



泉丘SSHだより



第12号 H20.11.3

編集：SSH推進室

発行責任者：山下一夫

石川県立金沢泉丘高等学校



免疫システムの不思議な世界

1年人間科学特別講義「免疫の働きのすばらしさ」

多様性と可塑性の免疫学

10月29日（水）の6・7限に1年生「人間科学」の特別講義が行われました。講師の金沢大学医薬保健研究域医学系小児科の谷内江昭宏教授はSSH事業スタート時の6年前からお世話になっています。免疫システムについて、大学の講義レベルの高度な内容を、パワーポイントを使って分かりやすく丁寧に説明して下さる谷内江先生の講義は、今年も生徒達を魅了しました。講義後の生徒達の質問にも丁寧に答えていただきました。

以下に生徒達の感想を載せます。



- 今日の講義では、まず多様性についてだった。現在の人類であるホモサピエンスは長時間かけて、アフリカから拡散し、その結果、地域に適応した形質に変化したことで、人種的多様性が生み出されたと分かった。この多様性のおかげで、人類は文化と豊かさを手に入れたのである。

免疫は人間の体を守る仕組みである。人間自身は、五感を使って多様な情報を統合して認識するが、抗体には五感がなく対象の形の変化のみで個々の違いを判断しているので、すごいと感じた。抗体のY字型の先端部分である抗体結合部位は、人間の指先のように感じる事ができ、最も優れた部分である。ヒトの遺伝子は数万個あるのに対し、抗体は数億個もあるということに驚いた。自分の体の中に、本当にこのすばらしい免疫があり、常に働いてくれているということは、あまり想像できないが、改めて免疫の存在を実感することができた。

免疫不全症の新生児が骨髄移植によって、とても健康になっていて、治療できる医療もすばらしいと思った。患者さんをなんとかして助けたいという情熱を力にして研究する人たちののおかげで医療は発展していくと思った。先生がおっしゃったように、本質を見極め、それに迫り、努力を惜しまないようにしていきたい。

- 私はゴキブリが嫌いです。ヘビが怖いです。でも、こういったものは目に見えています。本当に怖いのは、目に見えないもの、ウィルスや病原菌なのだということが分かりました。それらは、私たちの知らないうちに入り込み、体をむしばんでいきます。そんな恐ろしい敵がいるにもかかわらず、私たちが元気にいられるのは、抗体による免疫だということに感動しました。病気にならずにいることは、当たり前のことではなくて、自分の体がしっかりと機能してくれているからなのだと思います。

また、抗体の種類之多さに驚きました。その種類の数はさすがに数十個ぐらいの数とは思っていませんでしたが、数億個もあるとは思いませんでしたので、びっくりしました。そこまで多くなるということは、それだけ抗原がいるのかと思って不安になったけど、そうではなくて、1つの抗原でも攻撃する場所で種類が違うということが分かってほっとしました。

私はずっと日本人と外国人の外見上の違いの理由を知りたいと思っていました。今日、谷内江先生の講義で、「人類が拡散していく過程で遺伝子が変わり、その地域に適合した変化になる。だから現在でも髪や目の色は様々なのだ」と知り、疑問が少し解消されました。

「本質を知ることは難しい。しかし本質を見極め、そこに迫る努力をしなければならない」と谷内江先生が言っていたが、とても印象的でした。私は、その意味を本当に理解したと言えるようになりました。

- 今まで免疫の講義や人間科学の授業を受けていく中で、今回は一度は聞いたことのある言葉が多く、自分の中では内容がさらに深まったと思う。

人類はアフリカで生まれ、周りの大陸に広まりその土地に適するために変化し、現在の様々な人種がある。そう考えると私たちが当たり前のように日本人として生活し、それを実感せずに死んでいくのが不思議だった。

また、免疫にも多様性があり、抗体の中の重鎖と軽鎖の組合せが、 3.37×10^6 通りもあることによって、体が守られていると分かった。しかし、免疫不全症という、免疫のもとで、ある抗体のパターンが極端に少ない病気もあるらしく、この場合は骨髄移植で治すことができる。しかし骨髄移植をせず、ただ表面だけ見て薬を使っても解決できないため、物事はその本質を見極めなくてはならないとお話されていた。

今回の講義では、免疫のことだけではなく、それに通じる人生のことなどを聞くことができ、とても有意義だったと思う。私も講師の先生のように熱い気持ちを持って何事にも精一杯取り組もうと思った。また、人間の体の中のシステムは本当にうまくできていると感心した。免疫のこと以外でも、さらに体の中で行われていることを知って、病気で苦しんでいる人々に少しでも力になりたいと思った。そして、そのような病気を遺伝子レベルで防ぐような方法を、倫理的に問題にならない範囲で見つけ出したいと思った。そんな夢を達成するためにも、もっと能力的、人間的に自分自身が成長なくてはという気持ちになった。



- 今日の講義をきいて、「人間の体はうまくできている」と何回も感じた。

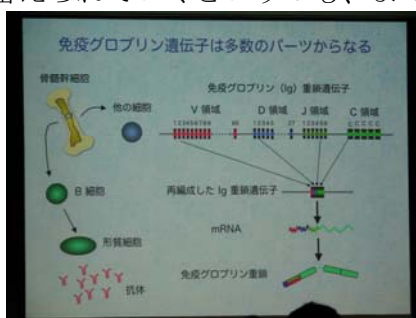
赤ちゃんのころは、多様性と可塑性に富んでいて、次々と記憶していける。しかし、それは同時にすぐに対応できない危うさも持っている。それを助けるために、母から免疫をもらえる。老人になると、すでに体は学習していて大概の病気に対応することができるが、可塑性がなくなってきているため、新しい病気に対応できない。赤ちゃんも老人も成人より病気にかかりやすく脆い。でも、赤ちゃんはなんとか生きのびられるような仕組みの中にいる。それに比べ老人は体自身があきらめている感じがする。やっぱり人間の体は滅びに向かって進むようになっているのだなあと考えた。

また、たった数万の遺伝子から10の11乗もの抗体をつくり出すことができ、さらに突然変異で微調整も行うことができる。抗原の多様性に対抗して身を守るためには、こうなるしかなかったのかもしれないが、あまりにも鮮やかで感動した。突然変異にはリスクもつきまとっている。実際、その突然変異がもとで免疫不全症になったりもする。それでも突然変異を起こすしかないということから抗原というのは、本当に強い敵なのだなと思った。

最後に、医者をしてしながら研究をする方のお話をきけてよかった。睡眠時間が心配だが、すごい魅力的な道に見えた。

- 自分の体の中で想像もつかないくらいたくさんの免疫がつくられていることがわかり、不思議な気持ちでした。しかも、免疫グロブリンは遺伝子の組み合わせや結合部分の幅を自由に変化させることができたりと、すばらしい機能を持っていることがわかり驚きました。私の体なのに、私の知らないところで、様々な病原と戦ってくれていると思うと、なんだか心強い気がします。私は、授業で突然変異で抗体を作ると聞いたとき、そんな偶然に頼っていて、本当に病気から体を守れるのかと疑問で、そのようなシステムよりも、はじめからきっちりと形がきまっている方が確実なような気がしていました。しかし、今回の講義を聞いて、免疫のすばらしさは、その遺伝子の組み合わせの多様性や、様々なものに適応できる可塑性であるということがよく分かりました。はじめからきちんとした形がきまっていないからこそ、様々な抗原に適応でき、多くの可能性を持っているのだと知ったとき、人間の体はうまくできていると感じました。また、ただ一度抗原をやっつけて終わりではなく、その抗原が再び侵入したときに備えて、記憶が蓄えられていくというのも、よくできた仕組みだと感じました。

このように、可塑性と記憶という2つの要素がうまく組み合わさって、より多くの抗原に、より早く対応できるようになっていることが分かり、改めて、私の体は、知らないすばらしい仕組みがたくさんあるなと気づきました。



- 今回の講義は、「免疫の働きのすばらしさ」というテーマのもので、一度免疫について講義を受けたことがあったということもあり、前回よりも内容を深く理解することができた。無論、前回のものと異なる内容のものも多くあったので、興味を持って聞くことができた。同じ分野の話を聞くにしても、違う人からそれぞれ聞くことで、見聞をより広めることができるのだと思った。

講義の中で特に印象的だったのが、抗体の多様性と可塑性についての話だ。遺伝子の組合せにより、膨大な種類の細菌やウィルスに対応している。そして、体内に侵入した抗原に最も適した抗体が突然変異により作られ、その抗体は同じ抗原の侵入に備えて維持される。しかし、年をとるにつれて、抗体を作るもととなる細胞の数が減り、新たな抗原に対し、適応した抗体を作れないようになるという。これが、抗体の多様性と可塑性が低いということだそう。ただし、これは一概に悪いことと言えることではないらしく、現在いる環境の抗原に対する抗体はできているので、引越したりするなどして、生活環境が大きく変わってしまわない限りは、ほとんど病気にならないそうだ。

講義の最後に谷内江さんは、うわべだけの気持ちで病気を治したいと思っても、それを解決するのは、様々な要因が絡みとても困難だ。しかし、何事においてもそうだが、とても困難な本質を見極めるということ、突き詰めて取り組まなければならないとおっしゃっていた。その努力を日常でもしていきたいと思う。

- 今回の特別講義は、以前に受けた免疫の講義をさらに詳しくしたもので、免疫のさらに奥深いところまで聞くことができました。講義のはじめに谷内江教授は、多様性と可塑性を世の中ではある程度犠牲にした方がよいなど、免疫に関係のない話などをしてくださって、楽しさを感じました。免疫グロブリンの認識は私達の手の触覚にとっても似ていて、とても驚きました。抗体が多様性を持っていて、いろいろな抗原などを識別していることは知っていましたが、ヒトの遺伝子の数が数万個であるのに対し、抗体の種類は数億種類もある。これは、それだけウィルスなどの抗原の種類が豊富で、抗体の数はそれ以上に多くなければならないのだと感じました。

最後の質問の時間では、何人かの人が質問していて、以前の講義の質問よりも質問の内容が詳しく、質が上がっていたので、やっぱり理数科のみんなはすごいと思いました。免疫は体を守る重要な防衛機能だが、抗体は言い換えれば、炎症を起こすものでもあるということにとっても驚きました。抗体が突然変異を起こして自分の体の成分を破壊するようになることを自己免疫疾患と呼び、とても恐ろしいことだと思った。今回の講義をしていただいて誠にありがとうございました。

- 今日の講義を聞いて初めに考えたのは、改めて人間の体は不思議だということだ。

免疫にかかせない抗体は、非自己の物質を認識して、それを記憶することができる。さらに抗体はどんな物質にも対応できるように、そばらしい多様性をもっていて、それは抗原結合部分によって決定され、なんと 10^{11} 乗種類の多様性がある。これだけ対応できるならほとんどの物質に対応できるらしい。

だが、免疫には自分自身を傷つけてしまうこともあるらしい。体内で、起きる突然変異によって正常なものまで免疫によって壊されることがあり、これを自己免疫疾患という。免疫が全てプラスになるとは限らないらしい。

免疫という分野には元々興味があった。今回の講義では、免疫の多様性と可塑性のすばらしさとともに、こわさもあるということ学んだ。免疫という分野は技術が進んでいくにつれて、人類を救うことができる分野だと思う。だから、これからも進歩していつか欲しいと思った。

最後に例にでていた免疫力の少ない赤ちゃんの話で、体があれているからといって塗り薬を塗っても意味がなく、その症状の原因の本質を見つけて、骨髄移植をして助かったらしい。どんな職業でも物事の本質を見極めるための努力を惜しんではいけないということがわかった。

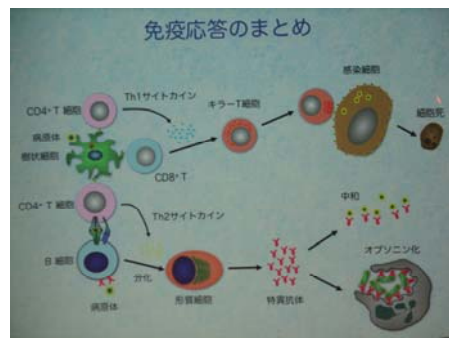
- 外からの細菌は、それこそ空間的にも時間的にも、ものすごく大きなものを持っているのに、人間の体という狭い範囲で、長くて何十年という短い時間でしかない人間の体や抗体が、細菌に打ち勝つことができることが、今までとても意外だった。



しかし、今日の講義により、抗体の遺伝子は普通の遺伝子と少し違い、65種類あるV領域、27種類あるD領域、6種類あるJ領域そしてC領域のそれぞれから1つずつ部品をもらって再構築して多様性を実現しようとしていた。しかし、それだけでもできる抗体は 3.37×10^6 種類程度でしかない。しかし、驚くことに、精密につくられていると思っていた人間の体は、偶然を利用していた。 3.37×10^6 種類に加えて、接合部分の適当加減により 10^{11} 乗まで数をのばし、さらに

は増殖時に起こす突然変異で入れて種類を考えられない数までのばしていた。その上、抗原とうまく反応できた優秀な種類は記憶として残り、次の侵入には、より高い効果を発揮する。この美しさに感動した。

しかし、記憶（可塑性）にも多様性にも限界があり、どちらか一方を大きくするとどちらか一方は小さくなってしまう。免疫の世界でも、実際の人間の社会と同じように、全てを一度に成長させることはできない。対象に感動すること、その感動を忘れないことが大切だということがあるなんて、おもしろいと思った。



- 今まで何回か免疫に関する講義を受けましたが、やはり免疫は複雑に聞こえました。しかし、この講義で、免疫は抗体を形成する免疫グロブリン構造というシンプルな仕組みが微妙に変化することで数億種類もの抗体が作られることを知り、それが複雑に見えたのだと思います。

多様性は、遺伝子では人種的な多様性につながるものです。免疫（抗体）の多様性は抗原の種類の分だけ対抗するために必要な要素で10の11乗種類もの抗体があります。それは重鎖、軽鎖それに超可変部のわずかな違いによるものです。

抗体はどのようにしてできるかについて自分はとても興味をもつことができました。抗体が抗原のどの部分と結合するか分からないので、あらかじめ数種類の抗体を作るところが面白かった。そして、抗原にフィットする抗体を選び、それを増産することで免疫が完成します。

ただ、免疫が発達しすぎると「自己」「非自己」の見境がなくなり、抗体が身体を破壊する恐れがあるそうで、ガンなどが大きく関わっています。

今まで免疫の仕組みがよく分かっていませんでしたが、多様性からいろいろと知識が身についた気がします。

- ヒトの免疫には抗体というものが不可欠だと言うことがよく分かった。抗体はヒトの体の中に10の11乗種類できるため、病原体が突然変異を起こしたものであったり、宇宙からきたものであったりなどの特殊な場合を除けば、ほとんど病原体に対応することができることも分かった。また、病気になることによってその抗体が作られていくので赤ちゃんの時や免疫システムが衰えてくる老人の時には病気になりやすいが、僕たち高校生から中年ぐらいの年齢の人たちの免疫は完璧であると知って安心した。

この講義の中で最も驚いた内容は、常にある一定のスピードでガン細胞など体に有害な細胞が作り出されているということだ。普通は、このガン細胞をすぐに倒してくれるので問題はないが、免疫システムが衰えているとガン細胞が生み出されるスピードの方が抗体を生み出すスピードよりも速いので、気をつけなければならないと思った。

今、こうして健康でいられるのも全て僕たちの体の中の免疫システムのおかげだということを改めて感じた。健康であるということを当たり前に思わずに、日々、自分の体に感謝して生きていくことが大切だと思った。

- 神経系、免疫系そして進化、この3つを比較すると、動物の問題に対しての対応には、ある共通点があることがわかる。それは、多様性を持たせて、その中から問題に対処できるものを選別し、さらに選別したものに多様性を持たせて選別するという点をし続けるという点だ。この対処法は単純ながらも、どんな場合においても最上の結果が得られる。これが自然の多くのものに見られる共通するメカニズムだ。

これは、自転車の練習にたとえられる。人間は自転車に乗る練習をしているとき、ありとあらゆるバランスの取り方を試して、その中からよいバランスの取り方を見つけ、さらにそのバランスの取り方をもとにして、よりスムーズに自転車に乗れるようになる。つまり、多くの失敗を繰り返して、次第に完成形へと近づいていくのだ。

ところが、今の社会においては、これを行いにくい。現在の利益至上主義の中、失敗を繰り返して成功に至るというのは時代が許さないのだ。例えば、大学では研究予算が限られており、失敗を繰り返すと予算が減らされてしまう。このような体制を改善しなければ、発展が滞る可能性もある。

