

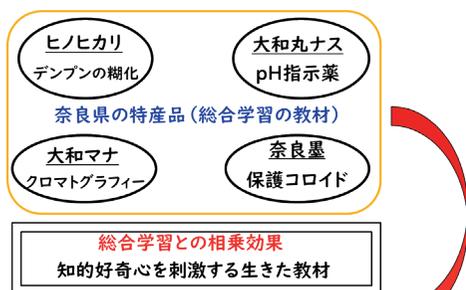
# “奈良墨”を活用した教材開発および科学研究実践課外活動

奈良県立西和清陵高等学校  
早川 純平

## 1. はじめに

近年、生徒の理科離れが顕著な問題となっている。国際教育到達度評価学会(IEA)が実施した「国際数学・理科教育調査」では、日本の生徒は成績が良いにもかかわらず、理科が楽しいと思う生徒が極めて少ないことが指摘されている。その原因のひとつとして、授業における実験数の減少が挙げられる。特に、知的好奇心を刺激する実生活に根ざした化学実験は少なく、生徒の理科離れが加速している。生徒の理科離れは本質的に理系離れを招き、技術立国日本としての国力を落とすことにつながる可能性もあるため、その対策は急務である。

現在、奈良県の高等学校では、総合的な学習の時間等で、奈良TIMEの学習を実施し、奈良県の伝統や文化の学習に取り組んでいる。そのため、地域の特産品を活用した教育活動は、総合的な学習の時間との相乗効果が期待でき、生徒の知的好奇心を刺激する教科横断型教材としての期待が高い。そのような背景の中、奈良県の特産品である奈良墨、ヒノヒカリ、大和マナ、大和丸



これまで教材化した例がなく、教材化にチャレンジ!

図1 奈良県の特産品を使った教材開発

ナスに注目し、新規教材開発を行った(図1)。本論文の前半では、墨教材に焦点を当てて報告する。

## 2. 墨教材の開発

### 2-1 墨教材の背景

“奈良墨”の歴史は極めて古く、唐の時代に朝鮮から、当時の墨が奈良に伝来したと言われている。二千年を超えた今も、“奈良墨”は、奈良県の重要な伝統産業として位置づけられている。

一般に、墨は炭素の微粒子である煤(すす)と動物の腱などから作られる膠(にかわ)から調製される保護コロイドであることが知られている(図2)。

高校化学の教材の中で、保護コロイドの適切な教材はこれまで開発されておらず、保護コロイドの判りやすい教材を提示できれば極めて高い教育効果が見込める。

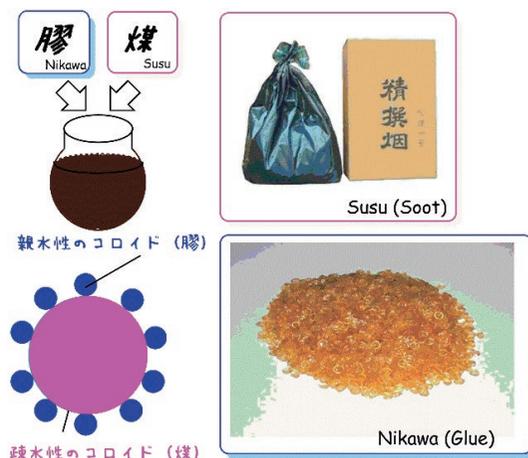


図2 保護コロイドとしての墨

このような状況の中、地域の特産品である“奈良墨”を活用すれば、保護コロイドの知識を効率的に進められることと、膠を活用した墨作りが行われてきた地理的・歴史的背景を学習して郷土への関心を高めることができると予想した。そして、何よりも生きた知識を学ぶことによって化学への興味関心を高め、学習の意欲向上にも大きく貢献できると予想できる。

## 2-2 墨教材（墨汁）の製作

まず実際に、煤（すす）と膠（にかわ）を用いて墨を調製した。奈良県の（株）墨運堂に、墨の作製法を教授して頂き、条件を種々検討した結果、生徒実験用の墨汁作製の手順を確立した。授業で行った教材の製作方法を下記に示す。煤は、墨運堂から購入した松煙1号（墨運堂）を用いて、膠はウサギの粉膠（あすか画材）を使用した。

### 墨教材（墨汁）の製作方法

#### ・材料（4人分）

膠（にかわ）1.5g、水、炭素の粉末（煤）3g、ビーカー 50mL、ビニール袋、紙コップ、温度計、割箸

#### ・製作方法

①水15mLをビーカーに入れる。

②膠1.5gを①のビーカーにいれ、ガスバーナーで加熱しながら膠を溶かす。膠が溶解したら、しばらく空冷する（写真1）。

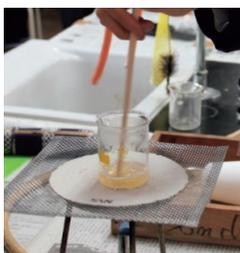


写真1

③煤3gを、ビニール袋にいれ、膠の溶液が40℃まで冷めたことを温度計で確認したのち、膠の溶液をビニール袋に入れ、

5分ほど餅のような手触りになるまでよく揉む（写真2）。

④出来上がった墨を箸で紙コップにうつし、15mLの水を加えて箸でよく混ぜると墨汁が完成する（写真3）。



写真2



写真3

## 2-3 コロイドにおける種々の性質の確認実験

墨教材を用いれば、コロイドの多様な性質および現象が簡便な実験で効果的に実感できる（図3）。

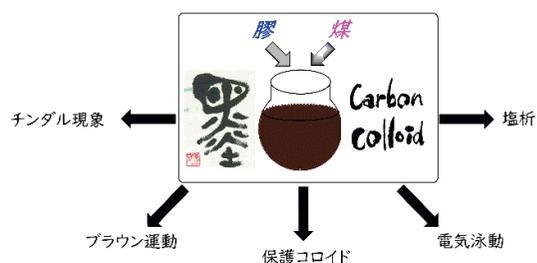


図3 コロイドの性質を確認する実験

具体的には下記の(1)～(5)までの実験を考案した。実験方法を下記に記す。

- (1) 膠の効果を実験する実験（保護コロイドの実験）
- (2) 墨汁のブラウン運動を観察する実験
- (3) チンダル現象を確認する実験
- (4) 塩析現象を確認する実験
- (5) 電気泳動の実験
- (6) 膠の効果を確認する実験

上記の製作方法で、膠を加えずに実験を行い一週間程度放置すると、膠を加えていない溶液（図4 a）は炭素粒子が水に分散しない様子がはっきり観察できる。一方、膠を加えた墨（図4 b）は放置しても沈殿は見られず、両者の違いは一目瞭然である。また、保留粒子径 $5\ \mu\text{m}$ の濾紙(ADVANTEC製2)でそれぞれ濾過すると、膠を加えていない場合は透明な濾液が得られるが、膠を加えた墨は黒色溶液が濾液として得られ、保護コロイドとしての膠の有効性をはっきりと目視で確認できる。

この実験でコロイド粒子の粒子径もはっきりと実感できるため、コロイドを視覚的に理解するためには極めて有効な実験であると考えられる（図4 c）。

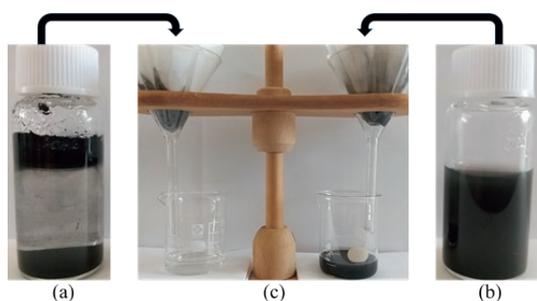


図4 膠の効果を実感する実験

### (2) 墨汁のブラウン運動を観察する実験

得られた墨汁を先ほどの保留粒子径 $5\ \mu\text{m}$ の濾紙で濾過した後、濾液を適当な濃度(10倍程度)に薄め、スポイドでスライドグラスに垂らし、光学顕微鏡で観察する。倍率1000倍での観察で炭素コロイドの粒子が確認でき、炭素コロイド粒子が活発にブラウン運動している様子が明瞭に確認できる（図5）。

コロイドの粒子径を、マイクロメーターを用いて確認すると $1\ \mu\text{m}$ 程度の粒子が多いことがわかる。この実験を通じて、マイクロメーターの使い方を学ぶこともできる。

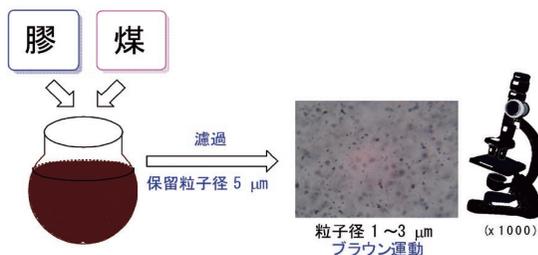


図5 ブラウン運動

### (3) チンダル現象を確認する実験

濾過した溶液をサンプリング瓶に入れ、市販のレーザーポインタを照射することで、チンダル現象がはっきりと確認できる。レーザーポインタの色は緑でも赤でもよく、チンダル現象を実際に確認する例として極めて適している（写真4は赤の例）。



写真4

### (4) 塩析現象を確認する実験

墨汁（図6 a）に過剰量の塩（写真の例は塩化ナトリウム）を加えて（図6 b）、10分攪拌した後、濾過を行うと分散していた煤が沈殿し、濾液が透明になることがはっきり確認できる（図6 c）。濾紙には凝集した煤が観察できる（図6 d）。濾液（図6 c）を、塩化ナトリウムを加えずに濾過を行った場合（図4 b）と比較すると違いがよくわかる。墨教材（墨汁）は塩析現象を理解するために、非常に効果的である。

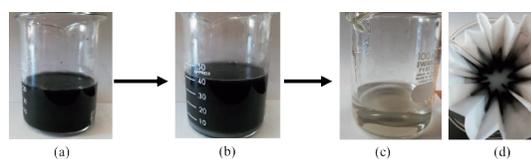


図6 塩析の実験

#### (5) 電気泳動の実験

単三電池 (1.5 V) を4個直列につなぎ、電極に銅板を用いて、調製後濾過した墨溶液に通電した。2時間後煤が陽極に引き寄せられている様子が確認できる (図7)。墨は保護コロイドとして、負に帯電していることが判る。



図7 電気泳動の実験(左:陽極、右:陰極)



写真5～7

☆調製した墨汁はもちろん実際に使用することができ、作成した墨汁を用いて、書道も行うことができる (写真5～7)。

#### 2-4 “膠による煤の分散メカニズム”について

膠による煤の水分散のメカニズムを詳細に明らかにするため、いくつかの実験を実施した。

まず、実験に用いているウサギ由来の膠の食品分析を行った。分析の結果、膠の主成分はタンパク質であることが判った (表1)。

|                 | Result (g) |
|-----------------|------------|
| moisture        | 11.7       |
| protein         | 84.4       |
| Lipid           | 0.1        |
| ash             | 1.1        |
| carbohydrate    | 2.8        |
| Na <sup>+</sup> | 0.2        |

Glue 100 g was used

表1 膠の食品分析

続いて、HPLC (高速液体カラムクロマトグラフィー) で膠のアミノ酸組成を調べた。その結果最も小さいアミノ酸であるグリシンが3割程度含まれるタンパク質であることが判った (図8)。この実験結果は膠の主成分がコラーゲンであることと一致する。また、食品用としてよく用いられるクックゼラチンやコラーゲンペプチドなどのゼラチン類のアミノ酸組成も同様に調べたところ、膠のアミノ酸組成と極めて類似していることも判った。

さらに、墨汁を濾過し、遠心分離の後、動的光散乱法 (DLS) による粒子径の測定を行った。墨の粒子径の平均は、412 nmであることが判った (表2 entry 3)。粒度分布は膠とは全く異なる分布になることも判

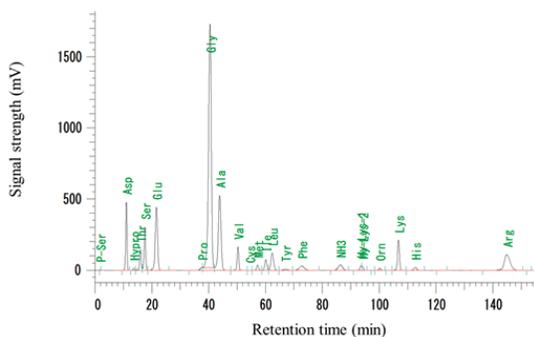


図8 膠のアミノ酸組成分析

った (表2)。この結果は膠が煤に相互作用することで、膠とは異なる粒度分布を有する複合体を形成したと考えられ、保護コロイドの形成が示唆される。

また、コロイドの安定性を示す墨汁の濾液におけるゼータ電位を測定したところ  $-9.1$  mV であり、負に帯電し、膠と同程度のゼータ電位を示すことが判った。

続いて、膠以外の分散剤の検討を行った。まず、ゲル化剤に用いられる寒天を分散材として用いて、同様の条件で検討を行った。多糖類である寒天を用いた場合は、黒色のコロイド溶液は得られず、濾液は無色透明であった (表2 entry 2)。一方、クックゼラチンすなわちゼラチンタイプB (塩基で

処理したゼラチンで負に帯電)、平均分子量が数千のコラーゲンペプチド (ゼラチンを化学処理し、平均分子量を下げた物質) およびゼラチンタイプA (酸で処理したゼラチンで正に帯電) を分散剤に用いた場合は、膠を用いた場合と同様の黒色コロイド溶液が得られた (表2 entries 4~6)。

この結果から、煤の水への分散化は、分散剤の帯電している電荷に関わらず、ある程度の分子量を有するタンパク質が有効であると予想できる。すなわち、煤の分散には静電的な作用よりも、分子間力の寄与が大きいことが予想できる。また、コラーゲンが部分構造であるゼラチンが煤の水分散に極めて重要であり、ゼラチンに含まれる“柔軟な”最も小さいアミノ酸であるグリシンが煤の水分散の鍵であることを示唆している。

## 2-5 教育効果および墨教材のまとめ

授業後アンケートを生徒に記述させた。その結果を記す。表の数値は%で表示してある (表3)。

生徒のアンケートとコメントの結果から、読み取れることを以下に記す。

| entry | carbon material | dispersant       | color     | particle size (nm) | zeta potential (mV) |
|-------|-----------------|------------------|-----------|--------------------|---------------------|
| 1     | -               | glue             | -         | *                  | -10.1               |
| 2     | soot            | agar             | colorless | -                  | -                   |
| 3     | soot            | glue             | black     | 412                | -9.1                |
| 4     | soot            | cook gelatin     | black     | 563                | -12.1               |
| 5     | soot            | gelatin A type   | black     | 703                | 5.7                 |
| 6     | soot            | collagen peptide | black     | 264                | -6.3                |

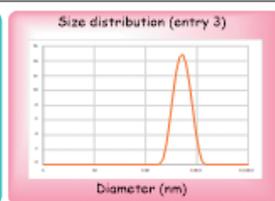
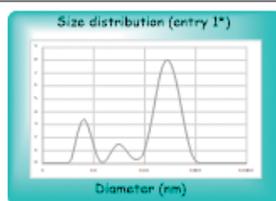


表2 分散剤の検討

|                | そう思う | ややそう思う | 普通 | ややそう思わない | そう思わない |
|----------------|------|--------|----|----------|--------|
| 奈良県の墨作りがよくわかった | 88   | 12     | 0  | 0        | 0      |
| 奈良県の墨作りに興味をもった | 76   | 24     | 9  | 0        | 0      |
| コロイドについてよくわかった | 64   | 21     | 15 | 0        | 0      |
| 身近なものに興味を持った   | 70   | 18     | 12 | 0        | 0      |
| 楽しかった          | 97   | 0      | 3  | 0        | 0      |

表3 アンケート結果

- ・墨作りの授業に対して、否定的な選択肢を選んだもののおよび否定的な意見を書いたものは一人もいなかった。
- ・奈良県の墨作りに興味を持った生徒が、91%存在し、地場産業への理解や関心が高くなったことが判る。
- ・コロイドに対する理解は80%を超え、おおむね満足できるものであった。
- ・身近なモノの中に、科学的な事象を内包していることに興味を持ったと記述した生徒が多数であった。
- ・楽しいと答えた生徒は実に97%に達し、非常に満足できるものであった。

以上、奈良墨を活用した墨教材の開発を行った。身近な地域の特産品を利用した墨教材はコロイド分野の種々の現象（保護コロイド、チンダル現象、ブラウン運動、電気泳動、塩析）を“実感を伴いながら”楽しく理解できる教材である。

### 3. 地域協同型科学研究実践課外活動

#### 3-1 課外研究実践活動の背景

“1.はじめに”でも述べたように知的好奇心を刺激する実生活に根ざした科学実験は少なく、生徒の理科離れが加速している。また、スーパーサイエンスハイスクール(SSH)に指定されている学校以外では、生徒が自主的に考えて自然科学系研究活動を行う機会も極めて少なく、“自分の頭で考えて実験する”という理科的な素養を身につける環境が整っていないのが現状であ

る。そのため、多くの生徒は紋切り型でない実験を通して論理的かつ科学的思考を身につける経験が極めて少ないといっても過言ではない。特に、様々な連携機関と協同して科学研究を進める機会は皆無であるように感じる。

そのような状況もあり、奈良県立西和清陵高等学校では、2017年度から生徒たちの自主的な研究課外活動である科学研究実践課外活動“サイエンスチームなら”の活動に大学をはじめとする様々な連携機関とも協力しながら精力的に取り組んできた。本論文では、その活動について生徒の成長に特に着目しながら報告する。

#### 3-2 研究活動の軌跡

##### (1) 生徒の募集

本校には科学部が存在せず、本活動はまさにゼロからのスタートであった。しかし、決まりきった形のない自分の頭で考える研究課外活動は必ず生徒の成長につながるという思いが私の中にあり、教科を担当している生徒に趣旨を説明し募集をかけたところ、第2学年の5名の生徒が集まり、研究活動がスタートすることになった。

##### (2) 初期の活動

生徒の負担にならないように毎週金曜日を活動日に定め、まずは、基礎的な器具の使い方を学ぶところから活動をはじめた。あまり堅苦しい雰囲気にならないように、できるだけ会話を多く取り入れ、電子天秤の使い方、メスシリンダーの使い方、ガスバーナーや顕微鏡の安全な使用法など実験機器の使い方を学習した。このような基本的な作業は、意外にも生徒にとっては初めての体験であることも多く、生徒が楽しそうに実習を行っている姿が印象的であった(写真8～9)。



写真8



写真9

また、同時に実験ノートの記入の仕方も指導し徐々に科学研究のスタートアップ活動に取り組んだ。

続いて、身近なモノにも科学的な現象が内包していることを実感するために、身の回りにあるモノを活用した実験を行った。牛乳からチーズを作る実験や、煤（すす）と膠（にかわ）から奈良県の特産品である墨を作る実験を行った。実験を通して、単純な実験技術だけでなく、そこに内在する科学的な知識も同時に吸収していく姿が印象的であった。科学的知識を十分に持ち合わせていない生徒でも、活動が続けることで、実験テーマを見つけることが出来ると信じ、2か月ほど初期の活動を継続した。

この活動の中でも、楽しそうに自主的に実験に取り組む生徒の姿が印象に残っている(写真10)。



写真10

### (3) 研究活動のスタート

ある生徒が、墨づくりの実験を行う際に、原料である“煤”の組成に興味を持った。細かい組成は判らなかったので、調べたところ、煤は不完全燃焼で生じる炭素の微粒子であることは判明したものの、細かい構造等は不明であることが判った。そのような会話をしている中で、煤が炭素の微粒子であるということに着目し、同様にシャープペンシルの芯でも墨ができると予想した。

その後、条件を精査することで、実際にシャープペンシルの芯（HB）で、膠を用いた墨作りに成功した(図9)。図9のResultant solutionは濾液の様子を示したものである。図9及び10は実際に生徒が発表で使った図である。

この実験後、別の生徒が「HB以外の他の芯ではどうなるのだろうか」と疑問を持った。続いて、その疑問を解決するべく生徒は、種々の炭素材料（様々な濃さのシャープペンシルの芯、鉛筆の芯、BBQの炭、純粋なグラファイト）を持ち寄り、次々と実験に意欲的に取り組んだ。

その結果生徒たちが開発した方法は検討したすべての炭素材料に適用可能であることがわかり、どんな炭素材料からでも墨が調製できることが判った。また、用いる炭素材料によって調製した墨の濃度に差が出ることも判った。

### (4) 研究の発展（高大連携型研究活動）

ちょうど化学基礎の授業で炭素の同素体を学んでいた生徒たちは炭素の同素体の一種であるカーボンナノチューブ（CNTs）やグラフェン等の最先端の炭素材料にも興味を及んだため、生徒と教員が協力しながら、関連する学術論文を読み解き、勉強す

#### "Mechanical Pencil Core Ink" (HB): Experimental Protocol

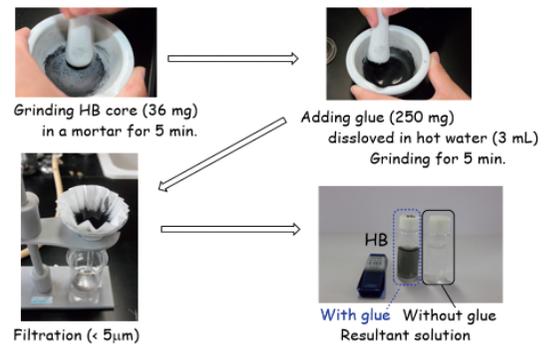


図9 HBの芯を原料とする墨の調製法

ることとした。この論文指導は、大阪市立大学理学研究科八ッ橋知幸、篠田哲史教授の手助けをいただいた。

その結果、CNTsやグラフェンは電子材料や構造材料として強く注目されているにも関わらず、水への分散が難しいことが様々な研究阻害につながっており、これらの炭素材料の水分散技術は今現在も精力的に研究されていることが判った<sup>1) 2)</sup> (図10)。

そのため、膠を用いて簡便にCNTsやグラフェンの水への分散化ができれば極めて有意義なことであると予想された。

これまでの知見を活かして、実際にグラフェンを炭素材料に用いて実験に取り組んだ。活発な議論及び様々な実験を繰り返し、試行錯誤の末、グラフェンの水への分散化に成功した。その成功を皮切りにカーボンナノチューブの水への分散にも成功し、膠を用いた炭素材料の水への分散化の技術を確立した。この成果は身の回りにあるものを活用して、高校現場にある実験機器だけでこれまで困難であった課題に到達した例であると大学の教員からも高い評価を得た。

#### (5) 研究の深化 (学会での発表)

大阪市立大学の教員からの勧めもあり、

研究としては発展途上であるものの、大学院生や企業研究者たちが参加する2017年9月に開催されるThe 53<sup>rd</sup> Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposiumにおいて、実験の成果を発表することにした。フラーレン、カーボンナノチューブ、グラフェンに関しての最先端の研究の発表会である本学会に高校生として初めて参加することができ、口頭発表に選ばれた。発表の詳細なデータを集めるため、教員やサイエンスチームならの指導員のアドバイスも生徒達に影響し、UV-Vis (紫外可視分光法) やDLS (動的光散乱法) などの高校化学では扱わない測定機器の勉強を進んで始めた。その後、大阪市立大学理学研究科の八ッ橋・篠田先生の協力もあって、UV-VisとDLSの測定を自ら行うところまで成長した。

その実験結果も加えて、発表練習を繰り返し、京都大学で行われた学会で高校生ながら立派に発表した。カーボンナノチューブの発見者である飯島澄男先生の質問にも堂々と答えた姿が非常に印象的であった(写真11)。

その学会で、膠の詳しい組成や分散のメカニズムについて質問をされ、その疑問を解決するべく、新たな連携機関を探し、活

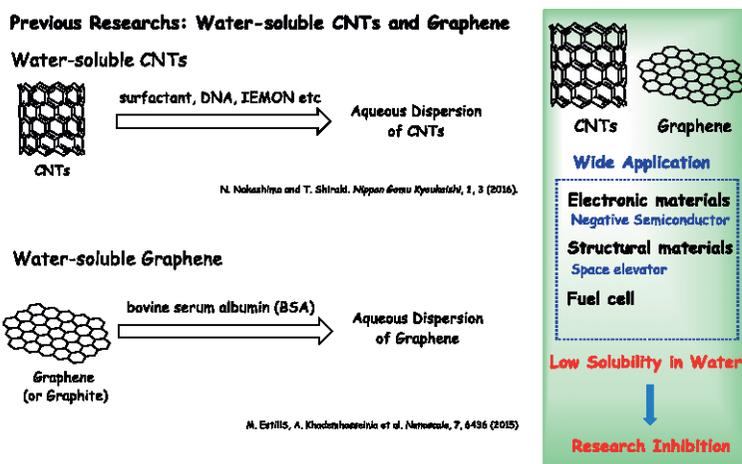


図10 研究の背景

動を進めることにした。この発表からさらに生徒が5名加わり総勢10名程で活動をするようになった。



写真 11

(6) 研究の広がり（地域連携型研究活動）

続いて、膠に対する知識を深めるため、膠の主成分であるゼラチンの製造をしている新田ゼラチン株式会社に連絡を取り、研究討議のお願いをした。実際に、新田ゼラチン生産本部を訪問し、膠の作り方や組成および物性について詳しく学習させていただいた。また研究員の方に対して、生徒たちが自分たちの研究発表を行い、今後の活動へのアドバイスをいただいた。生徒たちが自ら様々な質問をし、研究のさらなる進展のために自ら考えて勉強している姿をよく覚えている。

その際のアドバイスもふまえ、実際に膠の食品分析や膠のアミノ酸組成分析が必要であることが判った。そのため、近畿大学

農学部の安藤正史先生に実際に使用している膠の分析をしていただき、膠による炭素材料の水への分散のメカニズムにおける予想ができるようになってきた。

また、新田ゼラチンの研究員の方々にゼラチンを使ったフィルム作りを教えてもらい、生徒から導電性フィルムを作りたいという意見が自発的に湧いてきて、実際に試行錯誤の末、グラフェンやカーボンナノチューブが分散したフィルムを調製することに成功した。実際にフィルムを何種類か作成し、奈良産業総合振興センターで低抵抗率や導電性を測定したが、芳しい結果が出ず、生徒たちが落胆していたのをよく覚えている。導電性フィルムの調製は今後の課題である。

生徒たちが色々な人と関わる中で、物事に筋道を立てて説明することや、物理現象を説明するための様々な実験を自分で考えることができるようになってきたのがこの時期であったように記憶している。

また、この時期には研究内容もかなり専門的になり、生徒と教員が頻繁に議論を行い、種々の連携機関とも密に連絡を取り、活動を続けた（図11）。

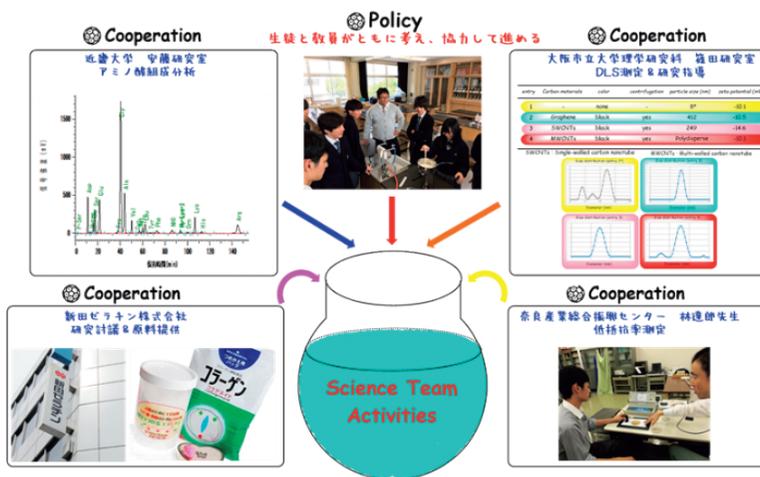


図11 地域連携型研究活動

### (7) 高校化学グランドコンテストへの挑戦

様々な実験や連携機関との研究討議を重ねる中で、生徒から“化学の甲子園”と呼ばれる第14回高校化学グランドコンテストに参加したいという意見が出た。時期が修学旅行中ということもあり、日程はタイトであったが結局参加を決めた。

大学教員のアドバイスも受けながら、要旨を生徒と教員で作成し、参加申し込みをしたところ100件のエントリーの中から10件の口頭発表に選ばれ、名古屋で発表をすることになった。当日は修学旅行が終了した次の日から名古屋に向かったこともあり、生徒には疲れが見えたものの、名古屋市立大学で発表を行った。

実際に、発表はなんとか終えたものの、英語での質問にうまく答えられなかったことや他校生の流暢な英語に衝撃を受けたことから、生徒にとって、英語の必要性を強く感じた2日間であったようだ。しかし、グランドコンテストでは金賞を受賞することができ、理化学研究所の玉尾皓平先生の講演も聞くことができたので、生徒にとって良い経験になった。

グランドコンテストに関連するエピソードは「高校生化学宣言Part11」に生徒の素直な表現方法で詳しく記載されている。生徒の思いや感じたことが生徒の言葉で書かれているため、是非一読してほしい(写真12～13)。



写真 12



写真 13

### (8) 研究のさらなる深化

高校化学グランドコンテストで英語の必要性を感じたためか、生徒が“英語を勉強したい”と申し出たので、関連する論文を英語で読み込む勉強に取り組むことにした。英語の苦手な生徒にとってはかなりの苦痛を伴うものであったようだが、なんとか2～3報の論文を読み込むことに成功した。この経験を活かし、さらに精力的に活動に取り組む、種々の学会で発表を重ねた。

東京大学で2018年3月に開催されたThe 54<sup>th</sup> Fullerenes Nanotubes Graphene General Symposiumにも参加し、ポスター発表を行った。この時、外国人との議論も積極的に行う姿に感動したことをよく覚えている。身振り手振りを活かしながら(近くの研究者に通訳をしてもらいながら)外国人に説明する姿に成長を感じた(写真14)。

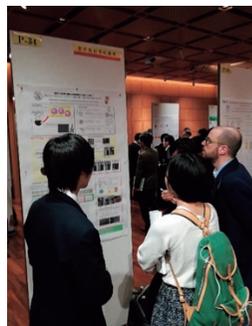


写真 14

また、コロイドの知識を吸収するために筑波大学で行われたThe 69<sup>th</sup> Divisional Meeting of Colloid and Interface Chemistryにも参加した。この時も高校生の知識をはるかに超えた講演に積極的に参加し、熱心に勉強していたことをよく覚えている。

また3年生になったメンバーは進路に向けた取り組みに並行しながら科学研究実践活動にも取り組み、最後の取り組みとして、2018年11月に開催された〈テクノ愛2018〉に参加することにした。〈テクノ愛〉は、京都大学が主催しており、高校生や大学生が新たなアイデアを発表する場である。144件の応募のうち9件の最終審査会に参加するグループに選ばれ、テクノ愛賞を受賞した(写真15)。



写真 15

また、サイエンスチームの発表会等にも多く参加し、生徒たちは高い発表スキルとコミュニケーション力を身につけることができた。

このような数多くのユニークな活動から、本校サイエンスチームは読売新聞、県教育委員会のメールマガジン、日経サイエンス(2018年12月号)など幅広い媒体に取り上げられた。

### 3-3 地域協同型科学研究実践課外活動まとめ

専門的な化学の知識が全くなかった生徒達は、2年間の活動で多くの科学的知識と実験技術そして論理的思考力を身につけた。手際のよい実験技術は指導している大学院生も驚くほどであった。また、彼らの深い思考力は時には大学の教員も舌を巻くほどであった。自分で実験を考え計画し、数多くの失敗をしたものの多くの意見や自らの知的好奇心を武器に、最先端の分析機器を使いこなし、研究を進めた。高校化学の教科書にとらわれることなく多くの知識を貪欲に身につけようとした姿勢には本当に感動した。さらに、様々な分野の研究者と討議を行い、大学院生や企業研究者に混じって多くの発表を重ね、高いコミュニケーション力と発表スキルを磨いた。生徒たちは生きていくうえで大切な他者と協力しながら、物事に取り組む能力を身につけたと思

う。生徒とともに考え研究した2年間はとても楽しく充実した期間であった。日経サイエンスの取材を受けたとき、生徒たちが記者に答えた“誰も知らないことに取り組む楽しさがある”という言葉はまさに研究者の言葉であり、本活動が生徒に研究活動の楽しさを伝えられたことを端的に表している。

教科書の枠を飛び越えた科学研究実践課外活動が生徒の可能性を著しく広げ、生徒の希望溢れる未来を支える強力なツールになることを強く感じた活動であり、近い将来、様々な連携機関と協同しながら進める科学研究実践課外活動が、未来型教育活動になると強く確信している。

### 謝辞

研究助成して頂いた下中記念財団、武田科学振興財団、中谷医工計測技術振興財団、日本学術振興会(課題番号17H00293)、科学技術振興機構(中高生の科学研究実践活動推進プログラム)に厚く御礼申し上げます。

さらに、研究指導していただいた新田ゼラチン株式会社の皆様、大阪市立大学理学研究科の八ッ橋知幸教授、篠田哲史教授、アミノ酸組成分析をしていただいた近畿大学農学部水産学科の安藤正史教授、フィルムの導電性を測定していただいた奈良産業総合振興センターの林達郎先生、研究全般をサポートしていただいた奈良県教育委員会の山本剛先生、村上賢一先生、関連する論文等を探していただいた奈良教育大学の和田穰隆教授には、お忙しい中、本当にお世話になりました。心から感謝の意を表します。

## 【参考文献】

- 1) Nakashima, T.; Shiraki, T. Solubilisation technologies of carbon nanotubes. Nippon Gomu Kyoukaishi. 2016, 1, 3-9. (An excellent review on the dispersion of carbon nanotubes)
- 2) Ahadian, S.; Estili, M.; Surya, V. J.; Ramon-Azcon, J; Liang, S.; Shiku, H; Ramalingam, M.; Matsue, T.; Sakka, Y.; Bae, H. J.; Nakajima, K.; Kawazoe, Y.; Khademhosseini, A. Facile and green production of aqueous graphene dispersions for biomedical applications. Nanoscale 2015, 7, 6436-6443



早川 純平先生  
(はやかわ じゅんぺい)

### <略歴>

- 1985年8月 京都府生まれ
- 2009年3月 大阪大学工学部 卒業
- 2011年3月 大阪大学大学院応用化学専攻工学研究科 修了
- 2011年4月 日本学術振興会特別研究員 (DC1)
- 2013年4月 奈良県立桜井高等学校 勤務
- 2017年4月 奈良県立西和清陵高等学校 勤務
- 2017年4月 サイエンスチームなら 科学研究実践活動指導員  
現在に至る

### <研究歴>

#### 研究テーマ：オレフィン類の新規官能化法の開発

- 2009年
  - ・ 第12回ヨウ素学会シンポジウムポスター賞
- 2011年
  - ・ 第38回有機典型元素化学討論会ポスター賞
- 2012年
  - ・ 大阪大学工業会賞  
([https://www.osaka-u.info/wp-content/uploads/2011/10/top\\_article\\_4.pdf](https://www.osaka-u.info/wp-content/uploads/2011/10/top_article_4.pdf))

#### 研究テーマ：地域の特産品を活用した教育活動

2017年

・日本学術振興会 奨励研究(17H00293)

2019年

・公益財団日本教育公務員弘済会

2019年度教育実践論文 奨励賞

### Publications and Conference Presentations

Japanese Ink inspired aqueous dispersion of carbon materials

Kaito Ishido, Maya Kubo, Kazuki Nakamura, Kana Sasaki, Yuma Nakagawa, Tatsuhiko Yoshimura, Junpei Hayakawa\*  
The 53<sup>rd</sup> Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 2017, *I-14* (Kyoto University)

Straightforward Synthesis of 1,2-Dicyanoalkanes from Nitroalkenes and Silyl Cyanide Mediated by Tetrabutylammonium Fluoride

Kensuke Kiyokawa, Takaya Nagata, Junpei Hayakawa, and Satoshi Minakata\*  
*Chem. Eur. J.* 2015, *21*, 1280-1285.

Transition-metal-free Benzylic C-H Bond Intermolecular Amination Utilizing Chloramine-T and I<sub>2</sub>

Youhei Takeda, Junpei Hayakawa, Kazuki Yano, and Satoshi Minakata\*  
*Chem. Lett.* 2012, *41*, 1672-1674.

Halogenated Heterocycles: Synthesis, Application and Environment  
Springer; (2012/2/9) ISBN-13: 978-3642251023 (Part of Nitrogen Containing Heterocycles)

Iodoamidation of Olefins with Chloramine Salts and Iodine in Aqueous Media

Satoshi Minakata\* and Junpei Hayakawa  
*Chem. Commun.* 2011, *47*, 1905-1907.

CO<sub>2</sub>-Induced Amidobromination of Olefins with Bromamine-T

Junpei Hayakawa, Mitsuhiro Kuzuhara, and Satoshi Minakata\*  
*Org. Biomol. Chem.* 2010, *8*, 1424-1430.

### <勤務校>

奈良県立西和清陵高等学校

〒636-0813 奈良県生駒郡三郷町信貴ヶ丘  
4-7-1

電話 : 0745-72-4101