全体会（宮崎県立宮崎北高等学校）

表彰（名古屋市立向陽高等学校）

質疑応答

理科好き高校生たちの熱い夏 PART2

—— 5 回目を迎えた、スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会より

西村 尚子(サイエンスライター)

北京オリンピックの開幕直後、神奈川県横浜市の国際会議場では、昨年に引き続き、理科好きの高校生たちによるスーパーサイエンスハイスクールの生徒研究発表会が行われた。今年の参加校は過去最高の 94 校にのぼり、このうち 31 校が口頭発表を行った。研究メンバーによる熱心なプレゼンテーションのようすをお伝えしよう。

「スーパーサイエンスハイスクール (SSH)」は、子どもたちの理科離れに歯止めをかけ、科学技術立国と称される日本の未来を担う人材を育てようと、文部科学省が平成 14 年度から始めた取り組みだ。1 校あたりの SSH 指定期間は 5 年間（平成 16 年度指定校までは 3 年間）で、希望する高校が独自の研究テーマやカリキュラムを作成して申し込み、文部科学省が選定する仕組みになっている。平成 20 年度の指定校は 5 校で、現在、平成 17 年度以降の合計 94 校あまりが研究に取り組んでいる。

SSH 事業 6 年目を迎えた今年は、8 月 7 日と 8 日に生徒研究発表会が開催され、1 日目に物理、数学、生物、地学、化学などの分野ごとに分けた分科会が開かれた。分科会では、参加校 31 校が用意したパソコン画面などを使って口頭発表を行い、その後、玉川大学学術研究所の山極隆教授や JST 科学技術理解増進部のスタッフなどからなる評価者たちが、6 分野から 1 校ずつ、代表校を選抜した。1 日目の夕方と 2 日目の午前中にはブースごとのポスターセッションも行われ、94 校の生徒たちが熱心な呼び込みをするとともに、自らの研究と成果について発表した。

2 日目の午前中は、選抜された 6 分野の代表校が全体会の中で再び口頭発表を行い、午後には賞の発表と授与が行われた。文部科学大臣奨励賞を手にしたのは、「加速度の視覚認識装置の開発と研究（数学・物理分野）」を行った佐野日本大学高等学校で、そのほかの 5 校にはいずれも独立行政法人科学技術振興機構理事長賞が贈られた。また、徳島県立城南高等学校をはじめ 7 校に、ポスターセッション賞が贈られた（右表を参照）。

全体会における発表では、高校生とは思えないレベルの高い質疑応答が、予定時間ギリギリまで繰り広げられた。授与式の後、評価者の代表として山極教授は「さまざまなタイプの SSH があってよい。各校の研究は、最先端である必要はなく、条件統一や前提知識の理解といった研究の基本技法を身につけているか、その結果として研究が深まっているかが重要だ。SSH の活動が大学での研究や国際大会、海外との共同研究などに結びついていくことを期待したい」との講評を述べた。生徒発表会は盛会のうちに幕を閉じ、高校生たちは今後の研究のさらなる発展を誓って会場を後にした。

平成 20 年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会表彰結果

文部科学大臣奨励賞

佐野日本大学高等学校（栃木県）
「加速度の視覚認識装置の開発と研究」

独立行政法人科学技術振興機構理事長賞

茨城県立水戸第二高等学校
「銅金属葉のフラクタル成長とボロノイ分割」
長野県屋代高等学校
「玄能石 ～上田の不思議な石～」
宮崎県立宮崎北高等学校
「鉄 (III) イオンに対する黒豆ポリフェノールの還元作用について」
名古屋市立向陽高等学校
「花粉管伸長のしくみ」
ノートルダム清心学園清心女子高等学校（岡山県）
「サンショウウオの人工繁殖」

ポスターセッション賞

武庫川女子大学附属中学校・高等学校
「色素増感型太陽電池に有効な植物色素の研究」
徳島県立城南高等学校 「ヘロンの噴水」
埼玉県立浦和第一女子高等学校
「ショウジョウバエの幼虫は餌によって唾液分泌量を調節する」
広島大学附属高等学校 「粉流体の研究」
大阪府立大手前高等学校
「四次元図形を見る」
奈良女子大学附属中等教育学校
「新しいインターフェースの開発」
長崎県立長崎西高等学校
「アルファルファタコゾウムシの研究！」

見えない加速度を可視化する

— 加速度の視覚認識装置の開発と研究

佐野日本大学高等学校

地球の重力は 9.8m/s^2 の加速度をもたらす。ということは、同じ高さから「同じ形と重さをもつ物体」を落とせば、地球上のどこで実験しても、物体は同じように落下していくことになる（風などの効果を無視する）。説明されればその通りだと納得するが、「加速度を目で見たことがあるか」と問われれば、見たことのある人はいないだろう。

佐野日本大学高等学校 3 年の田島大輔さんと平井良輔さんは、等加速度運動を再現するための装置を自分たちで作出し、実際に目にする機会のない加速度を視覚化しようと試みた。

マイコン、LED、アルミ材の自前装置

物理学辞典には、「運動の速度が時刻とともに変化するとき、単位時間あたりの速度変化を加速度という」とある。地球の表面では、どのような物体でも地球の中心に向かう力（重力）を受けており、その大きさは物体の質量にほぼ比例する。重力加速度は、このときの比例定数に相当し、およそ 9.8m/s^2 である。この値はさまざまな加速度を表す単位にもなることから、重力加速度と同じ加速度は 1.0G とも表記される。

日本では高校の物理で加速度運動について学習する。「私は授業で、シミュレーションソフトによってディスプレイ上に再現された加速度運動を見たのですが、認識するのがむずかしく、あまり実感がわきませんでした」と田島さん。平

井さんと話し合っ、指定した値の「等加速度運動」を実際に再現し、加速度を目で見て認識できるような装置を開発することにした。

まず、装置の原理を考えた。そして、発光ダイオード（LED）を加速度点灯させることを思いついた。「一般に普及しているマイコンチップを利用し、定められた等加速度で LED を点灯できるような装置を考えました」と田島さん。マイコンは「H8/3048F（以下、H8）」という日本のメーカーのものを使うことにし、LED の性質や H8 のプログラムの書き込み方などを独学で学んだ。装置の骨格にはアルミ材を用いることにした。試行錯誤の末、L 字型のアルミ材に 50 個の LED を 4cm 間隔で取り付けけた「鉛直型の加速度認識装置」が完成した。

さらに田島さんらは、水平方向の長い距離での加速度運動を認識するために、水平ラインが 10m もある「水平型の加速度認識装置」をも完成させた。水平ラインは 2m のアルミ材を 5 本つないで作り、そこに 50 個の LED を 20cm 間隔で取り付けけた。加速度を作り出すためのラインには、鉛直型装置と同じ L 字型のアルミ材を用いた。こうして、ヒトが視覚認識できる範囲の加速度運動のほとんどを再現できる装置が完成した。

加速度が目で見えた！

いよいよ実験の時がきた。まず、 9.8m/s^2 の等加速度運動を再現し、室内を暗くして 10m 以上離れたところから観察した。予想どおり、LED の点滅がはっきりと認識でき、次の LED が点滅するまでの時間がどんどん早くなっていくようすがよくわかった。続いて以前から観察してみたかったという 1.0m/s^2 の等加速度運動を再現してみた。「観察した 10m の間では、かなりゆっくりした加速度運動に見えました。加えて、人が走り出すときの加速度運動が 4m/s^2 よりも大きいこともわかりま

平井さん（左）と田島さん。

した」と田島さん。さらに 2 人は、月面と同じ 6 分の 1G での物体の落下運動を再現し、1G のようすと比較することで、月面での運動を体感することにも成功した。一連の実験のようすは撮影されており、口頭発表時に映像として紹介され、会場からは感嘆の声が上がった。

こうして紹介すると、研究は極めて順調に進んだような印象だが、実際には操作ミスによって H8 を何個も壊し、うまくプログラムを書き込めるようになるまでに半年を要したという。「その後も、動作確認のための実験と改良の繰り返しでした」。2 人はそう声をそろえる。

受賞を糧にさらなる努力を

本研究には、名誉ある文部科学大臣奨励賞が授与された。「まさか自分たちが受賞するとは思わなかった」と謙遜する 2 人だが、指導にあたった渡辺隆治教諭は「2 人の見えない努力が実を結んだのだと思います。限られた時間しかない中、積極的に課題に取り組み、失敗してもめげないで原因を解決しようする姿勢に感心しました」と評価する。

今回開発した装置は、物理の授業の教材として利用できるほか、自動車を運転するときの安全性の検証実験などにも応用できそうだという。2 人は、「LED の間隔を狭くすることでより精密に動きを再現できるようにし、人がもつ物体認識能力を詳しく解析してみたい」と話している。

将来の夢を聞いたところ、田島さんは工学系のエンジニアに、平井さんは未来の技術発展に貢献できるような人物になりたいのだそうだ。どのような道に進んでも、今回の研究を糧に探求を続ければ、おのずと道が開けるだろう。

水平型の加速度認識装置。長さ 10m の装置に、20cm 間隔で LED が取り付けられている。

繁殖経験を生かした遺伝子実験や保護活動

— サンショウウオの人工繁殖

ノートルダム清心学園清心女子高等学校

サンショウウオというと、国の特別天然記念物にもなっている「オオサンショウウオ」の黒いユーモラスな体軀を思い起こす人も多いだろう。日常ではほとんど目にする事のないサンショウウオだが、北半球の温帯を中心に、世界で約280種も知られる両生類である。日本では現在19種が確認されているが、産卵のために必要な水辺が減るなどの理由で、生息数が急速に減っている。

ノートルダム清心学園清心女子高等学校では、1989年に地元（岡山県）の野外で採取したカスミサンショウウオの卵を孵化させた後、飼育下での産卵に成功して以来、いろいろな有尾類を飼育し、授業の一環としてさまざまな研究を続けてきた。その成果は日本生物教育

会や日本爬虫両棲類学会、日本動物学会などに報告され、いずれもすぐれた調査研究として評価を受けている。

生命科学コース・生物部発生物学研究グループの3年に在籍する前田祐伽さん、同2年の山下理沙さんらは、先輩によるこれまでの飼育や繁殖の技術を受け継いで、絶滅が心配されているオオイタサンショウウオの人工繁殖法を確立しようと試みた。オオイタサンショウウオは、大分県を中心に九州と中国地方の一部にのみ生息する固有種である。水辺で孵化し、変態後は森林で生活するが、宅地開発や圃場整備などによって生活空間がせばめられていることから数が減り、現在は「絶滅危惧種（環境省、2000年レッドデータブック）」に指定されている。

前田さんらは、産卵期である1～3月に排卵誘発剤を用いて卵と精子を採取したうえで人工受精の実験を行い、幼生期の3～6月には「個体数の密度と共食いとの関係」などを調べた。さらに、オオイタサンショウウオの性決定に関与する遺伝子を突き止める研究にも挑戦した。人工受精について「2007年には最高で20%だった正常発生率を、

前田さん（左）と山下さん。

2008年には80%にまで高めることができました」と前田さん。ある程度以上の個体密度で育てると、共食いをして足のない個体が続出することや、ショウジョウバエや線虫で性決定に関与する *Dmrt1* という遺伝子がオオイタサンショウウオにも存在することを明らかにした。

分子生物学を用いた研究は、川崎医科大学の西松伸一郎先生らの協力のもとで進められており、担当の秋川繁治教諭は「理科教員だけで抱えるのではなく、専門的にサポートしていただける体制が必要」と話す。今後は *Dmrt1* 遺伝子を手がかりにさらに詳しい性決定のシステムの解析を進め、性成熟前に個体の雌雄を判別できるかどうか、サンショウウオの性決定が環境に影響を受けているのかといったことを明らかにしていく予定だという。前田さんと山下さんは、ともに大学理学部への進学を希望しており、将来の日本を担う女性科学者としての活躍が期待される。

飼育4年目のオオイタサンショウウオ。

頁岩から掘り起こして、特性を調べる

— 玄能石～上田の不思議な石～

長野県屋代高等学校

SSHでは、その地域に固有の動植物を対象に研究を行っている例が多くみられるが、屋代高等学校の理数科に所属する宮崎淳さん、宮島諒一さん、山口隆さん、山口裕己さんのグループは、長野県で特徴的な岩石を対象にしようと考え、上田市から産出することで有名な「玄能石」という岩石の調査研究を行った。

玄能石は、第三紀（約6500万年前～約200万年前まで）の地層から出る石で、不純な方解石（炭酸カルシウム）を主成分とする。「玄能」とはカナヅチのことで、その名のとおり、この鉱物の単結晶は、細長く末端がややとがった形をしている。そのほかに、星のような形、コンペイトウのような形のもの

左から山口裕己さん、宮島さん、宮崎さん、山口隆さん

も知られており、長野県以外では福島、新潟、秋田、北海道など、海外ではロシアやカナダなどでも産出する。

宮崎さんはまず、上田市越戸に位置する浦野川の河床（露頭）で調査を行い、約 50 個の玄能石を採集するとともに、その分布図を作成した。「玄能石は本のページのようにはがれやすい頁岩の中に埋まっており、矢じりのような特徴的な形をしているので、見分けることはむずかしくありませんでしたが、小雨の寒い中、川に足を取られることがしばしばあり、4 人中 3 人が風邪をひきました」と宮崎さん。続いて、採集した石のサイズや密度をはかり、

断面の顕微鏡観察や、岩石プレパレート（薄切片）の偏光顕微鏡観察などを行った。さらに、炎色反応などを指標にして、成分に炭酸カルシウムや鉄イオンなどが含まれることを確かめ、同様のことを信州大学に依頼して得られた分析値でも確認した。

そして、上田市越戸の玄能石が頁岩の層離面に対して平行にはまっていること、周囲の頁岩の層離面が玄能石に沿って湾曲している事実などから、泥がまだ軟らかく、かつ還元状態にある環境中で炭酸カルシウムが晶出し、それが多結晶固体となることで玄能石を作り上げた結論づけた。「主成分が炭

酸カルシウムなので、今後は、二酸化炭素の固定化という観点からも考察してみたい」と話す 4 人。研究を続け、地味な印象に陥りがちな地学分野を盛り立てていってほしい。

頁岩に埋まった玄能石。

銅結晶の成長を数学的に解析

—— 銅金属葉のフラクタル成長とボロノイ分割

茨城県立水戸第二高等学校

雪の結晶は、花のように見える。その花弁は、桔梗のようなもの、木の枝のようなものなどさまざまだが、結晶してみると、いずれも六角形を基本とする美しい幾何学模様である。実は、銀や銅、亜鉛などの金属も、ある条件のもとで美しい結晶を作り出す。その形は、木がたくさんの枝葉を伸ばしたように見えることから「金属樹」あるいは「金属葉」とよばれている。

茨城県立水戸第二高等学校 3 年の鈴木絵里香さん、小室里花さんらのグルー

プは、化学の教科書で紹介されていた金属葉が、枝分かれを繰り返しながら成長していくように興味をもち、自らの手で結晶を作って、その形を数学的な手法を用いて解析した。

金属葉は、イオン化傾向の大きい金属を、それよりもイオン化傾向の小さい金属イオンを含む水溶液に浸したときに、イオン化傾向の小さい方の金属が還元されて析出したものである。鈴木さんらは、塩化銅（あるいは硫酸銅）の電解液に寒天を加えた培地を作り、そこに鉄の金属片を乗せ、ラップで空気を遮断したうえで、25℃、湿度 90% の環境に保ち、銅の金属葉を成長させた。その後、中央大学理工学部の松下貢教授らの協力の下、自然界のさまざまな形の次元が求められるとされるボックスカウント法により計算し、金属葉のパターンがフラクタル様であることを明らかにした。

一方で、ゲル上に 20 個の金属片を置いて、金属葉を複数成長させる実験も行った。「各金属片は周囲の Cu^{2+} をかき集めながら銅の枝を成長させるの

鈴木さん（左）と小室さん。

で、結晶と結晶の間にはすき間ができました。よく調べたところ、このすき間は、隣り合う金属片どうしを結ぶ垂直二等分線になっていることがわかりました」と鈴木さん。このような分割は「ボロノイ分割パターン」とよばれ、携帯電話の基地局の設置場所を決めるのに使われたりしているという。さらに鈴木さんらは、ゲル上に「点状の小さな金属片」と「長い棒状の金属片」を少し離して置くと、ボロノイ境界が放物線になることも明らかにした。

「化学をさまざまな角度でとらえることで、数学と結びつけることができました。将来は社会に貢献できる女性になりたい」。そう声をそろえる鈴木さんら。地味な実験や観察をねばり強く続けた今回の経験が、必ずや生かされるだろう。

20 個の銅金属樹。すき間を調べると、ボロノイ境界を示すことがわかった。

見えてきた、科学政策としての成果と課題

冒頭でも述べたとおり、平成 14 年度から始まった SSH 事業は、早くも 6 年目を迎えた。各指定校には、初年度に 1600 万円、2～3 年目に 1200 万円、4～5 年目に 800 万円が支給され、平成 20 年度の総予算額は約 14 億 8000 万円にのぼっている。一般の研究者にとって最もポピュラーな競争的資金である科学研究費補助金（科研費）を考えた場合、平成 19 年度には公募採択された約 2 万 4000 件を対象に総額 682 億円が交付されており、1 件あたりの平均交付額は約 284 万円であった。ある意味では、プロの科学者よりも潤沢な研究資金が、「科学者の卵たち」に投じられていることになる。

文部科学省が用意した大学への橋渡し

果たして、予算に見合うだけの成果は得られているのだろうか。あるいは、成果が得られる目処がついているのか。文部科学省科学技術・学術政策局基盤政策課の福島崇専門官は「SSH 指定校数は年々増加し、科学技術、理科、数学に対する興味・感心の向上がみられ、自分から取り組む姿勢や真実を探って

明らかにしたいという気持ちについても向上している」と分析する。なるほど、SSH 発表会に参加した高校生たちは、いずれも独創性の高い研究を進め、結果をユニークな視点で解析し、質の高いプレゼンテーションを行っていた。なかには、将来の日本の科学者を彷彿とさせる姿も見受けられた。

ただし、科学者育成への本格的な一歩となるのは大学教育である。つまり、SSH 事業は大学教育に橋渡しされなければ、中途半端に終わってしまう可能性が高い。文部科学省は、平成 19 年度より、新たに「理数学生応援プロジェクト」を発足させ、東京理科大学など全国の 5 大学に「入試等選抜方法の開発・実践」「教育プログラムの開発・実践」「意欲・能力を伸ばすための工夫した取り組み」の各事業を委託し始めた。例えば、東京理科大学は「スーパーサイエンティスト育成プログラム」を発足。対象学生（SSH の卒業生以外も可能）は、2 年次から実験や実習に参加し、先端研究機関の見学、他学科との共同研究等を進めるとともに、4 年次で大学院共通教育科目の受講が許される

という。また、同じく同プロジェクトを委託された愛媛大学は、平成 17 年度から「スーパーサイエンス特別コース」を設置し（AO 入試に合格することが必須）、環境科学、地球惑星科学、生命科学工学の 3 領域において、チューターによる個別指導、理数分野に特化した英語教育、国内外の研究施設訪問などを進めている。

一般大学も、独自の待遇を検討

一方、このプログラムに参加しない大多数の大学の理系学部にとっては、入試や授業カリキュラム等に SSH 事業の成果を生かすのか否か、生かすとしたらどのような内容にするのか、といったことが、自分たちにすべて任せられた状況にある。それでも、北海道大学、東北大学、東京大学、千葉大学、大阪大学、京都大学、鹿児島大学などが、独自の教育プロジェクトを立ち上げ、理科好き高校生（SSH 参加者に限らない）のための特別な待遇を整え始めている。

今日の SSH 生徒研究発表会の会場の一角には、こうした大学の取り組みを紹介するコーナーが設けられ、高校生たちが自由に資料を手にしたたり、質問したりできるようになっていた。大学ごとのパンフレットでは、特別入試のしくみや

文化祭の模擬店さながらの「ポスターセッション」

口頭発表とは別に、学校ごとに設けられたブースにて成果発表を行うポスターセッションも行われた。94 校の参加校は、自分たちに与えられた幅 1m、高さ 2m ほどの小さなブースで、ポスターやパソコン映像、実物展示などを巧みに使い、熱いプレゼンテーションを繰り広げた。自由に傍聴者を募るスタイルなので、客集めも真剣である。他校の生徒や教諭、文部科学省や JST の関係者、取材陣などに声をかけ、自分たちのブースへと勧誘していた。

筆者は興味の赴くままにブースを回った。全体としては、その地方ならではの素材や生き物を用いた研究や、日頃感じる身近で素朴な疑問を掘り下げた研究、機器や装置を自作する研究などが多い印象を受けた。いずれの研究もすばらしいものだったが、埼玉県立川越高等学校の「RESEARCH on the スペクトル ― 自作分光器による天体の分光観測」や岡山県立倉敷天城高等学校の「身近な植物に生息するセルロース分解菌のスクリーニン

グ」などが印象に残った。前者は、地球のはるかかなたに存在する天体までの距離を自作の分光器で測定したいという高校生らしい動機に好感がもてた。後者は、穀物を用いたバイオエタノールに代わって注目されているセルロース由来のバイオエタノール研究に直結しうるので、この先の研究に期待したいと感じた。

ポスターセッションもまた、評価委員によって採点された。その結果を受け、全体会において、徳島県立城南高等学校

（ヘロンの噴水）など、すぐれた研究発表を行った計 7 校に「ポスターセッション賞」が授与された。受賞校の生徒たちには、口頭発表の受賞生徒とともに暖かい拍手が贈られた。

募集研究領域、入学後のカリキュラム等が、写真や図を使って説明されており、「高いレベルの教育」「将来を担う科学者に」「少人数性教育」といったフレーズが並んでいた。いずれも、大学側の熱意は理解できるものだったが、「どういう領域の研究が強いのか」「他の大学と何が違うのか」「参加すると、誰から、どのような指導を受けることができるのか」、といった具体的な情報がやや不足しているようにも思えた。

SSH を核に「理科好き」の輪を

昨年行われた、経済協力開発機構（OECD）による 15 歳を対象にした学習到達度調査（PISA）において、日本は順位を大きく後退させた。世界 57 か国・地域のなかで、「科学的活用」が 2 位から 6 位、「数学的リテラシー」が 6 位から 10 位などとなったのである。公立の学校をはじめとする教育の現場で

も、歯止めのかからない学力低下を憂慮する声が大きくなっている。

こうした状況を受け、文部科学省は、学習指導要領の改訂、全国学力・学習調査の実施などによって、学力の底上げをねらっている。が、画一的な押しつけ教育はすでに限界にきている。現代に限らず、子どもは興味をもてなければ、がんばれない。逆に、自らの知的好奇心が満たされれば、それが指導要領の域を出たむずかしい内容であっても食いついていく。こうした力は、選ばれた生徒だけでなく、誰もが持ち合わせているものだろう。

だからこそ、SSH に参加するような「理科好き高校生たち」は、貴重な存在だといえるのではないか。筆者は、SSH の生徒や卒業生たちに、特別枠のなかで英才教育する場を与えるだけでなく、一般の中学や高校で自らの研究について発表したり、交流するなどの活動

をさせていってほしいと思う。理科好きのリーダーとして、早い段階から大学や研究機関ともつながり、一般の中等教育機関とも広くつながることで、高額の予算を投じた SSH 事業の波及効果を最大限に高めてほしいと願うからだ。

1 年にわたって連載してきた本シリーズ（High School Scientists）は、今月号で終了となる。理科好き高校生たちとの短い交流は、筆者が 20 年以上前に抱いていた「分子生物学へのあこがれ」を思い出させてくれるものとなり、執筆活動にも新たな風を吹き込んでくれた。楽観的だと思われるかもしれないが、取材を経るなかで、今は、トップダウンではない「子どもの目線」で理科好きの仲間を増やすことができれば、現状を打開する糸口が見つかるのではないかという気がしている。今後の展開を、暖かい目で見守っていきたい。 ■