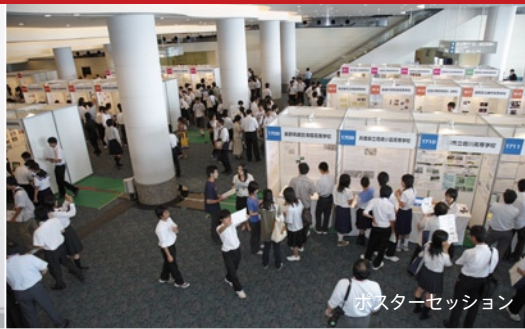
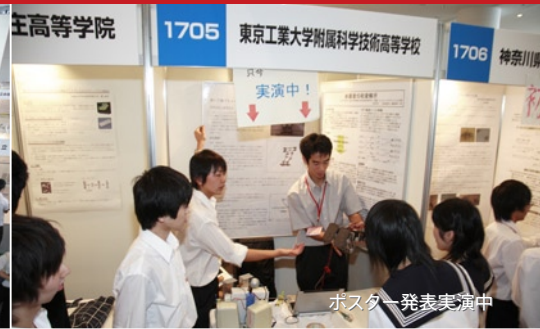




奈良女子大学附属中等教育学校メンバー



ポスターセッション



ポスター発表実演中



質疑応答



表彰



全体会

理科好き高校生たちの熱い夏

—— 平成19年度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)

子どもたちの一層の理科離れが懸念されるなか、文部科学省は平成14年度より、未来の科学技術系の人材を育てるねらいで「スーパーサイエンスハイスクール (SSH)」の取り組みを行っている。8月2日～3日の2日間、今年度のSSH生徒研究発表会が横浜市で開催され、全国から集まった1300人を超える研究メンバーによる熱心な口頭発表とポスターセッションが行われた。

生徒研究発表会の1日目は「数学・物理」「物理」「生物」「化学・地学」の4分野に分かれて分科会が開かれ、平成17年度指定校計22校のメンバーが、用意したパソコン画面などを使って口頭発表した。その後、大学教授や高等学校長、文部科学省初等中等教育局、国立教育政策研究所、JST科学技術理解増進部などのスタッフからなる評価者たちによって各4分野から1校ずつ「代表校」が選抜された。一方で、1日目の夕方と2日目の午前中には84校によるポスターセッションも行われ、各校のメンバーが独自の研究と成果について、熱心に発表した。代表校は2日目の全体会で再び口頭発表を行い、その結果を受け、文部科学大臣奨励賞1校と独立行政法人科学技術振興機構理事長賞3校が決められた。

文部科学大臣奨励賞は「モーションキャプチャシステムの開発とその応用」について研究した第1分科会代表校の奈良女子大学附属中等教育学校に贈られた。メンバーの岡田真太郎さん、中嶋研人さん、西田惇

さん、樋口幸太郎さん、前澤俊哉さんらは、人や物体の動きをデジタル処理して記録できるモーションキャプチャシステムを搭載したアームつきロボットをほぼ自前で開発し、買い物客と一定の距離を保って追いかける買い物カート (右写真参照) を作り上げた。岡田さんらのモーションキャプチャは人や物体の正確な3次元座標をリアルタイムで表示することができ、将来は生体医学の分野でも応用が期待されているという。

そのほか、独立行政法人科学技術振興機構理事長賞が、群馬県立高崎高等学校、福岡県立小倉高等学校、鹿児島県立錦江湾高等学校 (p.18参照) の3校に贈られた。また、立命館高等学校などの5校には、ポスターセッション賞が贈られた (右表参照)。

発表会は盛会のうちに幕を閉じ、理科好きの高校生たちは、研究の続きや大学進学に夢を託して会場を後にした。

* 続く pp.18～21 では、参加校のうち各分科会の4分野とポスターセッションからそれぞれ1校ずつを独自に選び、計5校の研究内容について報告する。

平成19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

奈良女子大学附属中等教育学校
「モーションキャプチャシステムの開発とその応用」



独立行政法人科学技術振興機構理事長賞

群馬県立高崎高等学校「風の流れの可視化」
福岡県立小倉高等学校
「送粉シンドローム～植物における生殖戦略の進化～」
鹿児島県立錦江湾高等学校「色素増感型太陽電池の研究」

ポスターセッション賞

立命館高等学校「線形合同法による乱数列の生成」
兵庫県立加古川東高等学校「西南日本内帯兵庫県南西部加古川市～高砂市に分布する岩石の形成過程」
筑波大学附属駒場高等学校
「パターン形成遺伝子 *slp1*、*slp2* の単離と発現解析」
岐阜県立恵那高等学校「ルビーをつくろう」
島根県立益田高等学校「ヒメスナホリムシの生息条件」

スーパーサイエンスハイスクール (SSH)

SSHは各学校が独自の研究テーマやカリキュラムを作成したうえで申し込み、文部科学省が指定校を選ぶ仕組みで、指定期間は5年間 (平成16年度指定校までは3年間。ただし、平成15年度と16年度指定校のうち計17校は、引き続き2年間の終了経過措置に入っている) である。平成19年度指定校は31校で、現在、平成15年度以降の合計101校の指定校が研究に取り組んでいる。

奈良女子大学附属中等教育学校

安良直樹

「色素増感型太陽電池の研究」

— 色素を利用してCO₂排出量の削減をめざす

鹿児島県立錦江湾高等学校

第4分科会(化学・地学)より

この夏、日本は連日の猛暑日に見舞われ、熱中症による死者も多く出た。その原因が地球温暖化によるものであるかどうかは不明だが、少なくとも私たちに「暑い地球」を肌で感じさせるものとなった。「気候変動に関する政府間パネル (IPCC)」によると、近年の地球の平均気温は上昇の一途をたどっており、2100年には平均気温が6.4℃、海面水位が59センチ(ともに最大推計)も上がる可能性があるという。温暖化をもたらす要因としては、石油などの化石燃料の使用により、大気中の温室効果ガスである二酸化炭素が短期間のうちに急増したことが有力視されている。

鹿児島県立錦江湾高等学校の西田英樹さん、大野哲さん、川畑開紀さんらのグループは、化石燃料にかわるエネルギー源として注目される太陽電池のうち、安価で大がかりな製造設備を必要としない「色素増感型太陽電池」に着目。実際に自分たちの手で色素増感型太陽電池を組み立てたうえで、さまざまな色素を用いて電池の性能を調べ、さらに、性能と色素の構造との相関についても検討した。

色素増感型太陽電池とは

現在開発が進められている色素増感型太陽電池は、1991年にスイスのグレッチェルらが高効率化に成功して以来、注目を集めている電池である。通常の太陽電池には

純度の高いシリコンが用いられているが、色素増感型太陽電池では太陽光を吸収できる色素を吸着させた酸化チタン膜を用いる。製造コストが安く、電池の色や形を比較的自由に換えられ、出力もそこそこ出るのが特徴だが、シリコン型太陽電池と発電効率が低く、耐久性も劣ることから、本格的な実用化には至っていない。日本では、独立行政法人産業技術総合研究所などで研究開発が進められている。

発電原理は以下ようになる。まず、光が当たった色素がエネルギーの高い電子を放出する。この電子が酸化チタンを経由して導電性ガラスに移動する。その後、負荷で仕事をした電子は反対側の対極へ移動。対極まで来た電子は、電解水溶液中で電子を失った色素に再び供給される。この一連の反応が繰り返されることで、電気エネルギーを取り出せるようになるというわけである。

色素を用いる点を意外に思われるかもしれないが、植物は、葉緑体の色素(葉緑素)で太陽エネルギーを吸収し、そのエネルギーを用いることで養分を合成している。原理的には、色素増感型太陽電池も、植物の光合成に似ていて、一種の人工光合成ともいえる。

色素により電池の性能に違いが

西田さんらは、さまざまな資料を調べたり、大学の先生方に助言を受けたりしながら独自の色素増感型太陽電池を作り上げた。まず、色素を吸着させるための酸化チタン膜用のペースト(酸化チタン、ポリエチレングリコール、水、酢酸を混ぜたもの)を導電性ガラスに塗り、電気炉で焼成した後に、サフラニンやヤーヌグリーンなど、計8種の色素を吸着させた。次に、導電性ガラス上に電子の受け渡しを容易にする黒鉛を塗ったものや、白金を蒸着したものを対極として作製し、対極と酸化チタン膜を両面テープで接着した。このとき、両面テープの一部にチューブを挿入しておき、後にそこから電解質



左から西田さん、大野さん、川畑さん。独立行政法人科学技術振興機構理事長賞を受賞した。

溶液(ヨウ素溶液)を注ぎ入れた。

光源には、太陽ではなく、常に一定の光量を確保できるオーバーヘッドプロジェクターを用いた。光照射時間ごとの電流と電圧を測定し、そこから電力値を割り出し、その値がよかった色素については、鹿児島大学にてさらに詳細な測定を行った。

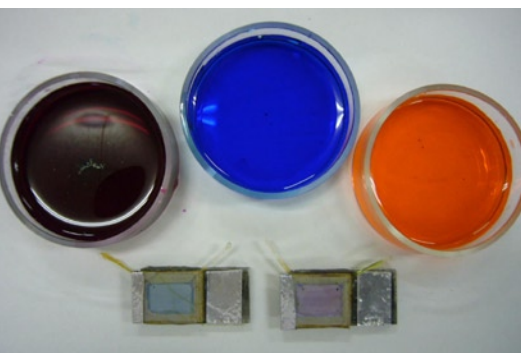
その結果、赤色をした「フクシン(一般的にはマゼンタとして知られる)」という色素を利用した電池の性能がよいことがわかった。「化学構造式から、フクシンが酸化チタン膜に重ならないように配置し、そのために光の効果を受けやすく、電子の受け渡しがスムーズなのではないか」と西田さんらは推測する。ただし、電解質溶液を有機溶媒(アセトニトリル)にかえて同様の測定を行ったところ、別のエオシンという紫の色素の結果の方がよいこともわかったという。

生物の助けになる仕事をしたい

「酸化チタン膜は乾燥時にひびが入ったり、染色時に膜がはがれたりと苦労した」と西田さんらは声をそろえる。今後は、電池の性能を上げるために、酸化チタンと色素との結合状態、色素の電荷などを考慮してさらにいろいろな構造の色素で実験したいと考えており、太陽光での測定も行いたいという。

「将来は、多くの命を助ける仕事に関わりたい」。そう話す西田さんらが活躍するころには、化石燃料が太陽電池に置き換わり、温暖化に歯止めがかかっていることを期待したい。

安友雄博



今回作製した色素増感型太陽電池(手前)と色素の一部。色素は左からフクシン、メチレンブルー、エオシンY。

鹿児島県立錦江湾高等学校

「狩バチにおける巣作り・子育て行動の進化」

— 育児様式の観察で、真社会性への進化を考える

京都市立堀川高校

第3分科会(生物)より

スズメバチやコオロギ、カブトムシなどが市街地から姿を消しつつある一方、スズメバチやアシナガバチなどのハチはすっかり都市部に定着した感がある。やっかいもの扱いされることの多いハチだが、実はヒトを攻撃する危ないハチはごく一部。京都市立堀川高校自然科学部の菅原有真さん、川勝大河さん、大橋昂史さん、真砂全宏さん、藤田和樹さん、東大貴さん、志岐総太さんらのグループは、「ドロバチ」とよばれるハチの捕食や巣作り、子育てのようすを観察し、これらの行動とハチの社会構造とのかわりを探した。

営巣から羽化までを観察

世界には10万種を超えるハチがいるとされ、大きく、他の昆虫の組織に卵を生みつける「寄生バチ」、花の蜜を吸う「ハナバチ」、他の昆虫を捕獲して幼虫の餌にする「狩りバチ」に分けられる。菅原さんらが対象に

したドロバチ(ドロバチ科)は、狩りバチの一種でオオフトアオビドロバチなどが知られている。スズメバチのように集団で生活することではなく、単独で巣を作り(独居性という)、そこに狩りで捕らえた昆虫(ガやハムシ等)を蓄えて産卵するのが特徴だ。ヒトを攻撃するようなことはほとんどない。

菅原さんが用いたドロバチは竹筒の中に泥の壁(しきり)を作ることで「個室の巣(育房)」とするもので、体長は15~20ミリほど。体は黒く、背中に黄色い斑点をもつ。菅原さんは、まず、巣を作らせるための竹筒(竹筒トラップ)を1か月かけて200本作製。その後、竹筒トラップを京都市内の2つのフィールド(瓜生山、吉田山)に設置して営巣させた。営巣は2~3日で終了してしまうので、営巣されたものはすぐに回収し、室内で幼虫から羽化までを観察した。その結果、14本の竹筒トラップにオオフトアオビドロバチ17個体、ジガバチモドキ15個体の巣が作られ、サナギの時期にはオオフトアオビドロバチの生存率の方が低くなることがわかったという。その理由について菅原さんは、「ジガバチモドキでは蛹の周囲に繭を張るのに対し、オオフトアオビドロバチでは繭を張らずじかに育房にいる。繭に蛹を保護する役割があるのではないかと考察する。

次に、菅原さんは、竹筒中の育房で羽化したハチが巣の出口の方向をどのように判断しているのかを解明しようと考えた。自然の巣では、泥壁が奥の方向に湾曲しているが、菅原さんは羽化したハチが脱出する際にその凸面をかじっているのではないかと考えた。そこでアクリルパイプ製の人工の巣を2本用意し、1本の泥壁には自然の巣にみられるような「湾曲」を施し、もう一方の壁は平面にして羽化のようすを観察してみた。それぞれの育房には、オオフトアオビドロバチのサナギ4個体とジガバチモドキのサナギ7個体を移し入れた。その結果、羽化後に、湾曲をつけた壁の巣から脱出できた個体数が、平面の壁の巣よりも有意



川勝さん(左)と菅原さん。

に多いことが明らかになったという。「私たちは泥壁の形状が、脱出時の手がかりになるのではないかと考えた」と菅原さんら。ただし、アクリルは竹筒と違って足場がつるつるしているので、脱出しにくそうな個体もみられたという。現在は、より竹筒に近い「紙筒トラップ」を作製して500本を観察フィールドに設置したところで、その観察が待たれている。

育児様式と真社会性への進化

スズメバチやアシナガバチなどの社会性をもつ狩りバチ(真社会性狩りバチ)の研究が進む一方で、独居性狩りバチの研究はあまり進んでおらず、両者の進化的つながりなどは未解明のままという。菅原さんらは、育児様式には真社会性狩りバチにも原始的な側面がみられることから、独居性狩りバチの育児様式とつながりがあるのではないかと推測している。「独居性狩りバチの幼虫にとって、寄生バチのような捕食寄生者の存在は大きな問題だが、この問題を克服するために育児様式を変え、新たな営巣方法を始めた集団が出てきてもおかしくないのではないかと菅原さんら。

サンプルとなるハチの採集がむずかしいこと、竹筒に代わるよい素材が見つからないこと、たびたびハチに刺されることなど、観察と実験は困難の連続だ。それでも菅原さんは「研究の続きを大学でやりたい。熱帯地方にでかけて、一日中ハチのことしか考えない生き方をするのが夢だ」と話す。近い将来に「日本発、21世紀のファーブル」が誕生することを期待したい。

安友康博

安友康博

京都市立堀川高校



ドロバチの標本写真。体長15~20ミリほどで、体は黒く、背中に黄色い斑点をもつ。



右の箱の中には脱出実験用に用いたアクリル製の人工巣を展示。箱の中の手前の筒が凹凸サンプルで、向こう側の筒が平面サンプルである。写真の左側は、最初に巣を作らせるために作製した竹筒トラップ。

「歩いて泳ぐヒューマノイドロボットの開発」

— 静かに歩いて、平泳ぎのように泳ぐ

東京工業大学附属科学技術高等学校

第1分科会(数学・物理)より

工場や建設現場、医療現場などで多種多様なロボットが活躍しているが、ロボットの研究開発に携わる技術者の多くが「鉄腕アトム」のような人間型ロボット(ヒューマノイドロボット)の登場を夢見ている。実際、ホンダのASIMOやソニーのPINO、早稲田大学のWL-16RIIなど、二足歩行や階段昇降、ある程度のコミュニケーションを行えるヒューマノイドロボットが続々と開発されている。これらのロボットは、人体のデザインや動きを研究する材料となるほか、介護や家事支援にも応用できるとして期待を集めている。

東京工業大学附属科学技術高等学校シ

ステムデザイン・ロボット分野の松野孝博さん、大井健太郎さん、福井拓哉さん、三宅若さん、柳田隆一さんらのグループは、すでにさまざまな作業をこなせるとされるヒューマノイドロボットの行動範囲をさらに広げようと、前例のない「水がある場所や水中においても活動できるロボット」を作製した。

静歩行と平泳ぎを実現

試作機の作製は2006年12月から始まった。「まずは、人の足を模した機構で、どの程度の泳ぎが可能かを検証することを目的とした」と松野さんら。今年の3月に

ロボットが完成し、バタ足で毎秒10センチほど泳げることがわかった。4月以降は「地上で歩き、水中で泳ぐ」という目標の達成に向けて2号機の製作に取りかかった。具体的には、システムデザイン・ロボット分野の先輩たちが使っていたロボットをベースに、各自が学んだ静歩行・動歩行、逆運動学、流体抵抗、動力学の基礎を反映させた設計とプログラミングを行った。その結果、「静歩行による直進」と「平泳ぎのような泳ぎ」ができるようになった。

「歩かせるコツは、軽量化をはかったうえで、静歩行の『常に重心投影点が支持多角形内にあるようにする』という鉄則を守ることにあつた。そうすれば、ロボットは歩行中のどのような姿勢でも静止して安定を保つことができる」と松野さんら。一方の泳がせるコツは、推進力となる力を大きくし、抗力となる力を減らすことにあつたという。「今回採用し

「海外科学セミナー」アラスカオーロラ観測

長野県諏訪清陵高等学校

第2分科会(物理)より

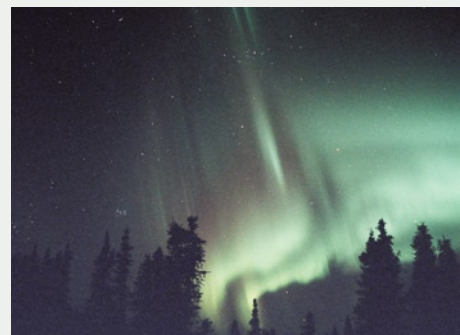
極地の夜空を美しく舞うオーロラ。光の芸術ともいべきその姿は、壮大で神秘的だ。オーロラは、太陽から飛んでくる荷電粒子(太陽風)が、地球磁場に捕らえられ、加速され、高層大気中の酸素や窒素の原子や分子に衝突することによって発光する現象である。

長野県諏訪清陵高等学校の坂本数貴さん、澤野友香さん、

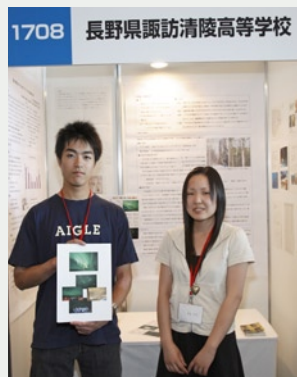
花岡知世さん、芳澤希さんらのグループは、SSH事業の一環として行われた米国アラスカ州フェアバンクスでのオーロラ観測の成果について発表した。今年2月11日～13日の深夜(現地)に行われた観測では、天候に恵まれて、3日間とも緑、黄、赤など色あざやかなオーロラが全天に広がった。全員が生まれて初めて間近に見るオーロラに魅了され、「感動しすぎて言葉も出なかった」と話すのは澤野さん。気温マイナス20℃にもなる極寒の中、彼女は肉眼では捕らえにくいオーロラの光の色の違いについて、それぞれ青・緑・赤の波長を通すフィルターをつけたデジタルカメラ3台で同時撮影することで比較・分析を試みた。スペクトル分析においては、オーロラの弱い光を集めるため、傘とアルミ箔を使った手作りのパラボラアンテナ型

観測機で、酸素原子の発光によると考えられる緑色の5577Åの線スペクトルを捕らえることに成功。一方、オーロラの特徴的な動きを細かく観察するため、高感度CCDカメラを用いてカーテン状になったり、渦を巻いたりして激しく動くようすを動画撮影した坂本さんは、「予想以上に動きが速く驚いた」と感想を語った。

このような海外研修は同校初の試みで、参加したのは2年生のSSHコース28人全員だ。オーロラのほかにも、極地の気象や植生など各自の研究テーマごとに観測・実験を計画・実施した。もともと同校天文気象部には、50年以上にわたる太陽の黒点観測の歴史があり、今回の計画はそれが原点となっている。生徒たちは、事前学習で科学と語学の両面から入念な準備を進め、現地では国際的高大



カーテン状に広がる見事な緑や赤のオーロラ。



坂本さん(左)と澤野さん。

連携(高校と大学の連携)により、アラスカ大学の赤祖父俊一元所長からの特別講義も受けた。帰国後は観測データをもとに分析や考察を行い、学会等で発表。中身の濃いサイエンスプログラムとして実を結んだ。「大学では素粒子物理学を勉強したい」と夢を語る坂本さん。この研修で身につけた国際的・科学的センスを生かし、大きく飛躍してほしいものだ。北原

長野県諏訪清陵高等学校生徒撮影

た平泳ぎは、上下方向に力が生じにくいので姿勢を安定させやすいという利点があるが、同時に、推進を妨げる方向に力がはたらきやすい欠点もあり、両者のバランスをうまく取ることが重要だった」とコメントする。

今も続く防水と泳ぎの挑戦

作製にあたっては、泳がせ方や歩かせ方の工夫がむずかしいのかと思いきや、意外にも、苦労したのは「いかに防水するか」という点だったという。「大学や企業の技術に頼ることができないので、身の回りにあるもので工夫するしかなかった」と松野さんら。試作機のフレームの防水には防水スプレーを、モーターなどの電子部品の防水には接着剤を使用し、2号機はロボット全体をビニールで覆うことで防水した。ただし、完璧な防水とはいいがたく、現在もよい方法を模索中だという。



左は、プールのスタート台の上で直立している2号機。右は、平泳ぎで蹴伸びをした直後の2号機。今のところ、飛び込みの能力はないが、将来的には飛び込みなどもさせたいとしている。

泳法に関しては、学校のプールを利用した実験と改良が重ねられている。「平泳ぎといってもまだ不安定な動作なので、今後はそのほかの泳法も試し、最終的には、人間の泳法のみこだわらず、このロボットにあった泳ぎを見つけない」と話す。戦争に使うためのロボットまで登場する時代だが、将来は、研究者として誰かを幸せにできるロボット作りをしたいと意欲を燃やす。



左から松野さん、柳田さん、福井さん。

「パターン形成遺伝子 *slp1*、*slp2* の単離と発現解析 筑波大学附属駒場高等学校 ポスターセッションより

ヒトを含む多細胞生物の発生は、受精卵というたった1つの細胞からはじまる。受精卵は盛んに細胞分裂することで同じような細胞の集まりとなるが、やがて特定の細胞が特徴的な形態と性質をもつものへと分化し、個体として完成されていく。こ

うした「生物の形づくり」は遺伝子によって厳密にプログラムされており、カエルの子は必ずカエルになり、魚になるようなことはない。

形づくりは、体の前後が決められ、その軸（体軸という）に沿った節が作られることから始まる。このことを「パターン形成」といい、例えば昆虫では、最終的に頭、胸、腹の3つの節ができあがり、胸には6本の足が作られる。

筑波大学附属駒場高等学校の江口智也さん、内田順也さん、亀井亮佑さん、仮屋園遼さん、作田隆義さん、杉原圭さん、高橋厚弥さん、西村貴皓さんらのグループは、卒業研究として、ショウジョウバエから *slp* というパターン形成遺伝子を取り出し、その遺伝子が発現するようすを解析した。

slp 遺伝子は *slp1* 遺伝子と

slp2 遺伝子から成り、その配列の一部はヒトにもみられる。江口さんらはまず、ショウジョウバエの成虫からDNAを取り出し、プライマーを設計したうえで *slp1* と *slp2* の両遺伝子を抽出。それらをPCRで増幅した後、業者に依頼してその配列を調べた。その後、データベースで照合し、確かに目的の遺伝子が単離できたことを確かめたうえで、ショウジョウバエの発生後0.5～3.5時間の胚において、両遺伝子がどのように発現しているかをみた。

「両遺伝子とも、発生段階ごとに、特徴的なよこ縞状（体軸に直行する縞）の発現を示した。発現パターンは大きく3つに分けられ、1番目のパターンによって『複数の大まかな区画分け』がなされ、2番目で『2擬体節分の区画分け』が、さらに3番目で『各擬体節分の区画分け』



slp1 遺伝子の発現のようす。紫色の部分に *slp1* 遺伝子の mRNA が存在する。胚の発生段階はステージ7で、2番目のパターン形成遺伝子（ペアルール遺伝子）としての発現がなされ、さらに3番目のパターン形成遺伝子（セグメントポラリティ遺伝子）としての発現も始まっていると考えられる。

がなされることがわかった」と内田さんら。発生の異なる段階で3度も使い回され、そのたびに発現パターンが異なることから、「*slp* 遺伝子は進化において、まだパターン形成遺伝子の種類が多くない時期に生じたのではないかと推測する。

「*slp* 遺伝子の機能については今後の課題としたい」と話す江口さん。将来は遺伝子を扱う研究に携わりたいという。 **西村**



左から江口さん、仮屋園さん、高橋さん。奥で説明中なのは西村さん（後ろ向き）。ポスターセッション賞を受賞した。