





先駆者の瞳に映る バイオマテリアルの 今昔と未来

日本のバイオマテリアル界を代表される研究者の一人である赤池敏宏教授に試行錯誤の連続だった黎明期のエピソードや現在取り組まれている『細胞用まな板』の詳しいお話、再生医療の実現のために何が必要か、といった提言などバイオマテリアルの過去・現在・未来について語っていただきました。

インタビューア：村岡・秋元・金（東京女子医科大学） @東京工業大学すずかけ台キャンパス（神奈川） 2012.12

赤池敏宏

INTERVIEW 10

Toshihiro Akaike

1975年東京大学 大学院工学研究科合成化学専攻博士課程修了・工学博士。東京女子医科大学にて日本心臓血管研究所・助手、1980年東京農工大学工学部・助教授を経て、1990年より東京工業大学 生命理工学部 教授。2012年退官後も東京工業大学特任教授（名誉教授）として現在も精力的に研究活動に勤しむ。工学と医学との学際領域で生物学と高分子材料工学を真に融合した新しい学問領域の創成を目指す。

バイオマテリアル黎明期に
切磋琢磨した3人の研究者

——赤池敏宏先生は大学院生の頃に、片岡一則（現・東京大学教授）先生や岡野光夫先生（現・東京女子医科大学先端生命医科学研究所所長・TWINSセンター長・教授）と、後の日本のバイオマテリアル界を代表する3人が出会われています。当時、先生はどんな研究に取り組まれているのでしょうか。まずは、そこからお話を伺いしたいと思います。

赤池敏宏（以下、赤池）学生生活は院生も含め、どちらかというと研究とはほど遠い生活でやってきました。背水の陣といえはそうだったかもしれませんが。一応研究室には入ったのですが、学生運動に染まり、普通は退学し出ていってしまうところを、鶴田禎二先生に救われ、研究室への復帰が認められました。さんざん

騒いで行くところがなく内心どうしようかと思っていたところ、戻っておいでということで戻らせて頂きました。修士を終え、ドクターの1年生になるはずが、あまりに実験が少なかったと言うことで修士を3年やりました。要するに留年です。その後なんとか無事ドクターに進みましたが、その頃に片岡一則さんが修士から入ってきました。

——鶴田研究室からはバイオマテリアル界の重鎮を多く輩出していますが、当時のラボはどういう雰囲気だったのでしょうか。

赤池 もちろんまじめな学徒が多かったです。あまりにもまじめすぎて100人以上の卒業生の中で、いわゆる大企業で社長や重役になった人は一人もいないんじゃないでしょうか。はったりをきかせるような人は少なく、殆どがまじめな研究者です。みんな今では、専門領域、高分子領域における教授として、いろいろ

ろな大学に散らばっています。そういうまじめな研究者、素質のある人が集まっていた。問題は、まじめすぎて、あまりやぐざな分野をやらない。そんなところに唯一やぐざな僕が戻ったわけなんです。片岡さんは優秀でありながら、冒険心にあふれていたから、後々女子医大の助手で移っていった僕の誘いに乗ったわけです。

僕も含め、東工大でも3人ぐらい鶴田研究室出身の教授が出ていますし、他大でも入れると山ほど教授が輩出しました。そういう意味では意欲的な人が多かったですが、スーバーなチャレンジ精神は少し弱かった気がします。少なからざる数の学生が鶴田研究室を出てバイオマテリアルで活躍しているのは、僕と片岡さんが方向をかえ、そして体制を固めたことが大きいでしょう。第2世代までで20人ぐらい教授がいます。第3世代まで入れ

たら助教クラスまで含めて1000人を超えます。もともとは認知度ゼロの新しい学際分野でした。設計概念も最初は何にもなかったし、特別な施設も装置も研究室もなかったの

です。それから、それが今では、早稲

田大学とか東京

学生運動で遅れていた分、
ゼロからスタートするほうがいい
道に入ると
思います。

大学・東京工業大学、さらには理化学研究所・産業技術総合研究所・国立循環器病研究センターといった国立法人研究所でも3つか4つはバイオマテリアル絡みの研究室ができています。

——それから東京女子医科大学に異動されていますが、そのきっかけは？

赤池 女子医大に行くきっかけですね。鶴田先生に女子医大に助手の口がありませんが櫻井靖久先生に会ってみませんか、と薦められたことでした。おそるおそるだったか、意気揚々かは忘れましたが、行き

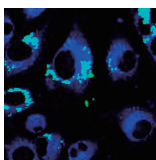
ました。学生運動で遅れていたわけですからゼロからスタートするほうがいいかと思えました。化学をベースにし、生物学のほうに入るのならまだそう遅くはないと思つて、こういう道に入ると

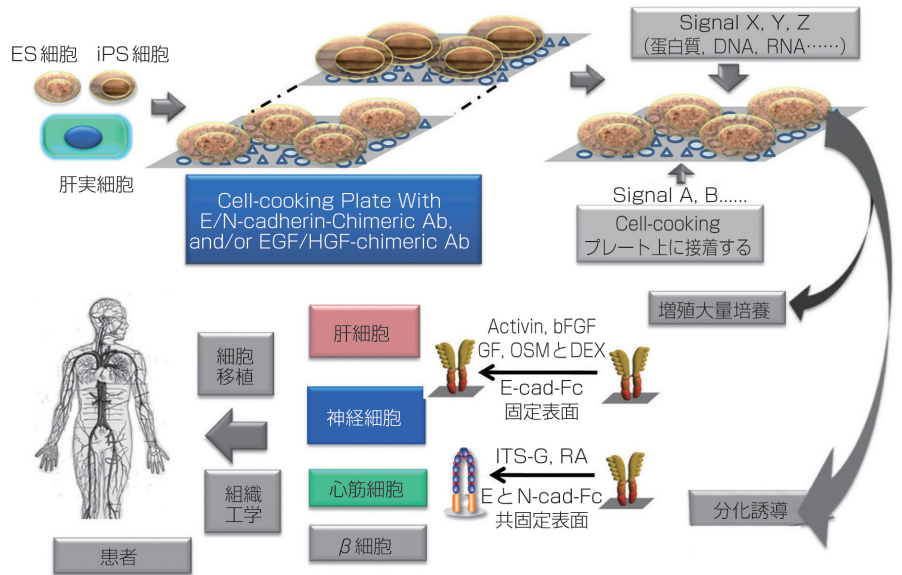
赤池 女子医大に移られてから、赤池先生は片岡先生、岡野先生を誘ったとお聞きしています。

赤池 女子医大の櫻井靖久教授のもとで、「好きにやっていいから思い切って新しいバイオマテリアルの仕事になるようにしてくれ」と言われ、2年間殆どデューティフリーで勉強しました。満を持してこれなら誘えると思つて、片岡一則さん（東大D）と岡野光夫さん（早大D）を誘いました。彼らは自分から乗ってきました。周りには反対した人もかなりいた

赤池 新しい領域で最初の5年間ぐらい同じ飯を食った感じでしょう。それぞれの結婚のいきさつも含めて兄弟以上に知っている感じです。明治維新の革命を闘い取ったような、新しい領域を目指して闘い取った同志だから。

赤池 皆さんも、そういう燃え上がる時期にいたいとか、そういう時代をまた作りたと思うでしょう。それがなかったらう





単一細胞状態で接着させたES/iPS細胞を均一かつ大量に培養できる三次元システム構築に応用展開できた。またそのままの状態 (in situ) で分化誘導や遺伝子導入を仕掛けることができる。

細胞まな板 (Cell-cooking Plate) の概念と組織工学・再生医療への応用
 [メディカルレビュー社、再生医療 Vol11 No4 (2012) P32 図7より転載]

で少し恥ずかしかったです。それから、先生は東京農工大学に移られています。

赤池 幸か不幸か1980年春に東京農工大へ移ることになりました。助手3人で仲良くやっていた女子医大時代と全く同じことを続けてやっても仕方がない、それまで一緒にやってきた研究は全て、岡野、片岡助手のいる女子医大に残すべき課題であると思いました。実験施設も動物実験の問題も、ずっと有利な条件にあるのは女子医大なのだから、全くの新しいラボでは何か工夫をしなくてはいけないと思ったのです。それまで女子医大で立ち上げて、血液を採って血小板だけ、リンパ球だけに分け、相互作用を解析的にやるのがバイオマテリアルサイエンスである。それはそれで間違いいはないと思えました。それはそれでやるべきとがいろいろありますし、両氏がさらに



東京農工大学への異動を機に細胞培養系の研究をスタート

そこから始まって、明治維新を闘っているなどというような気持ちで取り組んでいました。吉田松陰とか、松下村塾のようなことを実際に語り合い、そういうものを目指そうではないかと励まし合いました。そうしたら直ちにデータがヒットしはじめたという感じのスタートでした。そうこうする内にエンジンがかかってきてぼんぼん論文が出始めました。最初の論文も、2年目ぐらいに代表的論文が岡野さんと片岡さんから始めたわけですが。最初、私が一人で細々とやっているときは勉強と試行錯誤の動物実験みたいなことでした。彼らに加わってから本格的に材料の生化学、高分子が絡んだバイオマテリアル学がスタートしたわけです。

櫻井先生について何か思い出はありますか？

赤池 僕と同じでカラオケが大好きで、よく騒ぐんですけど興奮すると手がつけられない。機嫌のいいときはすぐくずすきな先生でした、頭もすごくいいし。僕たちは櫻井先生に研究内容のネーミングをさんざんしごかれました。当時私たちグループでバイオマテリアルはサイエンスでないといけないという重要性に気付いて「バイオマテリアルサイエンス」という著書を櫻井先生と鶴田先生の指導の下で編纂しました。それまでバイオマテリアルはサイエンスなのかと言う人が多かったのですが、どんどんサイエンスになっていったのはそのあたりからです。

なるほど。

赤池 話が飛んで今の僕の研究の話になるけど、最近はやり始めた「細胞用まな板」を名付けたのは僕です。Cell-cooking Plateと。また、「カドヘリン工

学」と名付けた分野を、雑誌「再生医療」2012年11月号の総説で提唱したので、僕はそれまで山中先生ではなく、カドヘリンと言う今では重要(有名)になっっている細胞接着分子の発見者である竹市雅俊先生がノーベル賞を取ると思っていました。それまで純粋に細胞生物学分野の研究分野だったのに対して、バイオマテリアル研究の立場を強調してカドヘリン工学、カドヘリンマトリックス工学という名前を付けてしまおうと櫻井先生流に、思ったのです。でも山中先生が昨年ノーベル賞を先にもらったのはびっくり仰天です。竹市先生がノーベル賞を取るだろうと東工大内の雑誌に我が思いの記を兼ねて予測記事を書いたにすぎませんが、山中先生受賞決定の後に印刷物になったの

カドヘリン 細胞間接着の中心的な役割を果たす細胞膜上の糖たんぱく。

は何もくつつかない抗血栓性材料、血液適合性材料と表裏一体の関係にあると言いたいです。僕は肝細胞を中心にやっていたのですが、[※]肝細胞特異的接着材料として設計された表面には、血小板が当然くつつかないし、赤血球もくつつきません。肝細胞は肝臓に固定されていて血液中を泳ぎませんから血液中に存在するあらゆる細胞が接着しないことになりま[※]す。そもそも理想的な肝細胞特異的材料を設計するという目標に向かっては多少の紆余曲折はありましたが、まあまあうまくいきはじめていました。代表選手が側鎖にガラクトースを持つポリマーで[※]す。それは肝細胞以外にほとんど認識されません。ましてや血清タンパク、アルブミンがコートされていれば、それがブロッキング剤になってほかのものはほとんどくつつきません。血液循環用に使えばそのまま血液適合性材料だと気づいた

発展させていました。そういう流れと対抗するために、それではどうしたらいいのだろうかということ、細胞培養系を初めて導入しました。採った血液ですぐやるのではなく、保存がきく培養細胞株（セルライン）があるわけだから。そういう細胞のほとんどは接着依存型の細胞なので、細胞認識材料によくマッチする対象だと思えたのです。それ以来、細胞認識材料の分子設計と評価をやってきました。肝細胞の培養とか、細胞培養の技術が専門であつたわけではないのですが、僕らが新しいバイオマテリアル時代のペースメーカーになっていることを実感できたのは確かです。結果的に、細胞培養系でいろいろなバイオマテリアル研究の強化をすることになりました。

—— 生体適合材料と細胞認識材料では現象が正反対ですよ。

赤池 いや、結論を言うと細胞認識材料

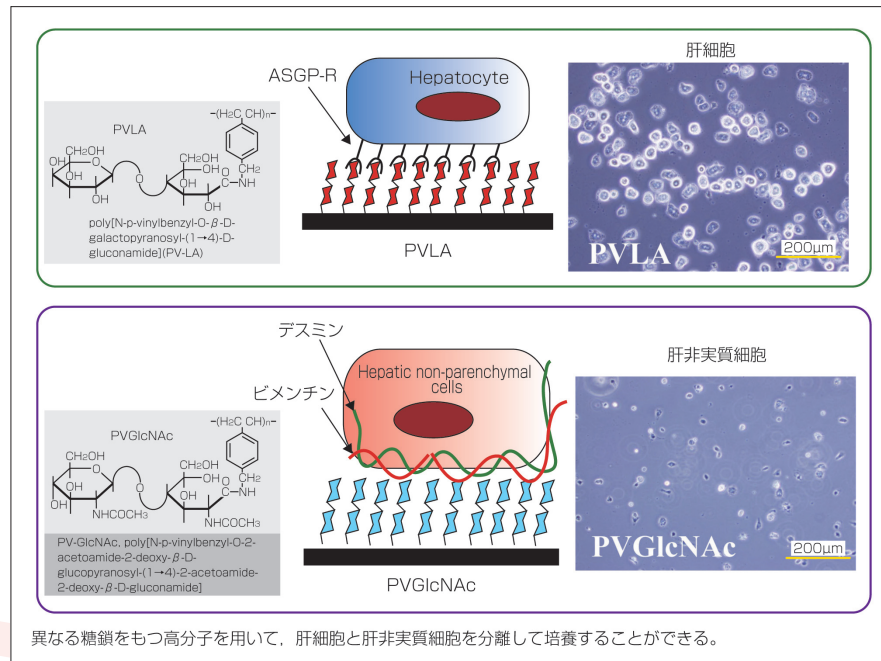
わけです。

逆にいうとポリエチレングリコールを修飾するとか、リン脂質側鎖を有する MPC ポリマーを利用するとかで抗血栓性材料がデビューしましたが、何もくつつかない材料としてだけ、そのまま使っていたら僕らもつたいないと思います。その中に何かの細胞認識リガンドを入れる。入れれば理想的に、もしかしたら僕らのポリマーよりもっといい細胞認識材料になる。一般的にある細胞だけに特異的に存在するレセプターがあります。ほかの細胞が一切くつつかないということが保証された材料の中に、そのレセプターにだけ認識されるリガンドを植え付けるのです。どうですか、ユニークな発想でしょう。

再生医療は細胞の『数』と『純度』で勝負

—— 将来バイオ人工臓器が本格的に臨床で使われるようになるとき、どういう課題をクリアし、できがりはどんなものになるとお考えですか。

赤池 組織工学は、工学志向のバイオロジストというか、バイオマテリアル工学分野の人たちがバイオロジーや医学の研鑽を積んで、そういう領域を作ってきました。バイオ人工肝臓、バイオ人工皮膚、バイオ軟骨、バイオ人工血管等々のハイブリッド人工臓器が提起されてきました。そういった内容は今再生医療で素朴に ESC/PS 細胞から肝細胞、心筋細胞を作る人たちに対しては、1つのモデルケースとして、すなわち過去に工学的チャレンジの実績のある例として提示されるべきで

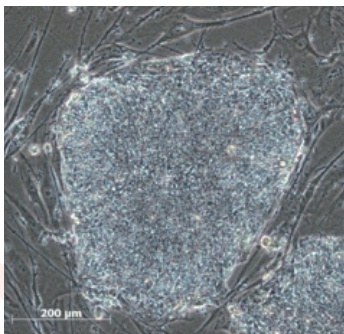


異なる糖鎖をもつ高分子を用いて、肝細胞と肝非実質細胞を分離して培養することができる。

糖鎖高分子を用いた肝細胞と肝非実質細胞の培養とソーティング
 [メディカルレビュー社、再生医療 Vol11 No 4 (2012)p25 図2より転載]

細胞認識材料——特定の細胞の
 みが接着する基材。
 肝細胞特異的接着材料——肝細
 胞のみが接着する基材。
 ガラクトース——糖の一種。肝
 細胞にはこの糖を特異的に認識する受
 容体が発現している。
 細胞認識リガンド——特定の細
 胞の受容体に結合する物質。





フィーダー細胞(マウス胎仔由来線維芽細胞)上のヒトiPS細胞

あるし、山中先生のグループや類似の立場に立つグループの多くの方々もそれに学んだらいいと思います。

人工肝臓では体外循環モジュールなんてよく書いてある。僕だけではない、みんなが挫折したけど、その最大の理由は細胞がないからでした。肝機能の仮に10分の1をアシストするだけでも必要とされる250億個の細胞の数を調達できない。それから、高次構築をきちんと担保できるサイエンス、あるいはエンジンアリングがまだないということだったのです。その2つの課題を超えれば新しい再生医療とこれまでめざしてきた組織工学の基本的な設計論は同じです。当面は思う存分攻めていくべきだし、攻められるのではないかと思います

古い時代でも人工肝臓だから肝細胞を*スフェロイドぐらいにして組み立ててみようとか、少し妥協して、組織のモデ

胞集団は其中でうごめいていて臓器形成に到る未知の発生プログラムによって制御されているのです。分化に到るそのメカニズムはブラックボックスだが、それでスフェロイドなどの細胞塊を作らせておけばそのまま使えるからよいのだという意見が強くあります。どちらかといえば発生物学者に近い再生医療研究者が主張をしておりますがあまりサイエンティフィックではないと思えました。それで細胞用まな板上でもっとES細胞の行く

ルとして利用するとか考えてきました。びったり肝臓と同じ組織はできないのだから。しかし、そもそも肝臓細胞の大量調達の道がなく、実用可能な人工肝臓に

はどうにも近づけなかつたわけです。細胞を増やす作業はどちらかというとケミカルエンジニアリング(化学工学)の領域であるはずというのは強く言われ始めています。数量が勝負だと。たとえば不織布あるいは編み物細工の上にか、あるいはマイクロビーズの上にか、あるいはマルチウェル加工したチップの上にか、大量かつ、上手にES細胞やiPS細胞未分化増殖させるとか、その後ある段階で分化誘導をかけるとか、という具合に化学工学的技術を応用するのです。その場でやればもつといいのですが、いったん分離(ソーティング)し、ワンクッションおいて、分化を開始した純粋な系だけで肝臓細胞特異的な材料と言われる基板、

末を科学的・工学的に制御したいと思つたのです。

だからこそシングルセル状態を目指すのです。シングルセルでできる限りのところまで維持して、まずはとことん制御できる範囲内で制御して増殖させたほうがいいと。シングル状態で増やすテクノロジーの方が以後の分離精製(細胞ソーティング)の際にも有利で基本的に重要な細胞操作だと思つて提案しているのが、「細胞用まな板」の概念です。まな板の上に1個1個が独立し、乗せられる、

そういうまな板用のコーティング剤や細胞認識性バイオマテリアルこそ重要でこれを開発するといふところに真骨頂があります。

マテリアルをちょっとコーティングしておけば最初から細胞が混じつても、あるいは発生の分化の過程でへテロな細胞群に分化が進んでいても、目指す

そういうバイオマトリックスを有効に活用することによって分化を進行させ肝臓を再構成させる方法も考えられます。

再生医療デバイスとしての質を上げるという問題は解決するのではないかと思えます。基本的には、細胞認識材料をコーティングした表面の上で細胞をきれいにハンドリングして、思ったとおりの誘導がかけられる技術は、少なくともバイオマテリアルサイドでは持つべきだと思つて、願いを込めて提案したのが「Cell-cooking Plate(細胞用まな板)」の概念です。

先生が現在取り組まれている研究ですね。

赤池 ただこれまででの考えではES/iPS細胞の塊りを作ると、未分化細

体外循環モジュール 人工透析器のように血液を体外に出して、体外でろ過、再吸収などの操作を行い再び血液に戻す装置。
スフェロイド 多数の細胞が凝集し、三次元状の塊となったもの。
iPS細胞 人工多能性幹細胞。体細胞に特定の遺伝子操作などをし、再びES細胞のように多分化能と自己複製能を併せ持った細胞。
ケミカルエンジニアリング 化学製品をどうやって作るか。その方法を学ぶ学問。

肝臓細胞だけがくつつくといったような、いろいろな点で次のステップに進みやすいのです。その次にそういった材料がどれぐらい自由自在に作れるのかという問題に入ってくるわけです。結構できるだろうと思えます。細胞認識性バイオマテリアルの設計コンセプトで！ 実際にはこの20数年でまあまあ期待通りの展開を見せました。

研究の実用化には異分野の力を融合させることが必要不可欠

——再生医療を実現するには何が重要とお考えですか。

赤池 数年前に岡野光夫先生がティッシュエンジニアの組織工学会と大きな規模を誇る再生医療学会を合併させました。僕ももともと両方の設立に関与していました。岡野さんが後から入って来てあれよあれよという間に両学会をドッキ

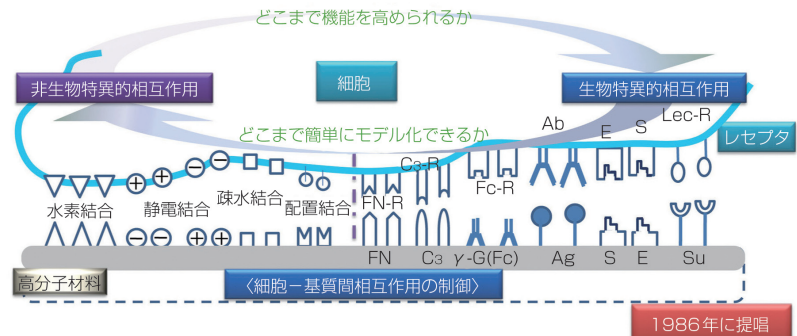
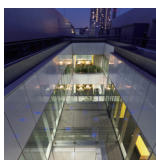


ングさせるとは思わなかったです。そのへんはすごい卓見とパワーの持主ですね彼は！僕にはとてもこういうことはできません。結果としてはよかったです。それで再生医療学会に工学科が少し出てきました。しかし後から工学科が加わってきただけで、最初に走っていた主流の人は生物学・発生学者とひたすら実用化を急ごうとする臨床医学分野の人たちです。そのような分野では大量に作るとかソーティングさせるなど、ノンストレスで細胞を培養するという発想がほとんどないと思います。フローサイトメトリーで分離、精製する限り、抗体で染めて、蛍光ラベルをしなければならぬ。ノンストレスでなければ、臨床分野への実用化へは程遠いのではないかとというのが僕の考えです。蛍光ラベルしてそのまま使うというのはどう考えてもおかしいでしょう。別のソーティング方法の場合

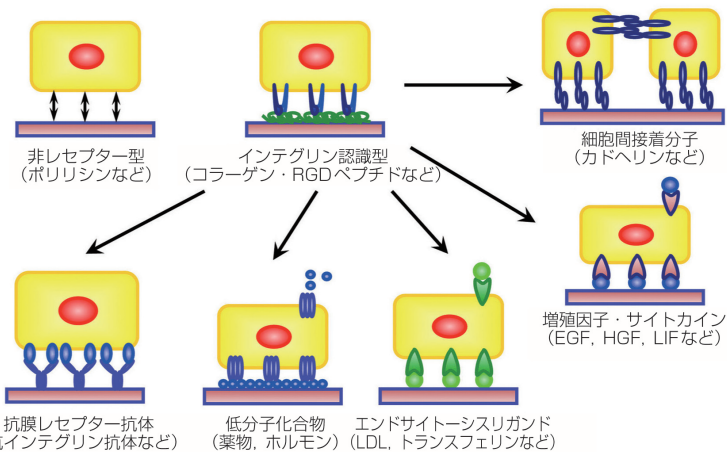
には、さらにマグネット微粒子がついていけるのですよ！そんな細胞が仮に比較的無傷で分離精製されても、治療のために打ち込まれたり臓器が作れるかということに大いに疑問がありますよね。精製・分離は、材料絡みでノンラベリングのできるように、そこで細胞を認識できる材料というコンセプトはバイオマテリアルで絶対必要だと20年来いや30年来思っていました。そういう設計コンセプトがあればこそ組織工学さらには再生医療もうまくいく可能性を持っていると確信していました。更には数も重要な問題となります。例えば細胞バンクから100万個の細胞をいただいできて、バイオ人工肝臓を作るには250億から2500億の肝実質細胞が必要となります。この天文学的な細胞数をノンストレス・無傷で増やし回収することが実用化のためには必要なので

ですが、極論すればその中に1個でも2個でもiPS細胞がいたら困るという問題もあります。そういう点では化学工学が必要だし、バイオマテリアル工学が必要だし、場合によってはコンピューターを駆使したインフォマティクスが能率を上げる助けになります。こういうことをやらないといけないと思っています。これには工学部サイドで研鑽を積んでいるバイオマテリアルのセンスとか、化学工学、バイオリアクターのセンスを持っている人たちがたくさん必要となります。こういったセンスの豊かな若い研究者の教育はとても重要です。バイオマテリアルを創成期から築き上げてきた先生から見て、今後のバイオマテリアルを盛り上げるために

インフォマティクス——情報科学。コンピューターによって大量の情報を分析し、最適な解を抽出する。これにより、実験を行うまえに最適な構造を決めることが可能となる。



高分子材料の階層構造	特異的リガンド (材料側に吸着・固定)	レセプタ (細胞側に存在)
一次構造 (化学結合, 置換基効果, ...)	FN (フィブロネクチン)	FN-R (フィブロネクチンレセプタ)
二次構造 (コンホメーション...)	C3 (補体 C3)	C3-R (C3レセプタ)
高次構造 (結晶性, 配向性, 架橋構造, ミクロ相分離構造)	Fc (γ-グロブリンFcドメイン)	Fc-R (Fcレセプタ)
物性 (形, 大きさ...)	Ag (抗原)	Ab (膜上の抗体)
	S (基質)	E (酵素)
	E (酵素)	S (基質)
	Su (糖鎖)	Lec-R (レクチンレセプタ)



細胞-基質間相互作用の制御による細胞認識性バイオマテリアルの設計原理を1986年に提唱した。こうして20数年間細胞認識性マトリックス工学のコンセプトにより組織工学・再生医療に有用なインテグリン非依存型マトリックス設計論の体系化を追求した。さまざまな分子を固定化することにより、細胞接着だけではなく特異的な細胞機能を誘導できることが期待できる。

細胞認識性バイオマテリアル設計の基本原則と開発例
[メディカルレビュー社、再生医療 Vol11 No4 (2012) P24 図1より転載]

は何か必要でしょうか？

赤池 少し冗談っぽく言えばあなたの方の時代においては、バイオマテリアルはもう下り坂かもしれないね(笑)。学問・研究はそれがピークの時に憧れ、選ぶなと僕はよく言います。しかし今がピークのように見えるが、実際にまだまだバイオマテリアルの応用も基礎も道中半であります。新しい領域、バイオマテリアルと生化学とか、分子生物学をもっと本格的に掛け合わされたら絶対によくなるという信念を持って、もっと高いピークがくるかもしれない。僕から見えてさらに発展させることは必要不可欠と思うよ。^{*}学際領域である以上、自分の指導するチームが2つに分かれているということはこれからはよくあると思いますね。見事にハーモナイズしているわけではなく、少なくとも代表選手、代表バッターは両方をおもしろおかしく融合して語れる

王国ですら何百年ともたない。学問だって、次の世代が「おもしろい領域だから入りました」と言って、そのままルーチンワークをやっているだけあとは衰えていくばかりでしょ。

どのように切り口を展開すれば人に誇れるというか、人がやらなかったことをやることになるか考えたらいいです。

君達は僕らの頃に比べると、そういう意味ではつらい部分があります。僕らの時代は一緒にスタートした岡野さんにしても片岡さんにしても高分子と全くつながっていないかった医学とか血液学をつなげる喜びがあった、レベルの低いところからスタートし進展を楽しむことができました。今はもっとレベルを上げないと本来の意味で抗血栓性材料も、生体適合性材料も設計できなくなっています。でも蓄積はあるし、ノウハウも先輩たちが築いているから、その上をどうやっていく

ないと引き込み効果がないです。それが君たちの課題かもしれません。

この領域はインフォマティクス、ドライケミストリー、エレクトロニクスとすら絡むかもしれません。つまり再生医療もどんどんインフォマティクス、コンピュータで細胞のありようをいろいろデザインしていくべきであると。遺伝子を入れるとか組み合わせることも試行錯誤でやっている時代は過ぎていきます。次は要素を入れて、多少わかっているロジックスを入れ込んで、何か適切な答えはこの辺ではないかとおよそのあたりをつけ攻めないといけません。実験で「じゅうたん」爆撃をしている時代でもないと思います。

——研究のレベルを更上げる、というのは確かに難しいことです。

赤池 ノーベル賞を受賞した山中伸弥さんも遺伝子の組み合わせを変えて、「ばん

のか、皆さんが考えるべきだと思います。切り口を自分でユニークなところに視点を置いて、さらに既存のバイオマテリアル研究を1つ入れてみるとかすることに よって、絶対に面白くなると思います。

それと、厳しい意見かもしれませんが、博士研究員にしろ助教にしろ今の若手の多くは任期付きのポジションにいます。将来に対する不安と闘っているという人も多いです。でも研究をやるときは、若い者が根性出して、それにボスの獲得資金かもしれないませんが最低限の研究費がつけば研究のスピードはいくらでもアップできるはずですよ。5年の任期に勝負をかけないと。緊張感を持って頑張ればそれなりの展望は拓けるのではないかと思います。

ばん入れて」とやっています。山中さんだけならできなかった、大学院生の高橋和利さんだったからできたわけだともっぱら言われていますね。たまたま山中先生とは全く違う領域から意欲的な高橋さんが来た。何も知らなかったと思います。でも両方がかけあわさった気持ちで山中先生が自分の領域に向けて手取り足取りして交流した。そうしたら水を吸い込むスポンジのように高橋さんが伸びた。そのうち「遺伝子組合せの消去法でやったらどうですか」という、山中さんも考えつかないようなことを提案してきて成功したというのです。そういうような領域を皆さんが次のステップで考えられれば、バイオマテリアルはまだ発展します。そうでないと、やはり「あの時期がピークだったのか」ということになる(笑)。

歴史上で栄えた

学際領域——医学・工学・生物学など異なる複数の学問分野がまたがる研究領域。



平成24年7月7日に椿山荘で行われた、赤池敏宏先生のフンボルト賞ご受賞記念懇親会【前列左から／敬称略】石原一彦(東京大学・教授)、片岡一則、岡野光夫、前田瑞夫(理化学研究所・主任研究員)、横山昌幸(東京慈恵医科大学・准教授)【後列左から／敬称略】大和雅之、島田昌(JST(科学技術復興機構)・長崎幸夫(筑波大学・教授)、由井伸彦(東京医科歯科大学・教授)、吉田亮(東京大学・教授)、青柳隆夫(物質・材料研究機構 MANA コーディネーター)、丸山厚(東京工業大学・教授)、清水達也

