花粉に問題があると考えた。現生種でも胞子や花粉を顕微鏡下で観察するとその色調

に差がある。属や種を特定せず孢子全体を対象として色調測定すれば、同一熟成度でもその測定値に差が出るのは自明と思われる。そこで、申請者は、色調測定する対象を絞り、花粉や孢子の属を特定すれば、それらの色調が有機熟成に伴い分散せずに規則正しく変化して、有機熟成指標に成り得ると考えた。

## 2. 研究の目的

人工的に加熱し、有機熟成シミュレートした現生花粉、及び堆積岩から取出した花粉や孢子化石を顕微鏡下で写真撮影する。そのデータをデジタル化してパソコン内に取り込み、カラー画像解析(Color Image Analysis)用のソフトウェアを利用し、それらのRGB強度、明度、彩度、色相を測定する。

測定された花粉の色調の数値と加熱温度や埋没深度との関係を調べ、さらに他の有機熟成指標、例えばビトリナイトの反射率やロックエバル熱分解における Tmax との相関関係を調べ、花粉や孢子化石を含む石油根源岩の有機熟成度、すなわち続成作用の程度を解明することを目的とする。石油根源岩の有機熟成指標には種々のものが存在するが、現在万能なものではなく、数多くの指標で有機熟成度を分析しクロスチェックすることが普通である。したがって、本研究のような、新たな有機熟成指標の確立は石油探鉱においては極めて重要である。

## 3. 研究の方法

以下の順序で研究を行った。

(1) 日本の新生界に普遍的な化石花粉を選び出し、その現生花粉を人工加熱して有機熟成シミュレーションを行う。

(2) カラー画像解析で加熱した花粉の色調を測定し、加熱温度や加熱時間に対する変化を調べる。

(3) 試錐の泥岩試料から(1)で特定した花粉の属に所属する花粉化石を顕微鏡下で探し出し、その画像をカラー画像解析する。

(4) 化石花粉のカラー画像解析で測定した色調の値と他の有機熟成指標との相関を調べ、続成作用(有機熟成)の段階、特に石油生成段階でのそれらの値の変化を検証する。

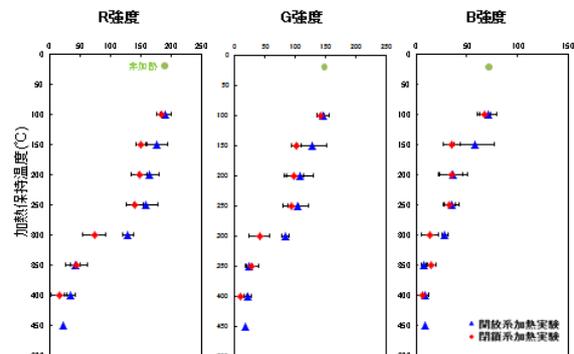
(5) さらに数本の試錐において、層序に伴う化石花粉の色調測定値の変化傾向を明らかにし、他の有機熟成指標及び石油生成段階との相関も検討する。

## 4. 研究成果

以下のような研究成果をあげた。

(1) 新生界に普遍で、識別がしやすい花粉

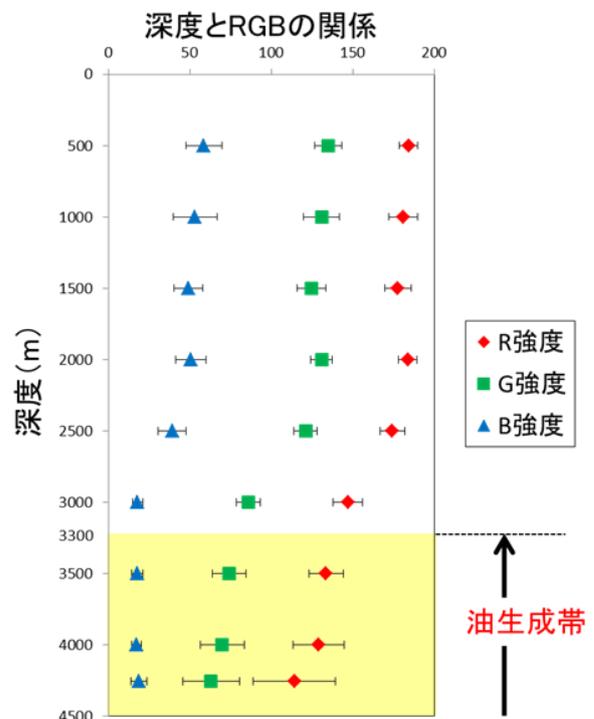
として、具体的にはマツ属、マキ属、モミ属、トウヒ属の有翼型花粉を測定対象とした。現生クロマツ花粉を閉鎖系及び開放系で加熱実験し、顕微鏡下で測定した色調のRGBの各強度の変化を下図に示す。いずれも加熱温度の上昇に伴い規則的で不可逆的に減少する。



閉鎖系及び開放系加熱を行った現生クロマツ花粉のRGB強度の変化

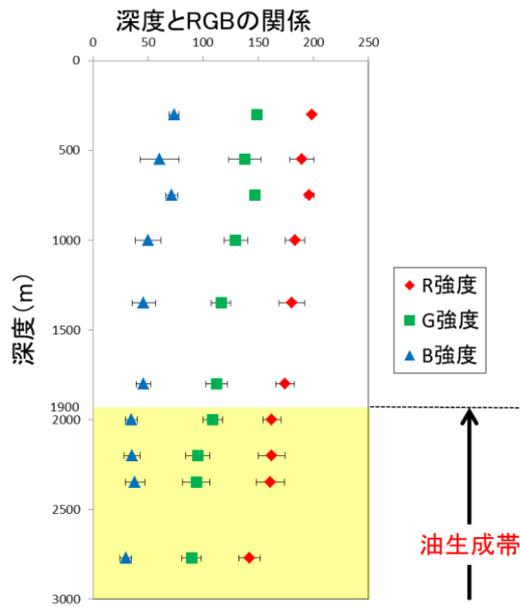
(2) 次に、試錐試料から分離した有翼型花粉化石の色調測定を行った。各試錐から採取された有翼型花粉の色調変化を下図に示す。花粉化石を採取した試料の深度の増大に伴い、やはり規則的で不可逆的に減少する傾向が明白である。

### ① 基礎試錐「新竹野町」



基礎試錐「新竹野町」のRGBの各強度の変化

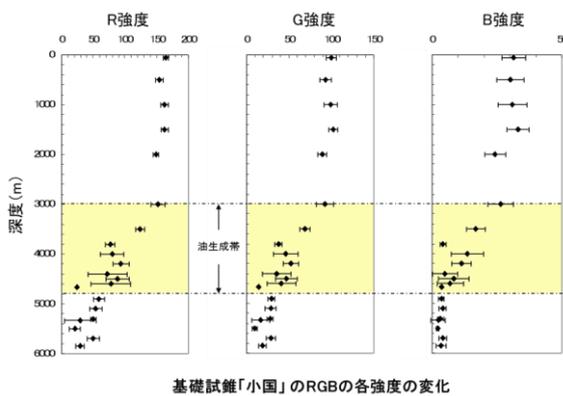
② 基礎試錐「西頸城」



基礎試錐「西頸城」のRGBの各強度の変化

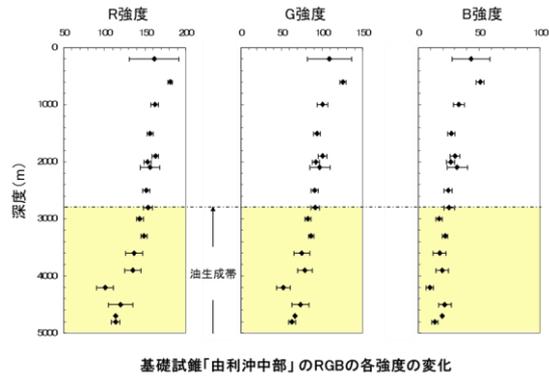
③ 基礎試錐「小国」

基礎試錐「小国」では、未熟成帯(ビトリナイト反射率<0.5%)から石油生成帯(0.5%<ビトリナイト反射率<1.3%)を超えて過熟成帯(ビトリナイト反射率>1.3%)まで幅広い段階の有機成熟が観察される。深度4600m以深の過熟成帯ではRGB強度の規則的な減少傾向を認めることはできない。



基礎試錐「小国」のRGBの各強度の変化

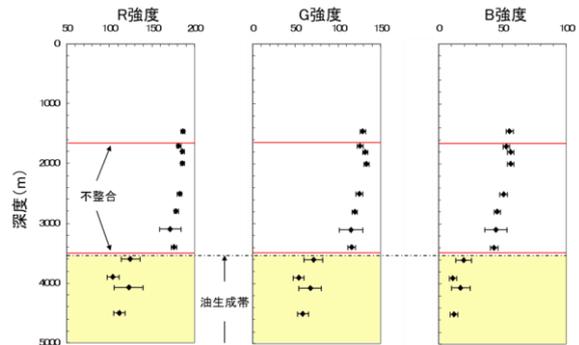
④ 基礎試錐「由利沖中部」



基礎試錐「由利沖中部」のRGBの各強度の変化

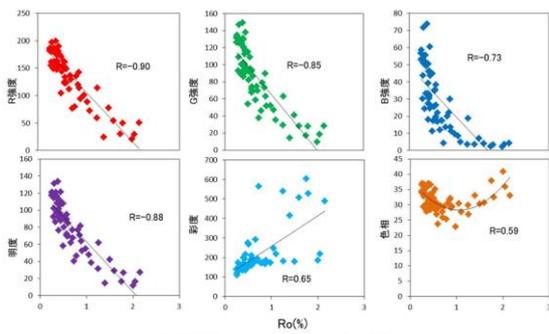
⑤ 基礎試錐「三陸沖」

基礎試錐「三陸沖」では、深度1683mと3534mに大きな不整合が発達しており、深度3534mの不整合によりRGB各強度の連続性が断たれている。これは不整合による堆積作用の時間的間隙を反映したものと推定される。



基礎試錐「三陸沖」のRGBの各強度の変化

(3) 測定した基礎試錐5坑における全ての有翼型花粉の色調測定値と、最も信頼される有機成熟指標であるビトリナイト反射率との相関を調べると下図のようになる。RGBの各強度と明度は、相関係数が-0.73以下と、ビトリナイトの反射率と強い逆相関を示す。特に、RとGの強度、及び明度は-0.85以下の強い逆相関を示し、これらが新しい有機成熟指標となり得る可能性を示唆する。



色調とRoの全体の相関

(4) 石油探鉱で重要な石油根源岩評価、特に石油生成段階の推定に、有翼型花粉の色調が利用できるか否かを判断するために以下の比較検討を行った。

ビトリナイトの反射率の値では、0.5%が石油生成段階の初め、すなわち石油生成敷居点といわれている。ビトリナイトの反射率から推定した、各基礎試錐で油が生成した深度、すなわち石油生成敷居点におけるRGBの各強度と明度の値を比較してみると下表のようになる。

石油生成敷居点におけるRGBの各強度と明度の値

試料	石油生成敷居点 (Ro=0.5%)の深度	R 強度	G 強度	B 強度	明度
基礎試錐 「新竹野町」	3300m	147~134	86~74	18	76~70
基礎試錐 「西頸城」	1900m~2000m	175~163	113~109	38~35	105~93
基礎試錐 「小国」	3000m	153~149	92~90	26~24	90~86
基礎試錐 「由利沖中部」	2800m	154~144	91~82	25~17	88~80
基礎試錐 「三陸沖」	3400~3600m	174~125	116~71	35~20	109~72

これらの値から石油生成敷居点でのRGBの各強度と明度の範囲をまとめると以下の表になる。

石油生成敷居点 (Ro=0.5%) での有翼型花粉の色調の測定値

R強度	125~175
G強度	71~116
B強度	17~38
明度	70~109

(5) 以上の測定結果から次の様に結論が導かれる。

有翼型花粉の色調の内、RGBの各強度と明度の値は、未熟成から石油生成段階まで有機熟成の進行に伴い規則的で不可逆的に変化し、他の有機熟成指標であるビトリナイトの反射率とも強い相関を示す。この事実は、有翼型花粉の色調が有機熟成指標としての資質を持っていることを強く示唆する。

本研究成果は、石油探鉱における石油根源岩評価、特に石油生成段階の推定に有翼型花粉の色調が利用できることを大いに期待させるものである。

## 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)

[学会発表] (計3件)

- (1) Aizawa, T., Kazuta, F., Ohbuchi, T. and Ujiié, Y., A change in color of fossil pollen grains with organic maturation of the petroleum source rocks in Northern Japan. 63<sup>rd</sup> Annual Meeting of the International Committee for Coal and Organic Petrology. 2011年9月16日、the University of Porto, Porto, ポルトガル。
- (2) 金今さやか、佐藤由理、柳田麻方子、氏家良博、有機熟成シミュレーションとしての現生花粉の加熱実験に及ぼす温度と時間の影響。2011年6月9日、石油技術協会平成23年度春季講演会、国立オリンピック記念青少年総合センター、東京。
- (3) 氏家良博、相澤 武宏、化石花粉の赤外吸収スペクトルからみた基礎試錐「本荘沖」と「由利沖中部」の有機熟成。2010年8月6日、第28回日本有機地球化学会シンポジウム、石油資源開発株式会社 長岡鉱業所、新潟県。

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

氏家 良博 (UJIIE YOSHIHIRO)

弘前大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：50151858

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：