

総研大のライフサイエンス研究

青山聖子

サイエンスライター

総研大の研究分野を紹介する研究マップの1回目として、ライフサイエンス分野を取り上げる。葉山のキャンパスと生命科学研究所の3つの基盤研究所を中心に展開されている研究と教育には、どんな目的と特色があるのだろうか。

特集にあたって

およそ、この世の中で起こることはすべて研究の対象となりうる。世の中で起こらないことも、研究の対象になることはいくらかでもある。だから、研究分野というものは非常に多岐にわたるし、その分け方も、何をよりどころにするかによってさまざまになる。

そう考えると、総研大がカバーする研究分野を順に取り上げていこうというこの連載は、実は非常に難しい企画である。

とりわけ総研大は、「従来の学問分野を越えた独創的、国際的な学術研究」の推進や「先導的学問分野」の開拓という要請に応えられる研究者を育成するため、学問諸分野の先端的な課題を中心とした「分散型」の教育研究と、分野横断的な「総合型」の教育研究とを2本の柱としている。しかも、連載の第1回目として取り上げるのは、ライフサイエンスという非常に広い分野である。

そこで今回は、「総合型」と「分散型」のそれぞれを推進している先生方にお話

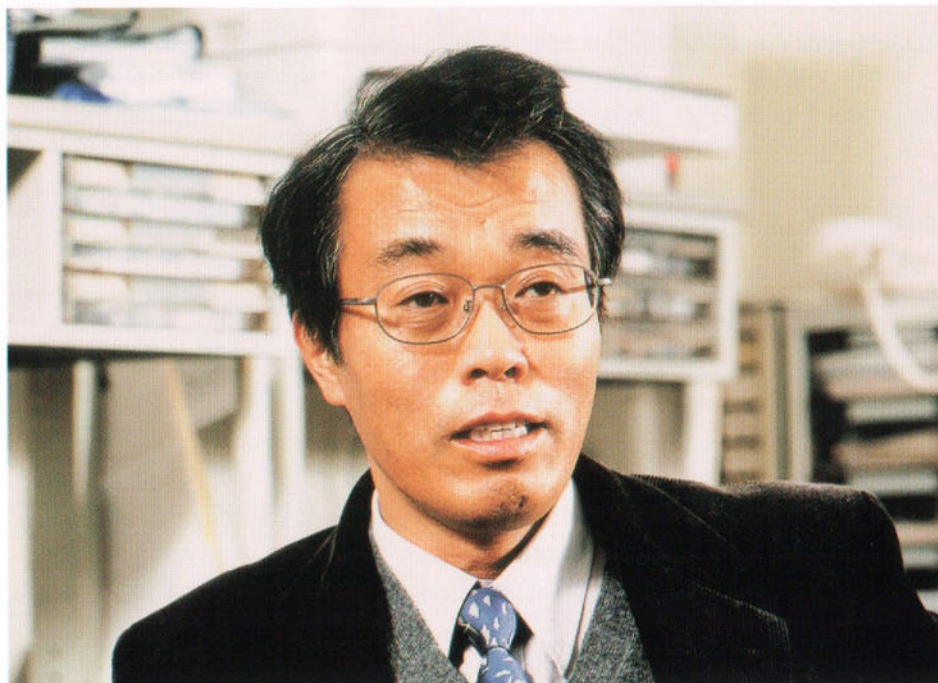
をうかがうとともに、国としてライフサイエンス分野の研究開発の方向がどう考えられているのかを取材した。この記事は、それらを通じて総研大のライフサイエンス研究マップの輪郭を描き出すのがねらいである。

その一方で、5人の方々にお願いしてご自身の研究の紹介を書いていただき、この記事に続けて掲載してある。5つの研究はいずれも、テーマの設定、研究の進め方などに「総研大らしさ」が色濃く漂う研究であり、ライフサイエンス研究マップのいくつかの部分を実際に埋めている。総研大ではこうした研究がほかにもたくさん行われている。単純な座標軸に沿ってこれらを並べるわけにはいかないが、マップが色鮮やかで密度の高いものとなることは5つの記事からも容易に想像がつくだろう。

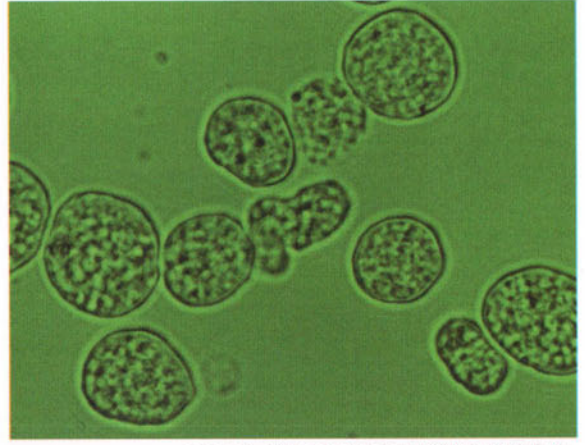
ひと味違う研究目的

総研大葉山キャンパスにある先導科学研究科は、「総合型」教育研究を実施する研究科として設置され、平成11年4月から学生を受け入れ始めた。生命体科学専攻と光科学専攻の2つからなり、総研大に参加している15の大学共同利用機関（基盤研究所）と緊密な連携・協力体制をとって研究と教育を展開している。

「生命体科学専攻の目的を私なりの言葉で言えば、ヒトがいつ、どこで、なぜ、どのようにして生まれたのかを突き止め



総合研究大学院大学生命体科学専攻長 宝来 聡教授



ミトコンドリアをもたない単細胞の真核生物。
ランブル鞭毛虫（左）は下痢を、赤痢アメーバ（右）は腸管出血などの重篤な症状を引き起こす。
写真提供：橋本哲男、有末伸子

ることです」と専攻長の宝来 聡教授は言う。この言葉は、ライフサイエンス研究が大きな転換点に立っていることを強く意識したものである。

近年のライフサイエンス研究の中心となってきたのは分子生物学である。前世紀の半ばに、あらゆる生物がDNA（一部の生物ではRNA）という物質の形で遺伝情報をもつこと、その情報が細胞のなかで読み取られてタンパク質がつけられていること、そして、その営みが生命現象の基本となっていることが明らかとなった。この理解に基づいてさまざまな手法が生み出され、生体分子の構造と機能を解明することがライフサイエンス研究の主流をなすようになった。

「しかし、生体分子の構造と機能を明らかにする研究は、一応の完成を見たと言っていると思います。どの動物にも共通する大きなルールはわかってきたので、これからは、個々の生物の違いに着目することが大切です。そのときに重要になるのは歴史的な視点です」と宝来教授は言う。「現在の腸菌も、ヒトなどの哺乳類も、もとは何十億年も前に出現した細菌です。何がこの違いを生んだかを理解するには、生体分子の構造と機能をみるにも、歴史的な背景を考えることが必要なのです。はじめにお話しした専攻の目的は、このことを私なりに端的に表現したものです」

歴史を軸に生命現象を見つめる

実際、生命体科学専攻の教官が、すべてヒトの起源の研究にかかわっているわけではない。例えば、笠原正典教授の研究分野は免疫遺伝学である。免疫系は脊椎動物特有の生体防御システムであり、脊椎動物が5億年にわたって進化するなかで、環境との相互作用を通して獲得してきたものだ。笠原教授は免疫の分子機構の研究から、その過程を明らかにしようとしている（笠原教授の研究については、後ろの斎藤教授の記事でも触れられている）。また、長谷川政美教授は、統計的な手法を用いて分子系統樹の推定を行っている。これまでに蓄積されたDNAやタンパク質の配列データを比較し、哺乳動物のどれとどれが近縁にあり、いつごろ分かれたかを調べるための方法を開発しているのだ。これらの研究は、ヒトの起源を扱っているわけではないが、歴史的視点に立つて分子を扱うという姿勢は共通している。

宝来教授自身は、多くの研究者と共同して、現代人（ホモ・サピエンス・サピエンス）が「いつ」「どこで」登場したのかをDNAの解析から突き止めた。現代人の起源については、10年ほど前から対立する2つの説があった。人類の祖先である猿人（アウストラロピテクス）は500万年ほど前にチンパンジーと分かれ、進化して原人（ホモ・エレクトス）となり、アフリカから世界中に広がった。そのうちのジャワ

原人からオーストラリア原住民などが、北京原人から中国人や日本人の祖先が、ハイデルベルク人からヨーロッパ人の祖先が100万年ほど前に誕生したと考えるのが、「多地域進化説」であり、おもに化石の形態に基づいて提案された。これに対し、アフリカを出た原人はいったん滅んでしまい、アフリカで進化した現代人があらためて世界に散らばったと考えるのが「単一起源説」である。宝来教授たちは、チンパンジー、ゴリラ、オランウータン、アフリカ人、ヨーロッパ人、日本人について、ミトコンドリアDNAの全塩基配列を解析し、比較した。そして、現代人が14～15万年前にアフリカ大陸で誕生したことを、はっきりと示したのである。

院生教育の決め手

このように、ライフサイエンス分野としては独特の理念をもつ専攻であるため、学生の研究もなかなかおもしろい。この春、生命体科学専攻の第1期生から3人の博士号取得者が誕生した。

このうち、有末伸子さんは橋本哲男助教授のもとで「ミトコンドリアをもたない真核生物の進化」を研究した。地球上に最初に誕生した生物は細胞核をもたない原核生物（現在の細菌のような生物）であったが、20億年ほど前に細胞核とミトコンドリアをもつ真核生物が出現した。ミトコンドリアは、細胞が取り入れた物質を

酸化してエネルギーをつくり出す際に最終段階を担当する。ほとんどすべての真核生物の細胞に存在し、細胞小器官でありながら独自のDNAをもつため、真核生物が出現したときに別の生物が寄生するようになったものと考えられている。

しかし、非常に珍しいことにミトコンドリアをもたない真核生物も存在する。これらは、ミトコンドリアが共生する前の真核生物の生き残りではないかと考えられてきたが、最近では、いったんミトコンドリアを獲得した生物からミトコンドリアが失われたという説が有力となっていた。有末さんは、ミトコンドリアをもたない原生生物の主要な遺伝子の塩基配列を調べ、複数の方法で系統樹をつくることにより、これらの生物がさまざまな分類に含まれること、従って、ミトコンドリアが後から失われたことを明確にした。珍しい生物を対象としながら、真核生物の進化という大問題の解明に貢献する研究である。

こうした学生を育てるために、総研大ならではの教育上の配慮はあるのだろうか。「総研大は博士後期課程だけの大学ですから、修士課程で研究してきたテーマとは別の、学生自身の興味に基づいた

研究を展開してもらうのが原則です。教官たちも、学生の興味を尊重し、それが博士論文に結びつくようにディスカッションの機会を頻繁に設けながら研究を見守っています。特に、年に1回、すべての学生と教官が集まって行われる研究発表会では、1人1人の学生が30分以上かけて自分の研究の進捗状況を発表し、それに対して容赦のない質疑が行われます。学生は、自分が達成すべき研究のレベルを知ることができるし、他の研究室の学生がどんなテーマでどのような研究をしているのかをじっくり聞くこともできる。生命体科学専攻でも、ふだんは基盤研究所にいる教官や学生もいますから、全員が一堂に会するこの機会は非常に大切だし、刺激的なのです」と宝来教授は語る。

基盤研究所ならではの教育研究

一方、生命体科学専攻が葉山に創設される前から、総研大はたくさんのライフサイエンス系学生を受け入れてきた。その中心となってきたのは、生命科学研究所の遺伝学専攻（国立遺伝学研究所）、分子生物機構論専攻（岡崎国立共同研究機構 基礎生物学研究所）、生理科学専攻（同機構 生理学研

究所）である。この3つの基盤研究所は、日本のライフサイエンス研究の中核をなす研究所であり、その専門性を生かして「分散型」の教育研究を担っている。

遺伝研は「生命現象を遺伝子との関連の下に解明すること」を目的とし、分子から集団遺伝学に至るさまざまなレベルで基礎と応用にわたって教育研究を行っている。その多彩さは、後ろの斎藤教授と嶋本教授の記事からもうかがい知ることができるだろう。一方、基研は、「分子生物学を基盤とし、生物現象を分子レベルまで掘り下げて解析する高度な研究者を養成する」ことを目的としている。生体物質の物理化学的な解析から細胞工学、遺伝子工学の手法までを総合して発生などの高次な生物現象を解析できるようになってもらおうというわけだ。

基盤研究所にとって学生はどのような存在であり、学生にとって基盤研究所はどんな場所なのだろうか。生理科学専攻の永山國昭教授（同機構 統合バイオサイエンスセンター長、生理学研究所兼任）に聞いた。

「基盤研究所といってもそれぞれ違いがあると思いますが、岡崎の研究所や遺伝学研究所の場合、学生は、豊富な研究費と豊かな研究環境に恵まれ、先輩研究者の薫陶を受けて大切に育てられているという印象ですね。一方で、普通の大学と違って教室や学生控え室がないので、若い人同士の交流が少なく、わいわいやってストレスを解消することもままならないという問題があります。結局、こういう環境が合うかどうかは学生のタイプによりますね。個人主義的で、集中して突き進むタイプの学生にとっては、研究者としてのレベルを上げるのに適した環境だと思います」

永山教授が兼任する生理研は、「人体の機能を解明すること」を目的としており、形態学、生化学、薬理学、分子生物学、細胞生物学などが教育研究の中心となっている。具体的なテーマは、後ろの原雄二さんのようなイオンチャネルの研究から、脳細胞の分化、脳の高次機能に至るまで幅広い。



内閣府官房審議官 有本建男氏

変革をせまられる大学と研究所

ライフサイエンス研究を進める研究機関は、総研大の基盤研究所以外にもたくさんある。例えば、理化学研究所は、ゲノム解析、タンパク質構造解析、脳科学研究など、大規模なプロジェクト研究を展開している。基盤研究所との違いは、どこにあるのだろうか。「私はもともと物理学の出身ですから、部外者的な意見になりますが、例えば脳研究についてみると、生理研は基礎医学に根ざして人間をトータルに見ようという行き方であるのに対し、理研はプラグマティックに脳を見ている感じがします。また、理研は教育という機能をもっていないため、プロジェクト研究は大勢の研究者がしのぎを削りながら進めている。このように、研究者のマインドも研究の切り口も違いますが、脳やゲノムといった大きなテーマについては、研究のすそ野が広いことはいいことですから、タイプの違う研究がオーバーラップしていることはかまわないと思います」

とは言え、総研大の基盤研究所も教育研究だけを考えていけばいいというわけではない。永山教授がヘッドを務める統合バイオサイエンスセンターは平成12年4月にできたばかりの新しい研究施設である。岡崎にある3つの研究所（基生研、生理研、および分子科学研究所）から教官が3人ずつ出向し、機構直属の組織となっている。研究は、発生・分化・再生過程をおもな対象とし、新たな研究手法の開発までも含めて進められており、5年以内に具体的な成果を上げることが期待されている。「国立の研究所にも、プロジェクト的な研究が要求されるようになってきているのです」と永山教授は解説する。「しかし、統合バイオサイエンスセンターは岡崎の機構が飛躍するきっかけになると考えています。平成16年までには、3万平方メートルという広大な敷地にセンターと3研究所の関連部門が移転し、拡充されるからです」

基盤研究所にも、総研大自体にも、独立行政法人化の波が押し寄せている。そ



総合研究大学院大学生理学専攻・統合バイオサイエンスセンター長 永山國昭教授

のなかで、総研大のライフサイエンス研究は、応用を視野に入れた目的達成型のプロジェクト研究を志向していくのだろうか。それとも、目前の応用には結びつかなくても、あくまで好奇心に基づいた基礎研究を押し進めるのだろうか。

流行を追うより不易の研究を

「特許をたくさん取るようにとか、ノーベル賞の受賞者を何人出さないと、目に見える成果を大学に求める声はこのところ非常に高まっています。しかし我々は、すぐには役に立たなくても、広い意味で人類の将来に貢献できる研究を展開しているつもりです」と宝来教授は言う。

これを受けるように、内閣府の有本建男官房審議官は言う。「不易と流行という言葉がありますが、総研大には不易の（時代を通じて変わらない）研究をきちんと押さえてほしいですね。例えば、遺伝研には集団遺伝学、実験遺伝学の伝統がある。1970年代に分子生物学が日本に入ってきて急速に、医学部や理学部の世界トップクラスであった遺伝学の伝統はすたれてしまいました。しかし、最近では、さまざまな遺伝子の変異と病気の間をきち

んと突き止めるために、遺伝学の重要性が見直されています。遺伝研が守ってきた不易の研究が、医学の発展のために大きく貢献するのです。疫学的研究なども、不易の研究でこれから大切になるものだと思います」

有本審議官は、総合科学技術会議事務局のトップとして、政府がこれからどういふ分野に研究開発投資を行うべきか、また、実行中の重要施策をどのように評価するかという問題に日夜取り組んでいる。特に、ライフサイエンス分野の将来については、多くの研究者、および各省と議論を重ね、独自のマップを作成している。「総研大のライフサイエンス研究は、このマップに入る手前（左側）か、このマップ全体の下にあって支える位置にあると思います。この位置から国のライフサイエンスの発展に貢献していただくためには、不易の研究を進めるだけでなく、領域ごとの研究を統合して全体の知を作り上げてほしいですね。例えば、生物は分子、細胞小器官、細胞、組織、個体、個体集団というように階層構造をとっています。現在は、分子にばかり目が向いていますが、分子の知識を総合して個体レベルの理解を進めることは、こ

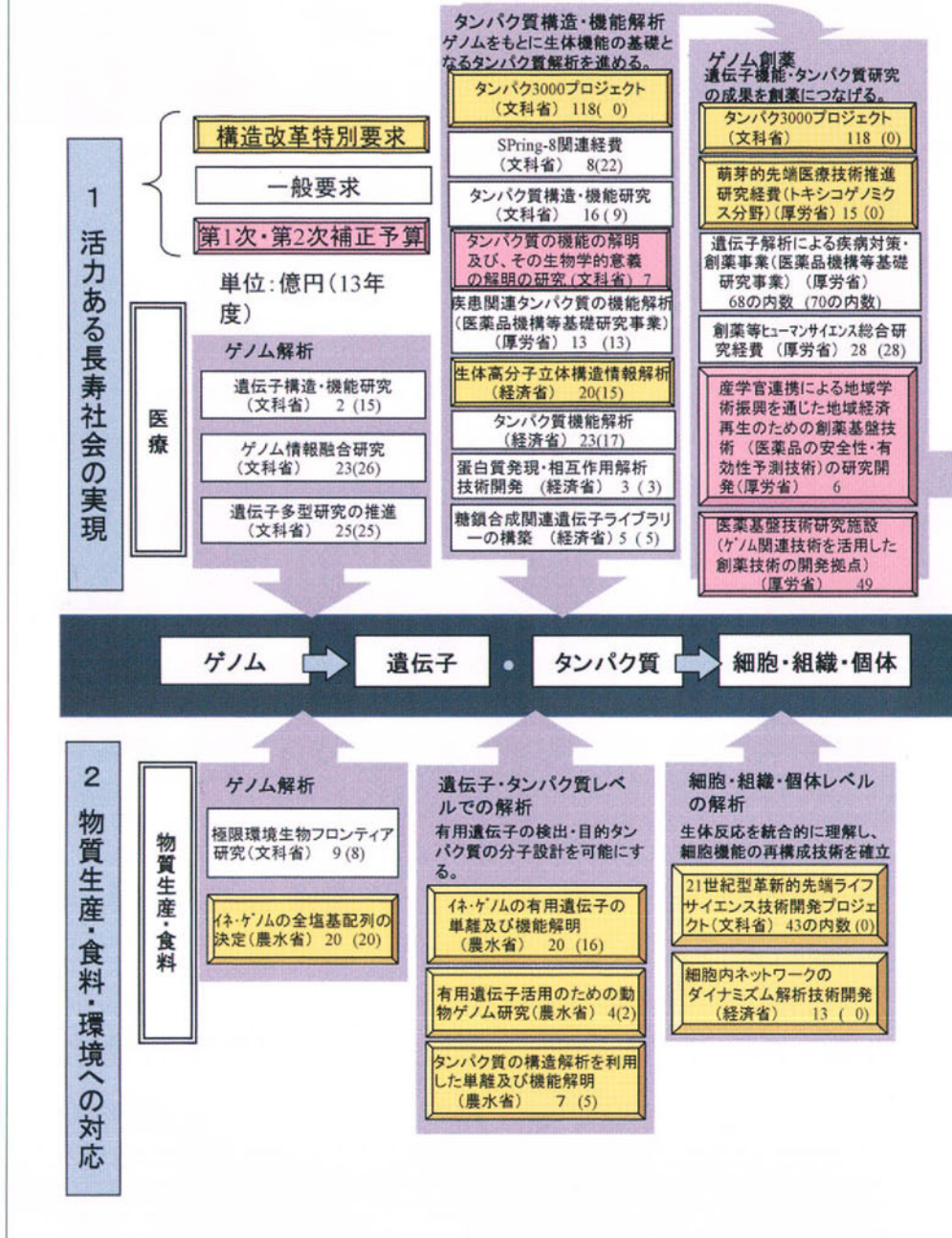
れから大いに注目されることでしょう。21世紀の科学研究は、知識のためだけでなく、社会のための科学でなければなりません」

社会から信頼されるライフ研究を

有本審議官がこのマップを作成したのは、政策立案のためもあるが、一方では研究者に自分の研究の位置づけを知ってもらいたいためでもあったという。「最近のライフサイエンス研究者は、自分が対象としている分子や機構しか知らない場合があるように見受けられます。小中学生の理科離れとよく言われますが、実は、科学者の理科離れも進んでいるのです。ですから、このマップを見て、ライフサイエンス研究にはどんな領域があり、そのうちのどこに自分の研究が入るのか、周囲にはどんな研究があるのかを、研究者自身に考えてもらえればうれしいですね」

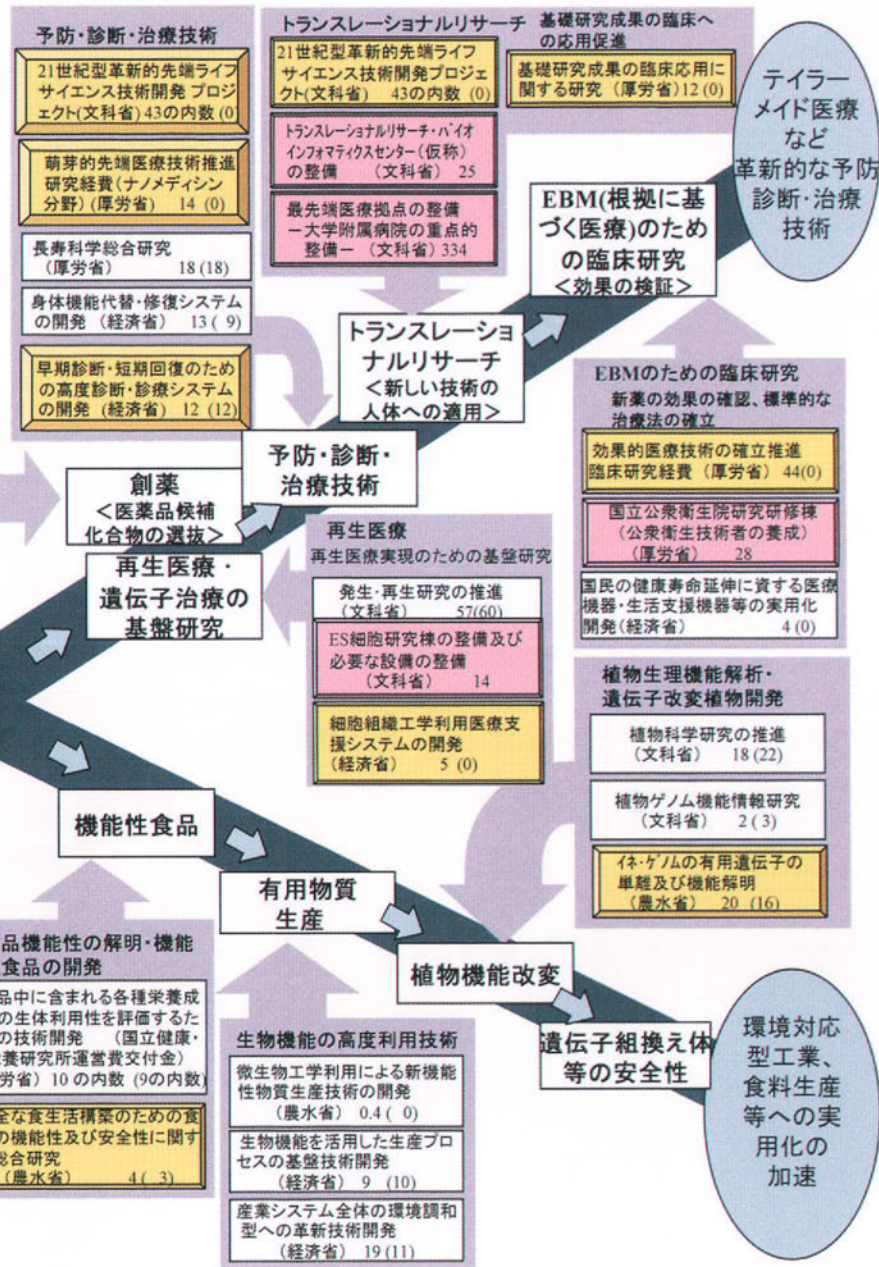
「ライフサイエンス分野の研究は、このマップに示すように基礎から応用に至るさまざまな段階があり、それぞれに対応する研究所があります。また、数学や物理学、化学、コンピュータなどあらゆる分野の知と工学を結集する必要があります。国としては、研究所の多様性は維持しながら研究者の流動性を高めて、よりよい成果を上げていけたらと考えています。大学には、独立法人化という問題が控えています。教官、学生、事務スタッフが丸となり、総力を挙げて世界と競争するという姿勢が必要になると思います」

ライフサイエンス分野の主な施策



おもに平成14年度に実施される予定の国の施策。

各省の施策を、社会のニーズと研究対象の階層に沿って整理したもの。実は、この下にもう一葉のマップがあり、ここに示した施策の基盤となる技術や対応すべき問題点（バイオインフォマティクス、生物資源の収集提供、生命倫理など）が示されている。意外なことに、このようなマップはこれまでつくられたことがなかった。



「その一方で、ライフサイエンスの研究には倫理問題が伴うので、社会との間にきちんとした関係を築くことも重要です。総研大には、研究はもちろん、ジャーナリズムなどいろいろな機会を通して、社会一般の方々や異分野の方々との間のコミュニケーションをぜひ確立していただきたいですね。その際、研究者の方々は、『自分はなんのためにこの研究をやっているのか』と自問し、答えに確信をもってほしい。ライフサイエンスの研究は、細かい研究の積み重ねであり、その影響が一目でわかるものではありません。細かな集積が、人類や地球の維持を危うくする可能性すらある。だからこそ、1人1人の研究者が、全体の中で自分の研究目的に確信をもつことが、社会からの信頼を得ることにつながると思うのです」

3人の方々の話をうかがって思ったのは、総研大のライフサイエンス研究が、社会や他の研究機関と独立に営まれているわけではないという当たり前のことであつた。そして、だからこそ、総研大のユニークさを生かした教育研究が期待されているということも強く感じた。

次のページからは、具体的な研究の話が登場する。ここで取り上げた基盤研究所の他にも、さまざまところでライフサイエンス研究が行われている。神田教授と仁科助教授の記事は、そんな総研大のライフサイエンス研究の幅広さを教えてくれる。この幅広さが総研大の強みの1つであることはまちがいない。

(写真：梅岡弘)