

## 人工宝石

(1975年～現在)

宝石は古くから貴重な産物であり、有史以前から見せかけだけを似せた、いわゆる模造宝石がつくられていた。また天然の宝石と同一の化学組成・構造を有した人工宝石は、19世紀になり宝石の諸特性の研究が進み、地球の中で発見される鉱物及び結晶を正確に再現して、人工的に作り出そうという試みがおこなわれるようになった。そして1877年に仏のFremyとFeilにより初めてルビーの合成に成功し、1902年同じく仏のVerneuilにより工業レベルでのルビーの生産が始まる<sup>注1)</sup>。そして現在に至るまで多くの種類の宝石が、様々な製造方法にて合成されている<sup>1)</sup>。

京セラでは、1975年にエメラルドの開発に成功し、以降ルビー、オパールなど多くの宝石の展開を行っている。

見学可能：

京セラファインセラミック館  
〒612-8501 京都市伏見区竹田鳥羽殿町6 京セラ(株)本社ビル2F

Key-words：人工宝石、フラックス法、二酸化ケイ素粒子、ブラック回折

## 1. 製品適用分野

宝飾品, 装飾品

## 2. 適用分野の背景

天然資源である宝石は、有史以前より貴重な物とし

て採掘され続けており、資源としての枯渇化が進んでいる。また日本でも高度経済成長を経て豊かになり、宝飾品への憧れは強いものがあつたが、高価なために誰もが手軽に買える物ではなかった。その様な状況で、高品質で安価な人工宝石への市場ニーズが高まり、1970年代より世界中の企業、研究機関が人工宝石の開発を競い合った。

## 3. 製品の特徴

京セラの人工宝石<sup>2)</sup>は、構造の違いにより2種類に分類される。一つは単結晶からなる「再結晶宝石」と称されるグループ、もう一方は非晶質からなる「クリエイテッド」と称されるグループである。それぞれの代表的な宝石である再結晶エメラルドとクリエイテッドオパールの写真を図1に、再結晶エメラルドと天然エメラルドの特性の比較を表1に示す。

図2には、クリエイテッドオパールの内部構造写真を示す。天然オパールの構造は200～300nmの微小な二酸化ケイ素粒子の三次元規則配列構造で出来てい



図1 再結晶エメラルド(左)、クリエイテッドオパール(右)

天然宝石の最高級の色合いを再現し、かつ欠陥の無い透明感の高い高品質を実現している。

注1 Fremyらはフラックス法で合成に成功するも、コスト面で天然宝石よりも高くなり商業的には成功しなかった。一方Verneuilは、いわゆるVerneuil法(火炎熔融法)といわれる方法を開発し、商業的に成功を収めた。

表1 再結晶エメラルドと天然エメラルド特性比較

	再結晶エメラルド	天然エメラルド
化学的組成	$3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	$3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$
結晶系	六方晶系	六方晶系
硬度(モース)	7.5～8.0	7.5～8.0
比重	2.65～2.70	2.65～2.74
融点	1410℃	1410℃
透明度	透明～半透明	透明～半透明
屈折率	1.563～1.568	1.565～1.598
複屈折	0.005	0.005～0.008
多色性	緑色および青緑色	緑色および青緑色
インクルージョン	液相・固相	液相・固相・気相

る。その結果、光のブラッグ回折<sup>注2)</sup>が起こりオパールの特徴である「斑(ふ)」と呼ばれる独特な模様及び見る角度により模様の色に変化する遊色効果(Play of Color)と言われる現象が見られる。クリエイテッドオパールも天然オパールの化学組成、構造を再現し、「斑」と呼ばれる独特の模様(図3)及び遊色効果を再現している。

#### 4. 製法

育成方法は、再結晶宝石とクリエイテッドでは異なる。また再結晶宝石内でも石種により、育成方法は異なる。ここでは再結晶エメラルド、クリエイテッドオパールを例にして説明する。

再結晶エメラルドは溶剤を用いたフラックス法にて育成される。高融点溶剤中にエメラルド成分の原料を高温で溶解させ、過飽和状態を作り出す。その後、6ヶ月から1年間かけてゆっくりと徐冷することで、溶解していたエメラルド成分が結晶として析出する。ここで重要なのは、高温域での温度制御と徐冷速度である。1400℃付近で最適な過飽和状態を確保し、1℃未満/日の徐冷速度を制御する事が高品質な結晶を育成するポイントである。図4に育成した再結晶エメラルド原石を示す。

続いてクリエイテッドオパールの育成方法を説明する。まずオパールの基本構造を成す微小な二酸化ケイ素粒子を合成し水に分散させる。その後、分散液を静置することで、二酸化ケイ素粒子が沈降し、堆積して規則配列し、オパールの特徴である「斑」が発現する。完全に沈降した後、上澄み液を除去し、乾燥させ、チョーク状の固形物に成った後、特殊な処理を行いクリエイテッドオパールと成る。ここで重要なのは、二酸化ケイ素粒子のサイズ制御である。

粒子サイズを揃える事で「斑」が鮮明になり、強い遊色効果が得られる。クリエイテッドオパールは全工程で13ヶ月間を要し、かつ特殊な技術を必要とするので商業ベースで合成に成功しているのは京セラだけである。

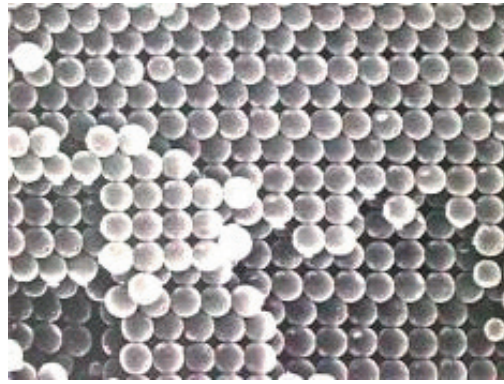


図2 クリエイテッドオパール内部写真(16000倍)

250nmサイズの二酸化ケイ素粒子が3次元規則配列を成している。二酸化ケイ素粒子のサイズを制御する事で、光の回折条件が変りオパールの色調が変る<sup>注2)</sup>。



図3 クリエイテッドオパール模様「斑」

オパール特有の模様で、同じ模様パターンは存在しない。



図4 再結晶エメラルド原石

フラックス法にて6ヶ月~1年間かけて徐冷され、育成された結晶。

注2 ブラッグ回折:ブラッグの条件 $n\lambda=2d\sin\theta$ が成立するさいに現われる回折で、入射光の角度は $\theta$ 、粒子径は $d$ に該当し、それぞれを変える事で波長 $\lambda$ のスペクトルが変化し色調が変化する。

## 5. 将来展望

天然宝石も資源であり高品質な物は、産出量が減少し近い将来に枯渇する可能性が高い。一方で宝石に対する市場ニーズは、今までの財産としての所有価値からファッションとしての使用価値に意識が変化し増加する事が予想される。その様に増加する市場ニーズに対応する為、天然宝石は人工処理技術の向上により、従来は見捨てられていた低品位宝石の品質改善によって供給量を保っている。

その様な市場動向の中で、これからは高品質で安価で履歴が明確な人工宝石のニーズは更に高まると思われる。また環境保護の観点からも、天然宝石と比べ

て環境への負荷が少ない人工宝石は時代の要望に適した、環境配慮商品と位置付けられよう。

### 文 献

- 1) R. Webster, "GEMS", 全国宝石学協会 (1980) pp. 335-336.
- 2) 磯上峯男, 材料の科学と工学, 44, 89-94 (2007).

[連絡先] 西垣 雄一  
京セラ(株) 京都伏見事業所  
〒612-8492 京都市伏見区久我本町 11-17