

題名	柳町隆造博士にゆかりの深い二人の研究者がふりかえる
Title	Commentary on the Achievements of the Laureate: Ryuzo Yanagimachi by two experts closely associated with him
著者名	阿久津 英憲／小倉 淳郎
Author(s)	Hidenori Akutsu / Atsuo Ogura
言語	日本語
行事名	第 38 回(2023)京都賞記念講演
出版者	公益財団法人 稲盛財団
発行日	2024 年 10 月 30 日
開始ページ	1 ページ
終了ページ	19 ページ
URL	https://www.kyotoprize.org/wp-content/uploads/2024/10/2023_yanagimachi_jp.pdf

英語版テキストURL：https://www.kyotoprize.org/wp-content/uploads/2024/10/2023_yanagimachi_en.pdf

——柳町隆造博士にゆかりの深い 二人の研究者がふりかえる

阿久津 英憲

ご紹介にあずかりました、国立成育医療研究センター研究所の阿久津英憲です。本来なら柳町先生ご自身が、とびきり優しい笑顔で、受精学とともに歩んだ探究心にあふれるお話を披露されていたのだと思います(Fig. 1)。そこではユーモアも交え、奥様である尋子先生と共に歩んだ研究人生に触れることができたのだろう、というふうにも思います。



Fig. 1

柳町先生の薫陶を受け、お人柄に引かれ、影響を受けた数多くの人の中で、私自身、若輩者ではありますが、少しでも柳町先生の人となり伝わればという思いから、せんえつながら今回の講演をお引き受けいたしました。よろしくお願いいたします。

先程のビデオでもありました、北海道大学学生の時、柳町先生は同級生と共に読み進めた教科書に記載されていた、ワイズマンのgerm-plasm theoryに大変大きな衝撃を受けたと言っておりました。柳町先生は魚で受精の研究を進めていた一方で、人間を含む哺乳動物では受精について知られていないことが多い、ということに気付きました。受精が、私たちを含む全ての哺乳動物のライフサイクルの最初のステップであるため、哺乳動物の受精を研究するということが、いつかとても重要になるとこの頃から考えておりました。

そして、当時哺乳類受精研究の偉大な先駆者であった、アメリカのチャン博士のもとで研究をする、という機会を得ております。柳町先生、32歳の秋にアメリカへ向かうということになります。奥様である柳町尋子先生と共にアメリカマサチューセッツ州にあるウースター実験生物学研究所へ留学することになりました。

ようやく念願になった哺乳類の受精研究、アメリカでの生活への期待と不安など、今の私たちには想像つかないような思いがあったのだと思います。

これが、当時唯一持参していたかばんです(Fig. 2)。お二人の夢を詰め込んだかばんであるのだと思います。大切に保管されているこのかばんと共に、柳町先生の姿から、いろいろな思いが想像されてきます。



Fig. 2

こちらはチャン研究室での一コマです(Fig. 3)。恐らくは恒例になっていたのだと思いますが、私がハワイ大学留学時代に、お正月に柳町先生のご自宅に研究室のメンバーを招待してみんなで楽しく新年を祝うパーティーを行っておりました。その際に、柳町先生はウースター研究所時代の写真をスライドで紹介してくれました。柳町先生は写真がとても大好きだったので、研究室の様子だけではなく、町の様子などたくさん見せていただきました。



Fig. 3

チャン先生のもとでの研究生活では、「動物体内での白血球と精子受精能獲得について」、これが与えられた研究テーマとなりました。「これは、あなたの生活の為の仕事、bread and butterだけでも、週の3日は実施すること。他の2日は自由なテーマで研究して良い。」ということだったとおっしゃって

おります。恐らくチャン先生は柳町先生を信じた上での自由を与えた、というふうに私は想像しております。

その2日で実施した研究が、歴史的な成果を生むということになりました。それについて柳町先生は、専門誌の総説の中で非常に興味深いエピソードを述べております。ある日、ちょっとした思い付きで、眼鏡レンズに他の実験で使用していたゴールデンハムスターの精子と卵子を培養液へ入れ、パラフィンオイルで覆い、実験室にあった小さな実験室オーブンで37度で培養を行いました。この右にあるのがそれを表した模式図になります(Fig. 4)。数時間後、期待せずのぞき見たレンズの培養液中で、精子が卵子内へ入り込んでいたのです。この瞬間が哺乳類の体外受精の誕生です。

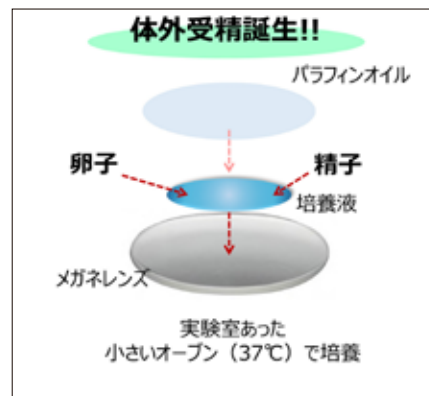


Fig. 4

そもそも、なぜ柳町先生は体内で自然に起こる受精を、わざわざ体外で再現するということにこだわったのでしょうか。それは、受精現象の理解をとことん突き詰めたい、という思いがあったからだと思っております。体内、詳細にいうと卵管の中で受精する現象を手元で再現できれば、研究が大きく進む、という思いだったと思います。そして副次的だったのが、医療目的の体外受精、IVFの発展への大きな貢献でした。

私は、柳町先生のこの自信に満ちた穏やかな笑顔のこの写真が好きで、ずっと眺めておりました(Fig. 5)。そこで、ちょっと「あれ？」と思ったことがありました。柳町先生のうしろに見える、この小さなオーブンは、あの小さな実験室にあったオーブンではないのかと、体外受精が初めて成功したあの小さいオーブンって、これなんじゃないのかなと、ふと頭をよぎりました。これは全くの思い過ごしかもしれません。私自身はよく思い込みをして失敗することがよくあります。ただ、この写真はちょっと震えるほど感動したので、この私の勘違いかもしれない思いを、ここで皆さんと共有したいなと思いました。



Fig. 5

ハワイ大学医学部で、自身の研究室を主宰することができました。38歳の頃です。ここで受精現象を突き詰める、数々の成果を挙げてまいります (Fig. 6)。

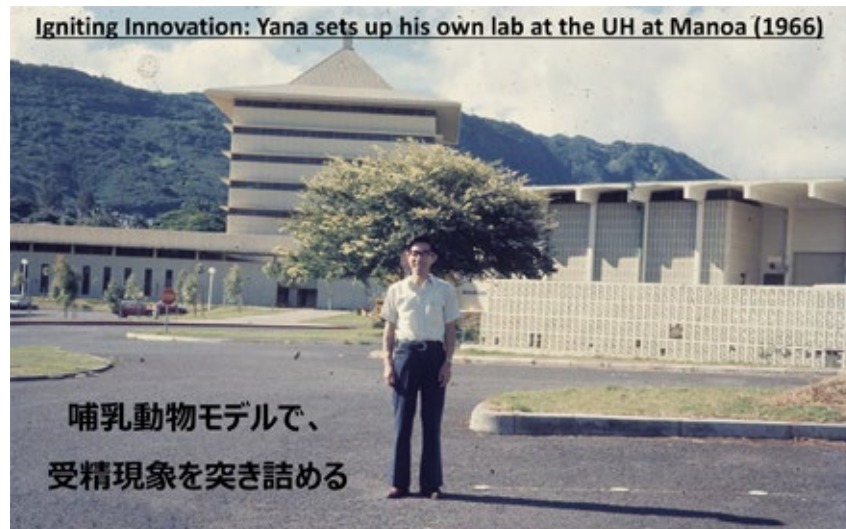


Fig. 6

柳町先生は観察をととても大事にしていました。いち早く電子顕微鏡装置を研究室に導入し、膨大な重要な写真をベースに、数々の論文を報告しています。生殖生物学ではとても重要な教科書となる、*The Physiology of Reproduction*、こちらの赤い雑誌ですが、柳町先生が担当された一つの章「哺乳類の受精」では、引用した論文数が1735にも及びます (Fig. 7)。その電子顕微鏡撮影のサポートは、奥様である柳町尋子先生が行っておりました (Fig. 8)。受精現象を捉える数々の素晴らしい電子顕微鏡写真は、柳町先生ご夫妻の共同作業のたまものになります。



Fig. 7



Fig. 8

柳町先生は数々のご講演やご自身の総説の中でも、若い人へのメッセージをよく伝えていました。まず、「重要で未来に花開くことを考えなさい。何が根本的に重要か、本質は何かを問い続けていなさい。」二つ目は、「明確なビジョンを持って、よく練ってアプローチを考えなさい。」3点目として、「必要な情報はしっかりと集めなさい。必要なら他の研究者の力を借りなさい。」確かに、柳町先生は分野を超えて共同研究をととても大事にされておりました。

さて、こちらは日本における生殖補助医療 (ART) の現状になります (Fig. 9)。このグラフは2020年までですが、現在ではARTによる出生児数が約7万人程になっています。そのうち顕微授精で産まれる赤ちゃんの数は2850人です。現在、ほとんどが凍結保存胚による妊娠、出産になります。このグ

レーのバーになりますけども、その元になる受精卵はICSIも含まれるので、現実的にはこの2850人より、さらに多くの数の赤ちゃんがICSIつまり顕微授精で生まれているということになります。顕微授精は現在のARTではなくてはならない医療技術となっています。

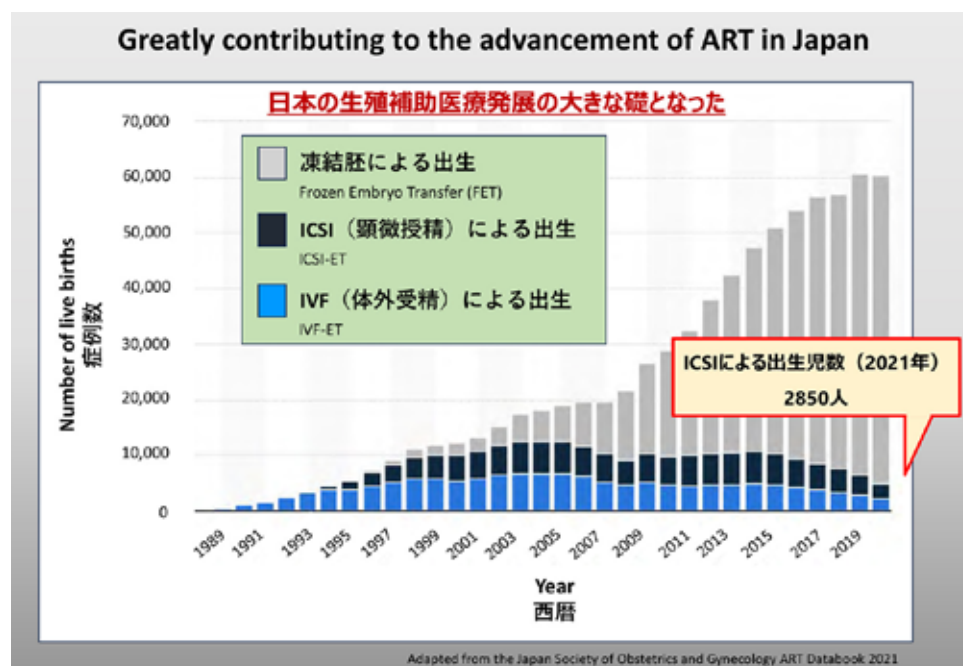


Fig. 9

さて、この日本で最初のICSIの成功事例は1994年になります。福島県立医科大学の産婦人科グループが、ICSIによる出産例を1994年に報告いたしました (Fig. 10)。その当時、国別ではベルギーに次いで2番目の国となり、日本は生殖補助医療技術では世界を先導する国となっていきました。その福島医大のICSI臨床チームは、全員が柳町研究室で柳町先生の薫陶を受け、研究を行っていた産婦人科医となります。



Fig. 10

さて、ハムスターやヒトでは成功していた顕微授精が、実験動物の花形になっていたマウスではなかなか成功しませんでした。柳町研究室でも何人もの勇敢な研究者、ここではあえて勇敢と言わせていただきますが、チャレンジをしておりました。しかしながらなかなか汎用化までには遠く及びませ

んでした。

福島医大産婦人科から留学していた木村康之先生もその一人でした。結果的に、新たなICSIシステムであるピエゾパルス装置を応用した通称ピエゾICSIを構築し、マウスICSIが劇的に向上しました。卵子を鋭敏に優しく穴を開けて精子を注入する技術になります。硬い透明帯もこのように、きれいにせん通することができます(Fig. 11)。

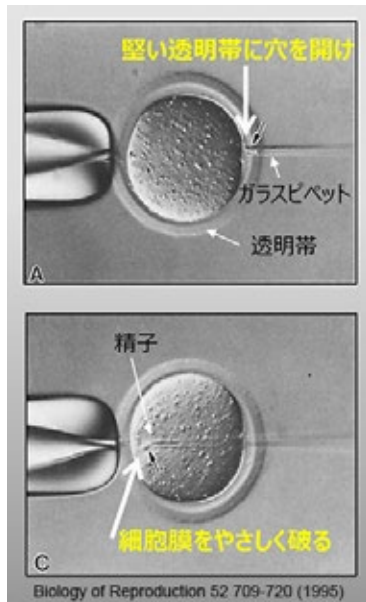


Fig. 11

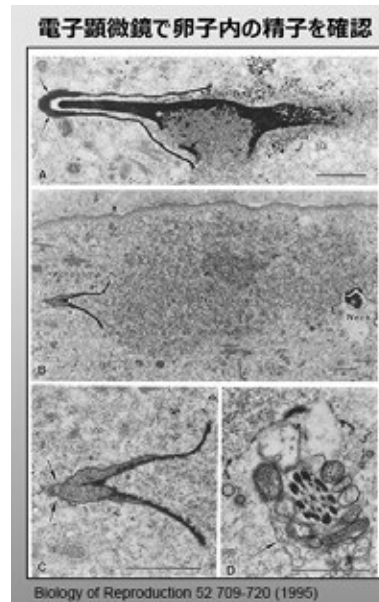


Fig. 12



Fig. 13

精子が卵子内へ確実に入っているかどうかは、この論文では電子顕微鏡により詳細に観察、証明しています(Fig. 12)。柳町研究室らしい証明の仕方になります。そして実際に、ICSIにより受精した胚から産子が得られております(Fig. 13)。

海外から柳町研究室へ来ていた研究者との何げない会話から糸口を見つけたこと、研究室の棚にほこりをかぶって置いてあったピエゾ装置を活用したことなど、木村先生の成功の経緯も、柳町先生がチャン研究室で実験室オープンを使ってIVFを成功させた感じと少し似ているのかなというふうにも思いました。

このピエゾICSIも現在では、不妊治療の現場で広く活用されております。先端が平坦になったピペットに精子を取り込み、硬い透明帯をピエゾパルスで穴を空けます。そして精子をピペットの先端まで移動させ、卵細胞の膜をずっと押し込んでいき、その奥まで行ったところでピエゾパルスで膜を優しく破って精子を卵細胞の細胞質内に注入する。これがピエゾICSIになります(Fig. 14)。

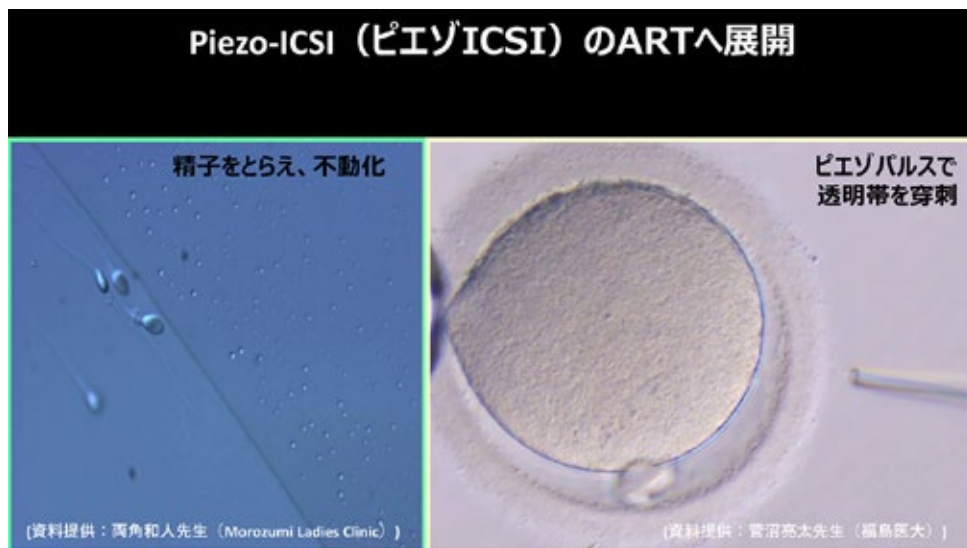


Fig. 14

柳町先生は、とても気さくで人との壁を作らない先生でした。どんなに若い研究者学生であっても、研究のフィールドであって是对等であったように思います。つまり、柳町先生は信頼するということをととても大事にしていました。研究の自由度も高かったように思います。

ただ、「研究が面白いかどうか」をよく問われていました。その「面白い」ということは、膨大な知識に裏付けされた中でミッシングピースを埋めることができるかどうかということ、一見楽しそうにも見えます。しかし、柳町先生の「面白い」という本質まで理解するのに、こちらからもそれ相当の知識を蓄える必要がありました。

この巨木のように柳町先生は知の巨木であり、さまざまな分野の人がその周りに集まり、寄り添って安心して交流し、活発な研究が進められておりました(Fig. 15)。研究者は恐れなく、新しいことにチャレンジしていける、なかなか困難なところにぶつかったなら、柳町先生にアドバイスを求めてこられる、そんな安心感がありました。柳町先生のもとでは、いろいろな分野の研究者の交流が活発でした。柳町先生は研究者だけでなく、大学のスタッフからも慕われておりました。



Fig. 15

柳町先生には何歳になっても擦り切れない純粋さがあって、私は、それが多くの人を引きつけているようにも思いました。

最後に個人的なエピソードですが、私は留学中に出会いがあって、結婚式まで挙げました。柳町先生、尋子先生を含め、ラボの皆さんから祝ってもらったのも、唯一無二の留学成果なのかもしれません。

ご清聴どうもありがとうございました(Fig. 16)。



Fig. 16

小倉 淳郎

ご紹介にあずかりました、理化学研究所の小倉です。本日は、柳町隆造先生のご功績についてお話をさせていただきます。本来であれば、この写真のように柳町先生の元気なお姿がここにいらっしゃるはずなのですが、残念ながらそれはかないませんでした(Fig. 17)。そこで今日は、柳町先生でしたらこういう話をするんじゃないか、ということを柳町先生をしのびながら話をさせていただきます。せんえつながら柳町先生のご発表のスライドもお借りしながら発表したいと思います。



Fig. 17

先ほど阿久津先生が柳町先生のお人柄、そして医学への貢献ということを話されましたので、私は時系列でウースター研のチャン先生との関わり、そしてハワイ大学でのご功績、そして最近のご活動について話をしたいと思います。

これは柳町先生のスライドですけれども、1960年から1964年までウースター研のチャン先生のラボにいらっしゃいました。ここのところに、Three days a week policyとあります(Fig. 18)が、これは先ほど阿久津先生がおっしゃった、3日はサラリーの仕事をして2日間は自由な研究をされているという、そういうことを多分示されているのだと思います。

米国 Worcester Foundation
for Experimental Biology へ

1960 - 1964

1960 - 1964 Postdoc work at WFEB (USA)

Fulbright travel fellowship
\$ 4,000/yr salary

MC as mentor 3 days a week policy

- a) Egg's fertile life
- b) Sperm capacitation in vitro (Nature) 体外での精子受精能獲得
- c) Sperm ascent in female tract
- d) Live sperm entry into egg (MCC)

柳町先生ご講演(2017)のスライドより

Fig. 18

そして主な仕事として、ここにSperm capacitation in vitroとあります(Fig. 18)。これは日本語では

体外での精子受精能獲得ということで、これについて少し説明させていただきます(Fig. 19)。哺乳類の受精は、精子がすぐに受精できるわけではありません、準備段階が必要です。ここに赤字でございますけれども、受精能獲得と超活性化、そして先体反応、この二つがなければ受精できません。チャン先生、柳町先生は、この二つの現象を追い求めました。この先体反応というのは精子にある、この袋が破れて中の酵素が飛び出すという反応です。これが終わりますと、精子と卵子膜が融合できる、すなわち受精ができます。そして、これを全てスキップするのが顕微授精となります。こういう模式図になります(Fig. 19)。

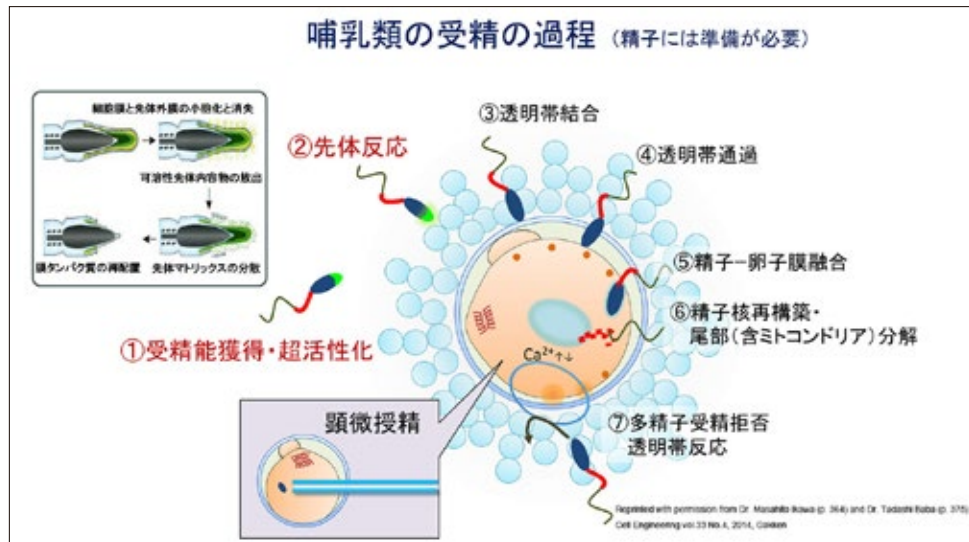


Fig. 19

そして柳町先生が留学される時代、世界には3人のパイオニアがいっぱいいました。米国のチャン先生、英国のオースティン先生、フランスのティボー先生です(Fig. 20)。柳町先生はチャン先生にお手紙を書いて、チャン先生は柳町先生をお引き受けされました(Fig. 21)。この時のことを後の書物で柳町先生が書かれているんですが、柳町先生は当時哺乳類の仕事はされていなかったです。



Fig. 20



Fig. 21

ですからここにありますが、M.C. Chang was brave enoughというのを書かれています。そのくらい感謝をされていました。それから、チャン先生は柳町先生のメンターにあたりますが、柳町先生はすごく信頼をされていて、ヤナと呼ぶようになったのはチャン先生だということです。この十数年前に、中国と日本は不幸な関係にありましたが、柳町先生はそれを気にされて、「チャン先生何で私を引き受けてくれたのか」ということをおっしゃったそうです。そこで、ここにもチャン先生は書かれていますけれども、All scientists are international citizensということで、科学の成果は一つの国が独占してはいけないんだというこういう広い心を持っていたらいいと思います。この心というのは柳町先生に引き継がれ、そして、われわれに引き継がれています。という、私たちは引き継がなければなりません。

そしてチャン先生のもう一つ大きな業績が多くの日本人を柳町先生の後に引き受けたということがあります。皆さんもご存じの方も多いと思いますが、これだけの日本人の方がチャン先生のもとに留学して、日本に戻られてから大活躍をされています。ですから、チャン先生は日本の生殖生物学の恩人でもあるのです。このところを覚えていただければ、と思います。

チャン先生の主な仕事としては、ウサギの体外受精がございます(Fig. 22)。これは1959年で、柳町先生が留学する前のお仕事になります。ウサギの体外受精によって、このように見事にウサギの産子を得ています。この成功のポイントというのが、ここにございますけれども、雌の体内で受精能獲得した精子を使ったということです。逆に言えば完全なインビトロ(試験管内)の受精ではない、ということになります。

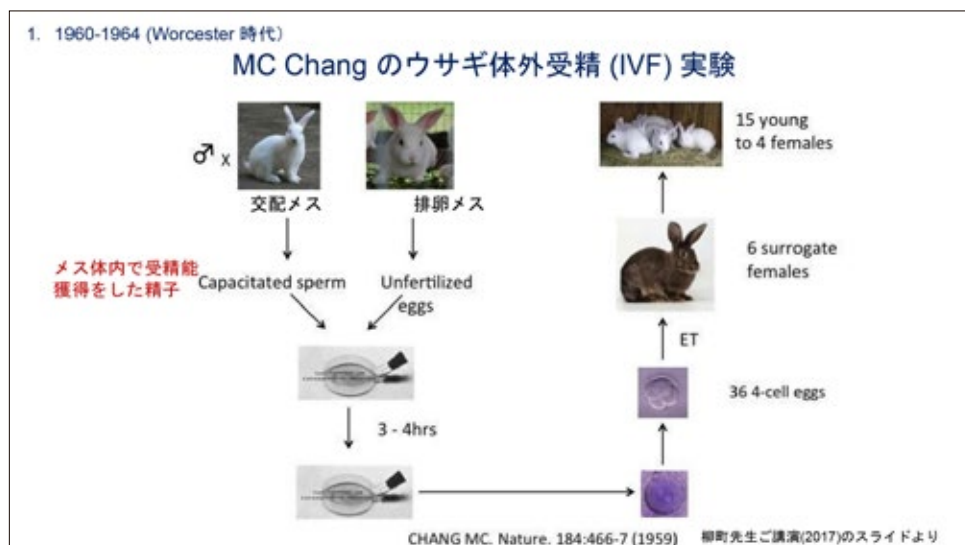


Fig. 22

では、完全な体外受精を生み出す、ということで柳町先生とチャン先生が挑んだのが、ハムスターを使った実験でした。ハムスターの精巢上体という精子の溜まっている袋から精子を取り出して、体外で受精能獲得をして先体反応をさせ、このように見事な受精卵を得ることができました (Fig. 23)。

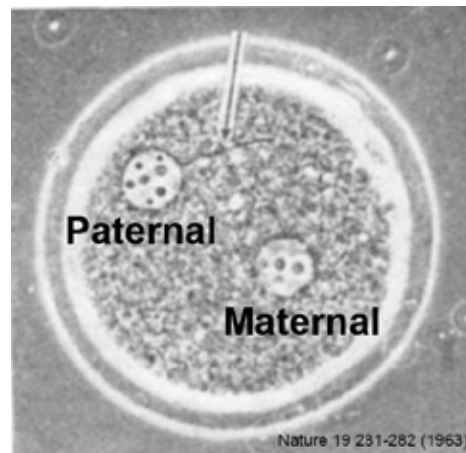


Fig. 23

この精子由来の核には、ちゃんと尻尾があります。ちゃんとした受精卵です。これが世界の受精研究の始まりになります。ここから世界中の方々が受精研究を開始されたと言っても過言ではありません。ここで恐らく皆さんが疑問に思うのが「何でハムスター？ウサギでもない、マウスでもない」と思われると思います。

この時点でやはりこれは柳町先生の見識があるんですが、ここにございますが先体、先ほど申し上げた袋ですけれども、これがハムスターの場合、先体反応が起こると普通の位相差顕微鏡で確認ができます (Fig. 24)。

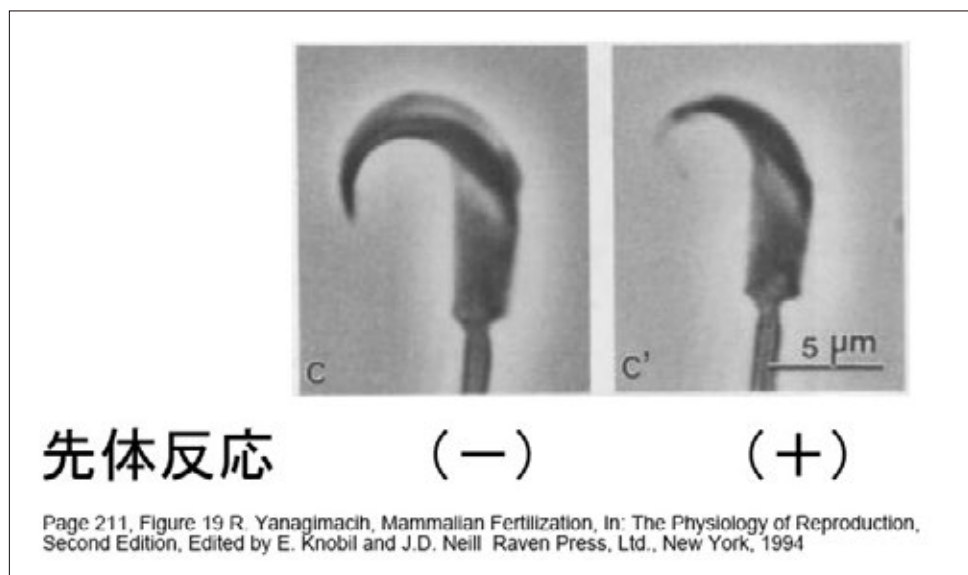


Fig. 24

ということは、インビトロでこういう条件でやれば先体反応が起こるということを、柳町先生は知ることができたわけです。そして精子の超活性化運動がありますし、そして後に述べますけれども、卵子が注入に強いんです。なぜかハムスターの卵子は注入をしても死にません。これによって体外受精、そして顕微授精へとつながります。ここで注意をしていただきたいのは、注入すると胚が発生を停止してしまうことです。これはハムスターの特性なんですけれども、胚が発生停止してしまうから子供

にはなりません。後ほど述べますが、これが一つ大きなポイントになります。

そして2年間帰国をされた後、ハワイ大学にいらしたボブ・ノエス先生が同大学へ柳町先生を呼ばれます。柳町先生はこの時に初めてtenure、すなわち常勤になります。柳町先生はノエス先生についても、すごく感謝をされていました。

ここから柳町先生の大活躍が始まります。ここに柳町先生のスライドで小さくですね、本当に小さく38 years oldと書かれているんですけども、先ほどもスロースターターだということをおっしゃったと思います(Fig. 25)。確かに38歳というのはスロースターターかもしれませんが、ここからすごく目覚ましい活躍をされます。

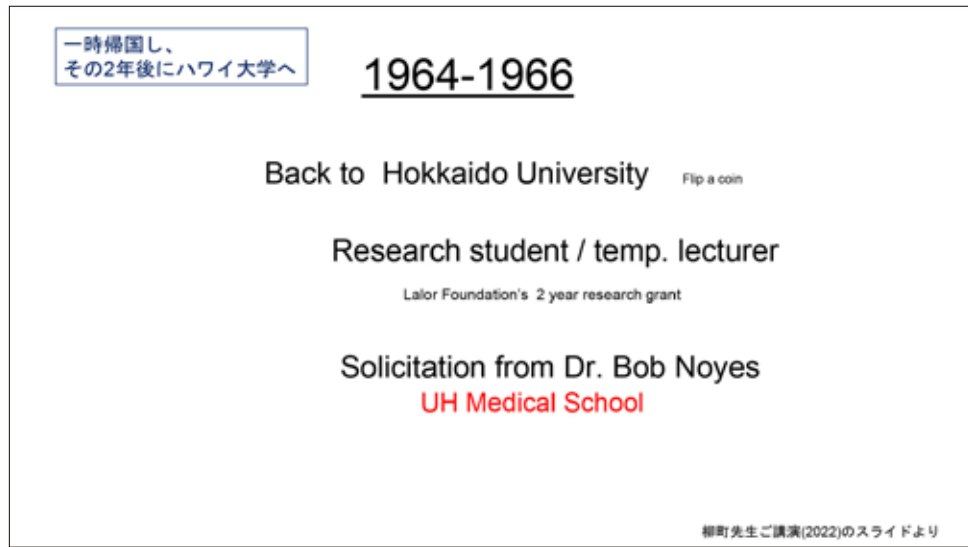


Fig. 25

主なお仕事として受精機構の解析、補助受精技術ICSIやIVFです。そしてクローン、トランスジェニックとなります。ここにEMとございますが、これはElectro Microscopy、すなわち電子顕微鏡で、これは先ほど阿久津先生がおっしゃった、奥様の尋子先生のお仕事になっています。尋子先生はもとも児童心理学が専攻だったと聞いております。ただ、この当時の受精の研究には電子顕微鏡が必須でした。そのため、この尋子先生は電子顕微鏡技術を学び、長年にわたり柳町先生を支えられました。この点はここで強調したいと思います。

そして私が留学して驚いたのが、やはり柳町先生のラボは、さすがにすごく統制がとれている、そしてここにありますように、誰もが実験ができるようになっていることです。これはハムスターノートと呼ばれるものですが、100ページに及ぶ、柳町先生自らタイプライターを打って自ら図を描いている、こういうプロトコールがありました(Fig. 26)。これによって来た方々、留学生全てがすぐに実験を始められる体制になっていました。その他にも、今でも学ぶべきことがいっぱいあります。

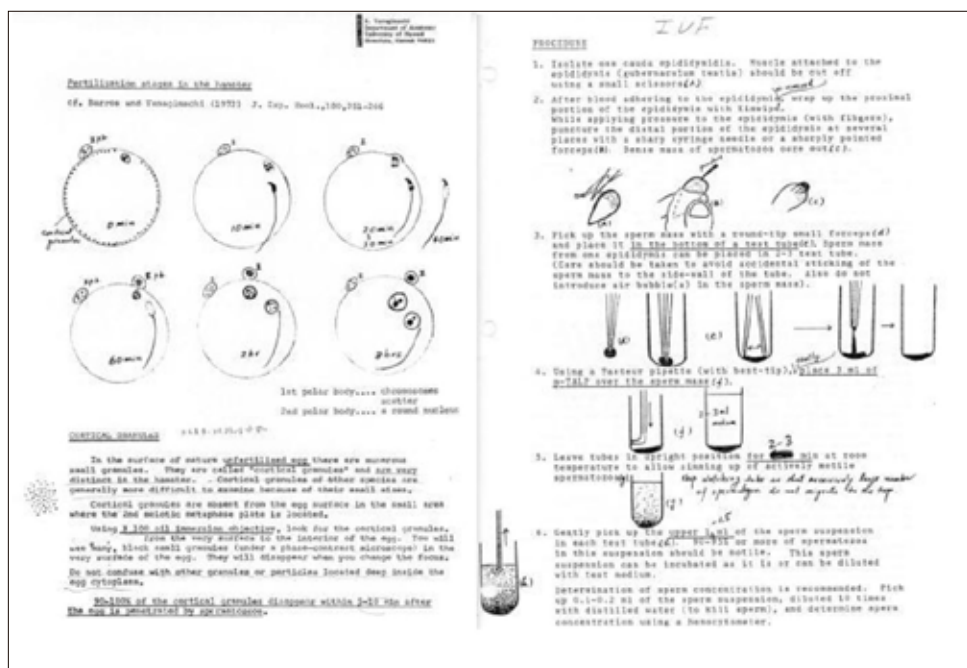


Fig. 26

そして、1976年に初めて哺乳類の顕微授精が成功します (Fig. 27)。これは沖縄からいらしていた上原先生が成功されたもので、ここでやはりハムスターを使ったということがポイントになります。ただし倒立顕微鏡はなく、正立顕微鏡を使いました。ですから、上原先生は頭の中で180度物事を回転して、本来だったら上下左右逆になるものを全て自分の頭で翻訳をして、このように見事な受精卵を作られています。

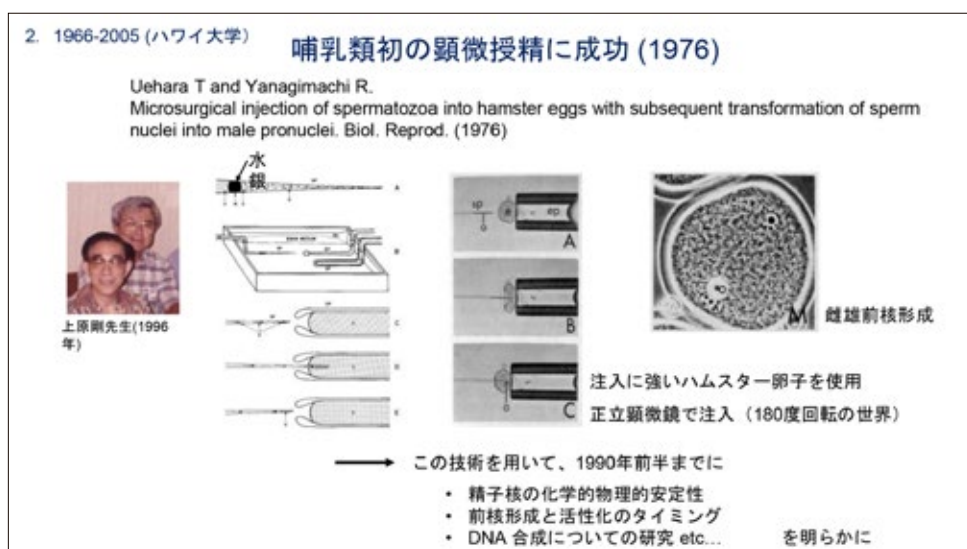


Fig. 27

これが成功したことで、受精の基本的な仕組み、例えば精子がいかにして卵子の中で膨大するか、その条件はどういうものか、といったものを明らかにしていかれました。

しかし、そこで一つ、柳町先生もずっと悩んでいたんですが、受精卵と呼ぶには本来子供にならないといけないんじゃないか、ということをやっと考えられていました。これはちょうど私が留学した頃なんですけれども、ハムスター卵子は注入ができるが発生しません。マウス卵子は多分注入できたら発生するけれども、この当時は注入ができませんでした。注入をすると全て死んでしまいます。

そこで柳町先生が新しく考えたのが電気膜融合です (Fig. 28)。電気膜融合で注入をしないで顕微授

精をするという技術です。ここにありますが、精子は実は物理的に電気融合ができません。そのため、ここにありますが円形精子細胞という、減数分裂直後のまだ丸い未成熟の精子を使います。これによって産子を得ることができました。これで初めて顕微授精で産子を得ることができ、そしてなおかつ、マウスの場合はなんと精子を使う前に円形精子細胞で子供を作ることができました。

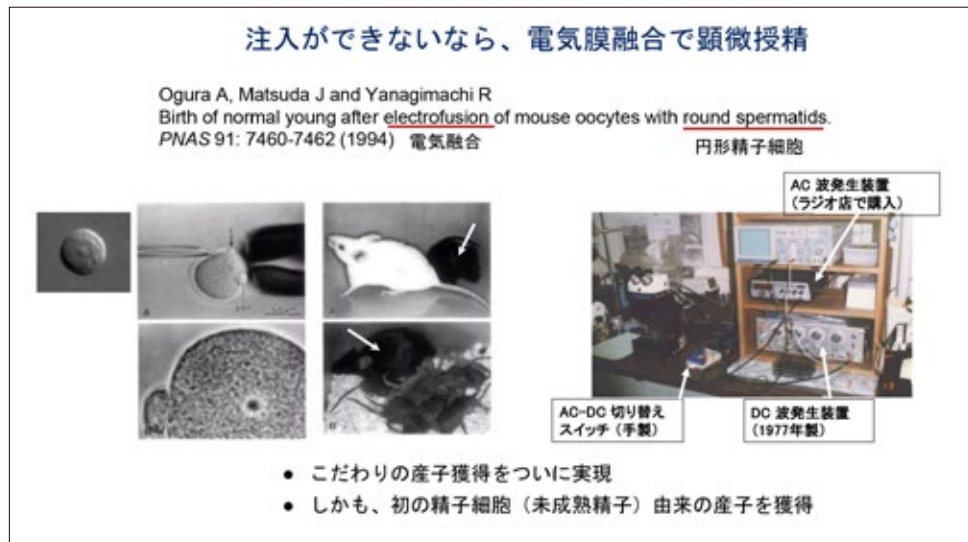


Fig. 28

当時は膜融合装置がありませんので、さまざまな装置を組み合わせて作ったんですが、ここで私が驚いたのが、矩形波の電気を発生する、一番大事なDC発生装置というものが1977年製として倉庫に眠っていたんです。これはもう、こういう実験をするために柳町先生が買っていたとしか思えないので、これも柳町先生の先見性に非常に驚いたことを覚えています。

今の実験は、かなりややこしい時間がかかる実験だったんですが、そのまさに翌年にピエゾマイクロマニピュレータを用いたマウス顕微授精が成功します(Fig. 29)。これは木村先生のご業績です。これの一番大きなポイントは、単に顕微授精ができるということではなくて、あらゆる状態の精子が注入できるようになったということです。そして、この技術は核移植クローンへ応用されていきます。

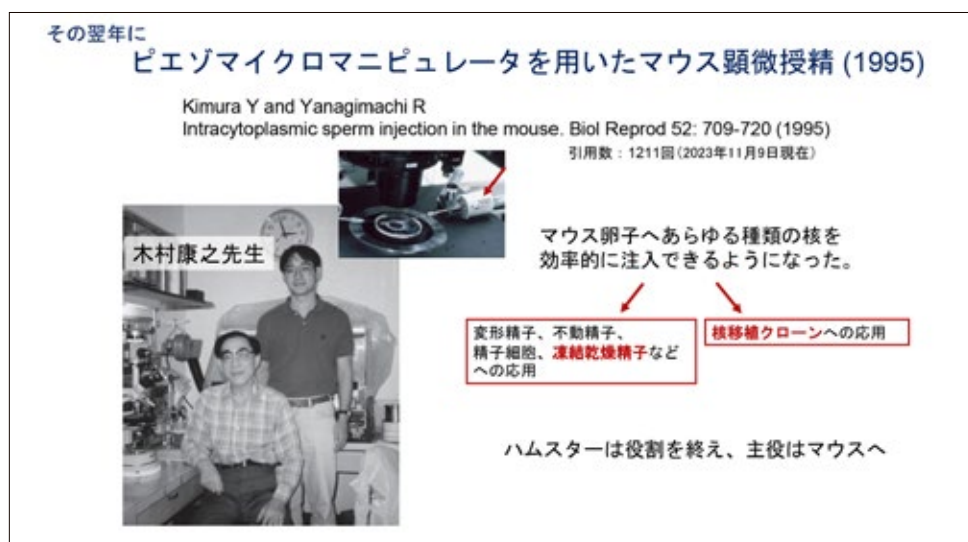


Fig. 29

そしてこの時点でハムスターは役割を終えて、主役はマウスへと移ります。そのうちの応用の一つが、凍結乾燥精子からのマウスの産子作出です(Fig. 30)。フリーズドライ、これは皆さんもご存知のようにインスタントコーヒーやインスタントスープと同じです。ですから水に戻せば元に戻るという

もので、精子もフリーズドライをして水をかければ、それを注入すれば子供になるという魔法のような実験です。

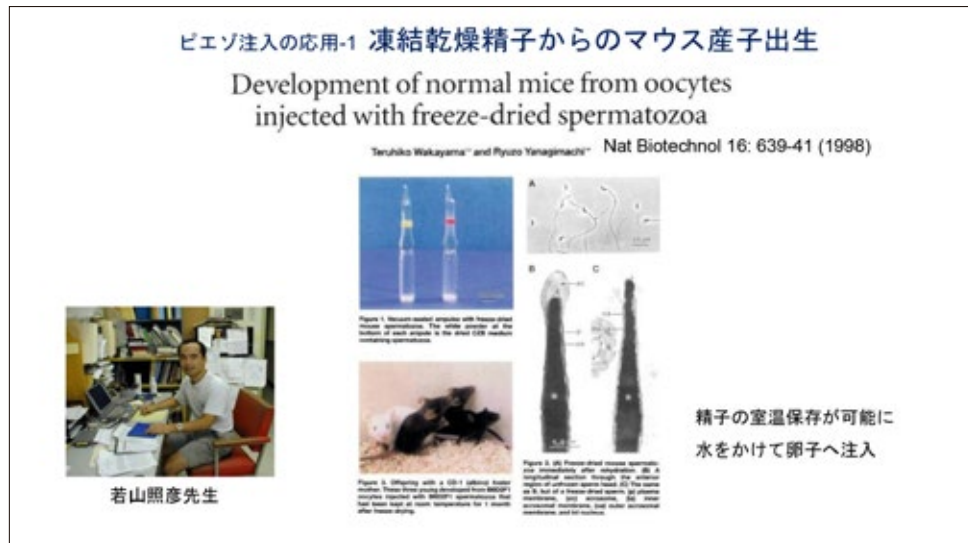


Fig. 30

これを達成したのは当時留学をされていた若山先生で、現在では山梨大学の教授をされています。この年代、すなわち1998年は非常に驚くべき年で、同じ年に若山・柳町のペアがクローンマウスの誕生を成功させます。ドナー細胞に使った卵丘細胞、cumulus cellから名前が付いた、このCumulinaという最初のクローンマウスは『ネイチャー』誌の表紙を飾り、そして1歳2歳と長生きし、現在は剥製になって博物館で飾られています (Fig. 31)。

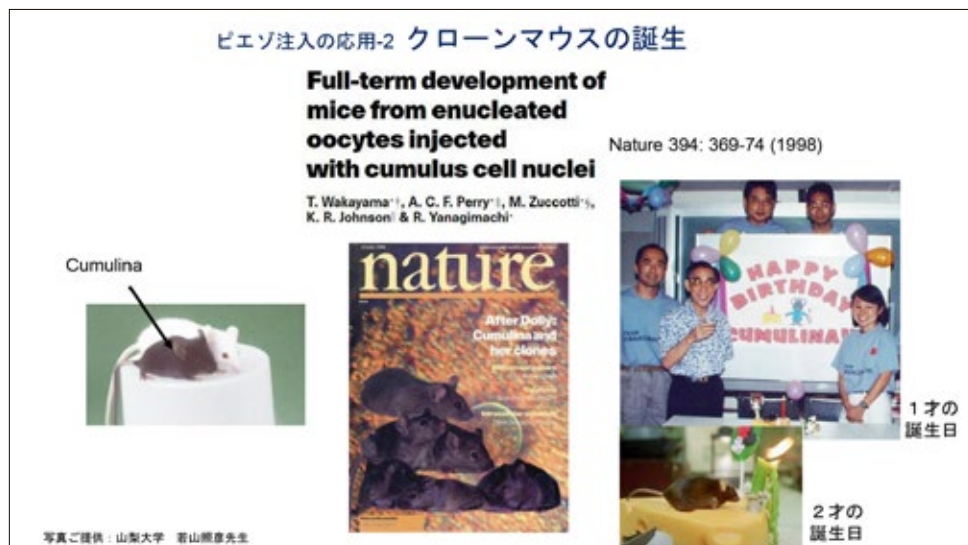


Fig. 31

これは本当に発生生物学上大きな出来事ですが、その反響もこれだけございました (Fig. 32)。『ワシントンポスト』紙に掲載されたり、『ニューヨークタイムズ』もございます。そして州知事からの表彰もあったりと、非常に多くの大きなインパクトがございました。



Fig. 32

そしてその功績が認められ、2000年にはハワイ大学にInstitute for Biogenesis Researchが創設されます(Fig. 33)。もちろん、最初の所長は柳町先生です。これが2000年当時の写真ですが、柳町先生、尋子先生、阿久津先生がいらっしゃいます。今日もいらしているスティーブン・ワードも、後ろの方にいらっしゃいます。そして現在、ホームページから取らせていただきましたが、もちろん柳町先生がここにいらっしゃいます。このIBRは発生生物学、生殖生物学のメッカとして、発展し続けているところであります。





Fig. 34

ここで一つだけ、最近のお仕事をお話したいと思います。「ハムスターの精子先体酵素アクロシンは透明帯通過には必須である」というもので、柳町先生と私が最近発表したものですが、ここにございますように柳町先生はワードの履歴機能は使いません (Fig. 35)。手書きで、このようにPDFで著者と共同研究者とのやり取りをします。そして、このように手描きの図もあります。これも、私の宝物として大事にしているものです。



Fig. 35

これによって、原点のハムスターへまた戻ったところでもあります。これも感慨が深いところであります。

終わりに一言 You have life only once ということで、柳町先生の仕事観ですが (Fig. 36)、Find a job you can enjoy, not the one you can tolerate. ということで、楽しめるお仕事を探しなさい。それから early starter は必ずしも成功者でない、slow starter であっても良い仕事をしなさい。それから Mother Nature から学びなさい。それから誰が何と言おうと仕事を探してそれを楽しみなさい。そしてその仕事の中ではナンバーワンでいなさい。ということをおっしゃっています。ぜひ、これを若い方々にも伝えていければと考えております。

おわりに..

You have life only once



Find a job you can enjoy, not the one can tolerate.

Early starters are not necessarily the first finisher.

Basic scientists: Your subject is Mother Nature, but you cannot work by yourself.

Find and enjoy the work that you think very important no matter what others say.

Be No. 1 in the world in one thing you study.

2017.12.6 つくば市ノバホールにて

Fig. 36

本発表スライド作成にご協力を頂いた方々（順不同）

日野 敏昭 先生 （旭川医科大学）
 山海 直 先生 （医薬基盤・健康・栄養研究所）
 若山 照彦 先生 （山梨大学）
 山崎 由起子 先生 （ハワイ大学）
 Dr. Stefan Moisyadi （ハワイ大学）
 阿久津英憲 先生 （国立成育医療研究センター）
 春見 達郎 先生 （旭川医科大学）
 松原 創 先生 （金沢大学）
 佐藤 裕公 先生 （群馬大学）
 伊川 正人 先生 （大阪大学）
 稲盛財団の方々

この場をお借りして厚く御礼を申し上げます

Fig. 37

最後に以上の方々が本スライド作成に当たり、ご協力をいただいた方々です。この場を借りてお礼を申し上げます(Fig. 37)。

ご清聴ありがとうございました。