

What's総合科学研究プロジェクト！？

皆さんは総合科学研究プロジェクト（以下総科プロジェクト）という言葉を知っていますか？これは平成8（1996）年度から実施されている、総合科学部の理念に則った研究のことです。前号に掲載された、吉田光演先生が行った「『総合科学の到達点と課題』の研究」もそのひとつです。今回は、総合科学部30周年記念誌作成において総科プロジェクトの記事を担当していらっしゃる成定薫先生にその詳細を伺ってきました。

Q．総科プロジェクトとはどのようなものなのでしょうか？

現在でもそうですが、総合科学部はその発足時から「総合科学とは何か」という議論を行ってきました。そこから学部内で総合科学の模範となるような研究を行おうという人を募り、それを学部で支援しようという動きが生まれたのです。総科プロジェクトとして採択するかどうかは、金銭的に支援可能か、総合科学らしいつまり文理の枠を超えた総合的・学際的な視点を持っているか、などといった点を踏まえながら決定されます。多分野にまたがったテーマを扱うため、今までの研究のほとんどはチームで行われています。

Q．総科プロジェクトに選ばれるとどうなるのでしょうか？

学部から資金的援助を受けながら基本的には一年間研究を行い、その結果は教授会などで報告しています。総合科学らしい研究とは何なのかを実践することを大きな目標としており、プロジェクト毎に報告書を作成していますが、一ヶ所にまとめて展示する体制にはなっていません。

メモ：
各年度の総科プロジェクト採択タイトル一覧は、総合科学部のHP内の [http://home.hiroshima-u.ac.jp/souka/b_gakubu/b-7_study/index.html] から見るができます。

Q．今までにどんなプロジェクトが行われているのですか？

本当に様々な研究があります。自分の専門としている分野を中心にしながら他分野と協力して研究を行われた方もいますし、専門とは関係なくある問題について総合的に研究された方もいます。また吉田先生の「『総合科学の到達点と課題』の研究」は学生とともに総合科学について考えたものですし、過去にはパッケージ科目の教育方法についての研究もあるのですよ。

Q．今後総科プロジェクトはどうなっていくのでしょうか？

近年広島大学では広島大学研究支援金という制度を設けて、地域貢献と文理融合を柱とした研究を全学挙げて支援しています。先にも述べたように、文理融合は総科プロジェクトの重要なテーマです。総科プロジェクトが目指したものが全学レベルで追求されることになったわけです。加えて法人化に伴う予算削減で学部レベルでの金銭的なサポートが難しくなっていること、平成18年度に設置予定の総科大学院で実施を考えている21世紀科学プロジェクト研究の主旨が総科プロジェクトと重複していること（特集p8・9参照）などがあるため、大学院設置が実現した場合には総科プロジェクトは総科大学院での研究に移行される可能性が高いように思われます。

・・・ありがとうございました。（担当 15生 青森英美）

次ページからは実際に行われた研究結果です！

平成14年度総合科学研究プログラム 「生体における総合(Integration)を科学する」



安藤正昭
(創造科学プログラム)

1. 背景

総合科学といえは、文理融合型でなければいけないかのような風潮がありますが、果たしてそうでしょうか。無理をしていますが、と理系を融合しても、それはえてして木に竹を接ぐことになり、いつまでたっても本流とはなりえないような気がします(私の経験から)。もう少し実効性のある、新しい学問の流れを作り出すことはできないものでしょうか? 私は1975年に総合科学部に赴任して以来、ウナギを実験材料にして彼らの水分調節について調べてきました。ウナギは淡水中では全く水を飲みませんが、海水に入ると海水を飲み始めます。このとき食道での脱塩機構の発現、腸や鰓でのCl⁻能動輸送機構の発現を伴いますが、彼らの脳・食道・腸・心臓・鰓はお互いに情報を交換し、全体としてうまく体内に水を保持するように働いています。その仕組みを理解することが私の研究室の目的です。それ

がどうして総合科学なのか、従来の学問と違いはないではないかという声が聞こえてきそうです。そのとおり。やっていることは別に新しいことはありません。要はものの見方です。あくまでも全体をシステムとして捉えよう(Integration)という研究姿勢です。「総合」あるいは「統合」は、いかなる組織であれ(地球、国家、大学、学部、生体など)、その組織が健全に存続するために必須であり、それぞれの組織を維持する機構に共通性があるかもしれません(アナロジーで問題解決?)。現在の諸科学は細分化され、重要な問題に対しては(相手が大きければそれだけ)「群言像をなでるがごとく」、個々の学問だけでは解決方法が見出せない状況にあります。大局的に全体を見渡せる視点が必要になります。それを私は総合科学的視点と理解して本プロジェクトに応募しました。

2. 研究成果

一、飲水調節

海水ウナギの静脈にアンギオテンシン(ANG II)を打つと飲水量は増大し、心房性ナトリウム利尿ペプチド(ANP)を打つと飲水は抑えられる。これらのペプチドの効果は脳室内投与でも同じである。このことは上記2つのペプチドが脳に直接作用すると考えればうまく説明できる。しかし脳には血液脳関門があつて、ペプチドは通常脳内には入りえない。血液脳関門のない脳部位(哺乳類では脳室周囲器官と呼ぶ)がウナギにあればこの問題は解決できるが、そのような部位として Magnocellular preoptic nucleus, Anterior tuberal nucleus, 及び Area postrema (AP) の三箇所を同定した。哺乳類でも上記一種のペプチドの飲水行動に及ぼす効果は同じであることから、基本的な飲水行動の調節はウナギと同じであることが予想される。しかしウナギは水

中にいるので、上部食道括約筋(UES)が弛緩すれば水は消化管に入る。そのぶん神経回路は哺乳類より単純で、モデルとしては優れていると思われる。ウナギのUESは延髄の *lissopharyngeal-vagal motor complex* (GVC) の支配を受けており、アセチルコリンで収縮する(図1)。またGVCの神経活動はカテコールアミンによって抑えられる。一方UESはイノトシンというペプチドによって弛緩する。

二、食道での脱塩

飲んだ海水が食道に達すると、食道では水を伴わずに NaCl が吸収される。この吸収過程は $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{ATPase}$ に依存しており、 Na^+ と Cl^- が互いにカップルした輸送によると思われる。また海水ウナギの食道上皮の水の透過性はこれまで報告されている上皮組織のうちでは一番低いものであった。飲んだ海水は食道通過中に NaCl 濃度が海水の約二分の一になって胃に到達している。胃では逆に体液中から水が取られ、海水が希釈され、約三分の一海水となって腸に達する(図1)。

三、腸での Cl^- 能動輸送

飲んだ海水は三分の一に薄まって腸に達するが、三分の一海水は丁度体液と等張で

ある。浸透圧差のない状態で、水が内腔側から血液側へ吸収されるわけだが、これは Cl^- 能動輸送に付随して起こる(図1)。腸における Cl^- 能動輸送と水輸送は、また多くの神経伝達物質やペプチドの影響を受けるが紙面の都合で省略する。

四、心臓拍動

食道での脱塩は血液中に高濃度の NaCl が入ることを意味する。海水を飲んで血液が濃くなったのではウナギは生きてゆけない。ウナギの心臓は食道に密着しているので、脱塩による高濃度の NaCl はすぐさま心臓に入ると考えられる。実際心臓から採血すると循環血液より NaCl 濃度は高い。高濃度の NaCl は心臓の収縮を増強するので(心拍数はあまり変化しない)、心拍出量が増えることが予想

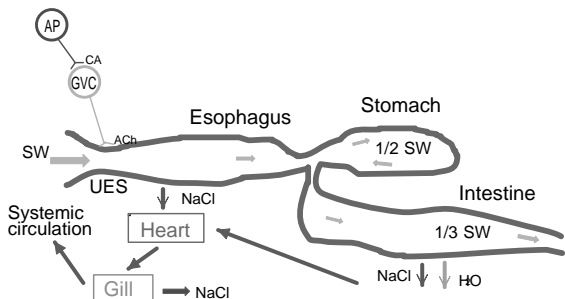


図1 海水ウナギが海水を飲む仕組み。消化管内での海水(SW)の流れ

される。ウナギの心臓は1心房1心室であり、心臓から出た血液は鰓へと向かう(図1)。したがって脱塩された NaCl は速やかに鰓から排出できる。このとき高濃度 NaCl によってウナギの心房からANPが放出されるという報告がある。

五、鰓での Cl^- 排出

鰓の構造は複雑で、このままでイオン輸送機構を解析するのは非常に困難である。しかしトビハゼの皮膚には、鰓の Cl^- 細胞とよく似たミトコンドリアに富む細胞が密集しており、 Cl^- を能動的に排出していることを見つけた。したがってトビハゼの皮膚をモデルシステムとして、今後鰓でのイオン輸送機構を解析することが可能となった。同様に鰓のモデルとして *Fundulus* の鰓蓋上皮を用いた実験では、 Cl^- の排出がANPによって増大すると報告されている。以上の結果をまとめたのが図1であり、それぞれのパートを受け持ってくれた協力者が表の1である。詳細は以下の総説に述べてある。Ando et al. (2003) Water metabolism in the eel acclimated to sea water: from mouth to intestine. *Comp. Biochem. Physiol.* 136 B, 621-633.

3. 問題点と将来展望

研究をすると、その成果は論文にしなればなりません。しかし最初に述べたように、この研究には際立って新しいことは何もありません。ただ視点が違うだけです。視点の違いだけでは論文にならないので、ここが一番苦労するところです。やっと得た結果がすでに報告されているということにたびたび直面します。そこから論文にするために再び実験を開始します。脳・食道・腸・心臓・鰓という器官毎にはそれぞれの研究者がいて、世界をリードしていません。そこに論文を投稿して彼等の評価を受けなければなりません。一つのテーマでどんどん進んでゆく場合には論文は書きやすいのですが(Technical termは同じなので)器官が違つてそのTechnical termは違つし、その分野が今どこまで行っているのかをまず捕まえないければなりません。これが大変で、最初のころは論文を追いかけるのに精一杯でした。その後コンピュータのおかげで論文検索がずいぶん楽になり、またこれらの器官ごとのTechnical termにも慣れてきました。と、かなり大変な研究ではありますが、ウナギを実験材料に選んだおかげで(哺乳類でこのような発想をして

いたら、研究者として多分生き残れなかったと思います。また海産魚は飼育が大変で、研究者が少ないのも幸運でした)、たまには新発見にも恵まれました。上にも述べましたように、ウナギは脊椎動物の祖先型を残しており、モデル動物として今後有用かもしれませぬ。最近大学教員の評価が厳しくなつて、この種の研究が益々やり難くなつて来ていますが、研究とは他人の評価を受けるためにするものではなく、本来本人の知的欲求に突き動かされるべきものだと思つています。

最後に総合科学の将来を語らせていただきます。現在の総合科学部の分野は大きく文系と理系に分かれています。これはデカルトの「物心二元論」であり、十七世紀の視点です。総合科学部三十年史の中でも述べさせていただきましたが、二十世紀は生物学の時代で、生物学の現象が物理学と化学の言葉(Technical term)で説明されてきました。二十一世紀は心の世紀で、今世紀末には多分「心」の問題(現在の文系のテーマ)が、物理学と化学の言葉で説明されるようになるのが歴史的必然であるような気がします。しかしそつなるためには、一つ乗り越えなければならぬ高いハード

ルがあります。それが脳です。脳科学の知識が増えてゆけば(物理学と化学の裏づけを取つて)、自ずから脳科学の言葉で「心」を説明できるようになるというのが私の予想です。ここに述べた私の総合科学は横方向で、どちらかといえば平面的な解析ですが、今後は脳科学のような時間軸にそつた縦方向の総合科学が現れ、それが新しい学問を作つてゆくのではないかというのが私の初夢です。

表1. 研究協力者一覧

脳担当: 長島圭(M)、不二章泰暁(B, M)、村上弘幸(B)、門田隆(B)、小松梨絵子(B)、棕田崇生(D)、小坂朋大(B, M)、松永雄三(B, M)、渡辺要平(M)、伊藤直(B, M)、小川美佐(B)、福田麻里(B)、田村齒陽(B)、楊(D)
 食道担当: 長島圭(M)、門田隆(B)、小坂朋大(B, M)、渡辺要平(M)、小川美佐(B)、福田麻里(B)、田村吉陽(B)、楊昉(D)
 胃担当: 菅井基行(歯学部1年)、平山琢朗(M)、西孝子(B)、宮脇垂弥(B)、福田麻里(B)
 腸担当: 森裕子(B)、近藤恭子(B)、大村栄子(B)、原功(B)、上坂敏弘(B, M, D)、金興泰(D)、宮脇垂弥(B)、高瀬一郎(D)
 心臓担当: 安田匡伸(B)、坂口公康(B)、上坂敏弘(M, D)、児島聡(B)、海野由香(B)、大路紘太郎(B)、野村礼(B)
 鰓担当: 横田茂文(D)、安永創(B, M)、坂本竜哉(助手)

B: 卒業研究、M: 修士課程、D: 博士課程