

キャノンオプトロン社製合成蛍石について

リサーチ室 江森 健太郎

キャノンオプトロン社製合成蛍石

2016年6月3日～7日に開催された東京ミネラル協会主催の東京国際ミネラルフェア（於：ハイアット・リージェンシー東京／小田急第一生命ビル 1F スペースセブンイベント会場他）にて、キャノンオプトロン社製人工蛍石が販売されました。（本稿では以下合成蛍石と記述します。）販売されていた商品は劈開片（劈開を利用して八面体に加工したもの）とチップであり、紫外線蛍光が強いものや、照射する紫外線の波長によって異なる蛍光を呈するもの、太陽光・蛍光灯下でカラーチェンジするタイプのものがあります（写真1、2参照）。キャノンオプトロン株式会社開発部部长大場点氏によると、従来、合成蛍石はレンズ用素材として開発、使用されていましたが、2年前より合成蛍石を他の用途に展開できないかと各方面に持ち込み、東京サイエンスで販売することが決定したそうです。



蛍光灯下での撮影



長波紫外線下での撮影



短波紫外線下での撮影

写真1：キャノンオプトロン製合成蛍石のいろいろ



写真2：蛍光灯の種類、太陽光でカラーチェンジするタイプのキャノンオプトロン製合成蛍石

キャノンオプトロン社について

1968年、キャノン株式会社がカメラ用レンズの開発に成功、1969年に世界ではじめて人工蛍石レンズを搭載したカメラを販売しました。キャノンオプトロン株式会社（写真3、4）は一眼レフカメラ用の人工蛍石レンズの量産を目的とし、キャノン株式会社の子会社として1974年株式会社オプトロンとして設立されました。2001年に現在本社を置く茨城県結城市に移転、2004年にキャノンオプトロン株式会社と社名変更しました。光学薄膜をメインとし、真空蒸着材料、光学結晶を開発・製造販売しています。光学結晶では、合成蛍石レンズの結晶製造、研磨、蒸着までを一貫して生産しています。



写真3：茨城県結城市のキャノンオプトロン株式会社本社

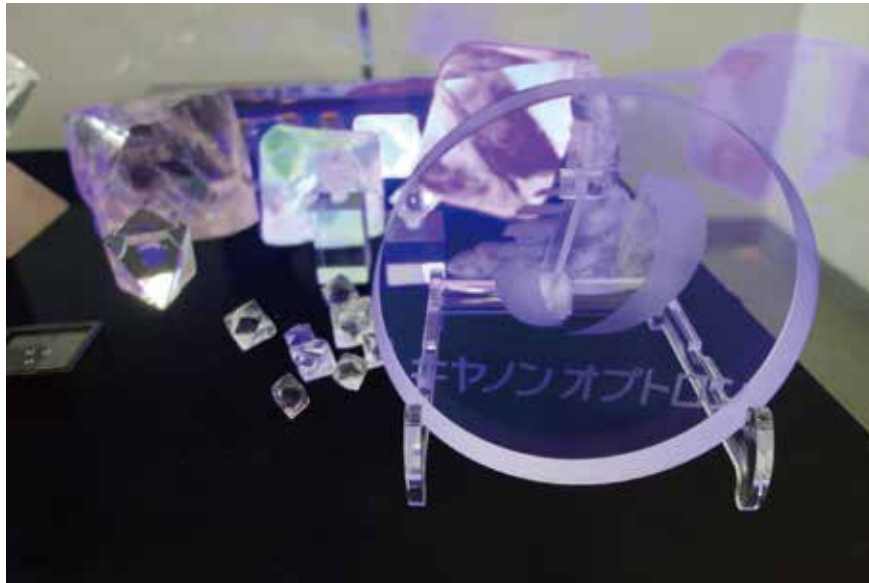


写真4：展示されている合成蛍石の大小様々な劈開片と社名盤。
ブラックライトの照射で蛍光していることがわかる

蛍石のレンズとしての役割

合成蛍石は、天体望遠鏡や望遠カメラ等の高級レンズに使用されています。通常ガラス素材を使ったレンズは色収差という問題が生じ、色のにじみが発生します。この色収差は光の分散の小さい凸レンズと分散の大きな凹レンズを組み合わせることで解決するのですが、焦点付近を調べると赤と青の焦点は合いますが、緑はずれたままになるという欠点が生じます。この凸レンズをガラス素材のレンズから蛍石のレンズに変えることで緑色の焦点のズレを大幅に軽減可能です。蛍石は屈折率が小さく、分散が低い、そして広範囲の波長を透過するため、赤・緑・青の波長の焦点を高精度で合わせることが可能になります(図1参照)。

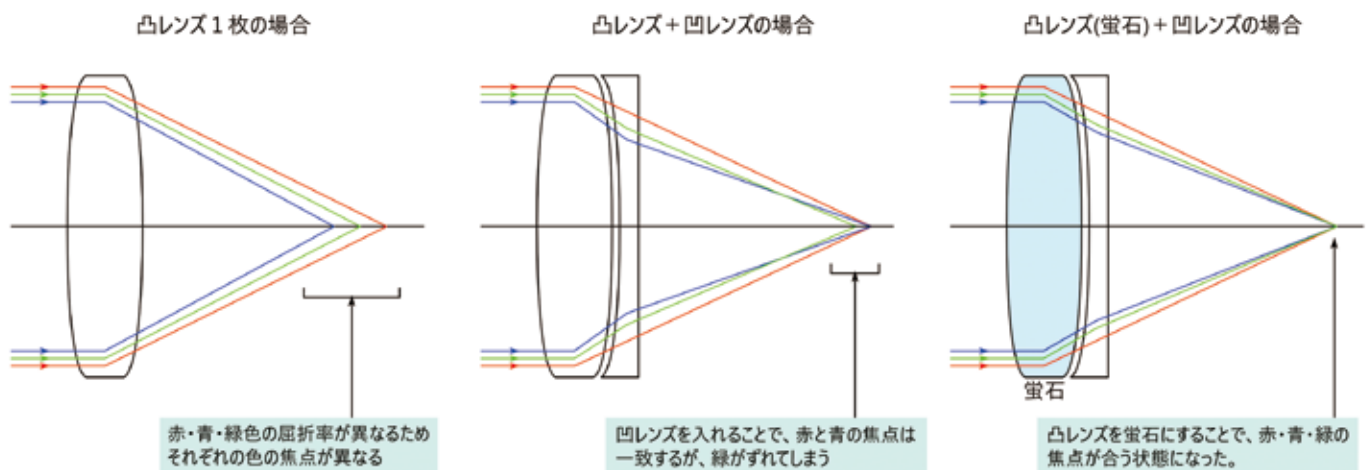


図1：蛍石レンズを用いた色収差解消について

蛍石の合成について

キャノンオプトロン社製の合成蛍石は、天然蛍石を原料とし、結晶引き下げ法で合成されます。結晶引き下げ法（ブリッジマン法）は結晶引き上げ法と対になる手法で、結晶引き上げ法（チョコラルスキー法）で作られる宝飾用合成石にはクレサンベールの合成ルビー等があります。結晶引き上げ法と結晶引き下げ法について図2に示します。結晶引き下げ法の手順は、まず(1) るつぼに蛍石（粉末）を入れヒーターの熱で融解、融液を作り、(2) るつぼを少しずつ引き下げます。(3) 引き下げた部分はヒーターにより熱されていない状態なので結晶化がはじまります。(4) 引き下げを続けることで、融液は次々と結晶となり、蛍石の結晶が生成されます。

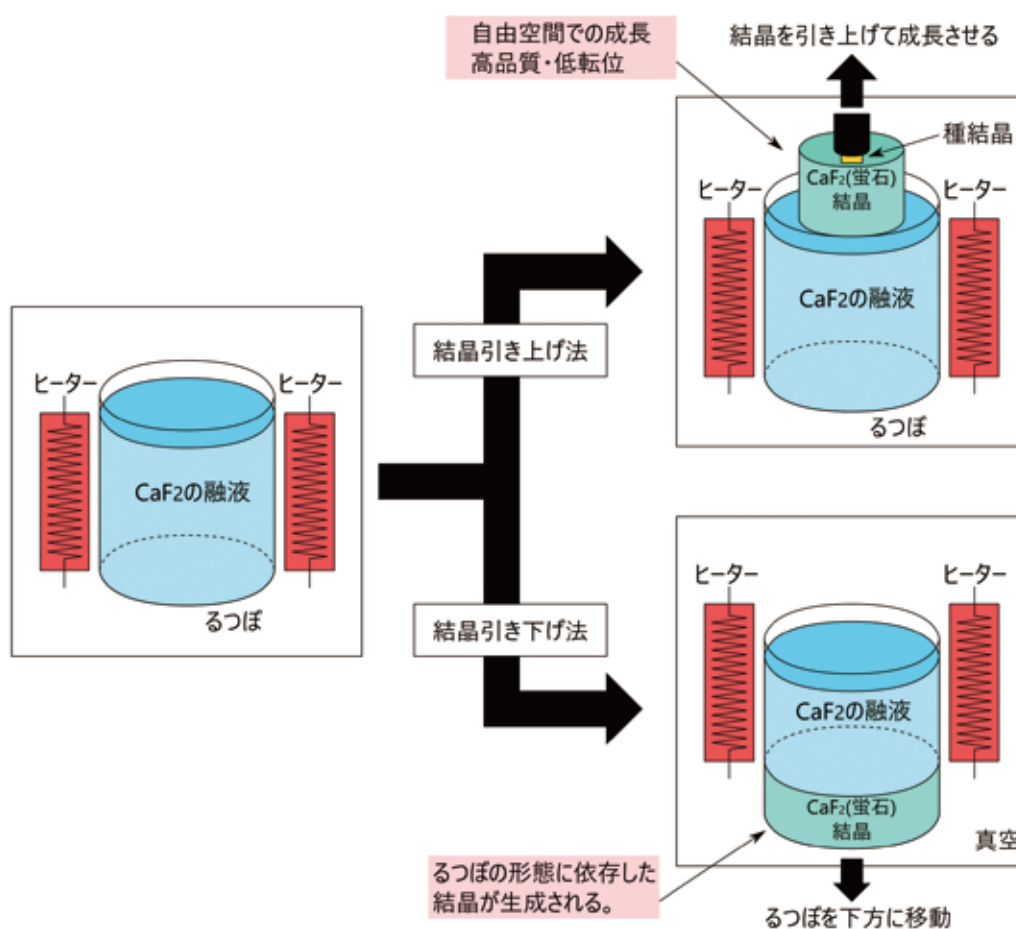


図2：結晶引き上げ法と引き下げ法のイメージ図

結晶引き下げ法のメリットは、まず第1に「るつぼの形通りに結晶ができる」ことです。合成蛍石の製造は、上述した通り、光学レンズ用にスタートしています。るつぼの形通りに結晶ができるということは、生成物の直径を制御可能という大きなメリットが生まれます。また、蛍石は結晶引き上げ法でも製造できます。引き上げ法の方が低転位のもの（原子レベルの欠陥が少ない）が合成可能なので半導体材料等には向いていますが、レンズ用の蛍石結晶は引き上げ法を用いて作らなければならないほど低転位のを要さないこと、引き上げ法は常時観察が必要であるといった理由もあります。また、真空中で生成しないと蛍石 (CaF_2) のフッ素 (F) と水蒸気 (H_2O) の水素 (H) が反応しフッ化水素 (HF) が生成してしまう危険があり、こういった理由で結晶引き下げ法が採用されています。

レンズ品質の合成蛍石を生成するために、必要なことは不純物を除去することです。天然の蛍石を原料として使用していることから蛍石の主元素であるカルシウム (Ca) とフッ素 (F) 以外の不純物を含むため、除去が必要になります。不純物の除去にはスカベンジャーと呼ばれる成分を入れます。合成蛍石を生成する際、使用するスカベンジャーは別の種類のフッ化物を使用します。通常、 PbF_2 といったものがよく知られていますが、キヤノンオプトロン社では鉛フリーで生成するため、 ZnF_2 を使用しています。スカベンジャーは不純物元素と反応し、気化します。真空中で生成、真空引きを常時行っているため、反応物は外に出ていくことになります。一番除去したい不純物は、 H_2O で、 H_2O は蛍石の主成分であるカルシウム (Ca) と反応し酸化カルシウム (CaO) を生成し、この成分が存在すると蛍石が曇ってしまいます。なお、このスカベンジャーを用いて、希土類元素 (Rare Earth Elements) の除去は行えません。希土類元素の除去が行えないことで、合成蛍石に希土類を添加し、様々な性質を付加することができます。ここでいう様々な性質とは、紫外線を当てた際の発光色や、光源の違いによるカラーチェンジといったものです。また添加する希土類の種類によって劈開の出やすさも変わります。



写真5：今回お話を伺ったキヤノンオプトロン株式会社の大場点氏 (中央)、河目直之氏 (左)、金氏正一郎氏 (右)

結晶引き下げ法で合成された合成蛍石は、内部に歪みを持っているため、「歪み抜き」という作業を行わなければなりません。これは、蛍石の融点 (約 1400°C) 以下の温度でアニーリングするものであり、アニーリングすることでレンズ品質の合成蛍石ができあがります。

キヤノンオプトロンは2005年にハーバード大学のプロジェクトで370mmもの直径のレンズを発注され、5年がかりで12枚のレンズを作成したそうです。蛍石のレンズを使用すると、通常のレンズよりもはるか遠い100億光年までの天体地図を作成することができ、このレンズ1枚の成長に1ヶ月、仮アニール、精密アニールにそれぞれ1ヶ月も要したとのことでした。



写真6：キヤノンオプトロン株式会社内に展示されている巨大な蛍石レンズ

宝飾品としての合成蛍石

蛍石は硬度4しかないため、非常に柔らかく、また劈開性が強いいため、一般の宝飾品に適用することは難しいです。キヤノンオプトロン社では、従来用いられているレンズ素材の他、特殊な蛍光(照射する波長によって発光の色が変わる等)の特性を生かし、時計やバッグ等、ブランド品の偽造防止といった用途を提案しています。

なお、今回ご紹介した合成蛍石は株式会社東京サイエンスで取り扱っています。東京国際ミネラルフェア 東京サイエンスブース他、東京サイエンス新宿ショールーム、通信販売(東京サイエンス web サイト：<http://www.tokyo-science.co.jp/>、「園芸 JAPAN 増刊号ミネラ」等)で購入することが可能です。◆

株式会社東京サイエンス新宿ショールーム

東京都新宿区新宿 3-17-7 (TEL：03 - 3354 - 0131, 大代表)

営業時間 AM10：00 ~ PM9：00

東京国際ミネラルフェア web サイト

<http://tima.co.jp/>

日本鉱物科学会 2017 年年会・総会参加報告

リサーチ室 江森 健太郎

去る 9 月 12 日 (火) から 14 日 (木) までの 3 日間、愛媛大学城北キャンパスにて日本鉱物科学会の 2017 年年会・総会が行われました。弊社からは 2 名の技術者が参加し、それぞれ発表を行いました。以下に年会の概要を報告致します。



愛媛松山市のシンボル、松山城



松山城天守閣から見た松山市内。眼下に愛媛大学城北キャンパスが見える

日本鉱物科学会とは

日本鉱物科学会 (Japan Association of Mineralogical Science) は平成 19 年 9 月に日本鉱物科学会と日本岩石鉱物鉱床学会の 2 つの学会が統合・合併され発足し、現在は大学の研究者を中心におよそ 900 名の会員数を擁しています。日本鉱物科学会は鉱物科学およびこれに関する諸分野の学問の進歩と普及をはかることを

目的としており、「出版物の発行（和文誌、英文誌、その他）」、「総会、講演会、研究部会、その他学術に関する集会および行事の開催」「研究の奨励および業績の表彰」等を主な事業として活動しています。2016年10月に、一般社団法人日本鉱物科学会として新たな出発の運びとなり、（1）社会的及び学術界における信頼性の向上、（2）責任明確化による法的安定、（3）学会による財産の保有等が確保され、コンプライアンスの高い団体として活動していくことになりました。2017 年会・総会は、一般社団法人としてはじめての年会・総会になります。

日本鉱物科学会 2014 年年会・総会

愛媛大学は 1949 年に愛媛県内の旧制高校・専門学校計 4 校を母体として成立、現在 7 学部、6 研究科を設置、城北、樽味、持田、重信の 4 キャンパスがあります。「学生中心の大学」「地域とともに輝く大学」「世界とつながる大学」の 3 つの理念を柱とし、2004 年に「愛媛大学憲章」が定められています。今回、年会・総会が行われた城北キャンパスは太平洋戦争末期の沖縄防衛戦で最後まで奮闘し、全員が戦死した旧日本陸軍第 22 連隊の跡地でしたが、戦後愛媛大学の教育学部が設置され、その後他の学部が移転してきました。

地理的には松山城の北側に城北キャンパスがあります。交通手段としては JR 松山駅から伊予鉄道で 20 分程度かかりますが、本数も多く、アクセスは容易です。

今回の年会では、4 件の受賞講演、11 件のセッションで 127 件の口頭発表、72 件のポスター発表が行われ、243 名が参加しました。



総会の会場となった愛媛大学南加記念ホール

1 日目、12 日（火）の午前 9 時より愛媛大学南加記念ホールにて総会が行われました。総会は上にも記した通り、一般社団法人化後はじめての総会となり、各種事業報告の他、研究の奨励及び業績の表彰式が行われました。総会のあとに受賞講演が行われ、平成 28 年度鉱物科学会賞第 16 回受賞者の愛媛大学大藤弘明氏、同第 17 回受賞者の京都大学川本竜彦氏、平成 28 年度鉱物科学会研究奨励賞第 21 回受賞者の愛媛大学境毅氏、同第 22 回受賞者の秋田大学越後卓也氏による講演がありました。また、同時進行でポスターセッションが開催されていました。受賞講演後はポスターセッションのコアタイムに指定され、ポスター発表者によ

る説明、質疑応答、議論等が活発に行われていました。ポスター発表は学会開催期間3日間を通して行われており、3日間ともコアタイムは沢山の人が賑わっていました。また、午後14時から「結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物」「変成岩とテクトニクス」「地球表層・環境・生命」が行われました。「結晶構造・結晶化学・物性・結晶成長・応用鉱物」で東京ジェムサイエンスの阿依アヒマディ氏が「日本産ジェダイト：歴史と特徴、および他の産地との比較」という宝石学より見た日本の国石である「ひすい」についての発表がありました。



日本鉱物科学会総会の様子



ポスターセッション コアタイムの様子

2日目、13日(水)午前9時より「鉱物記載・分析評価」「放射光X線と中性子線の鉱物科学への応用」「岩石—水相互作用」「地球外物質」のセッションがあり、弊社研究者は「鉱物記載・分析評価」のセッションで「多変量解析を用いた宝石鑑別」「HPHT 法黄色合成ダイヤモンドの事前照射を含む HPHT 処理による光学欠陥の変化」の2件の講演を行いました。講演後、多数の質問が寄せられ、鉱物科学会会員の方々の宝石学への関心の強さを感じ取ることができました。

3日目午前9時より「高圧科学・地球深部」「深成岩・火山岩及びサブダクションファクトリー」「火成作用に関する物質科学の新展開」「岩石・鉱物・鉱床一般」のセッションが行われ、午後3時半よりクロージングセレモニーが行われ、2017年日本鉱物科学会年会・総会は終了しました。

毎年開催される日本鉱物科学会年会では、最先端の鉱物学研究が発表され、弊社も毎年2件研究発表を行っています。鉱物学と宝石学は密接な関係があり、参加、聴講することで最先端の鉱物学に関する知識を得られ、普段接する機会が少ない研究者の方々と交流を深めることができます。来年も鉱物科学会年会に参加し、中央宝石研究所で行われている各種宝石についての最先端の研究を発表、深めていく予定です。なお、来年の日本鉱物科学会年会は9月19日～21、山形大学小白川キャンパスで開催されます。◆

中央宝石研究所の各種セミナー

各種セミナースケジュール	12月	2018年1月	2月
ベーシックコース(東京)	4～5	18～19	8～9
ベーシックコース(大阪)	14～15		15～16
ダイヤモンドコース(東京)	7～8	29～30	22～23
ダイヤモンドコース(大阪)			
博多ダイヤモンドコース			
宝石鑑別コース(東京)			
パールグレーディングコース(東京)	12	26	13

※上記日程は都合により変更となることがありますので、あらかじめお問合わせの上お申し込みください。

受講料 (税込)

ベーシックコース	(2日間)	¥25,000+消費税
ダイヤモンドコース	(2日間)	¥25,000+消費税
パールグレーディングコース	(1日)	¥12,000+消費税
宝石鑑別コース	(2日間)	¥30,000+消費税

※一度ご入金いただきました受講料のご返金は致しかねます。予め御了承下さい。

セミナー時間

【東京】10:00～17:00 【大阪】10:30～17:00 (会場都合による)
【博多】10:00～16:30 (会場都合による・開催最低人数5名)

各種セミナーのご紹介

- **ベーシックコース**
- **パールグレーディングコース**
- **ダイヤモンドコース**
- **宝石鑑別コース**
- **特別研修生コース** 募集中【入学時期は<4月・10月>になります】

各セミナー関連の情報は当社WEBサイトでもご覧いただけます！

<http://www.cgl.co.jp/cgl/seminar.html>

お申し込み・セミナー内容のお問合せは下記までお願い致します

東京TEL: 03-3837-0855 FAX: 03-3839-1455
大阪TEL: 06-6245-5187 FAX: 06-6245-5197
博多TEL: 092-472-3038 FAX: 092-472-3046

教育部: 〒110-0005 東京都台東区上野5-15-15 中田ビル 5階
TEL 03-3837-0855 / FAX 03-3839-1455

◆ CGL Diamond Kensa ◆

無色の天然ダイヤモンドと無色合成ダイヤモンド (HPHT / CVD) の
粗選別装置です。



※ルーベ・ピンセットは付属していません。

定 価 (税別)

¥ 3 2 0 , 0 0 0

特別販売価格 (税別)

¥ 2 8 8 , 0 0 0

リースも取り扱っております。

3年リース 月々¥8,800(税別)

5年リース 月々¥5,500(税別)

CGL Diamond Kensa は、CGL (中央宝石研究所) が開発したコンパクトなダイヤモンドの粗選別装置です。
ラウンドブリリアントカットの無色系ダイヤモンドを対象とし、I型・II型を短時間で粗選別します。

商品名	CGL Diamond Kensa
判定可能な形状	ラウンドブリリアントカットの ダイヤモンド (ルース)
判定可能な カラーグレード	D ~ J カラー
判定可能な重量	0.005 ~ 3.000ct
判定時間	約 4 秒
電源	100 ~ 240V / 50 ~ 60Hz
重量 / 寸法	約 260g / 124 x 80 x 52 mm
本体素材	ABS 樹脂
付属品 (電源)	AC アダプタ USB ポート
調整機能	オートキャリブレーション

CGL Diamond Kensa を用いると、結果はランプの色で表示されます。表示される結果は下記の通りです。



青ランプ：検査したダイヤモンドは天然 I 型です。本製品発売日時点において合成石や HPHT 処理の疑いはありません。



黄色ランプ：II 型の可能性が高く、合成石 (HPHT / CVD) もしくは HPHT 処理の疑いがあります。更なる詳細検査が必要となります。

※輸入品で「スクリーン I」定価 ¥65,000(税別) / 販売価格 ¥60,000(税別) もございます。こちらの商品は製品での測定も可能です。詳しくは器材部までお問合せ下さい。

◆お問い合わせ、ご用命は・・・

中央宝石研究所

器材部：〒110-0005 東京都台東区上野 5-15-15 中田ビル 5 階

TEL 03 (3839) 1451 (代) / FAX 03 (3839) 1455

東京支店 03 (3836) 3131 名古屋支店 052 (971) 1628 大阪支店 06 (6245) 5187 博多支店 092 (472) 3038 甲府事務所 055 (232) 8231