SENRI LF News

千里ライフサイエンス振興財団ニュース

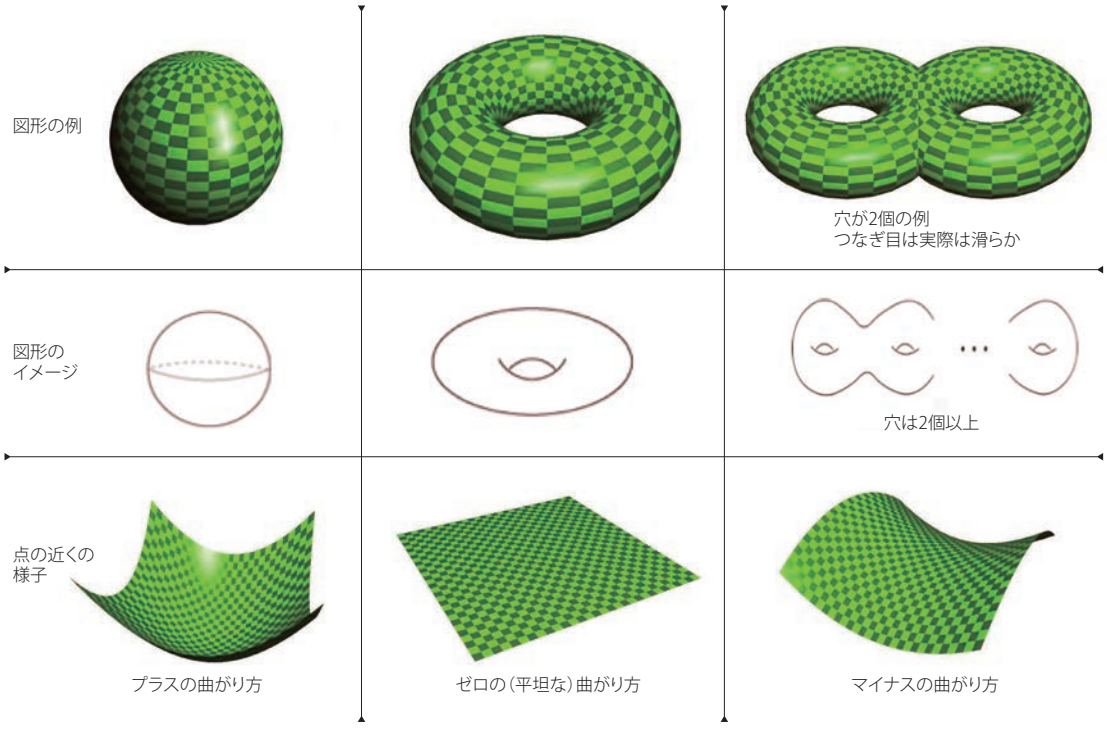
No. 95

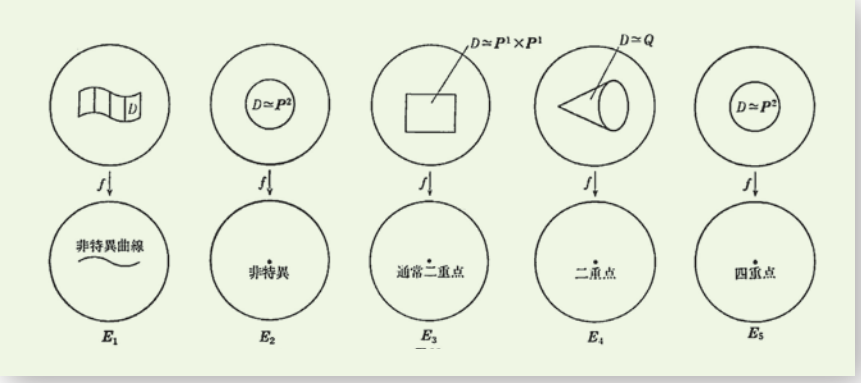
2022.2

ISSN 2189-7999

対　談

見方をすこし変えるだけで さっと解けた。代数幾何学のそうしたところに惹かれました。



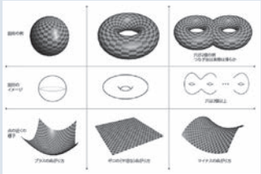


京都大学高等研究院
特別教授・院長
森　重文 氏

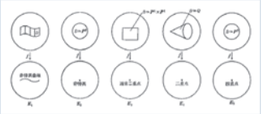
公益財団法人
千里ライフサイエンス振興財団
岸本忠三 理事長

SENRI LF News
千里ライフサイエンス振興財団ニュース

【表紙図版】
京都大学高等研究院特別教授・院長　森 重文氏提供



図形を曲がり方で分けるのが代数幾何の分類方針です。下段で、曲り方がプラスというのは左の膨らみ方、ゼロは平坦、マイナスは馬の鞍状の曲がり方です。中・上段はイメージと例です。至る所プラスだとシャボン玉、平坦だとドーナツの表面。マイナスだと2つ以上の穴がある変形ドーナツの表面で、極小モデルのイメージです。



1982年の論文が3次元分類の発端でした。端射線は幾何学的特徴を表します。3次元の場合に、部分的特徴となるのは5通りだけで、それらの図示です。

CONTENTS

1 EYES
「代数幾何学」を20世紀の代表的な数学分野にした大きな成果

3 LF対談
京都大学高等研究院特別教授・院長
森　重文氏／岸本忠三 理事長
見方をすこし変えるだけでさっと解けた。代数幾何学のそうしたところに惹かれました。

7 "解体新書" Report 生命科学のフロンティアその81
乳がん発症に必須の分子が明らかに

10 LF技術講習会・高校生出前授業リポート
「遺伝子導入技術に関する技術講習」
高槻中学校・高等学校、金蘭千里高等学校出前授業リポート

11 LF市民公開講座
「新型コロナワクチンのお話し」

13 LFセミナー
「新興・再興ウイルス感染症に対する取り組み」

15 LF新適塾
創薬、難病治療、脳研究をめぐるホットな話題
若い参加者たちへのメッセージも

17 Information Box
・岸本基金研究助成対象者一覧
・フォーラムリポート
・千里ライフサイエンスクラブ会員募集　・予定行事

Relay Talk
岩手保健医療大学 臨床倫理研究センター長
清水哲郎 氏

「代数幾何学」を20世紀の代表的な数学分野にした大きな成果

「極小モデル」理論の確立で、3次元代数多様体の分類問題の研究が大きく発展

今回は数学についてのお話です。数学の一分野に、「代数幾何学」があります。20世紀の数学で最も活発な研究分野となったともいわれます。

みなさんの年代によっては「代数・幾何」という高校数学の科目を習ったことを覚えている方もいるかもしれません。「代数」とは、数の代わりに文字を使って計算の法則や方程式（代数方程式といいます）の解法などを研究する分野です。また「幾何」は、図形や空間の性質を研究する分野です。では、「代数幾何学」はというと、高次元空間において、いくつかの代数方程式で定められた図形を扱う数学といえます。

代数幾何学の研究者たちは、「代数多様体の分類問題を解決したい」という大きなテーマをもっていました。代数多様体とは代数幾何学における主要な研究対象であり、「多項式＝0」で定義される図形のことを指します。たとえば単位円、つまり半径1で座標原点を中心とした円は、「$x^2+y^2=1$」という方程式で表されますが、これは「$x^2+y^2-1=0$」となります。つまり、代数多様体の一つであるといえます。

こうした代数多様体の性質をさまざま調べようとするなかで、研究者たちは、「代数多様体一つ一つを調べていては切りがないので、よく似ているもの同士をまとめて、各グループの代表を調べていこう」という考えに至ります。これを分類と言います。

これまで、曲線と呼ばれる1次元の代数多様体と、曲面と呼ばれる2次元の代数多様体については、歴史上の研究者たちがそれぞれの構造を究明し、分類問題の研究を発展させてきました。しかし、3次元の代数多様体となると、複雑な連立方程式で表さなければならず、分類がとてもむずかしくなります。

この3次元代数多様体の分類問題の研究で大きな功績をあげたのが、4ページからの対談に登場する森重文氏です。

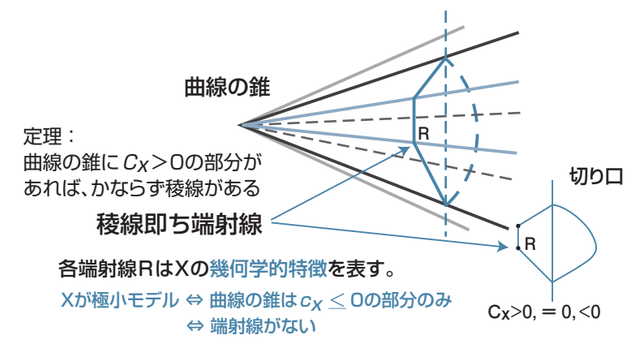
森氏は、3次元多様体の分類問題において、「極小モデル」とよばれるモデルの理論を確立しました。極小モデルとは、代数多様体を分類するとき、代表として調べるために「それ以上は簡単にできないモデル」を指します。1次元と2次元の代数多様体ではすでに研究者たちは「極小モデル」を得ていました。極小モデルがあると分類の整理が進むため、研究者たちは「3次元代数多様体でも極小モデルを構成できないだろうか」と考えていました。こうしたなかで森氏は1988年、極小モデルの存在を3次元の場合で示すことに成功したのです。

森氏の「極小モデル」理論の端緒となったのは「ハーツホーン予想の解決」でした。ハーバード大学の助教授だった1978年に、米国の数学者ロビン・ハーツホーンによる「接束が豊富な代数多様体は射影空間のみである」という予想が正しいことを証明したのです。そして、このとき開発した証明の技法を応用して、森氏は1982年、6年後の3次元代数多様体の極小モデル存在証明につながる「端射線の理論」を発表します。これは、代数多様体から「本質」を抽出して、円錐と多角錐をくみあわせた「曲線のコーン」という図形をつくりだし、その稜線である「端射線」を調べることで、図形の性質を明らかにしようとする理論です。この「端射線の理論」により、3次元などの高次元代数多様体の構造の研究を進め、端射線を用いて極小モデルを見つける極小モデル理論を確立したのです。つまり、3次元代数多様体の分類において、最も簡単な代表例を得られることになったのです。

森氏は1990年、数学上の業績に対して原則4年に一度あたえられる「フィールズ賞」を受賞しました。受賞理由は「三次元代数多様体の極小モデルの存在証明」です。森氏の功績は、3次元多様体の分類問題の解決に向けた大きな進展をもたらしました。3次元の問題を突破できたことで、現在の代数幾何学では4次元以上の分類理論も大きく進展しています。

森氏の「分類」をめぐる研究はいまも続いています。3次元多様体の分類問題を完全に解明するため、「端収縮射」とよばれる写像の分類を目指しているところです。

曲線の錐と端射線



見方をすこし変えるだけでさっと解けた。代数幾何学のそうしたところに惹かれました。

数学が好きになったきっかけは「ロールケーキ」と『大学への数学』

岸本●森重文先生は、2021年に文化勲章を受章なさいました。おめでとうございます。

森●ありがとうございます。

岸本●森先生とのことで僕が覚えているのが、1990年におたがいに文化功労者に選ばれたときのことです。皇居に参るとき、僕は財団前理事長の岡田善雄先生から「皇居へはハイヤーで行くように」と言われてそうしたのですが、森先生はタクシーでこられて、帰りは僕のハイヤーでいっしょに帰りましたよね(笑)。

森●そんなことがありましたね(笑)。今さらですがありがとうございました。

岸本●『LFニュース』の対談ではずっと生命科学関連の研究者をお招きしてきましたが、果たしたかった数学者の方との対談をできればと思い、森先生におこしいただいた次第です。

数学といったら僕にはむずかしいイメージがあるけれど、そもそも森先生はなぜ数学をやろうと思われたのですか。

森●二つほどポイントとなる機会がありました。一つは、小学生時代、学習塾に通っていたことと関係しています。成績がよいわけではなく、算数への興味もなく、塾でただ過ごしていたんです。でも4年生のときだったでしょうか、塾の先生が鶴亀算のクイズを出して、「解けた人にはロールケーキをあげるよ」と言われました。ロールケーキは、何人分にも切ることができるから、よく考えられていましたね。結局、私だけ解くことができて、ケーキ1個を独り占めしちゃったんです。わざわざ先生が、家までいっしょにきて親にご褒美の説明をしてくれて。親がとても褒めてくれたんです。そのときの「算数ができた」という記憶が刷り込まれたのでしょうね。

もう一つは、高校時代、本屋でたまたま『大学への数学』という雑誌を手にしたことです。「学力コンテスト」という読者参加型の企画があって、その問題を解くことができました。大学受験の問題とちがって、「これを解けるか! さぁ解いてみろ」といった類のもので、考える力が試されるんです。高校の先生とも解法について話したり、解法に感動したりというのがありました。2年生のころから本格的に学コンの問題の解答を出版社に送るようになっていました。

広中平祐先生の「絵描き」に心打たれる

岸本●数学の中でも、森先生は「代数幾何学」をやっておられるのですね。代数といったら、「x^2+y^2がなんぼ」といったもので、一方の幾何といったら三角形とかの図形が出てきて、といった印象です。「代数幾何学」はその合わさったものということでよろしいのですか。

森●そうです。代数と幾何とを両方組み合わせます。「幾何をやるのに代数を使う」ということです。たとえば、幾何で扱う「単位円」は、原点を中心とする半径1の円ですが、これを代数で「$x^2+y^2=1$」と表すことができます。

岸本●どうして代数幾何学を専攻しようと思われたのですか。

森●はじめは、大学時代の自主ゼミで代数の本を取り上げることになったんです。ちょうど京都大学に入学したときは大学紛争の只中で、授業が半年間なかったんですね。帰郷してしまった人もいたけれど、私は残って友人と自主ゼミをやったんです。そのとき選んだ本が代数関連のものでした。そのなかに「代数幾何学」の分野が載っていて、だんだんと興味が向かうようになりました。

岸本●僕なんかは、代数幾何学といわれても、正直おもしろさがわからないけれど、森先生は代数幾何学のなにがおもしろいと思ったんでしょう。

森●大学生当時、代数幾何学をやるか整数論をやるかで迷っていましたが、代数幾何学のほうは図形を見ることになるので視覚に訴えるものがあって、自分にはピンときたんです。大学3年生のときに、帰国されていた広中平祐先生が京都大学で「代数幾何入門」という集中講義をされていたんです。それで、射影空間とよばれる標準的な「入れもの」みたいなものに入らない3次元代数多様体があるという話は知っていたのですが、広中先生に講義後、「どうしてそういうものがあるのですか。どうやって証明するのですか」と伺ってみたんです。すると、広中先生は「それはこういうことだよ」と言いながら、さらさらっと絵を描かれたんです。その絵に「ああ、なるほど!」と妙に納得したんですね。それで代数幾何学にほれた感じです。

岸本●僕は、「この病気はなんで起こるんや。どうにか治したい」という気持ちがあって生命科学の研究を始めたのですが、数学の場合は……。森先生はどう役に立つと思われたのですかね。こんなの聞いたら怒られるかもしれないけれど(笑)。

森●いえいえ。私には役立てるとか役立ちたいといった感覚は一切なかったんです。自分はなにもできないというところから始まって、そんな自分が興味をもてる分野が代数幾何学だったということです。

岸本●なんで興味をもてたんですか。

森●解けないと思っていたのに、見方をすこし変えるだけでさっと解けた。数学の、特に代数幾何学のそうしたところに惹かれましたね。

岸本●それはどんなことでしょう。

森●たとえば、初等幾何の話でいえば、補助線ってありますよね。あれはその真髄です。補助線を一本引いたとたんに解ってしまうという。

あと、今日は図ももってきましたけれど、「正方形5個を十字形に並べます。これを2度切り、4つに分割し、それらを組み替えて正方形をつくれ」といった問題も、見方を変えることでさっと解けてしまいます。この問題、岸本先生だったらどう解くでしょう。

岸本●うーん。どうするかな……。

森●論理的に考えてみると、正方形5個を組み替えて出来る正方形の面積はもとの正方形の面積の5倍ですね。だから、面積5倍の正方形の1辺の長さは、$\sqrt{5}$になります。すると、「直角三角形の斜辺の長さの2乗は、ほかの2辺の長さの2乗の和に等しい」という三平方の定理から、$\sqrt{5}$というのは辺の長さが1と2の長方形の斜辺になるとわかります。こうして切る形を求めていくことができます(答えはP6)。

岸本●新聞に出されるクイズみたいなものですかね。

森●おなじようなものです。たんに数学的発想のおもしろさがあるだけで、こうしたものはなにかの役に立つという話ではないんです。

岸本●僕らは、病気の方の体を診ていて、まさにここに問題があるから「どうにか解決しよう」と思うわけです。けれども、数学では、ここに問題があるというのとはちがうでしょう。

森●でも数学にも、まだ答の知られていない問題は世の中に多くありますよ。「こういうことができるといいなぁ」と思われていながら、どうやればよいかわからないような問題が。

4次元、5次元、高次元は「あるものだ」と考える

岸本●図形というものも、なにもかも見えるものじゃないんですか。

森●平面上には描けないような図形は、あります。

岸本●平面に描けないとしたら、どこに描けるんですか。

森●たとえば、x、y、zという変数を並べて方程式を立てるとしますよね。その方程式の解全体を考えるとします。そのときwという変数を加えたら次元が1つ上がるわけです。こうして4次元、5次元と、いくらでも次元を高くすることはできます。でも、4次元や5次元を平面の上に描こうとしてもそもそも無理な話じゃないですか。

岸本●1次元、2次元、3次元ぐらいまではわかります。でも、4次元や5次元となるとわからなくなる。4次元や5次元は、いったいどこにあるんですか。

LF対談
京都大学高等研究院 特別教授・院長 森 重文 氏
公益財団法人 千里ライフサイエンス振興財団 岸本忠三 理事長

森●それはもう、「そういうものがあるのだ」と数学者は考えるものなんです。

あると思わないと、なにもかも「見えないものは存在しない」という話になってしまいます。たとえば、岸本先生も、医学の研究でいろいろな検査をして、患者さんの診断データを出しますよね。そのとき、3つや4つでは済まない、たくさんの変数が出てきますよね。その1個1個を見ていくと、全体のことが見えてきて「こういうことか!」とわかる病気もあるのではないでしょうか。そのとき、「この全体は実在しているのだろうか」なんて考えたりはしませんよね。おなじように数学でも、1個1個の点を考えていくと、高次元の図形が見えてきて答が見えるということがあるわけで、そのとき4次元や5次元が実在するかどうかという話にはならないのです。

岸本●頭の中で4次元や5次元が見えているわけですか。

森●なんといいますか。より見やすくするための工夫は要ります。低次元のうちはアナログ的に思考したり発見したりすることも多くあります。でも次元が上がっていくと図を描けなくなるので、そこは代数でデジタル的にきちっと証明するといった手順になります。

感受性と固執は強いほう

岸本●森先生のご研究について、その入口だけでもお聞きできればと思います。森先生はフィールズ賞を受賞されましたが、そのスタートとなる最初の業績はどういったものでしたか。

森●私はずっと代数多様体についての研究をしてきました。代数多様体とは要するに図形、言い換えると空間のことです。空間がどう曲がっているかを研究するのが基本です。プラスに曲がっているときは「シャボン玉」のような形になります。曲がっていないときは平坦です。マイナスに曲がっているときは「馬の鞍」のような形になります。

森 重文（もり しげふみ）氏
●京都大学高等研究院特別教授・院長

1951年、愛知県生まれ。73年京都大学理学部卒業。75年同大学理学研究科修士課程修了。75年同大学理学部助手。77～80年ハーバード大学助教授。80年名古屋大学理学部講師。82年同助教授。85～87年コロンビア大学客員教授。88年名古屋大学理学部教授。90年京都大学数理解析研究所教授。91～93年ユタ大学客員教授。2011～14年京都大学数理解析研究所　所長。16年から現職。15～18年国際数学連合総裁も兼務。代数幾何学の主要な研究対象である代数多様体に関する研究をおこない、同分野の難題「ハーツホーン予想」を解決。三次元代数多様体の極小モデルの存在を証明し、日本人で3人目となるフィールズ賞受賞者となった。受賞は日本数学会彌永賞、日本数学会賞秋季賞、井上学術賞、アメリカ数学会コール賞、日本学士院賞、フィールズ賞、文化功労者、米国芸術科学アカデミー外国人名誉会員、藤原賞、日本数学会賞小平邦彦賞、京都府文化賞特別功労賞、文化勲章ほか。日本学士院会員、トリノ大学名誉博士号、名古屋大学特別教授、ロシア科学アカデミー外国人会員、米国科学アカデミー外国人会員、英国ウォーリック大学名誉博士号。

最初に取り組んだのは、「ハーツホーン予想」を証明するというものでした。その問題は、「もし、どんな方向に行ってもプラスに曲がっていたら、それはどういう空間の形か」というものです。それで、私は「至るところプラスに曲がっているような空間は、シャボン玉のような形のものしかない」ということを解いたのです。それは「射影空間」とよばれる図形です。

さらに「至るところプラスに曲がっている空間は射影空間でしかない」ということが、どんな次元でもいえるということを証明しました。

岸本●4次元でも、5次元でも、それがいえるわけですね。でも、4次元とか、5次元とか……。本当は存在しませんよね……。

森●存在します!

岸本●頭の中では、存在する。

森●頭の中で存在します!

岸本●うーん。やっぱりフィールズ賞を受賞されるような方は、頭がよいってことでしょうか。

森●頭がよいとは思いません。

岸本●なにがちがうんでしょうかね。

森●一つは、感受性の問題かもしれません。

岸本●感受性ですか。

森●はい。見たものを「好き」と思ったり、問題を前にして「こうやってみよう」と思ったりということです。岸本先生が研究されてきた生命科学にも解くべき問題は昔からあって、研究者はいろいろな見方をして取り組まれていますよね。そのとき「こうやってみよう」と思うのは、その人の感受性によるものではないかと思うのです。

岸本●感受性のちがいだけですか。

森●あとは、固執の傾向もあるでしょうか。数とかに極端に興味をもって固執するような。でも、これもやはり何に興味をもつかの話であり、人の体に興味をもてば「病気を治したい」と思って、そのことに固執するのではないでしょうか。

「役に立つ」数学もある

岸本●先ほどは、数学の興味と、役立つかどうかは別というお話がありました。そうすると、数学が役立つということはないんですか。たとえば、建物を建てるときに役立つとかいったことは。

森●数学がなにかの役に立つという話は沢山あります。

岸本●たとえば、どんなものですか。

森●「フーリエ変換」という数学の手法がありますが、これが医療の画像診断で使われている核磁気共鳴映像法（MRI）に役立てられています。フーリエ変換は、イメージ的に説明すると、重ね合わせの波から一つ一つの波を見つけ出せるものといえます。オーケストラでいえば、いろいろな楽器の音が合わさっているなかで、その音楽を聴いて1個1個の楽器の音を取り出せるような感じです。

それで、MRIは強力な磁場を出していて、その磁場の中に、人の体が置かれることになります。人の体は水素が満たしているので、磁場の中に置かれると電磁波を出すんです。電磁波には周波数と振幅がありますが、周波数は、水素が磁場中のどこにいるかで決まります。振幅のほうは、水素原子の数に比例します。水素がたくさんあれば、振幅は大きくなります。

そうして出ている電磁波の全体をコンピュータがフーリエ変換します。すると、水素原子がどこにどれくらいあるかがわかります。それを計算することでMRIの画像が出力されるというわけです。

岸本●フーリエ変換があることによって、MRIがつくられたわけですか。

森●はい。フーリエ変換そのものがなにをするという話ではないですが、フーリエ変換を使ってMRIを開発した人がいるわけですね。ノーベル医学生理学賞を受賞されていました（2003年、米国のポール・ラウターバーとピーター・マンスフィールド）。

岸本●ほかにも数学が役立つ例はあるんですか。

森●はい。数学の「リーマン空間」が、物理学の相対性理論に役立ったという話も紹介できます。リーマン空間というのは、抽象的な図形や空間で距離や面積を論じるために導入された空間のことです。これがアインシュタインが相対性理論を記述する基本的な言語の役割を果たしたのです。アインシュタインが空間を考えるときは、リーマン空間の概念がないとできませんでした。

ほかにもわかりやすい例では、「巡回セールスマン問題」という数学の問題の応用もあります。セールスマンが多数の都市をすべて巡回するのに、その最短の巡回経路を求めるというものです。応用数学の研究者が考え出したものですが、これがじつはコンピュータの基盤配線や中央処理装置（CPU）などのデザインに役立てられているのです。配線を短くできれば効率は高まり、熱は下がりますからね。

やり残していることを解決したい

岸本●僕と森先生は年齢では一回りちがいますね。僕は80歳を超えて、物事の理解も発想も昔のようにはいかなくなってきました。数学者の場合はどうなんでしょう。フィールズ賞の受賞者だって、40歳までと決まっているでしょう。

森●たしかに新しい発想が求められるという点では、若い頭脳が必要ということはありますね。ただし、50歳を過ぎて数学の素晴らしい成果を上げるような人もいます。

岸本●先ほどの、「ハーツホーン予想」を森先生が証明したのは何歳ぐらいのときでしたか。

森●あれは30歳直前ぐらいですね。

岸本●いまも、数学はやっておられるのですか。

森●はい。まったく新しいことをやるような自信はありませんが、やり残していることはあって、それは解決したいと思って取り組んでいます。

岸本●どんなことですか。

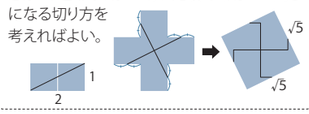
森●三次元の話になりますが、端収縮射というある種の写像をすべて分類しておきたいと思っているんです。以前は、そこまで細かい分類をしていませんでしたが、後にいろいろなことが知られてくるようになったので、これは自分の手できちっとやっておきたいという思いはありますね。

岸本●うまくいくことを願っています。今日はありがとうございました。

岸本忠三（きしもと ただみつ） 理事長
●公益財団法人 千里ライフサイエンス振興財団

1939年、大阪府生まれ。64年大阪大学医学部卒業後、同大学院医学研究科修了。70～74年米国ジョンス・ホプキンス大学研究員及び客員助教授。79年大阪大学医学部教授（病理病態学）、83年同大学細胞工学センター教授（免疫細胞研究部門）、91年医学部教授（内科学第三講座）、95年医学部長、97年総長。2003年総長退任、04年名誉教授。現在も同大学免疫学フロンティア研究センターで研究を続ける。内閣府総合科学技術会議常勤議員（04～06年）などを歴任。07年4月より（財）千里ライフサイエンス振興財団理事長。専門分野は免疫学。免疫に関わる多機能な分子、インターロイキン6（IL6）の発見とその研究で世界的に知られる。IL6の受容体を抗体によってブロックする抗体医薬の研究も進め、関節リウマチ治療薬の開発にも貢献する。受賞は朝日賞、日本学士院賞・恩賜賞、ロベルト・コッホゴールドメダル、クラフォード賞、日本国際賞、キング・ファイサル国際賞、慶應医学賞ほか。文化功労者、文化勲章受章。日本学士院会員、米国科学アカデミー外国人会員。

【答え】
組み替え後の1辺の長さは$\sqrt{5}$。2回とも切る長さが$\sqrt{5}$となり、かつ切った後の形が4つ同じになる切り方を考えればよい。



科学ジャーナリスト 瀧澤美奈子 が科学研究の第一線を訪ねてレポート

生命科学のフロンティアその81

乳がん発症に必須の分子が明らかに

がん細胞が増殖を始めるときの必須分子、FRS2β（エフアールエスツーベータ）を特定。手術の必要性の見極めや超早期治療への応用が期待される。

生体の正常なコントロールを無視して増殖を繰り返すがん。背景にはがん細胞がまわりにがん間質細胞や血管などを引き込み、自らの増殖に適した「がん微小環境」を作り出す巧妙なしくみがあるとされる。
2021年、金沢大学の後藤典子教授らのチームは、乳がん発症の超早期にがん微小環境を整わせる必須分子を特定した。前がん病変の分子機構に根ざした治療や発症予防への応用が期待される。
20年余りの歳月をかけて進展した研究の軌跡を伺った。

早期に見つけた乳がんに対して必要とされる手術の見極め

高齢化の進む日本で、乳がんは女性の9人に1人が罹患するといわれる高頻度のがんである。治療技術の向上により、早期発見では予後が良いケースが多くなった。しかし乳がんは一旦できると転移しやすいため、目に見える腫瘍が小さくても、全摘のような手術が長く行われてきた。最近では手術前の生検組織診断によって、ホルモン状態やがん細胞の増殖に関係するHER2タンパク質の発現状況などを見て、部分切除で済むことも多い。ただ、それにしても乳房の変形は避けられず、クオリティオブライフに影響することが課題である。

一方、早期に見つかる乳がんのうち、必ずしも全てに治療が必要なわけではないことをうかがわせる傍証がある。乳がん以外の原因で亡くなった患者さんを剖検（ぼうけん）した海外の研究によると、約10人に1人の割合で小さな乳がんが見つかったのだ。がん細胞があっても大きくはならずに、そのまま天寿を全うしたケースである。

このことは、前がん病変や超早期のがんが増殖をはじめる分子機構を明らかにする必要性を研究者に認識させている。がんが増殖して悪性の浸潤がんになっていく場合と、何も起こらない場合の違いは一体何なのだろうか――。

後藤典子（ごとう のりこ）氏

1989年金沢大学医学部卒業。93年東京大学医科学研究所研究員。98年ニューヨーク大学医学部研究員。01年東京大学医科学研究所助手。02年同研究所腫瘍抑制分野講師。05年同研究所腫瘍抑制分野准教授。07年同研究所システム生命医科学技術開発共同研究ユニット特任准教授。13年より金沢大学がん進展制御研究所分子病態研究分野教授。

がんを慢性疾患のように予防できる未来に

そんななか、金沢大学がん進展制御研究所の後藤典子教授らの研究チームはマウスの実験で、乳腺の一部の細胞のなかにあるFRS2β（エフアールエスツーベータ）というタンパク質分子が、乳がんができる際に必須であることを突き止めた。このFRS2βが働くと、乳腺内にがんを育てやすい環境である「がん微小環境」を作り出すという。逆にFRS2βが機能していないマウスでは、がんを移植しても増殖しなかった（**図1**）。

ここで、がん微小環境とは最近がん研究で注目されている概念である。がんの腫瘍組織を観察するとがん細胞だけがあるのではなく、間質細胞や血管などが見られる。がんがこれらを引き込み、自らの増殖に適した「がん微小環境」を作り出して、さらに元気になっていると考えられている。

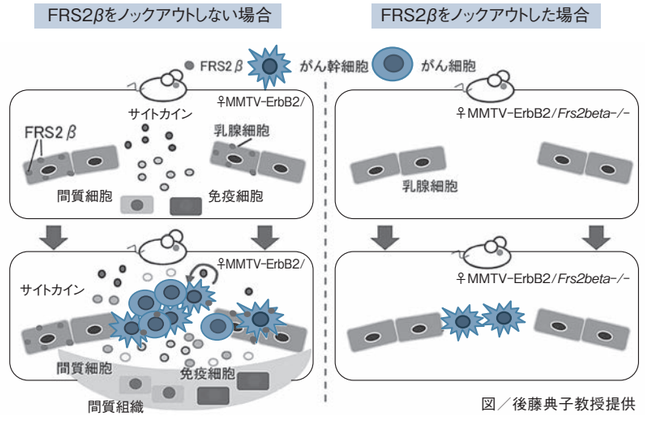
したがって後藤さんらの研究成果は、FRS2βが、乳がんの増殖に適した環境を整え、増殖の初めのきっかけ作りを担っていると理解できる。

今後、ヒトでの検証が必要だが、うまくいけば生検診断の際の検査項目にFRS2βを加えることで、FRS2βが働いている場合は即手術、FRS2βが働いていなければ経過観察という選択ができるようになるかもしれない。生検診断のホルモンやHER2といった検査項目にもう一つ、FRS2βを加えればいいわけである。また、FRS2βの機能を抑える食品やサプリメントができれば、予防に役立てられるかもしれない。乳がん以外にも適用できる可能性がある。そういう期待を抱かせる基礎研究の結果である。

「乳がんは早期発見でだいぶ予後のいいケースも増えましたが、やはり一度発症してしまうと再発のリスクがあります。将来は、がんも慢性疾患のように経過を見ながら、発症させずに天寿を全うできるようになるといいと思います」と後藤さんは話す。

図1

FRS2βは乳がん発症の超初期に「がん微小環境」を作り、がん増殖の鍵を握る。



図／後藤典子教授提供

乳がんを自然発症する実験用マウス（MMTV-ErbB2）は、FRS2β存在下では超早期のがん微小環境を作り、がんが増殖する（左）。一方、FRS2βを欠損させると微小環境ができず、がん幹細胞が現れても増殖しない（右）。

20年あまり前に出会っていたFRS2β

乳がん発症に必須の分子であることがわかったFRS2βだが、今回の機能解明までにじつに20年余りの歳月を必要とした。米国留学中に後藤さんが発見してから長い間、生体内で何をしているのか誰も明らかにできなかった分子なのだ。

「本当にもう、話せば長い話になるんですよ！　あまりに長いので飲み会の席なんかでしかお話ししないんですけど（笑）。まさか、FRS2βが乳がんに関係するなんて、そんな仮説、全然考えていなかったんです」

FRS2βの機能解明は、重要な基礎研究が長い時間と予想外の展開によって切り拓かれるという典型例かもしれない。

話は2000年ごろ、後藤さんがニューヨーク大学に留学していた頃にまでさかのぼる。留学先のジョセフ・シュレジンジャー博士の研究室ではFRS2という分子ファミリーの機能研究が行われていた。がん増殖因子のシグナルを伝える分子のひとつ、FRS2αのクローニングができたところで、どうもそのFRS2αによく似た分子がありそうだ、というところだった。ほどなくして後藤さんたちはFRS2αと少しだけ配列が違う分子を発見し、FRS2βという名前をつけた。FRS2βはFRS2αと非常によく似た分子のため、何らかのシグナル伝達に関する機能をもっているのではないかと推測された。

「さっそくFRS2βが体の中のどこに発現しているのかを調べてみると、脳と神経に強く発現していることがわかりました。興味を惹かれる特徴ですが、これが苦労の始まりでした」

分子生物学では培養皿に細胞を増やし、そこに遺伝子を入れて細胞の増減を見る実験をするが、神経細胞は分化した細胞なので培養皿で増やすことができなかったのだ。

後藤さんは別の研究もしており、しだいにFRS2βの研究は付加的なものになっていった。

解析困難で大学院生からも敬遠されたFRS2β

2001年、後藤さんは日本に帰国する。メインの研究は、乳がんのがん幹細胞に関するものだったがFRS2βのことは頭から離れなかった。研究室に大学院生が入ってくるたびに、「FRS2βの機能解析をやってみない?」と声をかけて取り組んでもらった。しかしやはり培養が難しくて結果が出せないので学生たちからも敬遠され、多くは別の研究テーマに移っていった。

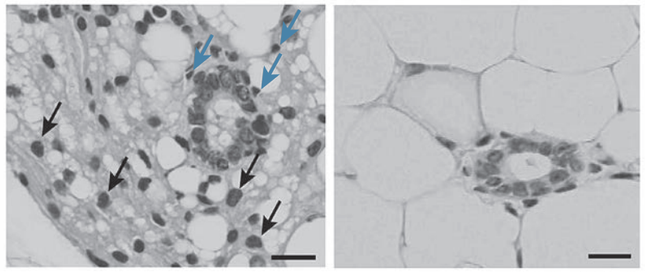
あるとき、興味を持ってくれた大学院生がFRS2βのノックアウトマウスを作ることにした。遺伝子操作によって個体レベルでFRS2βを働かなくしたマウスである。先行研究でFRS2αノックアウトマウスでは盲目になったり、網膜や神経の幹細胞に重要であることがわかったりと、機能の手がかりを得る有意義な知見が得られていたからだ。

ところが結果は「何も起きなかった」。FRS2βノックアウトマウスはピンピンしていた。

その後、培養細胞の研究でわずかに分かったのは「FRS2βがん増殖に関わるタンパク質であるHER2に結合し、細胞増殖をマイルドに抑える機能をもっている」ということだった。つまり、FRS2βはがんを少し抑制する役目を果たす「ちょっと善玉」という理解だった。

図2

FRS2βが働いているがん組織（左）と働いていないがん組織（右）



写真／後藤典子教授提供

FRS2βが働いているマウスの乳腺ではマクロファージ（青矢印）やリンパ球（黒矢印）などの免疫細胞が集まり、がん細胞が増殖している（左）。一方、FRS2βの機能を失わせたマウスの乳腺では免疫細胞が見られず、がん細胞も増殖していない（右）。

仮説をくつがえす実験結果に新たなアイデアが生まれた

さらに歳月が流れたが、大発見の予兆は2013年ごろに訪れた。そのころ後藤さんは別の研究で、HER2を過剰発現させることで乳がんを自然に発症する実験用マウス（MMTV-ErbB2）をよく使っていた。あるとき、この実験用マウスにFRS2βノックアウトマウスをかけ合わせると何が起こるのかということに興味を持った。仮説としては、ちょっと善玉であるFRS2βを働かなくしているところに乳がんが発症するのだから、「乳がんがもっと悪くなるだろう」と予想した。

ところが、この予想に反して、がんはできないか、できたとしてもごく小さなものだった。後藤さんは学生に「絶対マウスを取り違えているから、確認して」と指示した。学生は大慌てで約100匹のマウスをすべて確認した。しかし間違いはなかった。

「もう、どうしていいか分からない状況です。その学生も嫌になっちゃって、別の仕事で論文を書いていなくなってしまいました」

また次の学生が来て「おかしい、おかしい」といって調べているうちに、重要なことに気がついた。上記の実験の、FRS2βを働かなくさせたマウスでできた乳がんは、良性腫瘍かと思うような小さな腫瘍なのだが、切ってみると間質細胞や血管がなく、がん微小環境ができていないことが分かったのだ。

「これはちょっと面白いかもしれないと思いました。もしかしたら、FRS2βはがん細胞に直接作用するのではなくて、そのまわりのがんを育てる環境に作用しているのかもしれない」と思ったという。

そこで、乳がん細胞を育てる場である乳腺に、腫瘍を移植したらどうなるかを調べた。すると、FRS2βが機能しているマウスでは腫瘍がモリモリ育つが、FRS2βをノックアウトした乳腺のなかでは、全く育たないことがわかった（**図2**）。

FRS2βがまわりの環境に作用するしくみ

「かなり印象深い結果で、見た時には『すごいな……』と感じました」と後藤さんは当時を振り返る。

つまり最初のFRS2β善玉説は間違っていて（のちにマイナーな機能であることがわかった）、FRS2βはがんのまわりの環境に対して、腫瘍を元気に育てる「悪玉」として「何か」をしている。その「何か」を明らかにするため、乳腺のどこにFRS2βが発現しているのかをDNAマイクロアレイで調べるなど、さまざまな検討をした。その結果、FRS2βが働いている乳腺ではNFκB（エヌエフカッパビー）という分子を強く活性化させていることがわかった。NFκBは活性化されると免疫を増強させるための炎症性物質を細胞外に放出する分子であり、それが免疫細胞や間質細胞を引き寄せ、がん微小環境をつくるように働く。

後藤さんは今回の研究結果を20年前のボスであるシュレジンジャー博士にも報告した。いまもイエール大学で研究を続けている76歳の博士は「え～!?」といって喜んでくれたという。

今後のがん研究について後藤さんは「分子生物学はメジャーなところをほぼやり尽くしていると思いますが、不均一性の高い組織であるがんへの対処はまだこれからです。ビッグデータの利用など別次元の考え方が必要です」と意気込みを語ってくれた。

瀧澤 美奈子（たきざわ みなこ）**氏**

科学ジャーナリスト&サイエンスライター。1995年東京理科大学理工学部卒。97年お茶の水女子大学大学院修士課程修了。企業を経てサイエンスライターに。慶應義塾大学大学院非常勤講師。日本科学技術ジャーナリスト会議副会長。著作は『日本の深海』（講談社ブルーバックス）、『地球温暖化後の社会』（文春新書）、『最新 科学のニュースが面白いほどわかる本』（中経出版）、『深海の科学』（ベレ出版）、『深海の不思議』（日本実業出版）、『植物は感じて生きている』（化学同人）、『150年前の科学誌「NATURE」には何が書かれていたのか』（ベレ出版）など多数。

➡ 読者のみなさまのお便りをお待ちしています（takimina@t-linden.co.jp）、よろしくお願い申し上げます。

第69回 千里ライフサイエンス技術講習会

「遺伝子導入技術に関する技術講習」

遺伝子導入の実験で、遺伝物質を細胞内に運ぶ役割を担うのがウイルスベクターです。なかでもアデノウイルスベクターとアデノ随伴ウイルスベクターは、ワクチンや遺伝子治療などの臨床の場だけでなく基礎研究のためのツールとしても広く使用されています。この2種のウイルスベクターを主題とした技術講習会を2021年9月24日、Zoomミーティング形式で実施しました。オンラインで参加した約50名の受講者に、3名の講師が実技の解説を含む講習をおこないました。

オンライン配信画面

前半は技術解説として、2種のウイルスの基本的性質や、作製法、また応用例のレクチャーがありました。コーディネーターをつとめた大阪大学の水口裕之氏は、アデノウイルスベクターについて、高タイターで（高濃度で収量が高い）遺伝子導入効率が高いことなどの特徴や、自身らが開発し2000年から世界的にキットとして使われているベクター作製法などを紹介しました。タカラバイオの田中啓二氏は、アデノ随伴ウイルスベクターについて、P1レベルの施設で取扱い可能であるなどの特徴や、3種のプラスミドDNAの細胞内導入（トランスフェクション）によるベクター作製法などを紹介しました。

休憩を挟み、後半は実技解説として、ウイルスの作製、増幅、精製の方法についてレクチャーがありました。大阪大学の櫻井文教氏はアデノウイルスベクターについて、超遠心などによる精製の方法を、動画も用いて具体的に紹介しました。また、田中氏がアデノ随伴ウイルスベクターについてベクター作製法やカラムを用いた精製法などを、おなじく動画も交えて詳細に紹介しました。

参加者からは、安全性についてなど複数の質問が出て、関心の高さがうかがえました。

■日　　程／2021年9月24日（金）13:00～16:20
■開催形式／オンライン（zoomミーティング形式）

コーディネーター講師　水口裕之氏（大阪大学大学院薬学研究科 教授）
講師　櫻井文教氏（大阪大学大学院薬学研究科 准教授）
田中啓二氏（タカラバイオ株式会社）

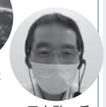
水口裕之氏

技術解説（13:00～15:00）
アデノウイルスベクターの基本的性質、作製法、応用例について　水口裕之氏
アデノ随伴ウイルス（AAV）ベクターの基本的性質、作製法、応用例について　田中啓二氏

実技解説（15:20～16:20）
アデノウイルスベクターの作製・増幅・精製法　櫻井文教氏
アデノ随伴ウイルス（AAV）ベクター作製・増幅・精製法　田中啓二氏

質疑応答（16:20～）

櫻井文教氏



田中啓二氏

出前授業リポート

高校生事業の一環として、高槻中学校・高等学校、金蘭千里高等学校で出前授業を実施しました。

※新型コロナウイルス感染拡大防止のため、マスク着用・消毒・ソーシャルディスタンスをとりながら実施しました。

【コーディネーター】竹田潔氏（大阪大学免疫学フロンティア研究センター・拠点長/大阪大学大学院医学系研究科 教授）

高槻中学・高等学校

『食欲をコントロールする体のしくみ』

日時／2021年9月3日（金）15:40～17:10
講師／佐々木努氏
（京都大学大学院農学研究科 教授）

佐々木努氏

授業では、私たちの体はどのような情報を参考にして食欲をコントロールしているのか、その「体のしくみ」について紹介されました。脳が体の状態を感知するしくみ、食事の前・最中・後に食べ物からの情報が脳に伝わるしくみや体内で処理されるしくみ、脳内での情報処理のしくみ等を解説されました。

『利害の対立がもたらす進化・多様化・絶滅』

日時／2021年9月24日（金）15:40～17:10
講師／高見泰興氏
（神戸大学大学院人間発達環境研究科 教授）

高見泰興氏

講演は、生物の進化を考えるために必要な、利己的にふるまう個体という視点とそのような個体の間に生じる利害の対立について、野生生物を相手にする研究の魅力や苦労についての話しを交えながら解説されました。今回は、感染拡大防止のためリモートでの出前授業となりました。

金蘭千里高等学校

『世界史を変えてきた感染症とそれと戦う免疫』

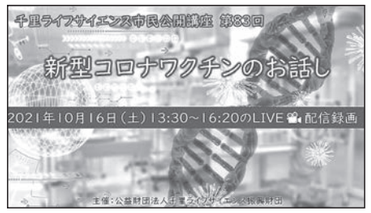
日時／2021年10月11日（月）
13:20～15:05
講師／竹田潔氏
（大阪大学免疫学フロンティア研究センター・拠点長/大阪大学大学院医学系研究科 教授）

竹田潔氏

金蘭千里高等学校ではコーディネーターをつとめている竹田先生が登壇されました。人類を脅かしてきた感染症をいくつか紹介され、パンデミックになる感染症が起きる理由、人類が感染症を克服してきた免疫の歴史をお話されました。世界中で猛威を振るっている新型コロナウイルス感染症に対するワクチンの作用機序や種類についても紹介されました。講演後は、生徒さんからの質問が溢れ出し、感心の高さがうかがえました。

第83回「新型コロナワクチンのお話し」

新型コロナワクチンの接種が日本では2021年2月から始まり、以後、大きな関心事となりました。2021年10月16日にライブ配信形式で実施した市民公開講座では、3名の先生に、感染症とワクチンの歴史や新型コロナワクチンをめぐる現況などについて講演していただきました。参加者からは副反応や3回目接種に関する質問が多く寄せられ、先生たちは熱心に応じていました。



ワクチン開発の父 “エドワード・ジェンナー”から現在のワクチンまで

山西 弘一氏

私たちのウイルス病との闘いを挙げると、天然痘（痘瘡）、狂犬病、ポリオ、エイズ、インフルエンザ、そして新型コロナウイルスなどとの闘いがありました。天然痘は、原因となる痘瘡ウイルスが100％感染し、死亡率は20～30％にもなる恐ろしい病気です。このワクチン「種痘」を、英国のエドワード・ジェンナーが開発しました。このワクチンにより私たち人類は1980年に天然痘を撲滅することができました。撲滅に成功した世界唯一の例です。

自然感染の模倣がワクチン開発の根本的な考え方となります。ワクチンを分類すると、インフルエンザなどに対する「不活化ワクチン」、麻疹、風疹などに対する「生ワクチン」、破傷風などに対する「トキソイド」があります。

ワクチン開発は時間のかかるものです。開発では効果とともにとくに安全性が求められ、開発に5年や10年がかかることもあります。

日本で1950年代ごろ、ポリオが流行し、小児の手足の麻痺や死亡の事例が多く出ました。当時の厚生大臣が、セービンワクチンとよばれる生ワクチンをソ連から輸入する決断をし、そのワクチンを子どもたちに投与すると、劇的に症例件数が下がりました。日本では、ポリオは撲滅したとされています。世界でも撲滅されていくものと思います。

よいワクチンが存在すると、われわれをウイルスの流行から守ることができます。効果があり、安全性の高いワクチンが求められています。

Q 新型コロナワクチンでもそうでしたが、日本でワクチン開発が遅れる理由は?

A 今回、残念ながらワクチン開発を担える研究機関、大学、企業がありませんでした。日本では患者がすくなく治験をしにくいことや、安全性を求めるあまり緊急時のワクチン開発が遅れることなどに課題があります。

コーディネーターとの質疑応答（抜粋）

パンデミックが引き起こしたワクチン開発研究の革命とこれから

石井 健氏

コロナ禍に起きたワクチン開発研究革命のひとつは、大幅な開発期間の短縮です。従来は10年かかるところ、約300日で新型コロナワクチンが世に出ました。第1相試験を始めたころから第2相試験を準備するなど、プロセスが並列でおこなわれたのです。また、販売できるかわからない承認前の時期から、工場の生産設備の準備もおこなわれました。これまでにない過程でしたが、過程をスキップすることはなく、安全性の問題にはなりませんでした。国際的な枠組みのCOVAXは、2021年6月の英国でのG7サミットで、ワクチン供給期間をさらに短くすることを謳った「100日ミッション」を宣言しました。

もうひとつ、今回のワクチン研究の破壊的イノベーションとして、メッセンジャーRNA（mRNA）ワクチンの実用化があります。mRNAワクチンは、タンパク質の設計図にあたるmRNAを投与すると、生体内でペプチド鎖に翻訳され、免疫が誘導されてワクチン効果が現れるというしくみのワクチンです。mRNAワクチンの開発研究では、ある種のRNAで「シュードウリジン」とよばれる物質が免疫の激しい活性化を抑えることを示したカタリン・カリコ氏らの2005年の論文発表が最重要でした。同氏らの研究で、タンパク質合成を抑制する原因となるインターフェロンの発現を抑えながら、ワクチンに必要な抗原をつくれるようになったのです。

新型コロナウイルス感染症のワクチンとしてはmRNAワクチン以外にも、DNAワクチンや非増殖性ウイルスベクターワクチンの研究開発もおこなわれています。

課題も見えてきました。今回のmRNAワクチンの開発では、有事の危機対応における思考法が成功をもたらすことや、国防や外交も重要であることがわかりましたが、日本は平時対応のままでした。また、ワクチン忌避への対策は社会全体で解決すべき課題といえます。ワクチンについて系統立てて教育する学校がない点も課題です。

近未来においては、抗原、アジュバント、生体内デリバリーの各システムをモジュールでつくっておき、すぐにワクチンをつくれる体制が必要になります。

Q ワクチンの種類による使い分けがされるようになるでしょうか。

A 将来的には使い分けるべきと思います。DNAワクチンやmRNAワクチンは緊急向けですが、不活化ワクチンや弱毒性ワクチンは将来的によいものができるでしょう。選択肢をもてることは安心・安全の材料になるのではないでしょうか。

参加者との質疑応答（抜粋）

新型コロナワクチン有効性と副反応、変異株への効果

忽那 賢志氏

mRNAワクチンの効果については、変異株がまだあらわれていない時点のものながら、第3相臨床試験で患者発症率が95％減ったとの報告があります。効果の高いワクチンであるといえます。

ただし、だるさ、頭痛、筋肉痛、発熱などの副反応も見られます。とくに2回目の接種後に半分ぐらいの人が経験しています。また、mRNAワクチンではアナフィラキシーとよばれるアレルギー反応を起こす頻度が高いとわかっています。

変異株のデルタ株が広がり、感染・発症を防ぐ効果が落ちているのではないかといわれています。早期に接種を開始したイスラエルでは、デルタ株に対する感染・発症の予防効果はともに64％とされています。

感染を防ぐための中和抗体が接種後、減ってきていることもわかっています。時間が経つとともに、2回接種した人が感染する「ブレークスルー感染」が起こりやすくなると考えられています。

感染予防効果が落ちてくるとなると、3回目の接種であるブースター接種が必要ではないかという話が出てきます。イスラエルでは、高齢者にブースター接種を実施しており、感染予防効果が2回接種の11.3倍、重症化予防効果が19.5倍でした。3回目の接種後の副反応も心配ですが、いまのところ海外からの報告では、ファイザー製ワクチンの2回目と3回目では副反応の状況は大きくは変わっていないようです。引き続きデータを見ていく必要はあります。

Q 10歳代や20歳代で心筋症の副反応が見られるといいますが、状況は?

A 若い男性に多く、2回目接種後のほうが頻度高いことなどがわかっています。しかし、リスクの観点では10歳代や20歳代もワクチン接種をしたほうがベネフィットは優るといえます。

参加者との質疑応答（抜粋）

Program

- ワクチン開発の父“エドワード・ジェンナー”から現在のワクチンまで
  阪大微生物病研究会 理事長　山西弘一氏
- パンデミックが引き起こしたワクチン開発研究の革命とこれから
  東京大学医科学研究所 感染免疫部門 ワクチン科学分野 教授　石井　健氏
- 新型コロナワクチン 有効性と副反応、変異株への効果
  大阪大学大学院医学系研究科・医学部 感染制御学講座 教授　忽那賢志氏
- 【パネルディスカッション】
  ～より深めよう、ウイルスとワクチンのこと～

日　　時／2021年10月16日(土)13:30～16:20
Web配信・録画配信
コーディネーター／（国研）国立循環器病研究センター 名誉総長 北村惣一郎氏(左)
（一財）住友病院 名誉院長・最高顧問　松澤　佑次氏(右)
（一財）阪大微生物病研究会 理事長　山西　弘一氏

【パネルディスカッション】～より深めよう、ウイルスとワクチンのこと～

――3回目の接種について、いつ接種したらよいかといった質問が、参加者みなさんから多く寄せられました。

石井▶とくに高齢者や有疾患者には3回目の接種は有効であると承知しています。ただし、未接種の国も多く、先進国が接種を進めると倫理的問題も生じえます。バランスも必要ではないでしょうか。

忽那▶活発な人が流行の中心になりやすいことを考えると、若い世代に接種を広めることも重要です。その上でブースター接種を高齢者などに実施するかどうか、倫理的な点を含め政府に議論してもらうことになるかと思います。

山西▶副反応の心配がありますが、高齢者の1回目や2回目の接種ではさほど副反応はありませんでした。若い人たちではどうなるか。今後もウォッチしていくことになりそうです。

千里ライフサイエンスセミナー S4

「新興・再興ウイルス感染症に対する取り組み」

近年、エボラ出血熱、エイズ、重症急性呼吸器症候群（SARS）、中東呼吸器症候群（MERS）、さらには新型コロナウイルス感染症（COVID-19）といった新興感染症が人間社会に出現し、世界的に大きな問題を引き起こしています。感染症への対処は、私たちの重要な課題の一つといえます。2021年11月2日（火）オンラインで開催された本セミナーでは、感染症制圧をめざし、日々奮闘している5名の研究者が、新興・再興ウイルス感染症の疫学研究、病態・病原性解析、およびワクチン開発研究などをテーマに、最新の知見を紹介しました。テーマの関心の高さを示すように、セミナーの視聴者は約250人にも上りました。

世界各地で発生するウイルス感染症 ワクチン開発などの対策の強化・評価が進む

冒頭、岸本忠三理事長が、医学・医療は感染症とともに進歩してきたと述べ、講演者たちへの期待も示して挨拶しました。

次に、コーディネーターの一人、大阪大学の松浦善治氏が、人類の歴史は感染症との戦いだったことを過去の感染症を例示しながら説明し、近年「ワンヘルス」の概念が提唱されていることも紹介。また、2021年4月に設立された大阪大学感染症総合教育研究拠点（CiDER）の紹介もありました。

講演では最初に、おなじくセミナーのコーディネーターもつとめた大阪大学の渡辺登喜子氏が、エボラ出血熱（エボラウイルス病）を題材に、シエラレオネでの研究活動とワクチン開発について紹介しました。2014～16年に西アフリカのシエラレオネでエボラ出血熱が大規模流行したのを受け、2015年2月よりシエラレオネ大学および関連医療機関と共同研究立ち上げたことを紹介。感染者の血液で生体反応を検査し、バイオマーカーを同定。また、不顕性感染者が相当数いることがわかったといいます。また、エボラ出血熱に対するワクチン「エボラΔVP30ウイルスワクチン」の開発状況も紹介しました。非臨床試験ではカニクイザルを対象に、安全性と有効性を確認。さらに日本国内で第1相試験を実施中で、第1コホートでは、接種8週後に各種抗体価が上昇するデータを得たことを紹介しました。続く第2コホート試験の結果を解析中とのことです。

次に国立国際医療研究センター／東京大学の河岡義裕氏は、活動拠点場所の米国から、新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）の研究成果についての報告しました。エアロゾル中のウイルスの安定性を調べた実験では、総粒子数は24時間後もあまり変わらなかったことなどを紹介しました。エアロゾル中のSARS-CoV-2を不活化するための深紫外線LED照射の効果を測る共同研究を進めていることも紹介しました。感染マウスを用いた肺イメージングの研究では、血小板と好中球の微小血栓様構造が見られたことなどを動画で報告。また、抗原検査キットの効果の検証では、承認品とネット品で感度の差があることがわかったと報告しました。

mRNAワクチンをめぐる多様な見解 近未来のワクチンデザインの構想も

昼休憩後はまず、群馬大学の神谷亘氏が、SARSとMERSがもたらしたウイルス学的な問題と対策を主題に講演しました。SARS-CoV-1、-2、MERSウイルスはいずれもβコロナウイルスに属することを紹介。ウイルスゲノムの大半を占め、重要な影響をもたらすとされる非構造タンパク質（NSP）のうち、Nsp1について、リボソームと結合させないとウイルスが増殖しない特徴を利用し、RNAとの結合を阻害することを標的としたワクチンができるのではとの展望を示しました。また、Nsp4について、ルミナルループとよばれる部分が複製複合体形成に重要で、そこに変異を導入するとウイルスがほぼ複製されないため、複製の場を壊せる化合物を見つけることが、新たな治療戦略になると示唆しました。研究の問題点として、ウイルス感染流行が収束すると発表論文数も減り、注目されず研究費も獲得しづらい時期があることを指摘。基礎研究を継続する重要性を述べました。

東北大学の押谷仁氏は、COVID-19の疫学的特徴と対応の課題について講演しました。2002～03年に流行したSARSと比較し、COVID-19では本人が気づかないうちに感染源となり感染連鎖を見づらくしている点を指摘しました。また国内の集計から、感染者の大多数はだれにも感染させていない一方、少人数が多数者に感染させているといた状況も伝えました。2021年8月ごろからの第5波の収束について、20歳代のワクチン接種率は10%未満だったものの同年代の感染者は下がっていたことから、ワクチン接種による免疫だけではなく自然感染の免疫の効果もあったと考えられるとの見方を示しました。ワクチン接種先進国のイスラエルやデンマークなどで新規感染者数が増加していることなどから、ワクチンだけでウイルスを制御するのは難しいだろうとの見解を示しました。最後に、自治体や保健所などの行政機関がもつデータを解析データに十全に利用できていない状況を課題として伝えました。

東京大学の石井健氏は、メッセンジャーRNA（mRNA）ワクチンと核酸アジュバントを中心的話題として講演しました（P11-12「市民公開講座」での講演内容もご覧ください）。自身の研究が起点となった国産mRNAワクチンの開発について、受容体結合領域（RBD）だけに絞ったワクチンであることなどの特徴を紹介。COVID-19対策に向けた国産ワクチン商用化実現への期待を述べました。ポストコロナのワクチン研究開発については、合成核酸のCpGオリゴデオキシヌクレオチド（CpG ODN）を応用したアジュバント開発が第一世代から第二世代へと進んでいることを紹介。抗原を外から足さない新たながん、アレルギー、感染症に対する免疫療法の可能性を示しました。将来的なワクチンデザインに関して、抗原システム、アジュバント、デリバリーシステムの3要素を多様な種類でモジュール化しておき、新たな病原体に対応していくといった構想も述べました。

最後に渡辺氏が、各講演を振り返るとともに、日本では多くの研究者が感染症制圧を目指し日々研究に取り組んでいることを述べ、セミナーを締めくくりました。

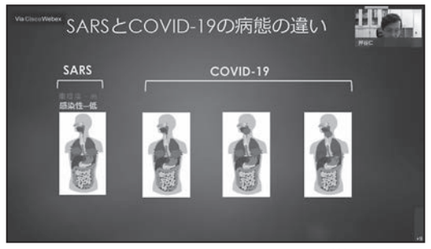
コーディネーターの松浦善治氏（左）と渡辺登喜子氏（右）

河岡義裕氏

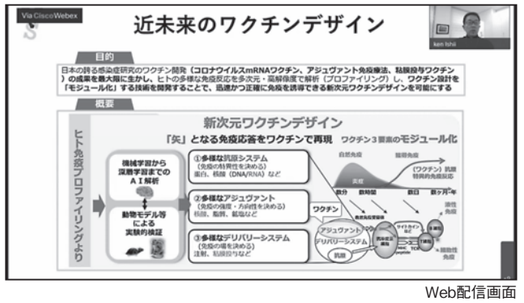
神谷　亘氏

押谷　仁氏

石井　健氏



Web配信画面



Web配信画面

日時／2021年11月2日（火）10:30～16:20
開催形式／Web配信

■コーディネーター／
松浦善治氏　大阪大学感染症総合教育研究拠点 大阪大学微生物病研究所 拠点長／特任教授
渡辺登喜子氏　大阪大学微生物病研究所 感染機構研究部門 分子ウイルス分野 教授

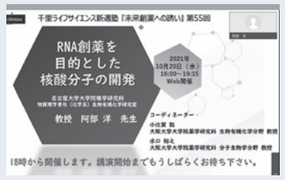
Program

- エボラ出血熱の制圧に向けて：ワクチン開発研究とシオラレオネにおける取り組み
  大阪大学微生物病研究所 感染機構研究部門 分子ウイルス分野 教授　渡辺登喜子氏
- 感染症の征圧を目指して
  国立国際医療研究センター 国際ウイルス感染症研究センター長 東京大学医科学研究所 ウイルス感染部門 特任教授　河岡義裕氏
- SARSとMERSがもたらしたウイルス学的な問題と対策
  群馬大学大学院医学系研究科 教授　神谷　亘氏
- COVID-19の疫学的特徴と対応の課題
  東北大学大学院医学系研究科 教授　押谷　仁氏
- ワクチン開発研究の新展開；mRNAワクチンと核酸アジュバントの次へ
  東京大学医科学研究所 感染・免疫部門 ワクチン科学分野 教授　石井　健氏

千里ライフサイエンス新適塾

創薬、難病治療、脳研究をめぐるホットな話題 若い参加者たちへのメッセージも

新適塾は、緒方洪庵の「適塾」に因んで名づけられた勉強と交流の場です。
自由闊達に議論できる場、そして若者が主役を演じられる場を目指しています。
今回は、2021年10月から2022年1月に実施した「未来創薬への誘い」「難病への挑戦」「脳はおもしろい」各シリーズ4回分の内容を報告します。講演者からのメッセージや参加者からの質問も活発で、オンライン開催ながら熱気を感じられる各回の雰囲気となりました。



Web配信画面

分子設計の発想を機に「スーパーmRNA」実現めざす

阿部　洋氏

「未来創薬への誘い」シリーズでは2021年10月20日、名古屋大学の阿部洋氏に「RNA創薬を目的とした核酸分子の開発」という題目で講演していただきました。

メッセンジャーRNA（mRNA）を利用したmRNA医薬品の開発について阿部氏は、従来の転写をベースとする設計・製造とは異なり、化学修飾や環状加工などに関わる分子設計に着目していることを述べました。

コーディネーターの小比賀聡氏から「アイデアに富んだ研究をされている」と紹介があったとおり、阿部氏は、環状mRNAについて、「環状であれば終止コドンがなくなるため律速段階となる開始段階をなくせる」という分子設計の発想を機に完全化学合成に挑み、コドン最適化などで合成効率を向上させたことを披露します。また、チオリン酸を部位特異的にmRNAに導入することでも、mRNAの合成効率を高めることを可能にしたことを伝えました。これらの技術を踏まえて、高い翻訳活性と持続性を保持する「スーパーmRNA」の研究を進めていることを述べました。

細胞質に直接導入できる細胞膜透過性オリゴ核酸（MPON）の開発についても話題にしました。現在、膜透過性mRNAの開発を目指していることなどを披露。「バイオロジクス全般のデリバリーに使える（プラットホーム）技術に用いれないかと期待しているところです」と締めくくりました。

参加者からは、mRNAの合成効率向上に関して「タンパク質が凝集するなどの可能性は」といった質問があり、阿部氏は肯定した上で、「微調整によりホールディングするようなタンパク質の発現も可能になります」と応じました。

基礎研究から創薬への歩み「構造」から画期的な新技術を開発

同シリーズではまた2022年1月12日、大阪大学の髙木淳一氏に「受容体の構造生物学研究から新しいバイオ医薬の創製へ」という主題で講演していただきました。髙木氏は冒頭、「今日の話題は創薬ですが、私は基礎研究者でした。学生さんや（企業）スタッフの方にこういうアプローチもあるということをメッセージとして聞いてほしい」と呼びかけました。

髙木淳一氏

まず、髙木氏は「受容体構造生物学」の要点を伝えます。リガンドと受容体が結びつく「前後」の構造を知ることが鍵であることや、活性化した受容体がどういう姿になるかを考えることでメカニズム解明や応用を導けることを述べました。

その上で、話題は東京大学教授の菅裕明氏と共同開発した「ラッソ・グラフト法」に移っていきます。これは環状ペプチドの架橋部分を所望のタンパク質に置き換えられる技術で、環状ペプチドのもつ医薬標的に対する高い特異性と親和性をタンパク質に賦与するものです。髙木氏はラッソ・グラフト法により、多重特異性抗体を容易に実現できること、効率的にアゴニストやアンタゴニストの効果を獲得できること、さらに遺伝子治療にも利用されるアデノ随伴ウイルス（AAV）の細胞への感染効果の向上や、標的指向性の付与を可能にすることなど、数々の応用的な話題を提供しました。そして、「原理を中心に考えることが重要。そうやっていれば応用できるものも見つけられます」と参加者に伝えました。

参加者からは「12回膜貫通型のアゴニスト／アンタゴニストの創製も可能でしょうか」と質問があり、髙木氏は「原理的にいえばまったく可能です」と明快に回答しました。

2021年10月～2022年1月のプログラム（全てWeb開催）

未来創薬への誘い

第55回（2021.10.20）
「RNA創薬を目的とした核酸分子の開発」
▶名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻（化学系）教授　阿部　洋氏

第56回（2022.1.12）
「受容体の構造生物学研究から新しいバイオ医薬の創製へ」
▶大阪大学蛋白質研究所分子創製学研究室 教授　髙木淳一氏

難病への挑戦

第48回（2021.11.10）
「発見後40年以上が経過した、最も有名ながん抑制遺伝子p53の新機能～野生型p53を持つがんにおけるp53経路が果たす役割の解明～」
▶国立がんセンター研究所 基礎腫瘍学ユニット 独立ユニット長　大木理恵子氏

脳はおもしろい

第35回（2021.12.15）
「意志決定に関わる皮質と皮質下回路」
▶京都大学大学院医学研究科 教授　伊佐　正氏

二つのp53標的遺伝子を同定

大木理恵子氏

「難病への挑戦」シリーズでは2021年11月10日、国立がん研究センターの大木理恵子氏に、「発見後40年以上が経過した、最も有名ながん抑制遺伝子p53の新機能」という主題で講演していただきました。

大木氏は研究チームで同定した二つのp53標的遺伝子についての研究成果を披露しました。

まず、p53が転写誘導する、神経内分泌腫瘍のがん抑制遺伝子PHLDA3について、がん細胞増殖促進因子Aktのイノシトールリン脂質への結合を阻害することを通じて、がん抑制的にはたらいていることを解明したと述べました。PHLDA3は膵臓ランゲルハンス島ではAkt活性化を抑制し、逆にPHLDA3の機能が失われるとAktが異常に活性化し、神経内分泌腫瘍の発症を引き起こすことも言及しました。

また、p53の標的遺伝子IER5について、正常細胞ではがん抑制的にはたらく反面、がん細胞では悪性化・進展に関わるとの考えを示しました。野生型p53をもつがん細胞などでは、このp53によりIER5が過剰発現し、形成された脱リン酸化酵素群（PP2A）と熱ショック転写因子1（HSF1）の三量体が恒常的に熱ショックタンパク質をつくりだすことで、ストレス抵抗性をがんに付与しているという見方を提示。「p53野生型のがんにとくに興味をもって研究を進めているところです」と述べました。

参加者から「網膜芽細胞腫ではがん抑制遺伝子としてRBが注目されるが、p53の関与は」との質問があり、大木氏は「網膜芽細胞腫ではp53変異はないのではと考えています」と応えました。さらに、p53変異の頻度が非常に低いがんが存在することについて「なにかしらの理由でp53を必要としているのではと興味をもって研究しています」と伝えました。

「意思決定」のメカニズム 複雑さの段階を踏まえて研究

伊佐　正氏

「脳はおもしろい」シリーズでは2021年12月15日、京都大学の伊佐正氏を迎えて開催しました。テーマは「意思決定に関わる皮質と皮質下回路」です。

意思決定については、ドパミン細胞が報酬予測誤差を符号化していることが1990年代に解明されています。伊佐氏は、「その機能をめぐってはまだ議論があります」とし、自身の研究成果を踏まえ、ドパミン放出経路の機序を説明しました。

まず、単純な意思決定では、片側一次視覚野を除去した盲視モデルサルにおいて、古典的条件付け・道具的条件付けともに成立したことから、無意識の視覚系がドパミン系に接続して報酬に基づく意思決定の成立に寄与していることを示していると述べました。

複雑な選択に関わる意思決定については、腹側被蓋野から側坐核に至る経路の遮断により、高エフォート・高リターンを好む意思決定は低エフォート・低リターンモードに変化することを提示。この経路は、大脳皮質に至る経路とは異なる細胞集団から構成されていることを示唆しました。

さらに高次の意思決定では、高リスク・高リターンと低リスク・低リターンの選択に関わる意思決定について、腹外側前頭前野に投射するドパミン経路がリスク計算に基づく意思決定に関与していることを示していることを述べました。

そして、「ドパミン依存性の意思決定が異常をきたすことが依存症などにおける行動異常に関与している可能性があります」と示唆し、講演を締めくくりました。

参加者からは、「意思決定の結果がうまくいかなかった場合」についての質問があり、伊佐氏は、「報酬を得られる予測が外れつづけたとき、ネガティブな可塑性があるかは今後の研究課題です」と応じました。

公益財団法人 千里ライフサイエンス振興財団 2021年度 岸本基金研究助成 対象者一覧

●研究助成15件（上段は氏名、所属・職位、下段は研究テーマ） 敬称略、50音順

対象者リモート授与式

氏名	所属・職位	研究テーマ
于 躍（う やく）	産業技術総合研究所 バイオメディカル研究部門 細胞・生体医工学研究グループ 研究員	A dual-functional polymeric nanoframework as a novel therapeutic tool against refractory cancers
加藤 英明（かとう ひであき）	東京大学大学院総合文化研究科 先進科学研究機構 加藤研究室 准教授	動植物に保存されたGPCR様新規膜タンパク質の構造機能解明
河野 風雲（かわの ふううん）	東京大学大学院総合文化研究科 助教	MLKLを介したネクロプトーシス誘導の最終機序解明
北西 卓磨（きたにし たくま）	大阪市立大学大学院医学研究科 神経生理学 講師	記憶情報の脳領域間伝達ルールの解明
高杉 征樹（たかすぎ まさき）	大阪市立大学大学院医学研究科 病態生理学 助教	ヒアルロン酸の合成酵素と受容体 ― 意外かつ重要な老化との繋がり
中濱 泰祐（なかはま たいすけ）	大阪大学大学院医学系研究科 神経遺伝子学教室 助教	RNA編集酵素ADAR1遺伝子変異に起因するエカルディ・グティエール症候群の分子病態の解明
野澤 孝志（のざわ たかし）	京都大学大学院医学研究科 微生物感染症学分野 准教授	非定型ユビキチン化による細菌認識とゼノファジー制御
平井 敏郎（ひらい としろう）	大阪大学微生物研究所 BIKEN次世代ワクチン協働研究所 ワクチン創成グループ 特任講師	ウイルス感染に伴う肺炎病態の悪化とIL-17産生CD8⁺T細胞の連関解明
藤本 康介（ふじもと こうすけ）	大阪市立大学大学院医学研究科 ゲノム免疫学 助教	ヒト腸管内RNAバクテリオファージゲノムの解析手法の開発
船水 章大（ふなみず あきひろ）	東京大学 定量生命科学研究所 神経計算研究分野 講師	感覚刺激の不確実性に応じた知覚最適化の神経基盤
前澤 創（まえざわ そう）	東京理科大学理工学部 応用生物科学科 前澤研究室 准教授	精巣の温度高感受性の謎に迫る –シングルセル温度イメージングと熱応答機構の解明–
宮田 治彦（みやた はるひこ）	大阪大学微生物病研究所 遺伝子機能解析分野 准教授	精子形成におけるタンパク質脂質修飾の役割
森田 梨津子（もりた なつこ）	国立研究開発法人 理化学研究所 生命機能科学研究センター 細胞外環境研究チーム 上級研究員	胎生期毛包幹細胞から成体毛包幹細胞への転換過程の理解
森本 和志（もりもと かずし）	九州大学大学院薬学研究院 生命物理化学分野 助教	受容体同定による酸化脂質の生理作用メカニズムの解明
山口 啓史（やまぐち けいし）	東京医科歯科大学 難治疾患研究所 病態細胞生物学 助教	新規タンパク質分解機構GOMEDの分子機構解析、生体での役割解明

千里ライフサイエンスフォーラム **Report**

8月は休会

各分野、第一線の先生の講演会を月例で開催しています。

千里ライフサイエンスフォーラムは普及啓発事業の一環として一般市民（産学官を含む）の方を対象に、幅広く教養の向上と交流を図るため、フォーラムを月例で行っています（8月は休会）。新型コロナウイルス感染対策のため、Webでの録画配信（期間限定）で実施いたしました。

食欲をコントロールする体のしくみ

第337回・2021年9月

京都大学大学院農学研究科 教授　佐々木努氏

食を通して健康を達成するには、健康的な食事を食べ続ける必要がありますが、そのためには体に良い食品を見つけ、それを準備・供給したうえで、食べる。体に良い食べ物を供給されても、それを食べたいと思ってもらわないと、食を通した健康の達成を広めることができません。食欲をコントロールする体のしくみを理解するために、「どんな情報をもとに食欲が調節されているのか」について食行動科学の研究からわかってきたこと、食欲を調節するコツについてお話されました。

鬼と日本文化 ～「鬼滅の刃」を手がかりに～

第338回・2021年10月

国際日本文化研究センター 前所長・名誉教授　小松和彦氏

鬼は、古代から現代まで、日本人の生活の中に様々な形で入り込み生き続けてきました。鬼のいない日本文化史を考えることはできません。鬼は、人間社会に災厄をもたらすものの象徴で、人間を映す鏡です。姿かたちを自在に変えて人間を脅かす恐ろしい存在の鬼の物語には、人間とはなにか、日本文化とは何か、といったことまでも刻み込まれてきました。「鬼滅の刃」を手掛かりに、鬼の歴史や日本文化についてご講演いただきました。

認知症医療の現在と最新治療・診断法開発の最前線

第339回・2021年11月

大阪大学大学院医学系研究科 准教授　武田朱公氏

認知症に大きな不安を感じる原因として、「どうして認知症になってしまうのか分らない、得体の知れない病気」「良い治療法がなく、発病したらもう終わり」というイメージがあるからではないでしょうか。確かにまだ克服されていない病気の一つではありますが、研究の進捗に伴い、最近は色々なことが分ってきています。認知症診療の実際と新しい検査法や治療法の開発について、最新の知見を分りやすくご解説いただきました。

生命の内と外　第340回・2021年12月

JT生命誌研究館 館長、京都大学 名誉教授、京都産業大学 名誉教授　永田和宏氏

私たちが皮膚によって外界から区画されているのと同様に、生命の基本単位である細胞も細胞膜によって外界から区画されています。外界から区画されるというのは生命の基本的要件ですが、完全に外界から閉じて、閉鎖系を作っていては生命は維持できません。細胞膜はシャボン玉のように脂質でできた膜ですが、さまざまな工夫をしながら膜を介した物質や情報のやり取りをしています。その驚くべき仕組みのいくつかを紹介しながら、「内と外」ということをお話いただきました。

フォーラム／市民公開講座／セミナー

※新型コロナウイルス感染状況により、急遽予定が変更になる場合があります。HPなどでご確認ください。

財団からのおしらせ

千里ライフサイエンスクラブ 会員募集中!!

どなた様でもご入会いただけます

千里ライフサイエンスクラブの会員を主な対象として、参加の皆様に知的好奇心を満たし相互の交流を深めて頂くために、毎月1回（18:00～20:00、ただし8月は休会）、外部の講師を招きフォーラムを開催しています。ライフサイエンスとその周辺分野の多彩な研究者をお招きしての1時間の講演と、それに続く講師を囲んでの立食パーティー形式の懇親会です。現在、会員を募集しています。

ご注意 現在は会員の方を対象に、Webでの録画配信（期間限定）のみとなっています。

年会費 2,000円

会員有効期間／入会月より1年間

千里ライフサイエンスフォーラム参加費（1回あたり）

講演会のみ参加される場合	講演会・懇親会に参加される場合
●会　員／無料	●会　員／3,000円
●ビジター／1,000円	●ビジター／4,000円

会員特典
- 千里ライフサイエンスフォーラムのご案内
- 講演会参加費無料（懇親会は有料）
- 財団発行の「千里LFニュース」の送付（年3回）
- 最新フォーラムの録画配信を視聴（期間限定）

申込先

入会を希望される方は、
下記財団アドレス、またはQRコードから
氏名、〒住所、勤務先、電話番号を
ご連絡ください。

財団HP
http://www.senri-life.or.jp/forum/forum.html

千里ライフサイエンスフォーラム

3月フォーラム

「量子コンピュータの現状と応用の可能性」

講　師／大阪大学大学院基礎工学研究科 教授
大阪大学量子情報・量子生命研究センター 副センター長
藤井啓祐氏

開催形式／Webでの録画配信
（会場にお越しいただいての開催ではありません）

配信日／2022年3月15日（火）に収録し、1週間～10日後に配信を予定。
配信準備が整い次第、ご案内いたします。

配信対象／会員のみに限定（約1ヶ月配信）

お便り募集

当財団では、皆様からのお便りを募集しております。
本誌に対するご感想やご要望をお寄せください。
dsp-2021@senri-life.or.jp までお待ちしております。

千里ライフサイエンス市民公開講座

「認知症の予防と地域での見守り」

無料　500名 先着順

日時／2021年3月26日（土）13:30～16:20

開催形式／Web配信のみ（会場にお越しいただいての開催ではありません）

コーディネーター／
国立循環器病研究センター 名誉総長　北村惣一郎氏
（一財）住友病院 名誉院長・最高顧問　松澤佑次氏
大阪大学大学院連合小児発達学研究科 教授　森　悦朗氏

企画協力／
大阪大学大学院医学系研究科精神医学教室 教授　池田　学氏

- 認知症の予防について
  大阪大学大学院連合小児発達学研究科 教授　森　悦朗氏
- 認知症医療の過去・現在・未来
  近畿大学医学部精神神経科学教室 主任教授　橋本　衛氏
- 睡眠を中心とした地域での見守り
  大阪大学大学院医学系研究科 准教授　山川みやえ氏
- 認知症の疾患別地域での見守り
  大阪大学大学院医学系研究科 特任研究員　永田優馬氏

※内容は変更する場合があります。

問い合わせ先：Tel.06(6873)2001
Fax.06(6873)2002
URL http://www.senri-life.or.jp/citizen/citizen-1.html

千里ライフサイエンスセミナー T1

※新型コロナウイルス感染状況によっては、Web配信のみになる場合があります。

「RNA創薬の最前線」

無料　会場 80名　Web500名

日時／2022年5月24日(火)10:30～16:00

開催形式／Hybrid開催（会場開催＋Web配信）

コーディネーター／
大阪大学理事・副学長、産業科学研究所 教授兼務　中谷和彦氏
塩野義製薬(株) 医薬研究本部創薬化学研究所 所長　山脇健二氏

- 非コードRNAによる細胞内構造と遺伝子発現の制御メカニズム
  大阪大学生命機能研究科 教授　廣瀬哲郎氏
- 合成RNAテクノロジーを活用した機能性RNAモチーフの発見と細胞運命の制御
  京都大学iPS細胞研究所 教授　齊藤博英氏
- RNAを標的とした低分子化合物の創製
  大阪大学 理事・副学長、産業科学研究所 教授　中谷和彦氏
- RNA情報科学を基軸とした創薬基盤研究
  早稲田大学 教授　浜田道昭氏
- A Structure-based Approach to RNA-targeted Small Molecules.
  Arrakis Therapeutics Founder & Chief Innovation Officer　Jennifer C. Petter氏
- RNA標的低分子創薬の理論と実際機構
  株式会社Veritas In Silico 社長　中村慎吾氏

財団への問い合わせ先：Tel.06(6873)2001　Fax.06(6873)2002　URL　https://secure.senri-life.com/postmail

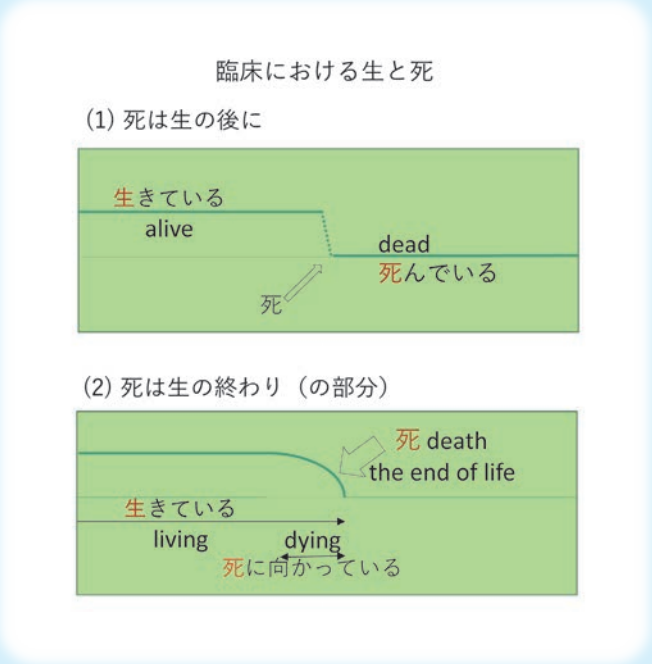
SENRI LF News
Relay Talk

「臨床における生と死」への死生学的アプローチ

岩手保健医療大学 臨床倫理研究センター長　清水哲郎（しみずてつろう） 氏

医療現場における「生と死」の理解には、二つの異なる系譜があるようだ。一つは「死は生の後に」とまとめられる理解である。これは「（まだ）生きている」か「（すでに）死んでいる」かの判別という場面（死亡診断時など）に現われる。

この場面では「生きているものは皆いつかは死ぬ」とは思っても、「死んだものはいつかは生きる」とは思わない。そこで「生きている（alive）」と「死んでいる（dead）」をベースにして名詞「生（life）」と「死（death）」を理解すると、まず生がありやがて死となるのだから、「生の後に死が」という理解になる。生から死への移行のポイントが「死ぬ」というイベントと看做される。



臨床にあるもう一つの「生と死」の理解はエンドオブライフ・ケア（end-of-life care）における「死＝end of life＝生の終り」である。「生の終り」は「生の最後の部分」という意味である。がん疾患の進行の道程をモデルにして「疾患のターミナル（終末期・末期）を考えていた時期に、がん疾患の進行を抑えることができなくなり「医学的に手段を尽くしても近い将来の死を免れない」となると「死に向かって進行している＝“dying”」として「ターミナル」とされた。この場合、人は“dying”であるが、同時に“living”（＝生きている）でもある。つまりこの状況は“living & dying”と特徴づけられた。このようにして、死は「生の最後の部分」であり、ここでは生と死が「並存」している。上述の「生の後に死が」とは明らかに異なる生死の理解である。

加えて「生の終り」は「生命」というより「人生」の終りであり、“living & dying”には違いないが、概念が単に医学的ではなく、人生に関わるものへと変っている。「人生の最後の数ヶ月ないし数年間」（英国NHS）という規定もこの観点で理解するべきであろう。

清水哲郎 氏

1969年　東京大学理学部天文学科卒業
1977年　東京都立大学大学院人文科学研究科博士課程単位取得退学、人文学部 助手
1980年　北海道大学文学部講師（82年助教授）
1990年　東京都立大学文学博士取得
1993年　東北大学文学部助教授（96年教授）
2000年　東北大学大学院文学研究科教授
2007年　東京大学大学院人文社会系研究科特任教授
2017年　岩手保健医療大学学長
2021年　岩手保健医療大学臨床倫理研究センター長

受 賞 歴／『オッカムの言語哲学』『医療現場に臨む哲学』（勁草書房）、『パウロの言語哲学』『世界を語るということ―「言葉と物」の系譜学』（岩波書店）、『医療・介護のための死生学入門』（共編著、東京大学出版会）など著書多数
専門分野／西欧中世言語哲学、キリスト教思想史・哲学、臨床倫理学、臨床死生学

次回は
河合文化教育研究所
主任研究員
野家啓一氏へ
バトンタッチします

千里ライフサイエンス振興財団ニュース No.95　企画・発行／公益財団法人千里ライフサイエンス振興財団　〒560-0082 大阪府豊中市新千里東町1-4-2 千里ライフサイエンスセンタービル20F　TEL.06(6873)2001 FAX.06(6873)2002