

**REC for NS**

research and education center for natural sciences

# Newsletter

Mar. 2010

No. 02

慶應義塾大学自然科学研究教育センター

## 自然科学研究教育センター開所記念シンポジウム 『自然科学の多様性と楽しさ』

2009年11月20日午後1時から、自然科学研究教育センター開所記念シンポジウム「自然科学の多様性と楽しさ」が、日吉キャンパス来往舎シンポジウムスペースにて開催された。

シンポジウムは、長谷山彰常任理事による開催挨拶に始まり、続いて青木健一郎所長による、「自然科学研究教育センターについて」と題した講演が行われた。当センターは2009年4月に慶應義塾の附属機関の1つとして発足したが、その設立の経緯ならびに組織としての理念や活動内容の紹介がなされた。

その後、幅広い分野にまたがる自然科学の多様性と相互の関連性について概観し、現状や問題点などを分野横断的に考えるというシンポジウムの趣旨に沿って、次の4件の講演が行われた。「地層から読み解く過去の地震と津波」藤原治氏(独立行政法人産業技術総合研究所、活断層・地震研究センター主任研究員)、「総合の時代と帰納的思考」団まりな氏(階層生物学研究所責任研究員)、「アインシュタインと宇宙の謎」江口徹氏(京都大学基礎物理学研究所所長・教授)、「バリアフリー・ユニバーサルデザインへの人間科学からのアプローチ」中野泰志氏(当センター副所長、経済学部教授)。シンポジウムの参加者は約70名であった。



「地層から読み解く過去の地震と津波」  
藤原 治氏



「総合の時代と帰納的思考」  
団 まりな氏

所長講演を除くと、講演1件45分の後に質疑応答の時間が10分しかなかったため、議論がやや未消化で終わった感は否めない。それにしても、団まりな氏の講演は、ご専門の生物学から離れて、百人一首に秘められた謎解きの話を比喻として、限られた情報から全体を把握し、結論をいかに導くかという、示唆に富んだ話であった。また津波により形成された堆積物から地震の年代を決定する方法や、素粒子を紐と考える超弦理論、そして認識しやすい字体の開発やエレベーター事故防止対策などについての研究が紹介された。

興味のある方は是非、シンポジウムの全講演を記録した報告書をご覧ください。(大場 茂)

シンポジウム報告書は3月末の刊行を予定しています。  
PDF形式の報告書は当センターのウェブサイトからダウンロードできます。  
<http://www.sci.keio.ac.jp>



「アインシュタインと宇宙の謎」  
江口 徹氏



「バリアフリー・ユニバーサルデザイン  
への人間科学からのアプローチ」  
中野 泰志氏

## 講演会報告

### 自然科学研究教育センター講演会(第2回)

2009年12月16日、午後4時30分から日吉キャンパス第4校舎J11番教室において、講演会(第2回)を開催した。「新規インフルエンザシリアリダーゼ阻害剤の研究開発」と題して、本田雄氏(第一三共(株)化学第一研究所 第五グループ長)による講演約1時間の後、質疑応答が約30分行われた。講演会への参加者は約70名であった。

2009年にブタの新型インフルエンザが世界的に流行し、ワクチンの生産がそれに追いつかない状況であった。新聞報道等により、抗ウイルス薬の開発が日本の製薬会社によって進められていることを知り、その開発の現場にいる研究者を講師に招いた。講演会では当初、シリアリダーゼ阻害剤CS-8958の最新の臨床試験の結果なども紹介してもらうことになっていたが、特許等の関係で詳しいことは残念ながら聞けなかった。ただし、製薬会社の合併が世界的に進んでいることや、アメリカに比べて日本での薬の開発費が少ないこと、および今回実用化された抗ウイルス薬の開発の仕事は10年前に行われたものであることなど、製薬会社における研究の現状を知ることができた。(大場 茂)



本田 雄氏

## 講演会報告 (つづき)

### ■自然科学研究教育センター講演会 (第3回)

自然科学研究教育センター講演会 (第3回) が1月15日、午後6時15分から午後7時45分まで日吉キャンパス来往舎2階大会議室で開催された。「心理学が解き明かす赤ちゃんの謎」と題し、山口真美氏 (中央大学文学部教授) の講演が約65分にわたって行われた。

当日は教職員、塾生ほか約35名が聴講し、講演後は熱のこもった多くの質疑応答が行われた。



山口 真美氏 (右)、コーディネーターの増田 直衛氏 (左) と共に

### ■自然科学研究教育センター講演会 (第4回)

自然科学研究教育センター講演会 (第4回) が2月9日、午後4時から午後5時30分まで日吉キャンパス来往舎1階シンポジウムスペースで開催され、「進化発生学が紐とく脊椎動物の進化の歴史」と題し、和田洋氏 (筑波大学生命環境科学研究科構造生物学専攻教授) の講演が行われた。

地球上には実にさまざまな形をした生物が暮らしているが、これら多様な生物は進化の歴史の中でどのようにして出現して来たのか? 例えば、我々人間の進化を考えた時、基本的に共通の体制を共有する魚との共通祖先までは豊富な化石資料もあいまって容易に遡ることができる。ところが、それより前の姿については想像することすら難しい。近年になって興隆した進化発生学はこのような問題に迫る手段をもたらした。もともと、生物の形作りの機構を取り扱う発生学と進化系統学は一体となって発展してきたが、学問の細分化に伴い両者のかかわり合いは疎遠になっていった。ところが、1900年代の終わりに、進化の実態である遺伝子組成の変化を容易に検出して比較できるようになったこと、生物の形作りに関わる多くの遺伝子のふるまいや働きを明らかにする手法が確立されたことにより再び両者が融合し、ゲノムの中に残された痕跡から進化の歴史を紐解くことが可能になった。

講演では、このような研究の歴史に始まり、多くの生物の形作りに共通して用いられる遺伝子をたどることにより人間含む脊椎動物に至る基本体制の進化をたどる試みと、ドメインシャッフリングと呼ばれる現象による新たな遺伝子の「創造」が新たな器官の獲得に寄与してきたことが紹介され、「形作りに関わる遺伝子の変化」という視点からみた進化について熱のこもった話が繰り広げられた。講演後には活発な質疑応答が行われ、60名あまりの聴講者諸氏の進化に対する興味の深さがうかがわれた。

(倉石 立)



和田 洋氏

## 研究紹介

生物学教室: 金子・倉石研究室

### 『ヒトデ幼生に探る

### 原始的な自己・非自己認識』

自然科学研究教育センター所員・文学部助教 古川 亮平

私が所属している金子・倉石研究室は、身体の形づくりのメカニズムや免疫システムの解析を通して、個体や細胞を統合的に理解することを目的に、研究を行っています。研究材料として、主に用いているのは、棘皮動物イトマキヒトデの胚や幼生です。棘皮動物という言葉はあまり聞き慣れないかもしれませんが、ヒトデの他にはウニやナマコなどがいます。棘皮動物は、系統進化的に、我々脊椎動物に繋がる後口動物の基部に位置しており、進化を考える上で非常に重要な動物です。現在は、金子洋之教授、倉石立准教授、理工学研究科博士課程1名、理工学部生命情報学科の4年生2名に私を加えた6人のメンバーで、ヒトデの胚や幼生を相手に、日夜研究に励んでいます。

私の専門は、免疫生物学という分野になります。免疫という現象を生物学的視点から捉えようとする学問です。少し前になりますが、「個性」というキーワードで、世界に一つだけの花を咲かせようという歌が流行りました。しかし、敢えて個性云々と言わなくても、この世に生まれ出た我々は、(一卵性双生児を除いて) 他人とは異なった個性を既に確立しています。例え親兄弟であっても、他人からの臓器移植が一筋縄ではいかないことが、個性の定義であり証拠です。言うまでもなく、臓器移植の困難さは、個々に確立された免疫システムが、他人の存在を許さないことによります。

免疫という現象は、「自己 (=自分の身体を構成している細胞)」と「非自己 (=病原菌やウイルスなどの異物)」を識別し、「非自己」を体内から排除するシステムから成り立っています。従って、免疫システムの目的、つまり生理的な意義と

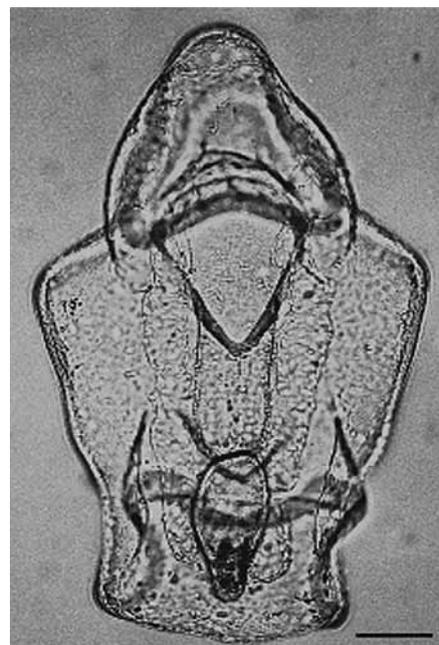


図1: ビピンナリア幼生 (スケールバー: 0.05 mm)

は、「自己」を維持し、その存在を保証することにあります。そして、多様な動物種で免疫システムが正常に作動しているがゆえに、個体ごとに「自己」が維持され、種が存続することになります。

「非自己」という存在は、「自己」という存在無しにはあり得ません。「非自己」を識別するためには、「自己」という存在が確立されていなければならないわけです。我々ヒトの場合、臓器移植が難しいことから明らかなように、「自己」と「非自己」の境界は、自分と他人の間において厳密に規定されています。では、原始的な生き物では、「自己」という存在はどのように規定されているのでしょうか？そして、原始的な生き物が獲得した「自己」を規定するメカニズムは、どのように進化して来たのでしょうか？これらの問いが、私の大きな研究テーマです。

ヒトデ幼生は、間充織細胞と呼ばれるたった1種類の免疫細胞を用いて生体防御を行っています。従って、ヒトデ幼生が持つ免疫システムは、多細胞動物において最も原始的な免疫システムであると言えます。実はこの間充織細胞は、19世紀のロシアの動物学者メチニコフが発見した「貪食作用」という細胞機能により、細胞性免疫研究の道を開いた記念碑的な細胞です。しかし、メチニコフの発見から100年以上、間充織細胞は免疫学の歴史の片隅に忘れ去られた存在でした。一方で、現代の観察技術を駆使して再度メチニコフの実験を検証してみると、新たな事実と興味が浮かび上がってくることも事実です。ここでその一端をご紹介しますと思います。

図1の写真は、私が研究に用いている日本近海に生息するイトマキヒトデの受精後4日目のビピンナリア幼生です。メチニコフが観察した種とは異なりますが、彼が「水の如く澄明なすばらしく美しい」と記した幼生の特徴を良く表しています。透明な身体は、生体防御過程での間充織細胞の挙動を生きたまま直接観察することができるため、研究材料として非常に大きな利点となります。この透明な身体にガラス針を

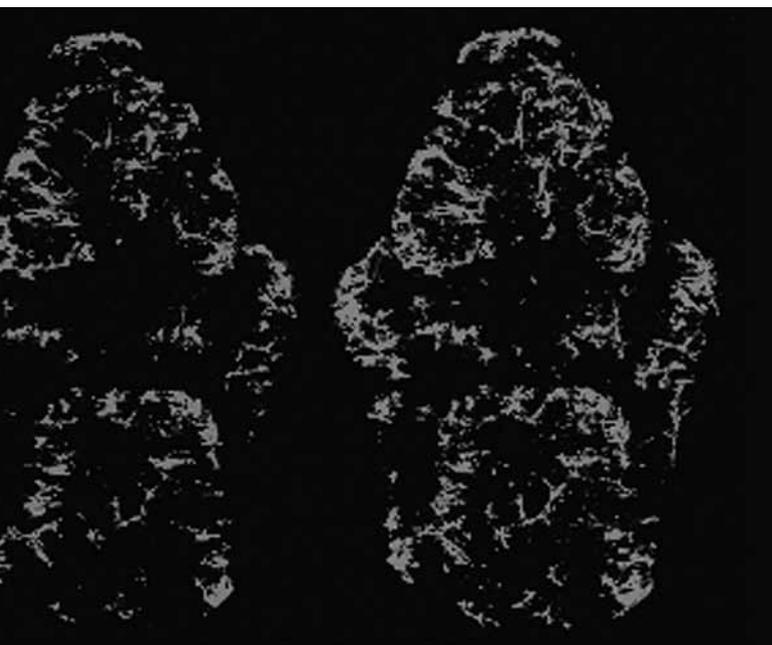


図2：間充織細胞の分布、ステレオビュー

突き刺し、種々の異物を注射することによって、間充織細胞の貪食作用を顕微鏡下で観察するわけです。

受精後4日目のビピンナリア幼生は約17000~19000の細胞で構成されています。我々の研究室で作製した、MC5モノクローナル抗体という間充織細胞のマーカーを使って間充織細胞を蛍光標識し、その分布を調べると、間充織細胞の数は150~190個であり、幼生のおよそ1%を占めていることがわかりました。また、そのうち8割以上の間充織細胞は体壁を裏打ちするように分布しており、マーカーによる染色像だけで幼生の形が浮かび上がります(図2)。このような分布様式は、外界からの異物の侵入に対して非常に効果的だと考えられます。

ヒトデ幼生の体内にバクテリアなどの異物を注射すると、間充織細胞はおよそ2時間後には活発な貪食作用を示します。では、我々ヒトと同様な移植拒絶反応がヒトデ幼生にも生じるのでしょうか？そこで、同種の間充織細胞を幼生体内に移植しました。その結果は驚くべきものでした。24時間後においても、注射された間充織細胞は、ホスト個体の間充織細胞によって貪食されず、体内で共存したのです。一方、死んだ間充織細胞を移植すると、ホスト個体の間充織細胞は約2時間で貪食作用を示し、その後じわじわと消化していきました。この結果は、生きた間充織細胞は異物とは見なされないことを示しています。つまり我々とは異なり、ヒトデ幼生では、同種異個体由来の間充織細胞は、生きている限り免疫学的には「自己」であるということになります。

生物界を階層に分けて考えてみると、生物界は多様な種の集合体であり、種は多様な個体の、そして個体は多様な組織や細胞の集合体です。各階層には特異性が存在し、これらは免疫システムの認識対象になり得ると考えられます。同種異個体の生きた間充織細胞は、ヒトデ幼生にとって「自己」であるという結果が得られました。しかし、この結果が組織や細胞レベルの特異性の一致なのか、はたまた個体の特異性が存在しないことによるのかは分かりません。そこで、同種のヒトデの精子を注射することにしました。間充織細胞と異なり、精子はサイズが小さいので注射実験に都合が良いのです。

結果は、間充織細胞を移植した場合と同様、生きた精子は貪食されませんでした。つまりヒトデ幼生においては、個体の特異性が存在しないことになります。一方で、ヒトデと同じ棘皮動物に属するウニの精子を注射した場合は、間充織細胞は活発に貪食しました。これらの実験から、ヒトデ幼生においては、異物が生きていることに加え、同種か異種かが「自己」と「非自己」の境界線ということになります。人類皆兄弟という言葉がありますが、ヒトデの幼生にとっては、生きた同種細胞であれば、兄弟どころか皆「自己」なのです！

この「同種は皆自己」というメカニズムは、どのように制御されているのでしょうか？現在私は、身体を構成するすべての細胞に種特異的な分子が存在しており、間充織細胞がこれを認識すると攻撃しないというメカニズムを考えています。つまり種特異的な分子が存在しないもののみを攻撃する、「missing-species (種喪失)」認識です。免疫システムの本質

## 研究紹介 (つづき)

を考えると、この認識機構の要となる種特異的な分子は、まさに種を規定する分子と言えそうです。しかもこの分子が、生殖細胞(精子)にも存在しているということを強調しておきましょう。この分子の実体は何かという問題には、非常に興味をかき立てられます。ちなみに、ヒトデ精子をグリコシダーゼ混合液で処理し、糖を全て分解すると、ヒトデ精子が生きた状態であっても、ウニ精子と同様に貪食されてしまいます。従ってヒトデ幼生の間充織細胞が認識する種特異的な分子は、ある種の糖鎖もしくは糖タンパク質である可能性が高いと考えています。今後さらに、この分子の実体を追求し、「自己」という存在の進化について考察したいと考えています。



金子・倉石研究室の皆さん(後列中央が古川さん)

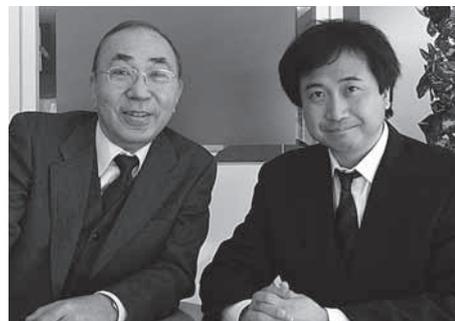
## 着任のご挨拶

自然科学研究教育センター 事務長 柴田 浩平

昨年11月に自然科学研究教育センターの事務長に着任いたしました柴田です。よろしくお願い致します。さて、自然科学研究教育センターはまもなく設立1周年を迎えようとしています。設立来、青木所長を中心に3つの委員会をコアにしていろいろな展開がなされており、私が着任した昨秋には既に着々と活動が進められていましたが、立ち上げに至るまでには関係者の皆様方のご苦勞も多かったことと拝察している次第です。事務局の仕事については担当の山口中君が実務的な細かい仕事までを一手に引き受け責任を持って遂行してくれており、センター各委員の先生方の信頼も厚いので事務長として大いに助けられています。

ところで、私が日吉の学生だったのは40年も前のことですが、その頃に比べれば日吉キャンパスの学習環境、生活環境が格段に整備され、学生たちにとって恵まれた状況になっており隔世の感がありますが、それ以上に彼らを取り巻く社会環境の方も激しく変わってきています。これらに呼応して教育カリキュラムも多様化し、しかも充実してきているように思いました。この日吉キャンパスにおいて文系の学生にも自然科学教育が理論・実証両面から熱心に行われていることは大変意義深いことだと思います。

これからは分野横断的な学問の進化発展が一層進み、複数の専門領域を持った人材に対する社会的ニーズも益々高まってくるのが確実であり、教養教育の果たす役割も更に重要になってくると思われます。このような背景の中にあって、自然科学研究教育センターが存在感を発揮し、慶應らしい研究教育活動の推進のための有用かつ戦略的な場となることを期待しておりますが、そのために私自身も微力ながらもお役に立ちたいと考えておりますので、今後とも一層のご指導・ご支援のほどよろしくお願い致します。



柴田 浩平事務長(左)と山口 中さん(右)

## REC for NS

research and education center for natural sciences

## ロゴマークが決定しました

センターでは広報委員会を中心にロゴマークの選定を進めて参りました。所員、所員の家族や知人からアイデアを募集した結果、小杉阿有子さんのデザインを採用することとなりました。小杉さんは東京藝術大学美術研究科 修士課程に在籍する大学院生で、原子のイメージからこのデザインを生み出されたそうです。6つの円を組み合わせた造形は原子核のイメージだけでなく、クローバーや魚の卵のようにも見え、様々な分野を持つ当センターをよく著しているように感じます。当初は、カラー版とモノクロ版でしたが、ニューズレターのために青黒二色版も追加していただきました。今後、センターの出版物やウェブサイトを彩ってくれることと期待しています。(小野 裕剛)



小杉 阿有子さん

### Newsletter Mar. 2010 No. 02

慶應義塾大学自然科学研究教育センター

RESEARCH AND EDUCATION CENTER  
FOR NATURAL SCIENCES

発行日 ● 2010年3月1日 代表者 ● 青木 健一郎

〒223-8521 横浜市港北区日吉4-1-1  
TEL: 045-566-1111 (直通)  
E-mail: office@sci.keio.ac.jp  
URL: http://www.sci.keio.ac.jp