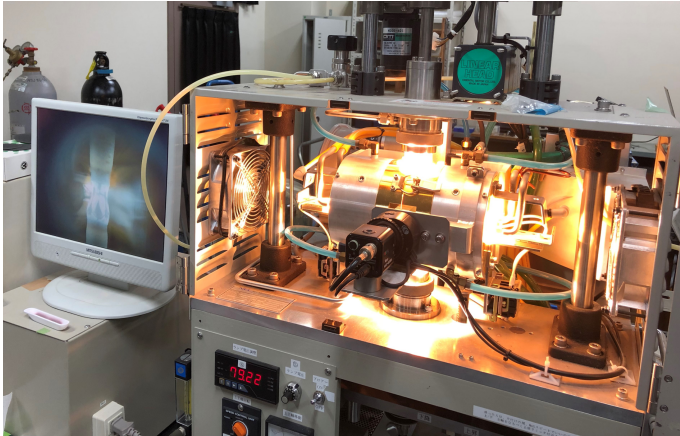


# 星のかけらプロジェクト

## － 天体観測から物質科学までをつなぐ －



実施担当者 茨城工業高等専門学校  
教授 原 嘉昭

### 1 はじめに

H29, 30年度の中谷科学教育振興助成の成果として、車いす仕様ナスミス望遠鏡の電動化、自動追尾化を実用レベルまで完成させ、特別支援学校の生徒や一般の方々に天文台レベルの性能の天体観測を体験していただくことができるようになった。今回は、これらの活動を継続しつつさらに高度化するとともに、子供たちの興味関心を“単なる天体観測”に終わることなく、その次のステップに発展させることを目的とした。すなわち、なぜ星は輝き続けるのか、そこで何が起きているのか、私たちの地球や身体は何からできていて、それはどこから来たのか、そしてそれらをどのように利用し我々は文明を進展させてきたか、などに興味を持つ未来の科学者を育てることが目的である。そのために、茨城高専の天文部員が以下の活動を行うことを計画した。

- ・特別支援学校や地域社会に向けた天体観測会を継続しつつ、星雲星団の電視観望、太陽のスペクトル分光による構成元素同定などを取り入れ観測会の高度化を図る。

- ・茨城高専所有の物質科学の研究設備を用いて、“星のかけら”とも言える身の回りに多く存在する元素に着目し、宝石 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ : ルビー, サファイア) や太陽電池 (Si), 超伝導体 ( $\text{MgB}_2$ ) を“作る”“分析する”実験教室を実施する。

- ・宇宙の始まり、星の誕生から元素、物質の生成までを理解させるため、茨城県の強みである原子力施設の見学会や研究者らによる講演会をシリーズ化して実施する。また、子供たちが宇宙科学、物質科学を学ぶための基礎知識を身につける実験教室を開催する。

しかし、令和2年度は、新型コロナウイルス感染拡大の影響で、本校では今年度のほとんどの期間において部活動禁止となってしまう、予定していたことの多くを実施することができず、本当に悔しい思いをした1年であった。令和3年度は終息に向かうことが期待されたが、結果としてはそれほどの改善は見られず、特別支援学校や勝田駅前の観測会を実施することはできなかった。また、部活動そのものも大きく制限されたままであった。しかし、そのような状況の下でも、学校の許可を得ながら少しずつ活動を行なってきたので、その活動内容を以下に報告する。

### 2 実施内容

#### 2-1 ルビー・サファイア作り実験の工程の簡単化の取り組み

ルビーやサファイアは、本来は透明なアルミの酸化物  $Al_2O_3$  に、適当な金属不純物が混入することで、その特徴的な色を発することが知られている。本校が所有する赤外線加熱単結晶製造装置により、 $Al_2O_3$  の単結晶、すなわち人工宝石のルビー、サファイアを成長させることができる。我々はこの宝石作りの体験実験教室を地元の子供達にも体験してもらうことを目指している。子供達が自分の好きな色の結晶を作製するためには、原料の調査から子供達にやってもらう必要があるが、赤外線加熱単結晶成長装置で宝石を作製するためには、原料の  $Al_2O_3$  粉末を棒状に整形する必要がある。この棒状の試料を得るために、従来は、

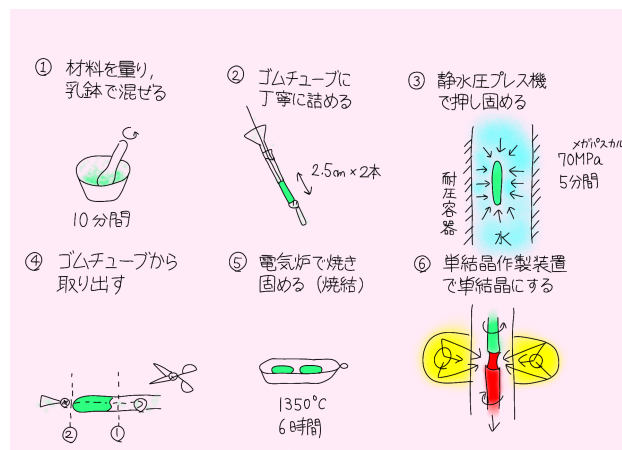


図1. 人工宝石の作り方

は、細いゴムチューブへ原料粉末を詰め、静水圧で加圧するが、この工程がとても難しく、せっかくの楽しい宝石作りの体験教室が、「大変だった」という思い出になってしまう心配がある。

そこで、昨年度、図1の②～④の工程を簡単化するための手法について天文部員で議論を行った結果、金属製の治具を作製し、油圧プレスで押し固める方法を採用することになった。しかし、実際に試料を押し固めて見ると、押し棒が破裂したり、加圧後に治具を分割して試料を取り出す際に、試料も分割されてしまうなど、うまく行かなかった。そこで今年度は、うまく行かない理由を検討していくつかの改善策を施した。例えば、治具の内側の試料と接する面を実体顕微鏡で観察すると切削痕が残っている状態であったため、内面を鏡面研磨してもらった。また、押し棒の加える力が押し棒の近くにしか伝わっていないことが分かったため、図2のように、長さを3段階に変えた押し棒を作製してもらい、試料を3分割した量ずつ入れ押し固める方法を試した。この他にもいくつかの工夫を試みたが、結果としては、試料棒の長さ方向に押し固めることは困難であり、試料棒の側面から押し固める方針に変更する必要があるとの結論に至った。この改良は令和4年度も継続し、何としても子供達に宝石作りの体験をしてもらいたい。



図2. 納品になったばかりの長さの異なるピストン

## 2-2 宝石の発色についての研究

上述のように、ルビーやサファイアは、本来は透明なアルミの酸化物  $Al_2O_3$  に、適当な金属不純物が混入することで、その特徴的な色を発する。その理由は、 $Al_2O_3$  の結晶構造であるコランダムが有する酸素の8面体の中に遷移金属が入ると、遷移金属のd軌道と配位子の軌道の相互作用によりd軌道の縮退が解け、そのエネルギー差に相当する特定の色が吸収されることによるためである。そこで私たちは、 $Al_2O_3$  と同じ結晶構造を有し、また、透明な物質である  $Ga_2O_3$  と  $In_2O_3$  に着目した。これらの物質にルビーと同じようにCrを添加したら何色になるのだろうかというのが研究の発端である。

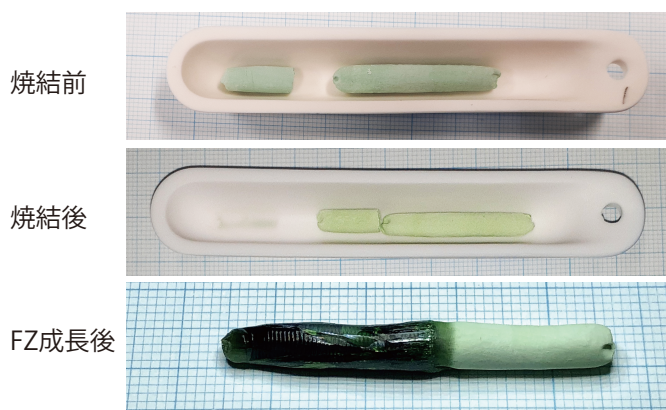


図3.  $Ga_2O_3$  と  $Cr_2O_3$  の混合試料の、焼成前、焼成後、FZ装置による単結晶化後の様子

図3は、白い粉末である  $Ga_2O_3$  4.94g と緑色の粉末である  $Cr_2O_3$  0.22g を乳鉢で混合した試料を、図1の工程図に沿って押し固めた後の状態（焼結前）と、1350°Cで6時間焼結させた後（焼結後）の写真である。ここまでの段階では薄緑色であった。焼結後の試料を、本稿タイトル横に写真で示したFZ（Floating Zone）装置を用いて単結晶化させたところ、図3の最下段の写真のように深緑色となった。 $Al_2O_3$  と  $Cr_2O_3$  の混合した試料から同様の手法で単結晶を得ると鮮やかなルビーの赤色を呈することが分かっているため、 $Ga_2O_3$  と  $Cr_2O_3$  の混合試料は深緑色になることは大変な驚きであった。この結果をうけて天文部員から出された次の疑問は、「それなら、 $Al_2O_3$  と  $Ga_2O_3$  と  $Cr_2O_3$  の混合試料は何色になる？」「 $Al_2O_3$  と  $Ga_2O_3$  の混合比を変えたら色を連続的に変えられる？」である。現在、その疑問を実験的に明らかにするべく実験を進めている。

## 2-3 コロナ禍における天体観測会、実験教室などの科学イベントの実施

### 1) 5月26日 皆既月食のZoom配信

茨城高専の屋上から、望遠鏡の映像を地域の子供達へZoom配信すべく準備をした。しかし残念ながら曇天であったため月食を観測することはできなかった。そこで、予め天文部員が用意していた「茨城高専天文部のおにいさん、おねえさんが作った 月についてのクイズ」を実施した。問題は全て選択式となっており、参加した子供達はZoomの投票機能を使って投票し、他の子供たちがどの選択肢に答えたかが分かる仕組みを活用した。そのため、遠隔でのクイズ大会ではあったが、大変盛り上がった。地域の子供達10名程度の参加があった。

### 2) 8月29日（日） オンラインお楽しみ会

地域の小学校の夏休みもそろそろ終わる頃であったが、新型コロナウイルスの感染拡大の影響から、後期の授業はオンラインや分散登校の予定となっていた。そこで地域の子供達を元気づけるため、8月29日（日）13:00~14:30に「オンラインお楽しみ会」をZoomにて実施した。地域の子供達8名の参加があった。内容は、\*身の回りのものでおもしろ実験、\*星のかけらクイズ、\*Scratchでプログラミング体験、の3部構成となっており、これら全てを天文部員が企画、準備し、当日のインストラクションを担当した。おもしろ実験では、折った爪楊枝をお皿の上に置き、水かけることで、爪楊枝が星の形を作り出す実験を行った。星のかけらクイズでは、星はなぜ輝いているのか？、宇宙はどのようにしてできた？、光の速さはどれぐらい？など、天文や科学に関することをクイズにして説明した。Scratchでプログラミング体験では、惑星の動きを再現する「惑星シミュレーター」のプログラムに参加してくれた小中学生に体験してもらった。説明は天文部員が自分のパソコンの画面を共有しながらゆっくり説明し、参加した全ての子供達たちが太陽の周りを回る惑星の動きを再現することができた。

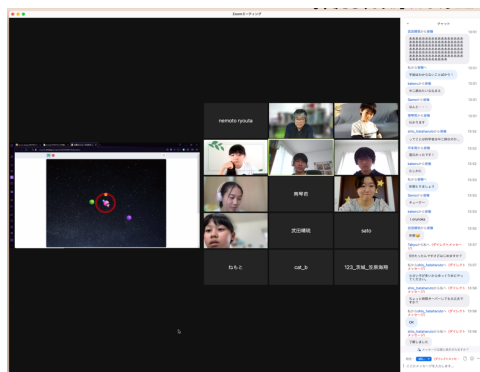


図4. Scratchで惑星シミュレーターをプログラミング。参加者とチャットでコミュニケーションをとりながら進めた。

### 3) 11月19日（金） ほぼ皆既月食の部分月食観測会

この日は、今年度2回目の月食であり、また、ほぼ皆既月食といえるほどの部分月食であった。幸いにしてこの頃はコロナの感染状況が落ち着いていたこともあり、茨城高専屋上にて、16:00~20:30の時間にリアルな観測会を実施することができた。観測会は参加者の体温計測、マスク着用、アルコールによる手指の消毒の感染対策をして実施した。当日



図5. 月食の様子と観測会に参加してくれた家族

の天候は時折雲が出て、特にほぼ皆既月食の頃、観察が難しいことがあったが、その前後は問題なく観測することができた。参加してくれた家族（10 家族程度）も天文部員も久々のリアルな観測会を満喫することができた。

#### 4) 12月05日 クリスマスサイエンスショー

12月05日（日）の午前（10:00～11:30）、午後（13:00～14:30）に、茨城高専セミナー交流室にて「クリスマスサイエンスショー」を実施した。参加者は小学校4年生から中学校3年生までとし、高専キッズサイエンスクラブの会員へのアナウンスおよび茨城高専のHPにて参加者を募集した。その結果、午前、午後ともそれぞれ8名の小中学生に参加いただいた。内容は、\*サイエンスで遊ぼう！真空と低温のサイエンスショー、\*星はなぜ輝いているのか？そこで何が起きているのか？（講義&クイズ）、\*冬の星座や天体の紹介、望遠鏡の種類や仕組み、の3部構成となっており、それぞれ天文部員が講義やサイエンスショーの担当をし、日頃の練習の成果を発揮して子供

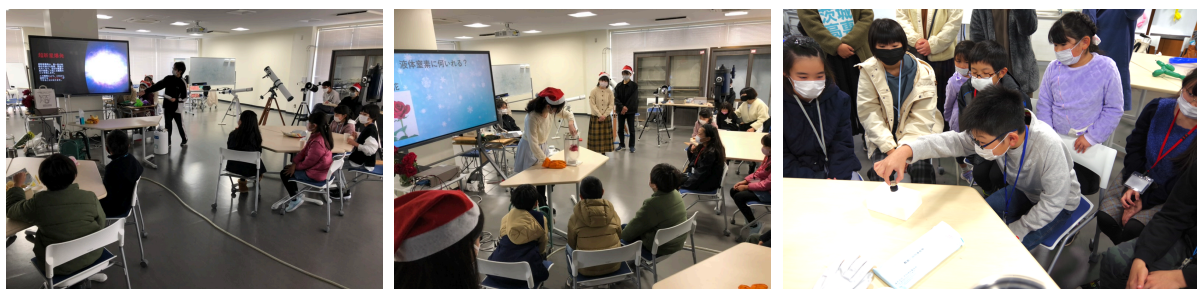


図6. 左：宇宙についての講義&クイズ，中央：低温実験，右：超伝導マイスナー効果による磁石の浮上

達に楽しんでもらうことができた。特にサイエンスショーでは、液体窒素の温度を計測したり、液体窒素の周囲を真空にして、固体窒素を作製したり、超伝導体のマイスナー効果による磁石の浮上実験など、ダイナミックな実験を実施した。実験や講義を担当した学生は、以下のように感想を述べた。

まだ高専が私の“志望校”だった頃、高専でサイエンスショーを見ながら、いつか私も理科が大好きな人たちを楽しませる側になりたいと思っていました。それが今回実現したので、実際に科学の楽しさを伝えられたことが、純粋に嬉しく、楽しかったです。（武弓日奈子）

私が高専に入学したきっかけの一つは、高専のサイエンスショーや理科教室などに参加したことでした。参加してくださった方々の高専を目指すきっかけになれたらいいな、という想いを込めて頑張りました。楽しかったと言って頂けてとても嬉しかったです！（根本彩耶）

当初は3倍くらいの量の原稿があって、友人との協力もあって、どうにか15分で収まる量まで縮めることが出来たので、今回のサイエンスショーでは、人に発表することだけでなく、友人関係の面でも有意義なものだったと実感しています。（宇野愛琉）

### 3 まとめ

今年度は昨年度に引き続き新型コロナウイルスの影響で十分な活動を行うことができず、特に宝石作りのための装置開発や発色に関する研究は中途半端な状態に留まってしまった。しかしながら、装置開発の道筋や、興味深い研究結果が得られているので、来年度以降も継続して活動する下地を作ることはできた。その一方で、対面またはオンラインでの科学イベントについては、天文部員の日頃の練習の成果もあって、非常に満足度の高いものになったと思う。この2年間で天文部員も大きく成長することができた。今後もこれらの活動を継続し、地域の科学教育へ貢献していきたい。

### 謝辞

これらの活動は、中谷財団様からの助成のおかげで実施できています。心から御礼申し上げます。