

多彩な科学を融合して、生物多様性を理解する

亀井 謙一郎（高等研究院 物質-細胞統合システム拠点 客員准教授）



よろしくお願いします。ご紹介ありがとうございます。ただ今ご紹介にあずかりました、京都大学の高等研究院物質-細胞統合システム拠点、iCeMS の亀井と申します。それでは、よろしくお願いいたします。

僕は、実はニューヨーク大学のアブダビ校にもラボを持っておりまして、昨日、アブダビから来ました。アブダビは砂漠の中にある都市なんですけれども、気温差にびっくりしております。何とか体調を崩さないように、今日は頑張っていきたいと思っています。

自己紹介なんですけれども、先ほどお話ししましたように、iCeMS というところで働いておりまして、専門は、幹細胞工学や、ナノマイクロ工学といった工学、ものづくりをベースとする研究をしています。まさしくこの「ものづくり」なんです、何かのために役に立つものを作るというのが、私の研究のモチベーションとしてありまして、それが工学の中核になると思うんですけれども、こういったものづくりを通して、皆さんの日々の生活とか、世界の問題点について解決できるようなものを作っていきたいというのが、私の研究のモチベーションです。

私は、工学にずっと昔から興味があったわけなんですけれども、ここに示しているのが、人生で一番最初に作ったものづくりになりました。ガンダムの 144 分の 1 プラモデルになるんですけれども、これは本当に、私が小学校 1 年生ぐらいのときに、母から買ってもらった誕生日プレゼントになるわけなんですけれども、

こういったものを作って、ものづくりって楽しいんだなと思ったのが、ずっと続いて、40 年間同じような研究を続けている。研究というか、これがきっかけになったわけです。



多彩な科学を融合して、生物多様性を理解する

亀井 謙一郎
京都大学 高等研究院
物質-細胞統合システム拠点（アイセムス）

Programs of Biology and Bioengineering
Divisions of Science and Engineering
New York University Abu Dhabi

自己紹介



京都大学 高等研究院
物質-細胞統合システム拠点
(iCeMS: アイセムス)

准教授

専門：幹細胞工学
ナノ・マイクロ工学

ものづくり

「何か」のために役に立つものを作る

人生初のものづくり：ガンダム1/144



https://blog-001.west.edge.storage-yahoo.jp/ee/blog-04-01/p/azulume/1143087/67/20852367/mg_011208527086

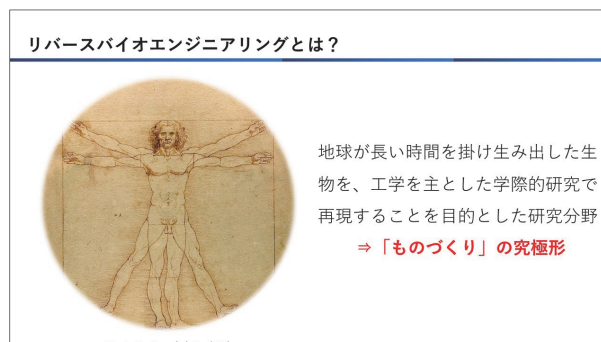
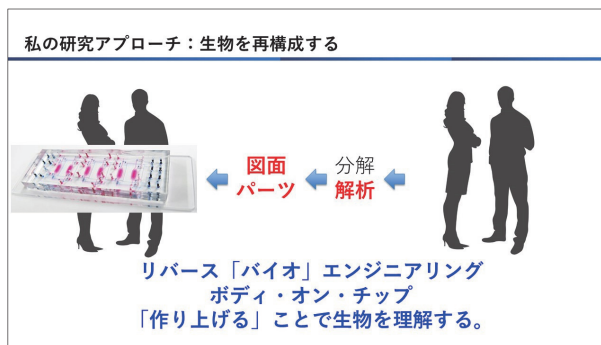
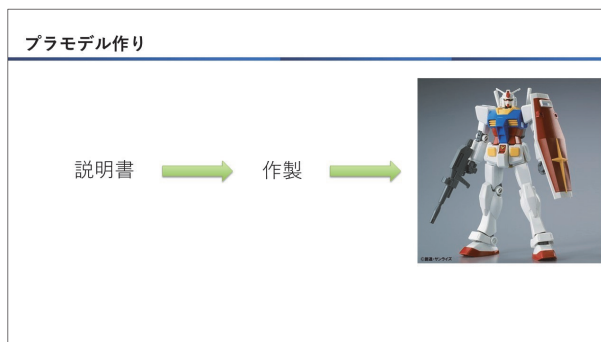
ここで、あえてこのプラモデル作りについて紹介させていただきたいと思います。このプラモデル作りは、先ほどお見せしたようなパーツがありまして、それを、説明書を読みながら組み上げていって、できたのがこのガンダムになります。ここで皆さんに想像していただきたいのが、手元にもしガンダムだけがあったとき、そこから、新しいガンダムを作りたいとなったら、どういうアプローチをしたらいいのでしょうか。

まず、オリジナルのガンダムを分解して、解析する必要があります。どういった構造を持っているのか、どういった材料でできているのか、というものを解析しなければいけません。その後、図面を起こして、材料をベースにパーツを作って、組み上げて、新しいガンダムができるようになるわけです。

このアプローチのことを、逆行工学、リバースエンジニアリングと呼ばれています。この方法を採用すると、もともとあったガンダムの性質、どういったところが弱点で、どういったものを克服しなければいけなくて、ということが分かりますので、それをベースに新しいイノベーション、新しいバージョンのものを作ることができるようになるわけです。

私の研究のアプローチとしては、これをヒト、生物のほうに応用していきたいと考えています。私は、これを、新しいヒト、クローンを作るわけではなく、先ほど紹介していただいたものの中にもありますように、こちらの示しているように、小さなチップの中に生物を作り出してみたいと考えています。このことを、「Body on a Chip」と呼んでいるわけなんですけれども、このBody on a Chipを作るにあたって、私はお医者さんではないので、ヒトを分解することはしないのですけれども、教科書、論文といったものをベースにして、ヒトの体の構成を解析します。そこから図面を起こして、パーツを作り上げていって、Chipを作る。これがリバースバイオエンジニアリング、リバースエンジニアリングを生物学への応用したものを、リバースバイオエンジニアリングと、私は呼ばせていただいております。そして出来上がるものが、Body on a Chipになりまして、これを通して作り上げることで生物を理解することを掲げて、私は研究を進めています。

このリバースバイオエンジニアリングですけれども、地球が長い時間をかけて生み出し



た生物というものを、工学を主とした学際研究で再現し、さらに理解することを目的とした研究分野になります。これは、まさしくものづくりの究極形と言えるのではないかと私は考えています。

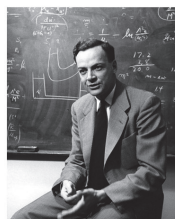
こういった研究分野を立ち上げるにあたって、私は1つ感銘を受けた言葉があります。そちらが、こちらの写真にありますような、リチャード・ファインマン教授という、カリフォルニア工科大学でノーベル物理学賞を取られた先生なんですけれども、この先生が言われた言葉の中に「What I cannot create, I do not understand. (自分が創れないものは、自分は理解していない)」。この言葉に非常に感銘を受けて、工学的なアプローチを通して生物を理解する、これが私の考えの根本になっています。

生物というのは、先ほども申しましたように、地球上で非常に長い時間をかけて、それこそ数十億年というすごい長い時間をかけて作られたものになります。ですが、私たちが生きているのは、非常に短い時間でありまして、また、学問領域でも非常にまだ短いです。ですので、本当に生物や人類を作り上げるものには、非常に多くの学問分野が参加して、それがいて初めて作り上げることができるようになるのではないかと私は考えています。つまり人類の英知の集合が必要になってくるわけです。その中でも、特に私が着目しているのは、先ほど齊藤先生からも紹介がありましたように、iPS細胞と、ナノマイクロ工学という研究領域になります。

それでは、簡単にですが、iPS細胞について紹介させていただきます。先ほども齊藤先生から、興味深い非常に重要なiPS細胞の性質を紹介していただいたわけなんですけれども、ここに示しますように、iPS細胞は、十分な目的組織を準備することができ、組織形成過程を研究することが可能になるような細胞になっています。

iPS細胞の作り方。これは、後ほど別のかたちで紹介させていただくんですけれども、こちらは、ヒト、もしくは生物から細胞を採取い

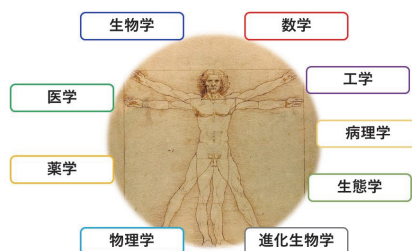
感銘を受けた言葉



リチャード・ファインマン 教授
カリフォルニア工科大学
ノーベル物理学賞 (1965)

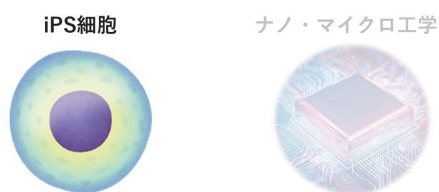
"What I cannot create,
I do not understand."
(自分が創れないものは、自分は理解していない)

生物を再構成するためには：人類の叡智が必要

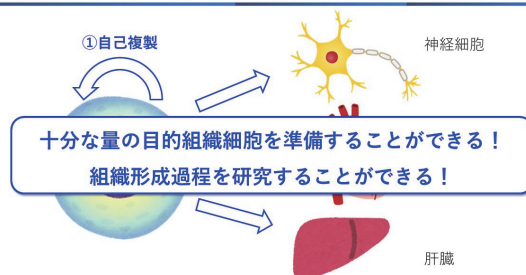


Vitruvian Man, Leonardo da Vinci (1490)

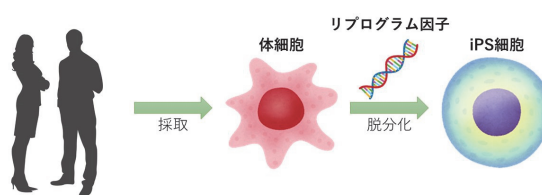
その中でも特に重要な研究分野は



リバースバイオエンジニアリングを可能にするiPS細胞



iPS細胞の作り方



たしまして、そこに山中因子と呼ばれるリプログラミングファクターを入れることによって、脱分化を引き起こして、iPS 細胞を作成することができるようになります。

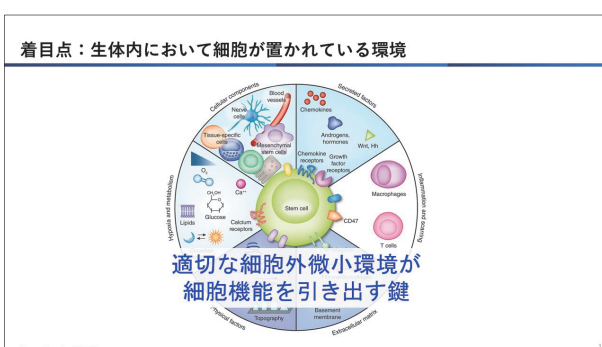
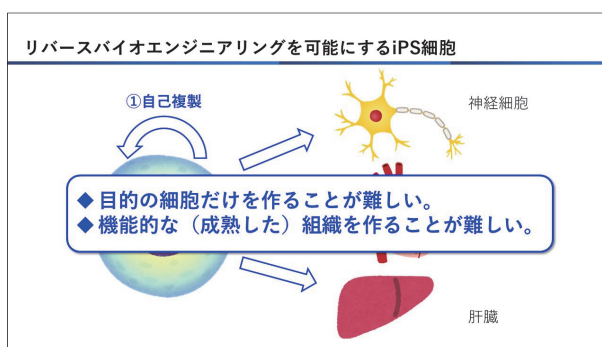
iPS 細胞の応用例といたしましては、細胞を使った細胞医療ですとか、再生医療のほうに应用することができたり、もしくは、疾患モデル、あえて病氣的な細胞モデルを作り出して、そこから創薬スクリーニングという、薬を作るためのアプローチとしても使用することができます。

この上 2 つに関しましては、生体内で直接作用することができるもので、下 2 つに関しましては、生体外で応用することができるようなアプローチになります。私は、どちらかというとし生体外で使用するアプローチのほうを取っているんですけども、このように iPS 細胞は、直接もしくは間接的に非常に役に立つ細胞となっています。

こういった iPS 細胞を使用することによって、ありとあらゆる細胞を 1 つの細胞から作成できることから、リバースエンジニアリングとしては非常に有用な細胞になるわけなんですけれども、これも、先ほど挙げられていましたように、目的の細胞だけを作成するのが非常に難しいのと、機能的な成熟した組織を作成するのがまた難しいと言われていま

す。こういった問題点は、どこにあるのかというところで、私が着目したのは、現在使用されている細胞培養実験器具になります。こちらに示しているように、今でも細胞培養フラスコとか、細胞培養皿ですとか、こういったものが使われているわけなんですけれども、こういったもの実は 100 年前に作られたもので、いまだにこういった実験培養器具を細胞培養に使用しているわけです。

当然、こういった培養器具は、生体内における細胞がさらされている環境を再現することができてはいません。ですので、いかに、細胞にとって必要な環境を作り出すか、というところに私は着目しました。実は、細胞は、生体内において、さまざまな環境と、その環境因子にさらされています。こちらに示しているのはごく一部になるんですけども、例えば成



長因子や、サイトカインと言われるようなタンパク質であったり、隣に接触するような細胞外環境を構成するような細胞、もしくは免疫細胞でありますとか、当然、酸素や pH など影響してきますし、その環境の硬さ、構造というものも非常に重要なパラメーターとなってきます。

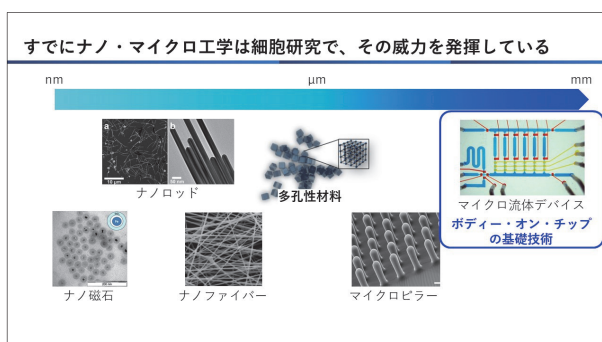
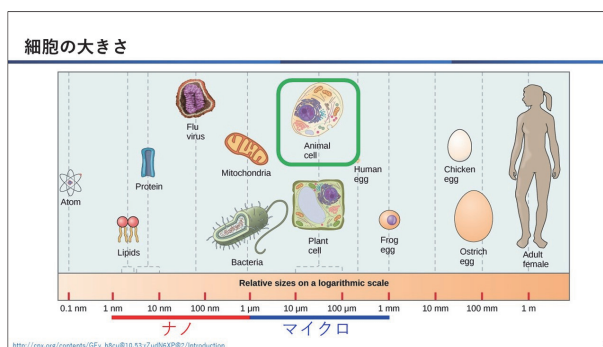
こういったものを、先ほど示した細胞培養ディッシュとか、フラスコではなかなか再現することができないので、いかに適切な細胞外微小環境を人工的に作りだしてあげて、細胞の機能を引き出すことができるか、組織形成につなげることができるかといったところが、私が研究を進めている 1 つのアプローチになります。

それを作成するにあたって重要な領域として出てくるのが、ナノマイクロ工学になります。ここでナノとか、マイクロとか、聞いてはいるけれどもあまり想像がつかない。しかも、生物とどうつながってくるんだといったところを、少し紹介させていただきたいと思います。

この横軸に示しているのが、大きさになります。スクリーン的に右側になりますと、ヒトがありまして、当然 1 メートルぐらいから大きいものになります。小さいものを見ていきますと、大体真ん中ぐらいにあるのが動物細胞の大きさになります。直接的に数マイクロメートルから数十マイクロメートルぐらいの大きさを細胞は持っています。つまりこの領域は、マイクロ工学が非常に重要な役割を果たすエリアになります。細胞の外側の環境を整えるのに非常に有用な技術になります。

そこからさらに小さい領域を見ますと、例えばミトコンドリアですとか、ウイルスもそうですし、タンパクや、脂質といったより小さいもので、さらにその細胞を構成するようなものを見つけることができるかと思えます。つまり、この領域というのが、実はナノメートルの領域になります。DNA の直系は 2 ナノメートルぐらいなんですけれども、こういったナノ技術、ナノ工学をうまく使うことによって、細胞を構成する因子、分子を制御できるようになります。つまり、細胞をうまく制御したり、細胞の環境をうまく整えてあげたい場合には、こういったナノとマイクロをうまく融合してあげて、新しい人工的な環境を作り出すのが 1 つ重要なキーとなります。

既に、こういったナノマイクロ工学は、細胞研究で非常に重要な役割を果たしつつあります。ここに示しているのが、右側から、小さいナノメートルスケールからミリメートルスケールになるのですが、例えばナノ磁石、ナノロッド、ナノファイバーといったものから、多孔性材料というものの、マイクロピラー、マイクロ流体デバイスといった、非常にさまざまな大きさ、さまざまな技術が細胞の制御、機能制御をするために、ここ最近使用されるように



なってきました。私が現在取り組んでいる Body on a Chip の作成に関しましては、このマイクロ流体デバイスがその基礎技術になっています。

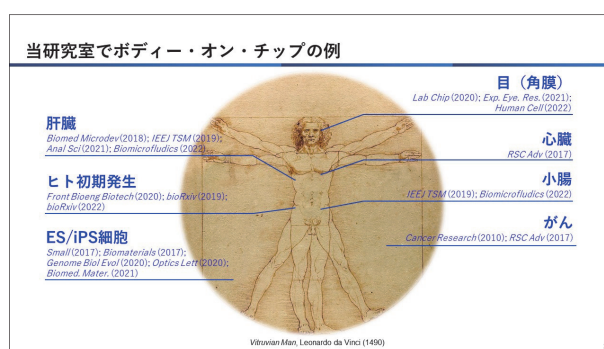
私の研究室では、この Body on a Chip を作成するにあたって、さまざまな組織に着目していろいろな取り組みをしてきました。例えば角膜、心臓、小腸、肝臓、がん、ヒト初期発生等も、こういったマイクロ流体デバイスと iPS 細胞をうまく組み合わせることによって作成することができました。

私は、ヒトの構造をチップの中に作ってみたいというのがモチベーションとしてあるんですけど、Body on a Chip の応用面は、どういふところが考えられるのか。まず 1 つ挙げられるのが、薬を創る創薬です。皆さんが、薬は、何らかの形で取っていたり、いろいろなかたちで薬は重要な役目を果たすと思うんですけども、1 つの薬を創るのに、現在ですと、10 年以上かかってしまったり、1000 億円以上かかってしまったり、非常に長い期間とお金を必要としています。さらに問題なのは、これだけの時間とお金をかけても、成功するとは限らない。認可されるとは限らないんですね。これは、作っている製薬メーカーがダメージを受けるだけではなく、新しい薬を待ち望んでいる患者さん、ご家族、そういった方々も、時間とお金がかかってしまうことに対して、非常にストレスといいますか、待ち望んでいるのに、せっかく薬ができるはずなのにというところで苦しい思いをされる、そういった場面になってきます。

そこでこういった問題点を克服するために、いろいろな課題、問題点はあるんですけども、我々が着目したのは、創薬における前臨床試験になります。この前臨床試験では、こちらに示しますように、マウス、サルといった動物モデルを使用するわけなんですけれども、こういったものを使って薬理・薬効試験、毒性試験、薬物動態試験、薬剤学試験等、さまざまな試験が行われます。当然、すごく簡単に考えられることとして、動物試験では、人の生理反応を再現・予期することができないのが、一番大きな問題になります。

さらに動物実験は、倫理的な観点からも問題として挙げられまして、例えばヨーロッパでは、2013 年に動物試験をコスメティクス、化粧品関連の毒性試験で使うことができないというかたちで、ストップがかけられました。日本をはじめ、ほかの海外の国々も、そういったかたちでなるべく動物実験を使用しない方向で動いていくのが、現在の大きな世界の流れとしてあります。つまり、動物を使わないで、何らかのかたちでうまくヒトの薬理・薬効実験を再現できるようなシステムが必要とされているわけです。

そこで、私たちが開発しているような Body on a Chip を使うことができれば、動物を使わずに病気や薬の研究ができるようになります。特に、先ほどの細胞培養ディッシュや、フラスコではできなかった、かつ Body on a Chip ができるようなことは、循環器の再現になります。循環器というものは、ここに示しているような血管網になるわけなんですけれども、この血管網を通して、



酸素の供給、栄養の供給、老廃物の排泄等、体にネットワークを張り巡らされてこういった機能があるだけではなく、各臓器をつなげて、臓器同士の相互作用を促す役割も果たしています。フラスコ等ではできなかった臓器間の相互作用をうまく再現してあげて、これまでできなかったような創薬とか、薬の役割、仕組みの解明等につなげていけたらと考えています。

そこで私たちが開発したのが、マイクロ流体デバイスを駆使した組織連結になります。これは、分かりやすく色素を入れて流路を見えやすくしたものになるんですけども、大きさとしては25ミリ×75ミリのデバイスになっておりまして、これは、ポリジメチルシロキサン (PDMS) というシリコンゴムを使ったものになっております。非常に生体適合性も高い材料なんですけれども、このピンクで示している部分に、組織を入れることができます。それが6つ入っておりまして、各チャンバーに 2000 個から 5000 個ぐらいの細胞が入るような仕組みになっています。

ただ、これは 6 個が並列されているだけではなくて、隣り合っている 2 つ同士が、閉鎖系の循環器としてつながられています。要は、血管のようなものを通して別々の組織がつけられるようなデバイスの仕組みになっています。

こんな小さいチップの中に、どうやって個別に細胞を入れて、どうやって循環させるのかが、マイクロ工学のすごいところなんですけれども、こういった小さいチップの中に、実はバルブやポンプを搭載することができます。バルブといいますのは、流路の中に組み込んであって、それをオンにすると流路を閉じることができる、そんな仕組みになっているわけなんですけれども。さらに、ポンプはバルブを 3 連化しておりまして、うまく動かすことによって、その中にある液体を流すことができる、そんな仕組みになっています。こういったものを、うまくパソコンのほうにもつないであげます。全自動で組織培養の実験とか、薬を与える試験が可能になるわけです。

この Body on a Chip を使った実験の応用例の 1 つといたしましては、抗がん剤の副作用を再現してみようということになります。抗がん剤は、当然がん細胞を殺すことができるような薬剤で

創薬における問題点：前臨床試験



- ・薬理試験（薬効薬理試験）
- ・毒性試験
- ・薬物動態試験（ADME）

ボディー・オン・チップを使えば動物を使わずに病気や薬の研究・開発が可能になる！

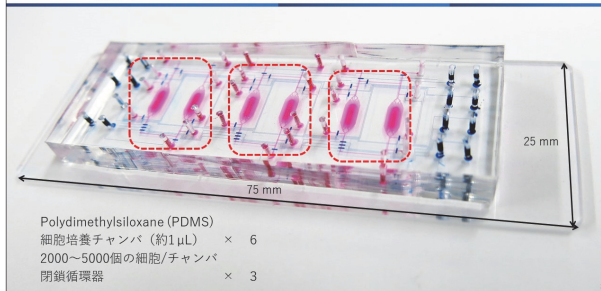
予測することは出来ない。
動物実験の倫理的な問題もある。

ボディー・オン・チップは循環器の再現が得意

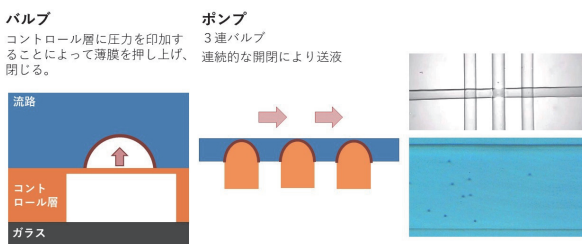


- ✓ 酸素の供給
- ✓ 栄養供給
- ✓ 老廃物排泄
- ✓ 臓器間の相互作用

マイクロ流体デバイスを駆使した組織連結



組織連結を実現する内蔵マイクロバルブ・ポンプ



すけれども、ドキソルビシンという抗がん剤を長期投与すると、心臓のほうに悪影響を及ぼすことが知られるようになってきました。この作用が直接心臓のほうに行って悪さをしているのか、もしくはがん細胞に行ったドキソルビシンが代謝されて、別のものに変換されて、それが心臓のほうに影響を及ぼしているのか、どちらのルートが本当なんだろうか、それを検証してみたわけです。

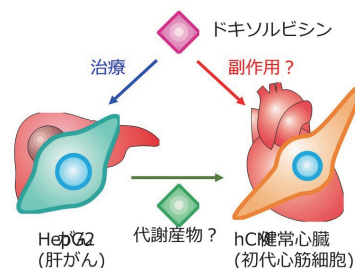
モデル実験として、がん細胞のほうを HepG2 という肝がんの細胞、健常な心臓細胞は、初代の心筋細胞と言われる健常な心筋細胞を使用しました。それを、別々にこのチップの中に搭載したわけです。片側ががん細胞、片側に心筋細胞を導入しました。そこで、うまくこのバルブを開けてポンプを駆動させることによって、このがん細胞と心臓細胞をこううまくぐるぐる循環させていくことができる仕組みになっています。この中に抗がん剤を入れておくと、この抗がん剤がうまく効いたのか、もしくは副作用を示すのかどうかを研究することができる。そんな仕組みになっています。

今回、知りたかったのは心臓への特性なので、心筋に対してどれぐらい毒性を示すのかを示したのがこちらのグラフになります。従来法は、もともと別々に細胞培養していますので、心臓細胞に直接抗がん剤を投与したときのものになります。陰性試験、陽性試験とありまして、DOX と書いてあるのがドキソルビシンになります。これは、縦軸が細胞毒性になっているんですけども、陰性試験、細胞に確実にダメージを与えられる試薬を加えたときと比べて、ドキソルビシンを直接投与した場合には、ほとんど毒性を示さないことが明らかになりました。

ただ、私たちが作成した Body on a Chip を使うと、この毒性が非常に高くなることが明らかになりました。これは、何かしらの原因で副作用が起きてしまったのだろうと我々は考えたわけです。これを深く解析していくと、がん細胞のほうで代謝物を出して、できた代謝物が心臓のほうに毒性を示すことが明らかになりました。つまり、これは、組織間相互作用を通して初めて抗がん剤が副作用を引き起こしてしまうことを明らかにした。つまり、生体外で再現できた例になります。

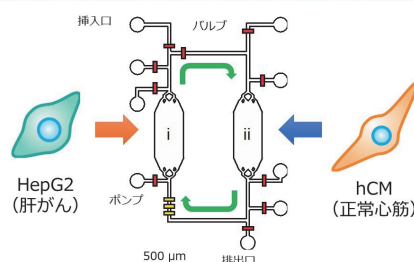
こういった感じで、iPS 細胞とマイクロ工学のコンビネーションは非常に強力だということが示せたと思うのですが、さらなる未来はどういうものが考えられるのか。私たちが考えたのが、生物多様性です。つまり、こういった Body on a Chip は、本当に人のためだけなのか。ほ

応用例：抗がん剤の副作用をボディー・オン・チップで再現



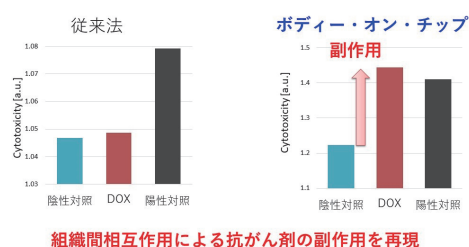
27

がんと心臓を連結するチップ



28

心臓への副作用再現実験



組織間相互作用による抗がん剤の副作用を再現

29

かの動物にも考えられないのか、と考えて行き当たったのが生物多様性になります。

地球上には本当に多くの生物がいるわけなんですけれども、独立してただいるわけではなく、お互いに助け合いながら地球上で生活しています。こういった多様性は、本当にいろいろな場面で重要になってくると思うんですけど、結局は、お互いに助け合うところが非常に重要になってくるわけです。

この Body on a Chip の新しい可能性として、生物多様性が失われてしまってきているところを、うまく救えないかと思ったのが始まりになります。つまり動物保全のほうにつなげていきたいと考えました。こちらに示している写真は、皆さんも動物園に行かれるとこういった動物たちを見られるかと思うんですけども、実は約3000種類もの動物が絶滅の危機にひんしています。動物園は、絶滅危惧の動物の保全に関してすごく積極的に働き掛けていて、いかに動物園でそういった動物を飼育できないか、繁殖できないかと取り組んでいるわけなんですけれども、動物園にいる動物は、なぜか分からない原因不明の疾患にかかることが多く、有効な治療薬や治療法もないのが現状です。

例えばゴリラも動物園でよく見掛けると思うのですが、なぜかゴリラは、動物園にしていると心筋梗塞になったり、心臓病になりやすかったりするんです。しかし、その原因は分かっています。やはり絶滅危惧動物ですので、そういったものを研究対象として使用することはできないので、動物を使用することなく新しい治療薬、治療法を作れないか。そういったところで、もし絶滅危惧動物から iPS 細胞を作ることができれば、それを使った Body on a Chip を作ることができて、動物を使用しない新しい方法で、彼らを救うことになるのではないかと考えました。

ここで、相反する 2 つの課題を解かなければいけません。動物たちを実験には使わない。でも、彼らの病気をなくしたい。この 2 つを克服する鍵となるのが、我々の提案している Body on a Chip になります。iPS 細胞の作り方を、またここで紹介させていただきますけれども、これはヒ

iPS細胞とナノ・マイクロ工学のコンビネーションは強力！

iPS細胞

ナノ・マイクロ工学

ボディー・オン・チップのさらなる未来は・・・？

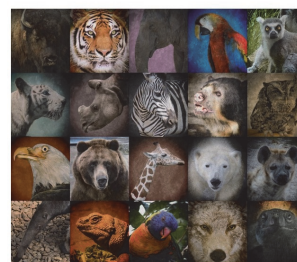


生物多様性

生物は互いに助け合いながら、地球上で生活している。



ボディー・オン・チップの新しい可能性：動物保全



約3,000種の動物たちが絶滅の危機に瀕している。

動物園は、絶滅危惧動物の保全に積極的に取り組んでいる。

動物園にいる動物は原因不明の疾患にかかることが多く、有効な治療薬・治療法はない。

絶滅危惧動物由来のiPS細胞とそれを使ったボディー・オン・チップができれば彼らを救う新しい方法になる。

相反する2つの課題

動物たちを実験に使わない。

でも、彼らの病気を治したい。

トに関して作成されたものですが、最初はマウスのほうで作成されたもので、ヒトに限らずマウスやほかの動物でも使用できる。そんなアプローチになります。

動物から何かしらの方法で得られた細胞を採取することができれば、iPS 細胞が作れるのではないかと考えたわけです。そこで、我々は、グレビーシマウマと言われる、シマウマの中でも絶滅の危機にひんしている動物の iPS 細胞の作成に成功することができました。サバンナなどで生息している動物なんですけれども、世界で約 2000 頭しかいません。我々が作成した iPS 細胞は、iPS 細胞で発現しなければいけない OCT4 と言われてるタンパク質を発現していることも確認できましたし、iPS と

しての性質がヒトのものと非常に近いことを確認いたしました。さらに、ヒトの iPS 細胞を作るときと全く同じ方法で作れたのが、これは正直ラッキーなところだったんですけれども、そういったかたちで、絶滅危惧動物由来の iPS 細胞を作成することができるのを、ここで示すことができました。

ただ、今回、たまたまラッキーだったのは正直あるんですけれども、ほかの動物種で iPS 細胞を作るときに、ヒトのものを直接使えるかというと、基本的にはそうではないと我々は考えています。多様な生物は、遺伝子も少しずつ違ってきているので、それをいろいろ比較することによって、生物の環境適応、生物進化を知ることができるようになります。こういった比較ゲノミクスというアプローチがあるのですが、iPS 細胞関連の遺伝子メカニズムを知るために、比較ゲノミクスというアプローチを通して、この動物にはこういった iPS 細胞のリプログラミング因子が使えるのではないか、というものを研究してみようという感じで進めてみました。

このバックグラウンドには、数学、遺伝子配列、そういったものが必要になってくるのですが、こういうものを多間で比較することによって、それぞれの種における固有な iPS 細胞のリプログラミングに関わる遺伝子の進化も知ることができるようになったわけです。ゆくゆくは、こういったアプローチを通して、絶滅危惧動物により適した iPS 細胞の作成方法が作れたらいいなと考えています。

iPS 細胞ができれば、絶滅危惧動物・オン・チップも作れるようになり、種の保存、彼らの

iPS細胞の作り方の復習と応用

体細胞 リプログラミング因子 iPS細胞

iPS細胞はヒトに限らず、様々な動物から作ることができる！

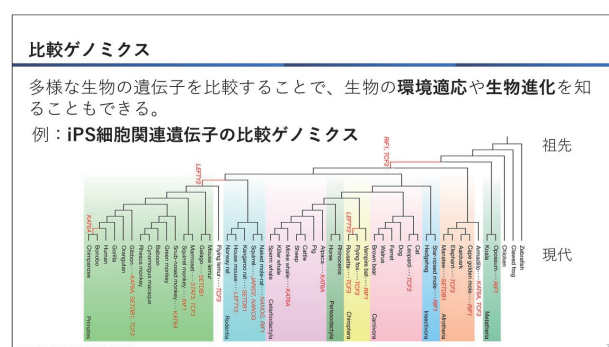
グレビーシマウマiPS細胞

京都大学野生動物研究センター・村山研・CIRA沖田研・サンディエゴ動物園Ryder研との共同研究
Stem Cells and Development (2022)

- ・ サバンナなどに生息
- ・ 世界で約2000頭のみ

ヒト iPS 細胞とほぼ同じ方法・因子で作成可能

Extinct (EX) Threatened (EW, CR, EN, VU, NT) Least Concern (LC)



絶滅危惧動物・オン・チップができれば

「種」の保存
病気のメカニズム解明
医薬品の開発
再生医療への応用

病気のメカニズム解明、医薬品の開発、再生医療への応用というかたちでつながっていくのではないかと考えています。

こういった取り組みは、当然私たちだけではできなくて、例えば京大の中だと、野生動物研究センター、ほかの大学、研究機関と共同で研究を立ち上げておりまして、保全生物コンソーシアムというかたちで研究を進めています。日本の中だけではなく、さまざまな海外の研究者とも連携し合って、いかに動物保全につなげていくのか、といったところが私たちの取り組みの1つになります。

最後のスライドになります。ご清聴ありがとうございました。



Thank you!