

令和3(2021)年度科学研究費助成事業(科学研究費補助金)  
 実績報告書(プログラム実施報告書)  
 (研究成果公開促進費)「研究成果公开发表(B)  
 (ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI)」

課題番号：21HT0064

プログラム名：マイナス100度の世界～青色分子の作り方～



所属 研究 機関	名称	北里大学
	機関の長 職・氏名	学長 島袋 香子
実施 代表者	部局	理学部
	職	助教
	氏名	内山 洋介

開催日	①令和4年8月8日(月)、②令和4年8月9日(火)、③令和4年8月10日(水)
実施場所	北里大学相模原キャンパス L1 号館、S号館
受講対象者	①小学校5・6年生、中学生、②中学生、高校生、③中学生、高校生
参加者数	①小学校5・6年生、中学生、23人、②中学生、高校生、18人 ③中学生、高校生、18人
交付申請書に記載した募集人数	①24人、②24人、③24人

## プログラムの目的

本プログラムは、小学生、中学生、高校生に有機化学の合成研究で実際に使われる  $-100^{\circ}\text{C}$  の実験条件を紹介することを目的とする。「マイナス100度の世界とは？どんな世界？」の問いかけをメインテーマにし、「マイナス100度の世界」を紹介し、有機化学の研究の一端を体験してもらう。有機化学の研究には、目的分子の立体的な形を知るために分子模型を使うので、実際に分子模型を手にとってもらう。最新の有機化学の研究成果についての講義を受け、研究室を見学してもらう。実際に自分たちでマイナス100度の世界を作り、この中に入れたドライアイスの観察と青色の有機分子ができる瞬間の色を観察してもらう。これらの体験を通じて、有機化学の研究に必要な実験条件を知り、分子を思い浮かべる想像力と実験をすることによりフラスコの中の変化を見る観察力をプログラムに参加した仲間と共に学んでもらうことをプログラムの意義とする。

## プログラムの実施の概要

## 【プログラムを留意、工夫した点】

## プログラム全体での留意点

- ①「マイナス100度の世界とは？どんな世界？」の問いかけを主題として、「マイナス100度の世界」を紹介し、有機化学の研究でなぜ $-100^{\circ}\text{C}$ の実験条件が必要であったのかを知ってもらえるように説明した。
- ②有機化学の研究には、目的分子の立体的な形を知る必要があり、分子模型を使って分子を合成することができるかどうかを考えるため、実際に分子模型を手にとってもらい、歯車分子を作ってもらった。
- ③研究室見学では、研究用の備品、試薬、ガラス器具を見てもらう。実験室では、マイナス100度の世界を作り、ドライアイスの観察と青色の有機分子ができる瞬間の色の変化を観察してもらった。

## 講義での工夫点

講義と実験を関連づけるため、各回において、実験に関する内容を大学における講義と同様に、スライドや分子模型を使って分かりやすく説明した。プログラムの趣旨と科研費による研究課題も説明した。

1日目は、小学生、中学生を対象に研究の基本が分かるように説明をした。

2、3日目は、中学生、高校生を対象に有機合成の研究内容が分かるように講義をした。

**講義の内容:**本プログラムでは、自然現象に対する興味と研究への関心を持ってもらうために、科研費による合成研究の中で実際に行われた  $-100^{\circ}\text{C}$  の温度条件における有機化学反応を受講生に詳しく説明した。大学における研究や今回の実験内容を知ってもらうために、スライドを使って丁寧に説明した。講義では、一方的に話すことのないように、また、受講生が参加できるように、元素についての説明やそれに対する質問、講師が大学に入る前に行った実験(夏休みの自由研究等)、今回の実験に関わる有機分子、無機分子、溶媒、冷剤に関する内容、研究室の設備や試薬についての説明、マイナス100度に関する3種類の実験内容を事前資料に基づいて説明した。講義中に、分子模型で有機分子の基本である六角形分子「ベンゼン」を作ってもらい、炭素、水素、C-H、C-C、C=C 結合の説明をした。講義の中で、分子模型の説明と「ベンゼン」を元素でつなげると「歯車分子」になることを説明し、実験②と③の間に作ってもらった。この分子模型を手にとることで、教科書のような平面ではなく、立体的な構造を実感して、有機分子に対する理解を深めてもらった。副題にある青色分子を講義中に2種類(インジゴカルミンとメチレンブルー)を紹介し、色の変化をペットボトルの中で観察してもらった。これらの作り方(有機合成経路)を反応式で説明し、出発物質から目的物質までの合成過程を知ってもらった。 $-100^{\circ}\text{C}$  では予想どおりに反応が進むが、室温や  $0^{\circ}\text{C}$  では進まない反応があることを知ってもらうため、低温条件下での実験の必要性を講義で説明し、実際に行う3種類の実験の説明もした。

### 実験での工夫点

研究室見学をした後、実験室で「マイナス100度の世界」に関連する実験を受講生と一緒にを行った。

#### 実験①: マイナス100度の世界を作る実験

・液体窒素を使ってエタノールを $-100^{\circ}\text{C}$ に冷やす実験を行った。 $-100^{\circ}\text{C}$ から  $50^{\circ}\text{C}$ まで測定できる温度計を使い、冷やす前のエタノールの温度を測定し、液体窒素を入れて冷却した後の温度を測定した。この操作を $-100^{\circ}\text{C}$ になるまで班ごとに行った。各班には、実施協力者が1人付き、液体窒素を危険のないようにデューワー瓶に入れ、エタノールを均一の温度になるまでガラス棒でかき混ぜる操作を参加者が順番にできるように一緒に行った。

#### 実験②: マイナス100度の世界のドライアイスを観察する実験

・ $-100^{\circ}\text{C}$ と  $25^{\circ}\text{C}$ のエタノールの中にドライアイスを入れ、これらの条件下でドライアイスを観察する実験を行った。それぞれのエタノールの温度を事前に測り、班ごとに確認した後、ドライアイス $-100^{\circ}\text{C}$ と  $25^{\circ}\text{C}$ のエタノールの中に入れて、昇華の様子を観察して比較した。

#### 実験③: マイナス100度の世界の有機分子の色の变化を観察する実験

・ $25^{\circ}\text{C}$ の青色分子の色の变化(ブロモチモールブルーの pH による変化)を観察する実験を行った。科研費の研究で必要とした実験条件を知ってもらうために、滴下ろうとから加える際になるべく色が変わらないようにゆっくり滴下する操作を実際に行い、この時の色の变化を観察してもらった。実験時間、感染対策、安全対策を考えた上で、 $-100^{\circ}\text{C}$ での温度変化の様子は、ビデオを見てもらうことで、確認してもらうことにした。

#### 実験の課題1) マイナス100度の実験条件をプログラムが終了するまで保つ実験課題

・ $-100^{\circ}\text{C}$ にしたエタノールは時間が経つと少しずつ温度が上昇するため、この温度を保ってもらった。

#### 実験の課題2) 六角形分子「ベンゼン」から歯車分子「トリプチセン」を作る実験課題

・実験の間の時間(休憩中)、各々の班で「ベンゼン」から元素でつないで「歯車分子」を作ってもらった。

#### 試験: 受講生が実験で作った「マイナス100度」を確認する試験

・色が変わる蛍光ペンのインクを使って、マイナス100度の温度条件を確認してもらった。

【当日のスケジュール】プログラムは、3日間とも同スケジュールで開催した。

10:30~11:00 受付(集合場所:北里大学相模原キャンパス L1 号館)

11:00~11:20 開講式(挨拶、オリエンテーション、科研費の説明)

11:20~11:30 休憩

11:30~12:15 講義「マイナス100度の世界で起こる自然現象について」

12:15~13:15 お昼(受講生との昼食)

13:15~13:45 研究室の説明と見学(S号館研究室)、移動

13:45~14:15 実験1: マイナス100度の世界を作る実験(S号館実験室)

14:15~14:45 実験2: マイナス100度の世界のドライアイスを観察する実験

14:45~15:15 休憩(軽食)

15:15~16:00 実験3: マイナス100度の世界の中の有機分子の色を観察する実験

16:00~16:30 修了式(アンケートの記入、質問、試験、集合写真、未来博士号の授与)

16:30 終了・解散

科学研究費助成事業の成果を体験する、小中高校生のためのプログラム

## マイナス100度の世界

~青色分子の作り方~

マイナス100度の世界とは? どんな世界?  
有機化学の合成研究に使われるマイナス100度の世界を紹介します。  
有機分子の模型を作り、フラスコの中の色の变化を観察します。

開催日: 2022年  
8月8日(月)、9日(火)、10日(水)

対象者: 小学生5・6年生、中学生、高校生  
開催場所: 北里大学 相模原キャンパス  
開催時間: 11時から16時30分まで  
講師: 内山洋介(北里大学理学部特任)  
参加費: 無料  
申込日: 2022年7月31日まで

問合せ先: 北里大学理学部  
TEL) 042-778-8623

申込はインターネットからお願いします。  
<http://www.jsps.go.jp/hirameki/>

後援: 日本学術振興会、相模原市教育委員会

主催: 日本学術振興会

## 【実施の様子】

①受付:受講生に名札、試験紙、分子模型、講義や実験で使用する白衣やラテックス手袋等を配布した。



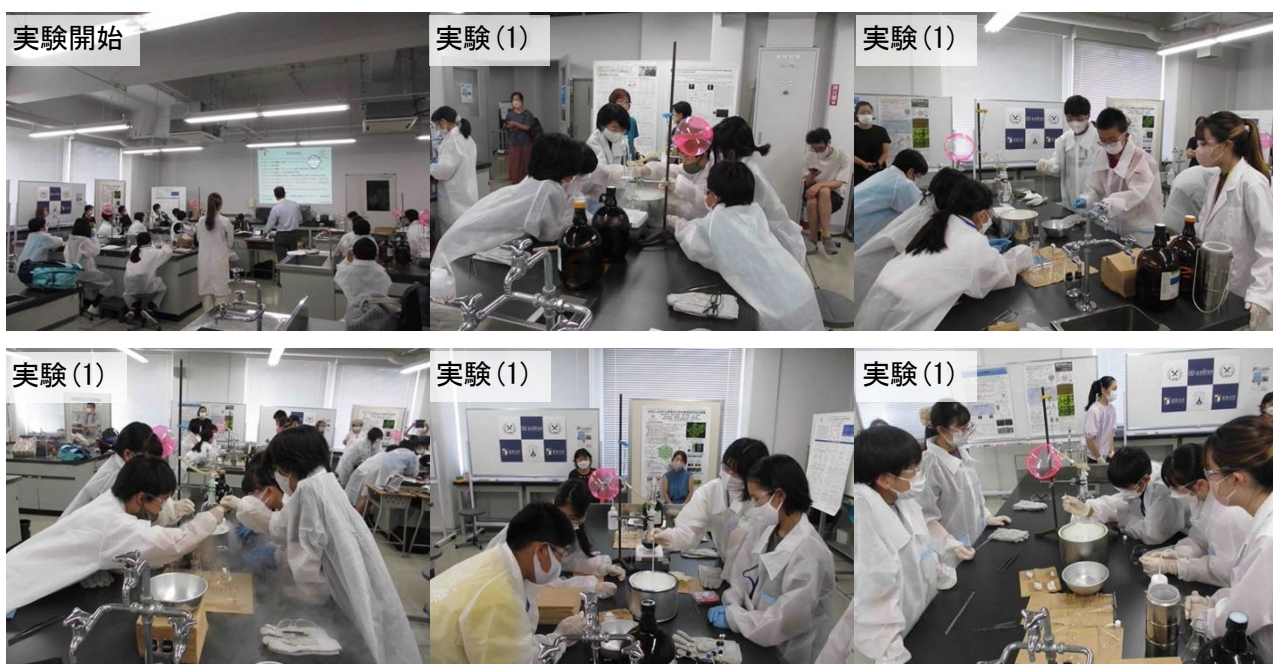
②講義: 科研費、研究に必要な低温条件の反応や実験内容を説明し、分子模型でベンゼンを作ってもらった。



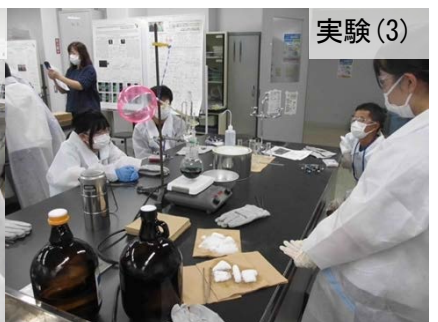
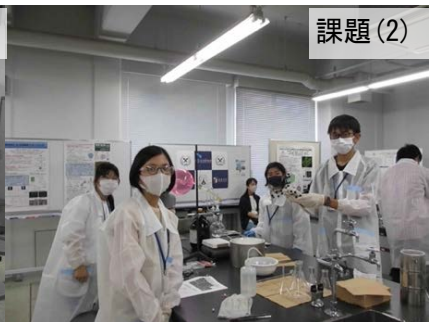
③昼食と研究室見学: 講義の後、学生食堂で食事をとり、研究室にある装置、試薬、ポンペ等を見てもらった。



④実験: 研究室見学の後、実験室に移り、班ごとにマイナス100度の世界に関する実験を行ってもらった。



(1) ジュワー瓶の中のエタノールを液体窒素で冷やす実験では、液体窒素を入れ、ガラス棒でエタノールをかき混ぜ、温度計で確認した。この作業を繰り返し、マイナス100度の世界を作ってもらった。(2) ドライアイスを入れ、室温のエタノールに入れた場合と比較してもらった。(3) 青色分子を三口フラスコの中に炭酸ナトリウムを使ってアルカリ性の条件下で作ってもらった。(課題 1) マイナス100度の温度条件をプログラムが終わるまで、保つようにジュワー瓶の中を確認してもらった。(課題 2) 休憩中、ベンゼンから歯車分子を作ってもらった。

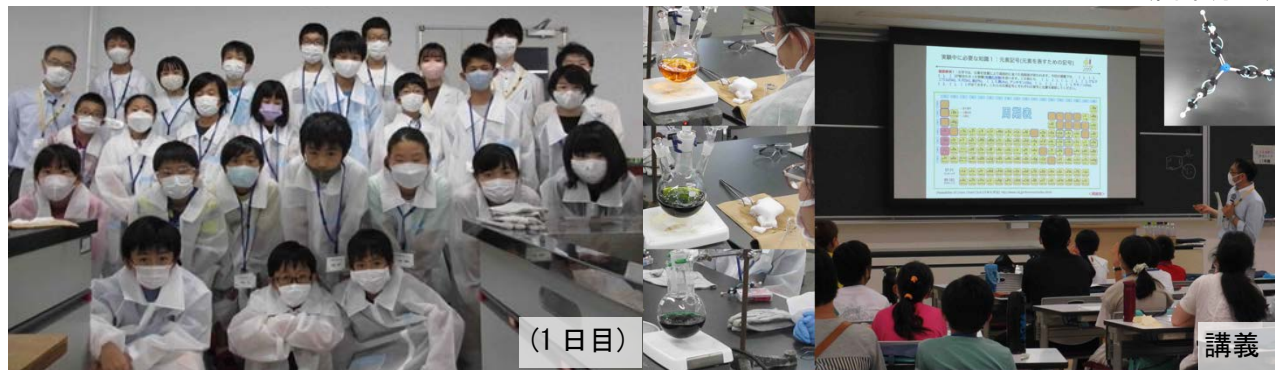


⑤試験を行い、修了証書授与式で修了証書を受講生に渡し、アンケートに回答してもらった。



⑥集合写真:プログラムの最後に受講生、実施協力者、実施代表が集めた。

(歯車分子)



【事務局との協力体制】

- ・大学共通事務室が、本企画に協力した。大学ホームページと体験イベントの広報活動、受講生の申込の対応、名簿の作成、講義資料の発送、受講生と実施者の短期傷害保険加入、講義室・実習室・食堂の予約、実験に必要な器具・装置の購入手続き、当日のサポートをした。
- ・研究支援センター事務室が日本学術振興会と相模原市教育委員会との連絡を取った。
- ・実施協力者が、練習実験、事前準備、当日の受付、講義中の分子模型を使ったベンゼン作成のサポート、実験室での実験補助や歯車分子作成のサポートをした。

【広報活動】

- ・北里大学 HP、理学部 HP、体験イベント HP[(株)JS コーポレーション]にて実施の告知と案内を行った。
- ・相模原ユニコムプラザ[相模原市南区]にポスターを置かせてもらった。

【安全配慮】

- ・受講生と実施代表者、実施協力者が短期傷害保険に加入し、実験中は、白衣や保護めがねを着用した。
- ・液体窒素とドライアイスの実験は実施協力者が取扱ったが、他の実験をできる限り受講生が行うようにした。
- ・受講生に4班に分かれてもらい、実施協力者を班長とし、実験中、事故が起こらないように努めた。
- ・負傷の場合には、北里大学健康管理センターおよび北里大学病院で受診できるように協力体制を整えた。
- ・新型コロナ感染対策として、ラテックス手袋とマスクの着用を徹底した。
- ・休憩スペースには、アクリル板を机の上に置き、休憩中と食事時の感染対策を行った。

【今後の発展性、課題】

今回で、8回目の開催となった「マイナス100度の世界」化学実験プログラムだが、新型コロナ感染対策[密を避けること、共有して触れる機会を手袋で対応したこと、アクリル版を準備したこと、その中でも安全に進めること]は思った以上に大変だった。今回も、分子の形を手にとって理解してもらえるように分子模型を使った。講義中に、「ベンゼン」を作ってもらい、「歯車分子」と「青色分子」に含まれる六角形の形が分子のどこで使われているのかを理解してもらった。分子模型を使用すると、分子の形に対する理解度が良くなるように思えた。

プログラムの期間中、毎朝ミーティングを10分間行い、当日の確認事項を話し合い、安全にプログラムが進むように努めた。受講生には化学実験に興味を持ってもらえたことをアンケートの回答から伺えたが、スケジュール通りに進まなかったところがあった。ルーズに見えたところがあったため、今後は、計画通りに進めるように努めたい。企画中、事故や怪我等もなく無事に終了することができたことが何よりも良かった。

今回は、先着順に受講生を募集したため、3日間とも募集人数とほぼ同等数の申込があり、コロナ禍でも希望された多くの受講生に参加してもらえたことで、本プログラムが開催できた。ご参加された受講生・ご家族の皆様、ご支援をいただいた日本学術振興会、ご後援をいただいた相模原市教育委員会に深く感謝致します。

今回は、青色分子の色の変化に注目し、有機合成化学の専門性に繋がるように企画した。今後も、小学生、中学生、高校生に実験を通じて有機分子に興味を持ってもらえるプログラムを企画したいと思った。