

第5回「万能細胞と生命倫理」

—広い視野でのリスク ベネフィット吟味と合理的判断の必要性—

長谷川和子（京都クオリア研究所）

京都大学の山中伸弥教授が iPS 細胞でノーベル賞を受賞、一方で理化学研究所の小保方晴子さんの STAP 細胞問題が起こり、万能細胞に対して私たちの関心が高まってきています。この万能細胞を使った難病治療等もすでに始まっていますが、この万能細胞と私たちはどのような関係を持つことができるのか、万能細胞を治療に使える人と使えない人ができ、貧富の差というものも、これから、大きな問題となってくるのではないのでしょうか。倫理の問題は、私たちが直面せざるをえないテーマです。

第5回は「万能細胞と生命倫理」をテーマに、中辻憲夫教授にスピーチしていただきます。

中辻 憲夫（京都大学物質—細胞統合システム拠点（WPI-iCeMS）設立拠点長再生医科学研究所教授）



私は、万能細胞は、多能性幹細胞と同じ意味ですけれども、2003年ぐらいに、ヒト ES 細胞を、日本でどこかが作って、みんなに配布して、という、つまり、多能性幹細胞研究を日本でも進めなきゃいけないという事になったんですね。当時、私は、再生医科学研究所にいて、マウスの ES 細胞を 1984 年からやっています、製薬会社の人に協力して、サル ES 細胞を 2000 年に作ったということもあって、日本で、だれか一人が、ヒト ES 細胞を作り、それをみんなに無償配布して研究を進めると

いう、簡単じゃない、かなり困難な役割を引き受けることになったんですね。その時点で、いろんな倫理的問題とか社会的な問題という、通常の研究者ではあまり関わらない問題に関与するっていうことを決心して、自分でいうのもおかしいですが、京大の末盛博文准教授が頑張ったんですけど、厳しい規制の中でも見事に作って、みんなに配りました。そのことによって、私は、厳しすぎる政府指針と公言していますけれども、ヒト ES 細胞の研究が、思ったほどの広がりにはなかったのですが、それでも、五つぐらいの研究グループが、日本では、ヒト ES 細胞に関する研究で世界的に競争できるような成果を上げたのです。

そのグループが、実は、山中さんが iPS 細胞を作ったことによって、私達を含めてヒト iPS 細胞の研究も進めていて、日本はすごく力を入れておりますが、現実的に見ますと、その後、世界と競い合えるような iPS 細胞の成果を上げているのも、同じ 5 研究グループとそのお弟子さんたちだというのが現状なんですね。つまり、最初に、もう結論を言ってしまうんですが、ヒト多能性幹細胞っていうのはすばらしい能力を持った細胞で、その純正品としてできているのが ES 細胞、それを人工的に作ったのが iPS 細胞。及び、また次々いろんな種類ができてきますけど…。

今、私、ツイートやっていて、3000 ぐらいフォロワーがいるんですよ。それで、例えば眼の網膜の変性症で、FDA の承認を得てアメリカでヒト ES 細胞から作った網膜色素細胞の治験をやった ACT という会社が、2、3年の経過観察により、18人に移植して、安全であるだけでなく、半数以上の患者で視力の回復が見られたという研究発表を、ランセット（The Lancet）という有名な雑誌に発表したとか、今朝

かな、インシュリン分泌細胞をヒト ES 細胞から作って、透過性カプセルに封じ込めて、安全性とか拒絶反応をクリアしたものを治験の最初の患者さんに、サンディエゴで移植した、というニュース。あるいは、脊髄損傷の治験は、昔、ジェロンっていう会社が始めたんですけど、資金難で中断したんですね。安全性は確認したんですけど…。それを引き継いだアステリアス・バイオセラピューティクスっていう会社が、今、治験を再開しようとしているとか…。つまり、ヒト ES 細胞は、欧米では、ホントの治験のフェーズに行こうとしているわけで、次々とニュースになっていて、こういうのが世界の研究者のツイートではワイワイと話題になるのです。でも、そのニュースというのは、実は、日本では、ほとんど流れてこないんですよ。それも非常に問題点で、例えば、さっきのランセットに載った網膜ですばらしい成果が上がったというのは、世界で ちょっと検索すると 300 件ぐらいのニュースが出てくるんですよ。それが、日本では、同じ時に、ウォールストリートジャーナルの日本語版が出て、共同通信がワシントン発でほんの数行のニュースにしかじけだったんですよ。その後、全く無視されたままです。で、きのうでしたか、やっと、NHK が小さなニュースにしたようなんです。それにしても、やっぱり、テレビの影響力はすごいですね。そうすると、ツイートの反応具合もすごくて、まあ、2 週間遅れでも、報道した方がしないよりはまし、ということですが。

まあ、あまり過激にならないようにしようと思っただけですが、私は、世界の研究者からすると、多分、自負じゃなくて、「憲夫が言ってることは、まあともで、世界の科学者のコンセンサスだ」というのに近いと思うんですが、日本で、ES 細胞のこととか、今言ったようなことしゃべると、「中辻教授はおかしい」、「偏向している」というふうに捉えられる。これは、何か、日本全体が「洗脳」って言ったら、言い過ぎかもしれませんが、それに近いことになっているという気がします。

それで、みなさんにお配りした資料に「ES/iPS 細胞をめぐる日本社会での誤解と単純化」ということで計 10 項目を載せております。(資料 2 ページ) 例えば「誤解」は「ES 細胞を作るには子供になる初期胚を壊す必要がある」「ヒト ES 細胞研究にキリスト教信者の大半が反対」「iPS 細胞には倫理問題がない」

「iPS 細胞が出来たので ES 細胞の研究はもう不必要になった」など 7 項目。「単純化」は「日本が iPS 細胞の研究で世界をリードしている」など三つです。私が単純化と言っておりますのは、最初からそんなふうを考えてしまっているの、それを前提条件にせず、もっと本当にそうかどうか検討する必要があるんじゃないかという意味です。それで、これ見ると、多分、みなさん、「これのどこがおかしいの、みんな日本では正しいといわれていることばかりじゃないか」、と思うかもしれませんね。これらすべてが誤

ES/iPS細胞をめぐる日本社会での誤解と単純化

誤解

- ES細胞を作るには子供になる初期胚を壊す必要がある
- ES細胞だと免疫拒絶反応があるので細胞治療に使用できない
- ヒトES細胞研究にキリスト教信者の大半が反対

- iPS細胞とES細胞は性質が全く同じ／体細胞の初期化は完璧
- iPS細胞には倫理問題が無い
- iPS細胞が出来たのでES細胞の研究はもう不必要になった
- HLA型のiPS細胞バンクが出来れば免疫拒絶反応は無くなる

単純化

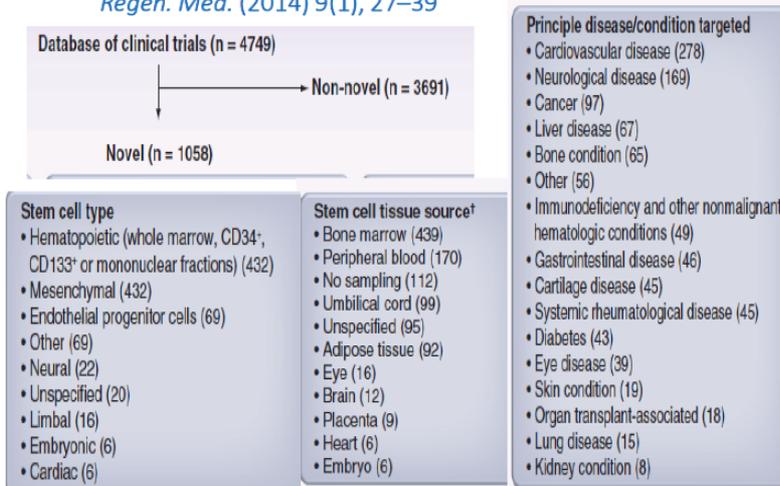
- 患者由来iPS細胞が再生医療のためには最適な細胞株だ
- 日本がiPS細胞の研究で世界をリードしている
- 再生医療が産業発展に貢献／細胞治療が新ビジネスになる

解と単純化という話で納得してもらえるかどうかわかりませんが、とりあえずイントロダクションです。

幹細胞、「かんさいぼう」と読みますけれども、英語では Stem Cell で、「幹」という字が使われておりますように、木の幹からいろいろ枝分かれしていろんなモノができるというふうに、体の中でわれわれの臓器組織を維持して、いろんな働きをする細胞を作る元になる細胞です。そこから、前駆細胞がで

きて、実際に機能する細胞ができるわけですね。種類は、大きく、多能性幹細胞、つまり万能細胞と呼ばれるものと、組織幹細胞に分かれます。組織幹細胞のほうが理解しやすく、例えば、造血幹細胞が、一番昔から研究されていて、実は、幹細胞を使った治療で、FDA から正式な認可をアメリカで得て、確立している医療ってというのは未だに造血系幹細胞だけという話がありますね。ここは、間葉系幹細胞とにかんする治療は、まだ先進医療なので…。で、血液の中にはリンパ球、白血球、赤血球、血小板がありますけど、こういうものは寿命があります。数カ月とか一ヶ月で傷んで消えていきます。そうすると、必要な数と種類の血球を維持するために作る必要があるわけですね。それが前駆細胞で、前駆細胞をつくる元になる幹細胞があって、大元の幹細胞はわれわれの骨髄の中にあるわけです。

The global landscape of stem cell clinical trials
Li, Atkins & Bubel
Regen. Med. (2014) 9(1), 27–39



で、非常にこの増殖はタイトにコントロールされていて、出血すると、臨時にたくさん作りますけども。ただ、癌化すると勝手に増えだします。それが白血病ですね。で、白血病の治療は、細胞分裂している細胞がDNAを複製していると、放射線の照射に弱く、DNAが壊れるので、放射線照射をしますと、白血病の癌細胞は死にますね。でも、幹細胞も死んじゃうから、癌は死んだけど、その患者さんも貧血で死ぬことになりますね。それで、他の人から、

造血幹細胞をもらってきて移植してうまく定着すれば、私は、臨床医ではありませんけど、半数ぐらいの人が助かる、っていうのが現状です。ただ、この造血幹細胞って、培養下で増やすのは結構大変で、10倍に増やすのも、まだ大変なぐらいですね。というわけで、臓器、組織を維持して、できうる範囲は限られていますけど、何か起きた時には、修復するというのが幹細胞です。

実際、こういう幹細胞のほうが、作れる細胞が決まっていたり、増殖能が限られているんですけど、それは、ある意味、癌になりにくく安全だということで、示しております表「The global landscape of stem cell clinical trials」(資料6 p) をちょっと見てください。これ、ごく最近見つけた世界の幹細胞の新しい臨床試験の世界状況報告ですが、これを見ますと、世界全体で 1000 件ぐらいあるのですが、そのうち、400 数十件が造血系幹細胞で、間葉系幹細胞も 400 数十件で、ほとんどがまだ組織幹細胞を使った臨床試験、再生医療というのが、世界中で大多数を占めているんですね。だから、多能性幹細胞-ES、iPS 細胞の臨床試験はまだまだ限られていて、ES 細胞の場合はここに「Embryonic」ですのので 6 件ぐらいある。iPS 細胞は、ここには出てきていません。数えるのに間に合わなかったか、まだ臨床試験ではないですので、予備的な臨床研究にしか過ぎませんので、数えられていないということかもしれません。

日本では、間葉系幹細胞についていうと、例えば、皮下脂肪の中の間葉系幹細胞をちょっと取ってきて、それを増やして軟骨作って、磨り減った軟骨板などに移植するってことが、自己細胞としてやりやすいので、実際に行われている。でも、ちょっと、なんでも効くといいすぎていて、クリニックが自費治療ですが、間葉系幹細胞を静脈の中に注入して、血栓を起こして死んだとかいう事故があったりしています。今、エビデンスがない再生医療というのは、世界中で問題になっていて、中国、インドなどだ

けじゃなく。テキサス州、日本でも問題になっています。

いずれにしろ、図でもわかりますように、(7P資料) 日本の臨床試験の数って、ヨーロッパの一つの

Figure 5. Geographic location of 4749 stem cell clinical trials globally. Illustrates those (A) globally, and in (B) the USA by state, and (C) Europe and the Middle East by country. The total number of trials is indicated in each blue pie chart, with the proportion of novel trials, representative of the future of regenerative medicine, indicated in red. (A) Pie charts without numbers denote regions/countries with fewer than ten clinical trials.



国ぐらいのものなので、日本が、そう再生医療で突出しているというわけではないことがわかります。ま、頑張らなきゃいけない、状況なんです。

それで、きょうの話題は、万能細胞ー多能性幹細胞ですね。ちょっと、予備知識として

図で説明します。(8P資料) 受精卵があつて、1週間ぐらいになると胚盤胞と呼ばれる、ボール状で、周り

で、真ん中に、将来、胎児を作る元

になる細胞があつて、これが多能性幹細胞の性質を持っていて、これをうまく増やしたのがES細胞株です。

で、倫理的なことがテーマ

ですので、ヒトの発生の大事な

段階について説明します。

胚盤胞が着床に成功するチャン

スは、半分以下とか4分の

1ぐらいとかとかいわれています。

だから、大部分は消えていくわけ

ですね。というので、大体、ローマ法王

庁とかいくつかの宗教、いくつかの

哲学以外は、大体、受精すれば即、

人になるというのは結構考えにく

くて、それじゃあ、

いつも葬式しなきゃいけなくな

りますから。まあ、どっかで始まると

すると、例えば、着床の時とか、

胎児になってから。ですから、この

着床部分は成功率は低いということ

で、受精卵の一部だけが胎児に

なるのが現実ということです。

えー、それで、多能性幹細胞の特

徴についてです。癌細胞以外で、

ずっと増え続ける細胞ってのは、

ないはずなんですよ。大体、多細胞

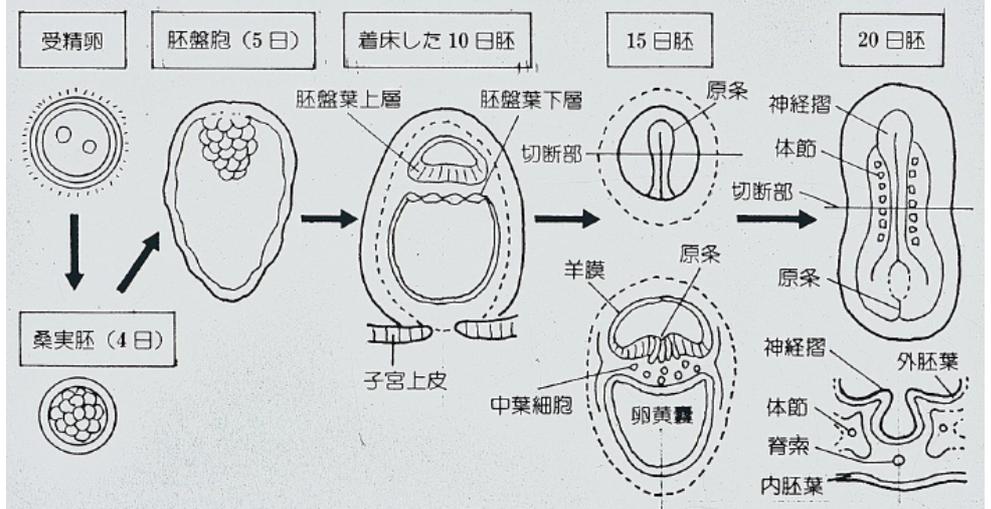
生物で、細胞がどんどん増えたら

危ないですから、次に継続させた

いはわれわれのゲノムを引き継いだ

子孫ですので、皮膚の細胞、肝臓

図 2-4 ヒト胚の初期発生



まあ、どっかで始まるとすると、例えば、着床の時とか、胎児になってから。ですから、この着床部分は成功率は低いということで、受精卵の一部だけが胎児になるのが現実ということです。

えー、それで、多能性幹細胞の特徴についてです。癌細胞以外で、ずっと増え続ける細胞ってのは、ないはずなんですよ。大体、多細胞生物で、細胞がどんどん増えたら危ないですから、次に継続させたいはわれわれのゲノムを引き継いだ子孫ですので、皮膚の細胞、肝臓の細胞が各々の役割をしてくれればいいので、それが勝手に増えたら困るんですよ。だから、どんどん増えるのは癌細胞ではできませんが、正常な細胞は増えないんです。ところが、なぜか、この多能性幹細胞は、癌化しないで増え続けることができる。能力は、すごいんですよ。1日1回分裂しますと、いろいろロスを考えても1週

間で10倍増える。これ、大したことないと思えますが、4週間（一月）で10の4乗となり、1万倍。それが1年増え続けると10の52乗に増えるわけですよ、巨大な培養施設を使えばこうなる。地球上に存在する人間の細胞の総数よりずっと桁が大きいですね。だから、一つの受精卵から作ったES細胞1株で、1年間増やせば、地球上に存在するすべての細胞よりずっと多いから、つまり、無尽蔵な資源になるわけですね、人間の細胞が。と

言うことで、ES細胞というのは、そういう細胞株なんです。

ES細胞は、後でも説明しますが、不妊治療で必然的にできる余剰胚をいただいて作るわけですが、**(資料)** これ、ネズミですけど。このネズミとかで、分化した細胞を元に戻したのが、iPS細胞で、山中さんと一緒にノーベル賞をもらったジョン・ガードンさんは、カエルを使って、卵子の中で初期

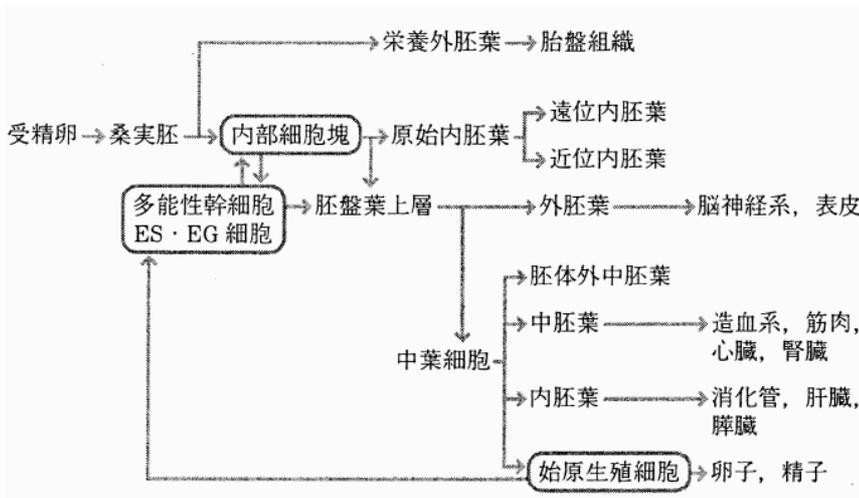


図8 組織の発生

化した。山中さんは、既知因子つまり4個の遺伝子で、同じことができるということでノーベル賞をもらった。今は、化合物で初期化するか、いろんな方法が試みられています。それから、卵子の中で初期化するほうが、完全に近い初期化ができるかもしれないんですが、それでも100個核移植胚を作って動物が1匹生まれるか生まれないかぐらいで、ほかは異常が起きます。それから考えればもちろん、iPS細胞の場合も、完全な初期化では全くなくて、いろんな異常が起きたりします。ま、改良はどんどん進んでいますけど…。

きょうは、時間がないので詳しく話せませんが、多能性幹細胞関連研究の歴史です。**(11p資料)** 今、

多能性幹細胞関連研究の歴史

- ~1958 マウスEC細胞 (L Stevens, Jackson Lab)
- 1958 体細胞核移植クローンカエル (J Gurdon, U Oxford)
- 1959 体外受精哺乳動物(ウサギ)誕生 (MC Chang, Worcester Foundation)
- 1978 ヒト体外受精出産(試験管ベビー)
- 1981 マウスES細胞 (M Evans, U Cambridge)
- 1995 サルES細胞 (J Thomson, Wisconsin U)
- 1998 ヒトES細胞 (J Thomson, Wisconsin U)
- 2001 マウス体細胞・ES細胞融合による初期化 (T Tada, Kyoto U)
- 2004-2005 ヒトSCNT-ES細胞論文捏造事件 (U Hwang, Seoul U)
- 2006 マウスiPS細胞 (S. Yamanaka, Kyoto U)
- 2007 ヒトiPS細胞 (S. Yamanaka, Kyoto U; J Thomson, Wisconsin U)
- 2013 ヒトSCNT-ES細胞作製成功 (S Mitalipov, Oregon H&S U)
- 2014 マウスSTAP細胞論文発表と撤回事件 (Obokata et al., Riken CDB)

ちょっと本を書いています、そのために作ったものです。1958年の、ガードンさんのクローンカエル。78年には、ヒトの体外受精で試験管ベビーが生まれた。これは、英国のロバート・G・エドワーズ博士。ごく最近、ノーベル賞をもらわれて、彼、その後亡くなりましたが、最初は、悪魔の仕業、神の領域に踏み込んだとか、散々非難されたんです。でも、今は、世界中で行われていますね。このこと、体外受精法が使われていることで、必然的に、日本でも、廃棄される余剰胚が年間数万個出ることにつながるんです。不妊治療のために作られて廃棄されるものが、日本だけで数万個出ている。だから、受精卵を壊すことが、け

て、細胞株5株つくったんですが、もう、それで、未来永劫、たくさんの人が使っても全然減らないわけですよ。これ、結構なバランス感覚だと思いますけれどもね。あと、2004年—05年は韓国の核移植クローン胚の論文捏造事件。それから、13年には、米オレゴン州でヒト核移植 SCNT—ES 細胞作成成功。これ、日本人が実際に実験したんですが、日本のクローン胚の指針は異常に厳しくとても国内では実行できない。手先の器用な日本人の活躍できる部分なんです、アメリカでやって成功したというわけ

多能性幹細胞 Pluripotent Stem Cells

- ES細胞(胚性幹細胞)Embryonic Stem Cells 初期胚由来 分化能:高 増殖能:無制限
- 割球由来ES細胞 着床前診断法で分離した胚細胞由来のES細胞株、胚は正常発生可能なので「受精卵を壊さないES細胞」と言える
- EG細胞 Embryonic Germ Cell 胎児生殖細胞由来 分化能:高 増殖能:無制限
- mGS細胞 Multipotent Germ Stem Cells 精巢内生生殖細胞由来 分化能:高 増殖能:無制限
- iPS細胞 Induced Pluripotent Stem Cells 体細胞を遺伝子等初期化因子で初期化した細胞株
分化能:高 増殖能:無制限 エピゲノムの初期化は不完全
- iPS細胞への初期化方法(追加進展中): 新規遺伝子組み合わせ、エピゾーマル遺伝子、mRNA、タンパク質、小分子化合物、etc
- 体細胞核移植(クローン)ES細胞 SCNT-ES Cells 体細胞を卵子で完全に近く初期化
- 単為発生ES細胞 Parthenogenic ES Cells 卵子を単為発生、染色体は一倍体が倍加で二倍体

ナイーブ型多能性幹細胞 Naïve Pluripotent Stem Cells マウスES細胞、マウスiPS細胞



プライム型(エピブラスト型)多能性幹細胞 Primed Pluripotent Stem Cells ヒト・サルES細胞、ヒト・サルiPS細胞、マウスEpiblast Stem Cells (EpiSCs)

方法がありますし、体細胞核移植は、実用化できるかわかりませんが、卵子の中でのより完全に近い初期化なんで、比較するにはすごくいいですね。あと、ナイーブ型とプライム型の多能性幹細胞という話も出てきています(以上 12 p 資料)。いろいろと流動的に、まだまだ進歩している状況です。

さっきも話しましたが、ES細胞は、不妊治療で不要になった余剰胚を使います。イタリアでは、まだ、法律が有効かもしれませんね、バチカンの影響で。体外受精で作った受精卵は全部母体に戻さなきゃいけないという法律があるんです。それこそ、毎回女性が、ホルモン処置と採卵を受けなければいけない。すごい負担です。凍結して置いておくことができない。まあ、隣のフランスにいけばいいんですけど。とにかく、余剰胚というものが廃棄されていることを認めている社会では、その数十個から数株のES細胞株を作って、有効活用するというのは、許容される範囲だと思います。別に、iPS細胞でできたら、ES細胞を使う必要はないんですけど、ただ、iPS細胞株を使いこなす技術、知識は全部ES細胞から蓄積されてきたものが使われますから、ES細胞の研究を妨げるということは、実は、iPS細胞の研究を妨げることになりますね。

利用法なんです、細胞治療とか以外に、もっと確実に役立つのは、新しい薬を開発する時に使うんですね。例えば、人間の細胞って、利用しようと思ったら、多能性幹細胞ができるまでは、だれか生きてる人か、亡くなった人の体からもらってってくるしかないわけですね。癌細胞はありますけど。これができますと、例えば、普通の神経細胞も作るし、アルツハイマー病みたいにちょっと元気がなくなった神経細胞もおんなじ品質のものを何兆個と大量に作って、並べといて、いろんな化合物を与えて、アルツハイマー病の薬の候補をスクリーニングすることができますね。それを改良していくわけですけど、そんなことができます。

その中でも、iPS細胞がこの領域では非常に活躍できて、いろんな体質の患者さんとか、いろんな人

けです。そして、14年のSTAP事件は、まさに、社会の反応を見たら、多能性幹細胞に対する理解のなさが露呈された事件です。

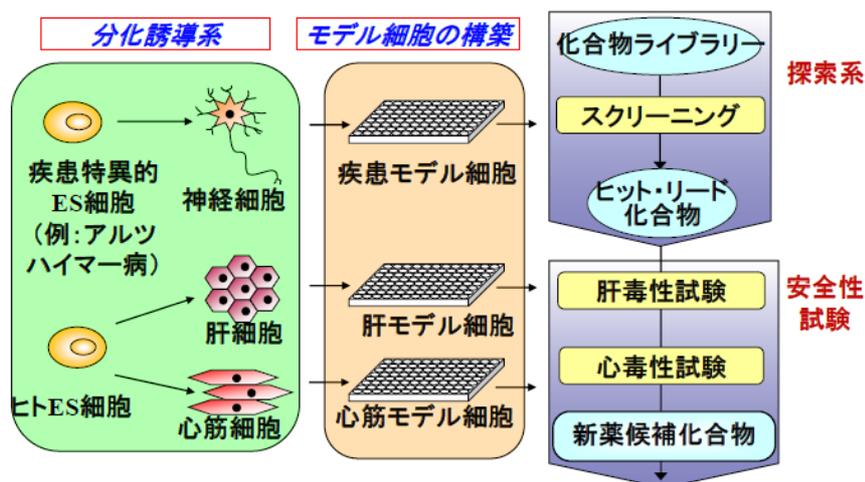
で、多能性幹細胞っていっぱいあるんですよ。最初は初期胚由来ES細胞で、今、網膜の臨床試験を成功させているACT社は、着床前診断で割球由来のES細胞株樹立を成功させている。つまり細胞を一個だけ取ってきてES細胞を作っている。つまり、受精卵を壊さないES細胞を作っています。あるいは、いろんなiPS細胞を作る

人間のゲノムを持った iPS 細胞を作れば、いろんな体質だとか病気を代表しているような人間の細胞を作れるということで、最近 EU、ヨーロッパでは、いろんな国の、いろんな民族の株を 3000 株ぐらい作って、産官学、各国協力してやるプロジェクトが始まりかけていますね。まだ、どれぐらいうまくいくかは、わかりませんが。

それで、新しく薬を開発する時には、作ったものに毒性があつては困るんですね。例えば、心臓と肝臓が大事ですけど、人間の心臓の細胞って増えないですから。人間の心臓でテストできないんですよ。それは、最後に臨床試験でやるしかない。生きている人でね。その前に使えるのは、動物実験ですね。ネズミあるいはビーグル犬とか。人間とは違うし、数もそんなに使えない。それで、ヒト ES 細胞、ヒト iPS 細胞を使いますと、人間の心臓細胞がいくらでもできて、それを使って、開発した薬が悪いことをするかどうかがテストできる。iPS 細胞の場合ですと、いろんな体質のものを作れる。実際に、心毒性っていうのは、非常に甚大な被害をコストに与えまして、臨床試験で有効性や安全性を確認した後、製薬会社が売りだし、数千人、数万人が使った途端に、特殊な体質の人が不整脈を起こすと、もう市場撤退ですよ。もう、何千億円という被害です。実は、これが、次の薬のコストに跳ね返ってくるわけです。今、新薬開発のコストは、多分 1 千億円といわれています。ピラミッドを作るぐらいです。で、この時、犬とかではなく、ちゃんとした人間の心筋細胞、しかも、iPS 細胞を使えば、いろんな体質の心臓の筋肉ができるので、それを 100 種類ぐらい並べておいて、そこで副作用があるかどうかをテストできるということで、新薬開発のコストと安全性を改善できるということになります。これは、必ず有効活用できます。ですから、山中さんのノーベル賞受賞の理由は、まずは、ガードンさんが初期化という現象を見つけ、山中さんが四つの因子だけでできるようにしたことなんです。それに付け足して、今後、疾患メカニズムの解明とか新薬開発に役立つだろうと書いてありますね。しかし再生医療には全くふれていません。まだ、それはわからない、という認識なんですね。

創薬応用を目指したヒトES/iPS細胞由来のモデル細胞作成

- ・探索系 (疾患モデル細胞を用いたハイスループットスクリーニング)
- ・安全性試験 (心筋モデル細胞などを用いた試験)



で、例えば、この本格的な実用化には、患者さんのボランティアを募って、何十億円以上のコストの臨床試験が必要で、これを、治験といいますけど、欧米では 3 種類ぐらい ES 細胞を使って始めています。日本でやっているのは、臨床研究だけです。これだけです。(資料) 今映っているこれは、脊髄損傷、これ先程話しましたが…。ほんとにコストがかかるんですよ。例えば、コストのことをいうと、

研究室の品質管理とかは、そんなに厳しくなくていいんですけど、ネズミの病気を治すために、まあ、例えば 1 万個の細胞を使って移植したとしますね、ネズミの体重とヒトの体重は 3 千倍違って、細胞の大きさはほとんど同じなんです。だから、人間の治療には、ネズミで 1 万個必要なら、単純にいうと、その少なくとも千倍の細胞が必要なんです。そうすると、培養皿 1 枚で培養して治療しても、人間には千枚必要で、千枚の品質管理をリスクなくできることは不可能です。全く違う大規模な培養が必

多能性幹細胞を使った細胞治療を目指す研究の現状

- **パーキンソン病**
ヒトES/iPS細胞からドーパミン神経への分化誘導、疾患モデル動物へ移植する前臨床研究
病態改善など良い結果。日本でiPS細胞を使った臨床研究を準備中
- **脊髄損傷**
ヒトES/iPS細胞から神経幹細胞/前駆細胞、運動神経、グリア細胞などへの分化誘導
グリア細胞や神経前駆細胞の疾患モデル動物への移植による治療効果の報告
**米国で治験開始と中断：ES細胞由来グリア前駆細胞移植による急性期脊髄損傷の治療
→ 新会社Asterias Biotherapeutics社が治験再開へ**
- **加齢黄斑変性、網膜色素変性など眼科疾患**
ヒトES/iPS細胞からの網膜色素細胞を疾患モデル動物へ移植して病態改善
**米国と英国で治験を開始：ACT社とPfizer社がES細胞由来網膜色素細胞移植で治療
日本でiPS細胞を使った臨床研究を開始**
- **心筋梗塞**
ヒトES/iPS細胞から心筋細胞への分化効率を上げる研究が進展
疾患モデル動物への細胞移植では心筋組織に取り込まれて心筋機能が向上
- **糖尿病**
ES細胞からインスリン分泌細胞への分化誘導法開発、**米国Viacyte社が治験を開始**
透過性膜カプセル中に封入して移植すれば安全性向上、免疫拒絶の回避が可能
- **肝硬変など**
ES/iPS細胞から肝細胞への分化誘導の研究は進行中

まさに医薬品ですね。この治験を進めています。こういうことで、着々と企業が実用化を目指していて、例えば、ファイザーという巨大製薬会社まで加わって、開発が進んでいます。これは、2年半以上前にこういうことが始まったよという話で、日本では、やっと臨床研究が始まったということでもあります。

それで、私自身何をしようか、ということなんです。臨床医でもないし、MD（医学部卒業）でもない。理学出身ですから。何故かこんな分野に入り込んだんですけど、実用化するために貢献する、つまり、たくさんのお患者さんに手が届くコストで届けられるようにできないかと。今は、細胞治療は一人、数千万円とかそれ以上で、その恩恵は、富裕層だけ可能なので、富裕層がいるところに病院でも建てて治療するしかないんですけど、これを、何とか数百万円ぐらいのコストにしないと、私も含めたみなさんの手には届かないわけで、そういう実用化の研究をやっています。

ところで、さっき、日本の情報って、「洗脳」という、すごく強い言葉を使いましたが、その例を見てください。これ、毎日新聞。(資料) これはマイルドですけど、日曜版の子ども向けの教育欄なんです。これが酷いですね。iPS細胞ってすばらしいよ、っていうのはいいのですが、何故か、他の新聞もそうだけど、ES細胞を踏み台に使う、すばらしさを強調するんですよ。そんなことやるなというんですが「ES細胞は、赤ちゃんになる受精卵を使うため問題だった」と書いてあるんですね。生物学的には正しいんですけど、赤ちゃんにならないことが決まった後に、いただけませんか、ということなんです。次はさらに酷いですよ。日本経済新聞。ES細胞のことが書かれていて、読み進むと、これが、とんでもないんですよ。「ES細胞は、やがて赤ちゃんになる受精卵をお母さんのおなかから取り出して作るため…」ってね。これ書いた人、実際、どうやってそれができるか、考えたらできるわけないと思わないんでしょうかね。女性に対する傷害事件ですよ。知り合いの編集委員に電話したんですけど、まだ、訂正していません、ウェブサイトにはまだ載っています。

で、アメリカって、いろんな意見が出ていまして、不妊治療だけでなく、人工中絶をやっているクリニックが爆破されたりするんですけど、キリスト教の国だから、ES細胞のことを厳しく考えていると思うかもしれませんが、アメリカ国民の7、8割は「問題があるかも知れないけれど、程度の問題だから研究を推進すべき」といってるんですね。事実、アメリカでは、ES細胞を使った臨床試験が始まってい

要となるんですが、コストが、ものすごくかかる。

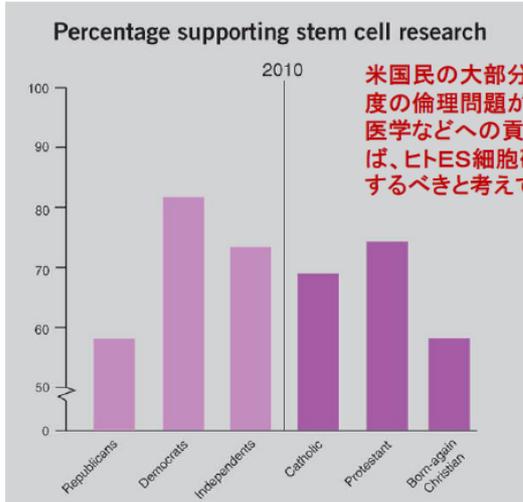
まあ、脊髄損傷の治験は再開されました。目の方は、もう3年追跡していい結果が出た。日本は、今始まったところ。糖尿病は、なかなかこれは賢い方法ですね。透過性カプセルに封じ込めると、極端な場合として癌化しても、カプセル外に出ないから安全なんですね。免疫細胞が侵入してこないから拒絶反応が抑えられる、と。例えば、半年に一回、入れ替えればいい。皮膚の下に埋め込んでおいて、

るわけでしょう。どっかで iPS 細胞にスイッチするかもしれません。当然ながら、同じ技術使いますから。で、カソリック教徒でさえ、7割近い人が研究推進に賛成なんですよ。(27pのグラフ資料)

で、これは、1年前に、倫理的な問題を感じる、これは倫理的にダメだよと思っている人が何人いる

Stem cell support cuts across party lines

NATURE MEDICINE VOLUME 16 | NUMBER 11 | NOVEMBER 2010



米国民の大部分は、ある程度の倫理問題があっても、医学などへの貢献と比べれば、ヒトES細胞研究を推進すべきと考えている。

かというアメリカの世論調査ですが、妊娠中絶がダメというのは49%です。日本は、結構寛容ですね。年間数十万件あるんですよ。ES細胞作り始めた時は、34万件、届けてるだけで、1日千件ですよ。すごいでしょ。極めて寛容な国ですよ。で、ES細胞ダメと感じているのは、アメリカで22%、iPS細胞なんか16%、体外受精も12%がダメと言っていますが、妊娠中絶に比べても、そんなに反対はないんですよ。

そして論文です。iPS細胞の研究は、素晴らしい可能性持っているんで、論文が増えていきますけど、ES細胞の研究のほうが、まだ、

2倍ぐらい論文が出てるわけですね。これ、2012年のヒト多能性幹細胞全体、ESとiPS両方を含んだ論文数ですけど(30P資料)、日本はこれですね。アメリカはない。実は、アメリカは、このグラフに出ている国々の数倍あるので、圏外ですよ。圧倒的に多い。日本は、論文数だけが基準じゃないですけど、中国、イギリス、シンガポールについて4番目。えっ、あんなに投資しているのに、と思いませんか。それと、もう一つ、出てきてもいい国が出てきていない。ドイツとフランスとイタリアです。私から言わせると、日独伊とフランスが、政策を誤って、ES細胞の規制を厳しくしすぎたんですね。そのことによって、iPS細胞の研究さえも、独伊仏は、低迷しているんですよ。つまり、多能性幹細胞の取り扱い

The Race Is On: Human Embryonic Stem Cell Research Goes Global

M. C. DeRouen & J. B. McCormick & J. Owen-Smith & C. T. Scott
Stem Cell Rev and Rep (2012)

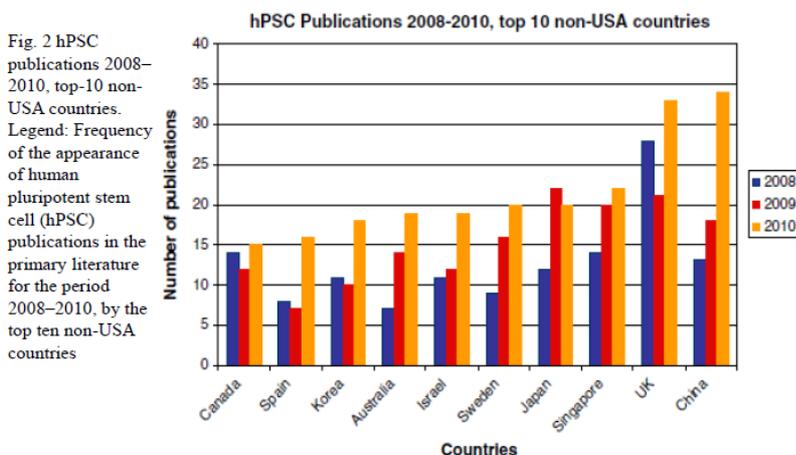


Fig. 2 hPSC publications 2008–2010, top-10 non-USA countries. Legend: Frequency of the appearance of human pluripotent stem cell (hPSC) publications in the primary literature for the period 2008–2010, by the top ten non-USA countries

に熟練した人が少ないために、iPS細胞ができてその研究が進まないわけです。で、日本は、あれだけの集中投資で、まあ、少しは伸びてきましたが、この程度。現在は、さすがに、もう少しは伸びていると思いますが。

それで、「セル (Cell)」っていう有名な雑誌のコメンタリー論文ですが、つまり、iPS細胞っていうのは「ES細胞に取って代わる細胞ではなくて、両方が相補的でインターディペンデント (相互補完的) な細胞」だと。

つまり、多能性幹細胞っていう研究の中で、純正品 (ES) と人工物 (iPS) を使うという話であって、「ES細胞の研究をサポートしちゃいけない」という宗教的な考えの人がいるんですけど、その意見を聞いてみると、iPS細胞の研究もだめになるよというのが結論です。日本は、ひょっとしたら、それに近いこ

とをやっていたかもしれない。これから、どうなるかわかりませんが…。

そろそろ時間ですね。もう既に言ってますが、多能性幹細胞を実用化するためには、細胞株を作った後、それをいかに安定的にいっぱい増やして、コストを安くして、目的の細胞に分化させて、どうやって移植するかという一連のことを、全部、臨床グレードでやんなきゃいけないんです。32頁に示しておきましたが、とても、多段階、多面的な数多くの要素技術の開発が必要です。その時に、細胞株を作る方法なんて、ごく最初だけなんです。これ、全部、ほかの多能性幹細胞株についても同じなんです。だから、STAP細胞が、もし、ホントだとしても、あれは、今までのiPS細胞を作る方法よりもっと簡単に多能性幹細胞ができた、というだけの話なんです。それは、素晴らしいんですけど、その後に、さっき言ったすべてをやっていかなければ、臨床応用はできないんです。STAP細胞ができれば、難病がすぐ治るなんてのは、全くの幻想なんです。iPS細胞もそう思われたんですが、同じです。

あと、多能性幹細胞は、夢の細胞ではなくて、DNA複製して分裂すれば、必ず突然変異が入ります。で、iPS細胞の場合は、体細胞にたまっている突然変異を引き継いでいるリスクがあります。で、初期化も不完全です。だから、iPS細胞のリスクは、ES細胞よりずっと多いんですね。でも、だから、ダメっていうんじゃなくて、選別が必要です。それから、子どもをつくるなんて、もつてのほかですよ。ゲノムに、何百という突然変異が入っているはずの細胞から子どもを作るなんて、生命倫理以前の問題で

再生医学研究所に設置されたヒトES細胞用 細胞プロセッシング施設



1. Entrance and Over view

2. Cell Processing Room



3. Monitoring & Management Room



すね。

私は、写真の、こういう設備で培養していますが、(資料)たくさん作るため、こんな場所が必要です。目の治療には10万個ぐらいの細胞で対応可能です。ところが、糖尿病、心筋梗塞、肝不全、脊髄損傷は、多分10億個の細胞が必要なんです。それを作るために、普通の培養皿でなく、経済産業省のプロジェクトで、富士フイルムが熱心に参加してくれているんですが、10%とか100%のバイオリアクターで、こうやっていっぱい作って、コストを下げようとしております。それから、

心筋細胞に分化させて作るのに、普通だったら、サイトカインというタンパク質を数種類使うんですけど、これで、10の9乗の心筋細胞作るとすると、今のベストな方法では、一人分の分化誘導培地だけで1千万円。これ、治療費全体では1億円にもなります。それを、われわれは、化合物で分化誘導することで、今、100分の1の10万円にしていくというふうな研究をやっています。一応、文句ばかり言っているのではなく、文部科学省やJSTの研究費はもらえなかったんで、自分の経験と能力を活かして経産省のプロジェクトで企業と一緒に、こういうことをやっています。そういう中で、培養のためのデバイスとか、信頼性の高い世界ブランドのものを作る日本企業に正しい助言をして、世界に売れて、日本の産業界を強くし、貿易赤字の解消にも貢献したいと思っているのです

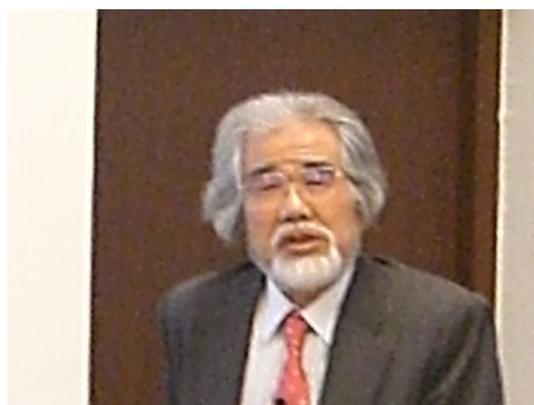
では、時間もきましたので、スピーチを終わります。ご清聴有り難うございました。

からわかってきたんですね。

私は、アカデミックポストがないんだったら、もっとベンチャー企業を起こせよ、と思うのです。つまり、これだけ要素技術があつて、モジュラー化されているわけですから、それぞれの要素技術ごとに、ベンチャー企業を立ち上げる。こういうやり方でもいいんじゃないかと思うんです。アメリカではそうなっていて、若者たちは活性化している。にも拘らず、分子生物学、あるいは、再生医療を初めとするバイオサイエンス分野が、なぜ、日本の若者にとって魅力がなくなっているのか、その理由をお聞きしたいんです。

中辻 憲夫（京都大学物質—細胞統合システム拠点長・再生医科学研究所教授）

再生医療っていうのは、そう簡単じゃない。スピーチでも述べましたように、こういう複雑なことを、全部やらなかやいけないわけです。でも、幸いなことに、世界では、着々と進んでいて、まずは、多分 10 年ぐらい前から、アメリカの企業は、公的な支援も得て大学の研究者も参加したような、主体としてはバイオテック企業とかベンチャーですが、FDA と向き合いながら、前から存在している ES 細胞の中で、信頼できる細胞株を使って臨床応用を進めてきた、今やっとそれが現実になってきているわけですよね。これは、ES 細胞で成功すれば、すぐに、その技術が、もうちょっと改良された iPS 細胞に適用できますから。で、ES 細胞を使って、まだわからないですけど、網膜疾患の治療に関しては、もう、かなり、予想以上に臨床試験のいい結果が出てる。糖尿病では、インシュリン分泌細胞を透過性膜カプセルに入れるという賢い方法がありますので、これもかなり有望。パーキンソン病は、京都大学の高橋淳さんが世界でも一番進んでいるような気がします。このように着々と進んでいるんですけども、誤解があるんでしょう。その、ES 細胞が日本で扱いにくく、研究に使いにくくて臨床応用されないのは、実は、日本独自の人為的なファクターですね。つまり、規制と予算配分だけの問題です。世界では、当然のこのように、まず、ES 細胞という純正品で確立してから、必要であれば、iPS 細胞にスイッチしようというふうに進んでいて、だから、ES 細胞でいち早く成功した企業っていうのは、iPS 細胞を使って同じことをする時にも、世界で優位に立つんですね。



分子生物学、ライフサイエンスというのは、私、ツイートでも言ってるんですが、これ、誤解を生むかもしれないんですけども、国として、分野として全体を見た時に、ライフサイエンス系の大学院生の卒業生、博士の数、それからポストドクの数って考えると、大学院生の数を、ものすごくある時増やして、ドクターの数も増やした、と。で、幸か不幸か、ポストドクも増えたんですね。グラントを出したことによって。ところが、その後の職は増えず、かえって減っているわけです。情報系とかはドクターで、そんなに職に困っている人はいないようなんですけど、ライフ系は、ポストドクがものすごく増えている。今、ちょっとアカデミックな研究ができるようなまあまあのポストに、すばらしい業績を持った人、すばらしい論文を持っている人が 100 人以上、一つのポストに応募してきます。私の研究室出身者の進路を見ても、私のラボからの博士二人は、大手製薬会社の研究員に就職したし、もう一人は弁理士事務所に就職とかの実績があるんですよ。私自身も、一時、乳業会社の研究所にいましたし、あまり、民間とアカデミアのその境目というのがないんですけど、この状況でも、ネット上の本音を出す所では、

企業に就職する人は落ちこぼれ、負け犬だというふうな意識を、若手研究者の本人たち含めて社会が風潮として持っているようなんですね。

私自身は、なぜか、サルやヒト ES 細胞の培養液を作るところから始まった「リプロセル」というベンチャーを、面白いと思って、ゼロになってもいいやと貯金をはたき、出資して 11 年前に作り、昨年、上場に成功しました。今、その上場で得た資金を活用して、私の研究所のテーマである学際研究というのですが、ナノテクノロジーとマイクロエンジニアリングと組み合わせ、細胞を並べて厚みのある組織に近いものを作るというベンチャーを立ちあげました。そこで、海外出身の助教の人なんですけど、大学も大変だから、もう、このベンチャーを、自分の主な職業にしようと思っている人がいますね。もちろん、ベンチャーが成功するかどうかはわかりませんが。



アカデミアでの研究を、だんだん予算も減っていく中で、やり続けるか、リスクを取って他へ行くか。私自身、理学部出身だし、実際、カエルの発生学を最初にやりましたから、学術研究は絶対必要なんだということはよく知っているんですよ。学術研究は、絶対、基盤として必須で、人材育成に必要なけど、それだけにしがみついているのは、まあ、まずいだろう、と。ただ、やっぱり、一般的な意識とは違うみたいですね。結論でいうと、ライフ系が、特に、博士と短期的なポスドクポストをいっぱい作ってしまった。その後の安定したアカデミアのポストが非常に少なく、職がないんです。まあ、MD の人はまだそれでもいいですけど…。それで、産業界でも、日本の中で、ライフ系での成功モデルはまだできていない、大きな企業では。唯、ベンチャーがいくつか出来てきている、という状況なんですね。

山口

ありがとうございました。このクオリアの間でも、前にお話したことがありますが、私、この 3 月にアメリカに行って、10 日間、NIH に棲みこみ調査をしました。それから、後、NIH からファンドされているベンチャー企業 10 社ぐらいをインタビューして調査をしました。それで、驚いたことがあります。ベンチャー企業の起業家たちは、殆ど移民の若者でした。何と彼らは全員、お金には興味がないという。しかしポスドクだと、自分の好きな研究ができない。だから、研究するためにベンチャー企業を作ったんだ、というのです。

アメリカの SBIR 制度によって、最初に、フェーズ I で、1 千万円もらえる。それを半年やって、次にフェーズ 2 に進めると、今度は 1 億円もらえる。それで、会社を花開かせてその会社でこういう要素技術をやっている。彼らは口をそろえて言いました。「新薬の開発が 1 億円足らずでやれるはずがない。だから薬をつくらうとしていない。この要素技術をやっていて、これを大企業が買ってくれるんだ」というわけですね。こういう仕組みが、なぜ日本で出来ないのか、不思議でしょうがないんですけど。何か、コメントいただけますか。

中辻

結構、根深いものがありますね。私、文部省から、拠点長になった iCEMS で、何か新しいことをやれ

と言われまして、インダストリー・アドバイザー・ボードというのを作って、世界企業の副社長級ぐらいのレベルの人を国内外から5、6人招き行うものなんですけれども、それで、最近、その会議があって、その中で、一人、インド出身の人で、ライフ系の巨大研究企業の幹部なんですが、彼が言っていたのは「日本見ていると、社会的に安定していて、安全経営で人柄もいいが、唯一困るのは、リスクを避けること」と言うんですね。新しい技術で産業を起こすには、失敗から始まるんですね。10回のうち1回成功したらいい方で、9回は失敗して当たり前なんだけど、失敗したら失敗者のレッテル貼るし、本人も失敗するような事はやりたくないという。でも、1回、2回失敗して経験を積んだ人なら、次は、大丈夫だろうと投資を、もっとすべきです。日本はもうこれから、ずっと安定したままというんでは、これ、ちょっとペシミスティックかも知れませんが、日本は、どう考えてもジリ貧になるだろう。やっぱり、リスクを取ってやろうという人が、やっぱり大事だから、応援しなきゃいけないと思いますね。

山口

お忙しいところ、わざわざ来ていただいた塩田さん、意見、質問、何かございませんか。

塩田 浩平（滋賀医科大学学長）

さっき、山口さんが、このごろライフサイエンスが停滞している、というお話をされましたが、中辻さんとは少し違う観点から申し上げますと、ある意味で、ライフサイエンスは、いま難しいところに差し掛かっていると思います。今までは、遺伝子を見つけて、一つ一つその機能を解析して、研究することが山ほどあったわけです。われわれが、研究に入った1978年頃に、塩基配列を読むサンガー法という方法が開発されたのですが、そのとき、第一線の研究者の多くは、「30年経ったら、ヒトの遺伝子がこれで全部読める。そこに、ヒトの存在の暗号がすべて書いてあるから、人間の存在がそれで全部説明できる。



するとわれわれの仕事はなくなるな」と言っていました。ところが、2003年に、ヒトゲノムが全部解読されてわかったことは、DNA配列は単に記号の並んだ電話帳のようなものである、ということです。それぞれの遺伝子が、どういう顔で、どういう仕事をしていて、だれと親類で、だれと仲がいいか悪いか、というのは、これから、1つ1つの遺伝子を訪ねて調べなければならない、ということが明らかになったわけです。いま、ゲノムが読めたことによって、ライフサイエンスにおいて、これまでの手法ではどんどん新しいことが出てくるということが少なくなったものですから、難しい時期になっているという見方はできると思います。

というわけで、再生医療が特に注目されているのは、ライフサイエンスでほかにエポックメイキングな話題が出にくい、ということも一つの原因かと思います。再生医療の他にも、重要ないろんな研究がもっと出てきてもいいのですが、いまはライフサイエンスで、びっくりするような研究が出にくい、という感じがしますね。また、こんな難しい状況ですから、研究者になる魅力を若い人にアピールしにくく、すばらしい論文も以前に比べて出にくい。そんな時代になっているという印象を持っています。



高田 公理（佛教大学教授） 今日のお話に関しては、ずぶの素人なんですけど、お話を聞いていて、強い興味を引かれたのは、

iPS 細胞に関してノーベル財団が、再生医療にまるで言及していないという指摘でした。それに比べて日本の新聞は、とくに加齢黄斑変性の患者に移植を試みたところから、iPS 細胞の再生医療への適用を非常に強調しはじめたように思うのですが……。

ところで、その iPS 細胞について、2 年ぐらい前でしたか、iPS 細胞を構成しているタンパク質を分析したら、正常細胞とは、ずいぶん組成が異なるのだというようなことを、たしか日経新聞が報道したように思うのですが、そういうことって、あるのでしょうか。で、もしそうだとすると、今日のお話でも、似たような指摘があったように思うのですが、iPS 細胞由来の組織細胞を移植すると、その器官が癌化する危険があるわけでしょ？

その際に大事なことは、タンパク質組成が異なるということと強い関係があるような印象を受けるわけです。それに比べると ES 細胞の場合には、そういう危険性がないと考えていいのでしょうか。くわえて今ひとつ、iPS 細胞の移植に伴う器官の癌化を抑えるメカニズムに関する研究は、どのようになされているのですか。そのあたりのことをうかがいたいのですが……。

中辻

実際、iPS 細胞というのは、完全に正常ではなさそうなんです。もちろん癌ではないんですけど。画面（異常化リスク 33 p 資料）を見てください。DNA を複製した時に、必ず、ある小さな確率で間違っ

ES/iPS細胞株のゲノムとエピゲノムの変異／異常化リスク → 各細胞株の品質評価と選別の重要性

- ① ES/iPS細胞株の長期継代培養においては、特に最適ではない培養条件下では、やや不利な条件下でも増殖を有利にするような、がん遺伝子増幅などの変異を起こした細胞が増えるリスクが高まる。
→したがって、このような変異細胞株を選別排除する必要がある。
- ② iPS細胞株を樹立する初期化過程では高度の細胞選別が起きることから、iPS細胞株では樹立初期から多くの変異が起きている可能性がある。また、体細胞で蓄積しているゲノム変異を引き継いでいる可能性がある。
→したがって、これら安全性において重要変異をもつ細胞株を選別排除する必要がある。
- ③ iPS細胞作成時の初期化は完全ではないことが報告されており、iPS細胞株におけるエピジェネティクスの変動が品質管理上で注意すべき点である。
→したがって、エピゲノムの状態を検定することがiPS細胞株の評価にとって重要である。

んですよね。間違わなかったら、生物が進化したはずはないので…。多分、何百ぐらいの小さなミューテーションがいろんなところに入っているけど、まあ、大事なところに入っていないければなんともない。て言うので、ES 細胞も iPS 細胞も増殖させているうちに、いろんな異変がある。それから、分化していった時、ほんとに正常な心臓細胞や神経細胞になっているかという、非常に近いんですけど、大体未熟な部分が多いん

です。ES 細胞、iPS 細胞どちらにもこのリスクがあります。しかし、iPS 細胞は、これに加えて二つのリスクを持っているんです。一つは、体細胞のゲノム変異ってのがわかりやすいんですけども、生物のゲノムで一番重要なのは、卵と精子を作るゲノムで、次の世代に引き継ぐから、体の真ん中であって、あんまり分裂しないように保護されていて、DNA を修復する酵素がいっぱい発現している大事な箱入り娘と箱入り息子なんです。しかし、体細胞なんかは、例えば、皮膚の細胞とか肝臓の細胞は、その機能を果たしてきてくれたら、癌化さえしなければミューテーションが起きててもよくて、実際調べてみると、たくさんミューテーションが入っているんです。それを、iPS は引き継いでる可能性があるし、問題は、iPS 細胞株を作る時、早く増えてくるコロニーとあって、一番早くピックアップするじゃないですか。これ、早く増えるってのは、癌遺伝子のコピー数が増えてるかもしれないし、癌抑制遺伝子が壊れているかもしれないというリスクが常にあるわけで、いつも調べる必要がある。

で、質問が一番近いのは、多分これですね、3 番目。iPS 細胞は、初期化が不完全なんです。だか

ら、分化細胞の、さっき塩田先生がおっしゃったゲノムのDNAだけで働きが決まっているんじゃないで、その遺伝子がどう働くかは、エピゲノムっていうDNAの周りの修飾で決まっています、それによって働き方が違うんですね。iPS細胞は、分化細胞から初期化するんですけど、分化細胞のエピゲノムが一部残っていると、体の中では存在したことがないような組み合わせの遺伝子発現をする細胞っていうのが、十分出てくる可能性があるんです。ただし、それは使えないっていうんじゃないで、ゲノムの方もそうなんですけど、次の子どもをつくるゲノムってのは、絶対変なことがあっちゃいけないんですけど、例えば、パーキンソン病の治療の時、ドーパミンニューロンを移植する、と。その時は、ドーパミンニューロンとしての働きをしてたら、変なことが多少起きてても、癌にさえならなければ使用できるわけですね。だから、いろんな異常があっても、見極めが大事で、ほんとに使えるかどうか。最終的には、作った移植する前のものを、ヌードマウス50匹ぐらいに移植して、1年間見て癌になるかどうか調べるという検査などもあります。だから、ダメと言っているわけではなくて、まだまだ、いろんな検査が必要なんです。その時に、ES細胞の方が比較的iPS細胞よりもリスクが少ないといえるし、ES細胞で成功した技術は、ビジネス的にも指摘すれば、特許もノウハウもすべてiPS細胞に使えるわけです。という構図なんです。

塩田

私は、中辻さんと違い、もっと後の発生段階、着床してから体ができてくる段階の研究をしてきたのですが、ヒトで調べると、初期胎児の1割ぐらいに形の異常（奇形）が見つかります。遺伝子の異常はもっと多いと思います。さっき、中辻さんがいわれましたように、これまでの研究をまとめますと、大体、受精卵の3分の1ぐらいが着床しない。また、着床した後に、その3分の1ぐらいが死んでしまいます。いろんな原因がありますが、恐らく遺伝子の異常や染色体の異常が、ヒトの生殖細胞や初期胚ではたくさん起こっているのです。一方で、そのような自然に起こる遺伝子異常などが人間の進化にプラスに働いた可能性もあります。人間の細胞というのは、そう安定していて正常なものばかりではない。恐らく、人間が生まれてから20~30年で子供を作るということは、その間に起こったそういう異常が人間の進化にとってプラスにもマイナスにも働いたという可能性が高いのです。それで、なぜ、それほど異常が多いのに人類が滅亡しないのかというと、異常胚の多くが生まれる前に自然に死んで淘汰され、それが、人類の集団から遺伝子異常を除去する作用をしているのではないかと、というふうに考えています。ですから、私たちの体の細胞は、いっぱい傷を持っているという風に考えるのが科学的には正しいと思います。

山口

ということは、淘汰された細胞たちをES細胞に活用できるんだ、ということですね。

塩田

いいや、そうではなくて、さっきいわれた余剰胚というのは、人工的に体外受精させたもののうちで妊娠に使わなかったもの、ということで、排除された異常胚ではありません。

中辻



余剰胚でもう少し説明すると、普通のプロセスは、通常の排卵では1個ですが、ホルモン処置をして、女性から10数個の卵子を取り出し、体外受精で10個の受精卵を作る。そのうちから、1個、2個を子宮に戻して、残りの8個は凍結保存しておくんですよ。塩田先生がおっしゃるように、3回に1回、着床は成功すればいいぐらいですから、うまくいかなかったら、次に、凍結保存しといたのを解かしてまた移植する、と。で、うまくいったら、凍結したまま残るんですよ。液体窒素を継ぎ足していけばずっと残るんですけども、それが、余剰胚なんです。

高田

今、塩田さんの話をきいていて、不思議に思うのですが、幹細胞というのは、どんな器官にでもなりうる細胞ですね。その幹細胞は、当然のことながら、その個体の全ゲノムを持っているわけです。その幹細胞が分化して、たとえば目の水晶体になったとします。と、その蛋白組成はクリスタリンだけになるわけですが、にもかかわらず、その核には全ゲノムが保持されている。それが、何で水晶体に分化するかというと、主としてメチル化——つまりはクリスタリン以外のタンパク質を作る遺伝子のシトシンをメチル化することで、クリスタリン合成だけを可能にする。そう考えていいわけでしょ？

中辻

まあ、仕組みはいくつかありますけど…。

高田

そういうふうにしてできたはずの皮膚細胞も、クリスタリンと同じような論理でできたのだとすると……。

中辻

各々の細胞が、各々違う組み合わせの遺伝子を発現しているということですね。

高田

ええ。ところが、皮膚細胞に四つの因子を入れるだけで、細胞が初期化される。こうしたことが現象としては実在しているのですが、そういう現象を発現させる論理というか、メカニズムはわかっているのですか。

中辻

多分、完全にはわかってはいないんですけど、あの、これは、エネルギーの安定しているくぼみがあって、山があって、こう、落ちていく。この時に、多能性幹細胞っていう状態が、ちょっとくぼんで安定しているんですよ。そこには、初期化遺伝子が発現しているんですね。

で、初期化遺伝子を入れても、100個の細胞に入れたら100個のiPS細胞になるわけではないんですよ。大体、1万個に1個ぐらいがなるんですよ。ですから、まあ、細胞はいろいろ、こう揺れているんでしょうね。それを、バシャバシャって動かして、こっちにいく確率



を上げていくと、自分で、そこに入る細胞が、時々出てくる、っていうことです。

高田

なるほど……。ただ、この辺の話が、メディアではまるで報道されてへんような印象を受けるわけですね。その上で、非常に乱暴な話をすると、要するに生きものというのは、大体、運のええのが生き残っている。そんな風にも言えそうな気がしますね。

中辻

ええ、細胞がすごく変動するので、ES 細胞株でも iPS 細胞株でも、ずっと増殖を続けている細胞ですけど、こんな話があるんです。物理実験、化学実験は、大体、同じ材料揃えると同じ結果が出るんですけど、生物実験は、同じ結果が完全には出ないんですよ。で、ある細胞株を、違う大学院生に1カ月培養させると、何か違ったものになったりするんですよ。だから、実は「捏造」ということを証明するのは難しいんですね。同じ細胞株をつかって、こういう実験をやっけてこういうデータが出ましたって発表するじゃないですか。やってみたら、全然できないよ、となっても、「あいつは嘘ついている」とは、すぐには言えないんです。ちょっと違うんじゃないか、ということで、まあ、難しいんです。時々は、完全に捏造の証拠が出てくるんですが…。

研究データの場合は、まあ、いいんですけど、実用化、医療に使うには、これでは困るんですね。今、ロバストネスっていうんですけど、これが重要だということになっているんですね。ロバストというのは、頑強性とか安定性とか、ちょっとぐらいい違う人がやっても、同じ結果が出るというようなことなんですけど、今、ライフサイエンスとか、特に基礎医学、トランスレーショナル医学の研究は、7割ぐらいの論文があてにならないといわれたりしているんですよ。再現できないんですね。で、細胞を使っている限り、まあ、患者さんや動物を使うともっとぶれるでしょうけど、細胞をつかって、そういうようにぶれるので、ただ、ほんとに、治療に使うんだったら、研究論文を出す程度の信頼性じゃあだめで、もっと信頼性の高いものを使って、ロバスト性を上げないと実用化はできない。

でも、ほとんどの大学の研究者は、そんなことまで目指さないで論文出しちゃうから…。だから、業界内では、あのラボからの論文って、いい時のデータしか使ってないよだから信用出来ないよ、という話が流布してんですけど、でも、証明できないんです。

山口

捏造のお話が出たことなので、なかなかお聞きしにくかった STAP 細胞のことをうかがいたいと思います。私は物理学が専門なので、物理について例を挙げると、論文は、査読プロセスを通れば掲載されます。掲載された後は、ある種の進化プロセスの中で、つまらない論文、ちょっとでもまちがいがある論文は淘汰され消えていき、ちゃんとしたものは残っていく。しかし、STAP 細胞の時は、世間が騒ぎすぎて、泰然自若として真実をしっかりと突き止めるべき理研があつという間に捏造と言いだしたじゃないですか。捏造かどうかは、もうちょっと精査しなくちゃわからないわけで、1年間ぐらいいかけて、理研はやらなくちゃなんなかったと思うんです。そうすれば、笹井さんも自死しなくてもよかったです。コメントをいただけないでしょうか。

中辻

幹細胞の分野って、結構似たことが多いんですよ。役立つといわれる幹細胞使っているし、注目されているってことは、いろんな意味で、インセンティブ、悪いインセンティブが働きますよね。ですから、実は、体の組織から、多能性細胞のようなものを作る方法で作ったっていうものは、まあ、MAPC とか VSEL とか、なんか四つか五つ、すごく目につくんですよ。でも、それがネーチャーとかセルとかに論文が出て、再現性が悪くて全くできなかつたりで、みんな消えていくわけですね。そのプロセスがあればよかったんですが、STAP の場合は、多分、あれは、CDB だけじゃなくて、理研自身が政治的に、予算獲得に使おうって言うことで、大宣伝をやったわけですね。iPS 細胞がもう古くて、それよりもという、さっき言ったような間違っただけをやって…。で、あの場合は、やっぱり、私もツイッターとかで少し参加しましたが、私も、最初は、あれは、画像の取り違い程度のミスだと思ったんですね。だから、その時間かかれたコメントでは、「ミスってのは起きるし、再現性を確認することが大事」なんて答えていたんですけどね。でも、クロだと思ったことがあったんです。それは、普通のミスと程度が違うんですよ。具体的にいうと、第一著者の小保方さんが、博士論文につかっていたテラトーマの三つの写真組と同じものを、あの論文に使ってたんですよ。そんなのは、ミスではありえないんですね。意図的で、同じ三組の写真を違う研究で使うなんていうのはありえなくて、あれを見た時には、この論文のデータは、どれが信頼できるかできないかは全くわからない。私は詳しく見ていないけど、ほかのネットの人が「自家蛍光じゃないか」とかいろいろなこと言い出して、再現性も、もちろん取れない。しかも、プロトコル、方法をどんどん変えるけど、それも再現できなくて、余りにもお粗末なことだったんですね。その余りにもお粗末を、余りにも大々的に宣伝した。

本当に不思議なのは、あれが、普通のどっかの研究室で、あまり熟練していない研究チームが発表したら、まあ、そういうところだからという問題で済む話で、普通の怪しい論文なら自然に消えていく。だけど、理研、CDB という、日本を代表する研究機関です。しかも笹井さんはじめ、3人か4人は、もう、あの分野ではすごい信頼を得ている人たちが共著者で並んでいたんですね。私も、だから、最初は信用したんですよ。あれは、そういういろんな意味で、異常ですね。あの論文のデータは明らかにおかしいというのがいくつもあったんです。

山口

せっかくですから、この機会に、会場から何かありますでしょうか。

三木 俊和（大阪経済大学大学院生）

医療分野のことなんですが、臓器移植法とかが成立し、また、BSE とかの関係で販売中止になったりしたことがありますが、牛豚など生物由来の細胞シートが作られていて、そして、中辻先生が ES 細胞を発表され、私は、わあ、すごいなと思いました。このように、臓器移植とか細胞シートとか、さらに多能性細胞とかもできて、いろんな事ができるようになって、人間どこまで生きるのかということになってきたわけです。それで、私が、20年近く前から気にしているわけですが、やはり生命倫理ということが問題になると思うのです。中辻先生は、生命倫理ということについては、どうお考えになっているのでしょうか。



中辻

日本の生命倫理っていう言葉が、すごく幅広く、定義なしに進んで、もちろん、科学技術の効率とか、コストとか、経済以外にそのある意味の倫理というのは重要だと思います。ただ、それを、観念的に議論すると、あんまり良くはなくて、あの、きょうのタイトルも「広い視野でのリスク ベネフィット吟味ですね」。

で、倫理問題がないというのは、ほとんどないんですね。iPS 細胞だって個人のプライバシーの問題がありますし、不妊治療だって、いっぱい問題を含んでいるけど、それは、みんな判断しているんですよ。だから、あまり先まで考えずに、じゃ、これは、具体的にいいのかどうか、考えてほしいんですね。ES 細胞の場合、私が自分で判断したのは、ES 細胞を作るために、わざわざ受精卵を新しく作る必要があるんだったら、自分でやるかどうか悩んででしょうが、何千個、何万個廃棄されているんだったら、そのうちの幾つかを利用させてもらってもいいんじゃないか。しかも、毎回、毎回、受精卵を使う必要はなくて、細胞株を一旦作れば未来永劫、ずっと使えるわけですね。

というふうなことを考えたら、そうすると、余剰胚の提供プロセスで、十分説明して、例えば、お金をいっぱい払ってもらおうとかじゃなくて、など、いくつかの歯止めをかければ良くて…。しかも、日本は、そもそも指針を作ったんですよ。こういうふう提供プロセスをやればいい、というね。これは、世界の先進国では、ほとんど同じでなんです。そのプロセスにそって ES 細胞株を作ってみんなが使っているのに、それが、なぜ問題だっていうのかわからないんですよ。だから、「ES 細胞は倫理問題」というのは、なんか、中身なしに、言葉だけがひとり歩きしている。人を「不老不死にする」とか、ずっと死ななくするなんて、そんなことは不可能です。そんなことは言ってないです。現実には、ドーパミン神経がなくなっていつてるから、だんだんと動かなくなって、介護をずっとしてもらいながら、やっばり亡くなるっていう状態を、例えば、5年間、10年間、改善するためにドーパミン神経を作って移植すれば、それができる可能性がある。だから、それをやるんです。あんまり、観念的に考えてもらっては困る。具体的なところを考えるわけです。そんなすごいことまで、できるわけがないんですよ。目の前に、こういう問題があって、これは大丈夫だろう、というふうに考えてほしい。

村瀬 雅俊（京都大学基礎物化学理研究所准教授）

ぼくは、細胞システムからなる個体と、人間からなる社会システムは相似だというふうに思っていて、誤りが多い。人間のやることは10回に1回ぐらいしか成功しなくて、残りは、誤りが多い。先生もおっしゃっていたように、細胞も全く同じですね、ミューテーションが多くて。で、なんか、理想の細胞を探すことに余りに注意がいつてしまうと、人為選択をしていることに、結局はなりますよね。それで、誤りがある細胞が、違った細胞同士と集団をなした時に、その誤りが、リセットっていうか、細胞同士のネットワークで勝手にリセットすることってあると思うんです。それは、例えば、癌が自然寛解するのと似たところがあって、人間もそうですよね、いろんな誤りがあっても、集団の中で、何か抑制される事があると思うんです。

それで、最初から理想の細胞を探すというより、誤りが起こることをよしとするような発想。異なっ



た細胞集団が起こった時に、たまたま、誤りが、全体としては顕在化しない。個別にとっちゃうと、癌化しているかもしれないけど、というふうな、何か発想を変えることって、できないでしょうかね。

中辻

私の考えで言いますと、複雑で、たくさんなものが関わって、複雑系って、いつも正常じゃなくて、間違いが起きますよね。めちゃくちゃ、話が飛びますけど、人間の社会では、多分、理想的な統治が行われるシステムを作ることは、ほとんど不可能で、間違いは起きるけども、それをいかに補正していくかっていうので、今のところ、民主主義というのが、いろいろまずいことあるけれども、一番危険がないということになっている。その補正が利かなきゃいけない。で、ある方向に、みんなが右向け右だったら、きっと間違いが起きます。素晴らしい統治者がいる場合というのは、幻想です。

細胞、われわれの体もそうになっていて、その中でも、間違いが起きる中でもできるだけ正常に行こうとしていて、たとえば、生殖細胞の場合のゲノムは、減数分裂の時ってというのは、一対あるものを参照するんですね。あんまり違ったのが多い細胞は殺しちゃうんですよ。二つのコピーを照らし合わせて、異常のあるのは、二つ違っていますから、そういうのは殺すという選別が行われているんですね。体の中にも、これ、塩田先生のご専門ですけど、癌細胞って、それに近いものは毎日、毎日、われわれの体の中にできているけれども、それは、免疫系で検出され、排除されていっているということになっているんですね。

で、この細胞も、ある人が、もしも、細胞治療に使う ES 細胞、iPS 細胞は、完全に正常なものでなければいけないと決めたら、何もできません。すべては異常を持っているんです。それで、具体的な例なんですけれども、ゲノム解析の会社と開発しようとしているのは、発がんリスクを高くするような遺伝子変異を、例えば 300 種類ぐらい上げて、その 300 種類は起きていないよ、とか、そのうちの 2 個ぐらいは起きているとあっていうのを検出して、じゃあ、どれを使おうかっていう…。だから、異常は起きているが、リスクの高いものは起きてないようなことを検出しようということですね。つまり、リスクとベネフィットどこで折り合いをつけるか。倫理もそうです。倫理も大小、どこで折り合いをつけるかだと思えますね。



山口

きょうのお話を聞いて、哲学的なことと実用的なことの両面を考えました。哲学的なほうで、つくづく思いましたのは、やっぱり、iPS 細胞って、発見されたのは奇蹟だなあという気がしてならないんですね。つまり、似たようなことを考えてやっていた人はほかにもあったようですが、たったの四つの遺伝子を入ただけで、ES 細胞とほぼ同じような機能を持つものを作れるなんて、山中さんは、どうして思いついたんだろう、と。それで、生命というのは、物理学では定義できていないですよ。すなわち生命は、サイエンティフィックに定義できていない。ただ、山中さんは、「何か、生命というのはある種の安定状態を求めている、安定状態を求めるがゆえに iPS 細胞は見つかったんじゃないか」ということをおっしゃっている。深い言葉だと思ったんです。しかし、これはワールドカフェの話題には難しすぎる。

そこで、実用的なほうを話題にしたいと思います。この場合は、市民科学者をつくらうということも趣旨でありますので、バイオ産業のことを話題にしたいと思います。日本のバイオ産業は、2000 年ぐらいから、どんどん死に行こうとしている。貿易赤字の主因がバイオ産業です。日本は、こんなにさまざま

なサイエンスのイニシアチブを持っていて、さまざまな技術のイニシアチブを持っているのに産業はさっぱりダメなんです。これは、さっきも話に出たように、日本って、ベンチャー企業がないからですよ。

で、アメリカは、1976年創業のジェネンテックから始まるんでしょうけれども、先程申し上げたように、ポスドクたちがアカデミシャンを捨てて会社を起こす時代になっていて、そういうある種の、社会的淘汰システムができ上がっているように思うんです。それで、私としては、ここまで素晴らしいサイエンスがあるのに、これが、日本の中で実用化されて価値に生まれ変わらないのは、本当にもったいない。それで、きょうのテーマは、「ES細胞、再生医療に基づいたバイオ産業を日本の中で起こすには、どういう仕組みがあるんだろうか」というのはどうでしょう。中辻先生、どうでしょう？

中辻

いや、私は、その部分に貢献できると良いなと思っているんですよ。私も、会社をやっています。大学の研究は、複雑なものがあり、そんないかがわしいことはせず、貧乏でも研究を続けるっていうメンタリティーが、まだあるんですが、研究を続けるには資金が要るんですね。私が、そういうことの魁になれば嬉しいですが、周りでは、このまま大学にいてはどうしようもないということもあるんですよ。ベンチャー企業に参加する動きとか、企業に向かう人も出てきていますね。

クオリア AGORA 2014

☆ワールドカフェ

世界の流れからグッと遅れてしまった日本のバイオ産業。IPS細胞やES細胞といった万能細胞などで、日本の再生医療をリードするベンチャー企業をどう育てるかをテーマに活発な意見交換が繰り広げられました。

▽第1グループ報告 片岡凌佑（京都大学医学部人間健康科学科）

ぼくたちのグループでは、バイオサイエンスを現実化するというのを、まず歴史的なことから検討しました。つまり、明治以前には、文系、理系が分かれていない文理融合した形で学問は発展していた。それが、明治維新を経て、文理が分離細分化され、専門分野ごとに深い追究が行われたことで、近代の科学は、ものすごく発展していったわけです。しかし、現代になって、この文理が分かれ、学問が細分化された状態では太刀打ち出来ない問題が、さまざまに顕在化してきているわけです。

今回テーマになったバイオサイエンスの問題というの、現代の細分化された学問ではなかなか太刀打ちが難しい、解が難しい問題の一つだと考えられます。なぜ難しいのかというと、生命技術、バイオサイエンスっていう問題は、非常に多様性が高くて、各専門分野で深く追究したところで、一つの視点がいくら深くても、広い視点がないと対応できないわけです。これからの多様な問題を解決するには、多様な視点を持った人が多く集まる場を作って、そこで議論をし解決していくということが必要になっていくだろうと思われまます。

そういう意味で、このクオリアには、いろんなバックグラウンドを持った人が集まっていて、そのいい例になると思います。クオリア AGORA の場では、ぼくたちのグループの場合もそうだったんですが、元々の課題からある種、どんどん脱線した話に入って行って、つまり、目的に縛られない中での自由な議論が進められていきます。実際、クオリアの出席されている方の中から、ベンチャー企業をやる方が増えているようで、そういう目的から自由になった場での議論から、目的化された実践的な結果が生まれていて、それは、一つのものではなくて、多数のものがどんどん生まれていくのではないかと思います。

バイオサイエンスのビジネス化っていう問題に対しても、やはり、生命技術の専門家だけが集まってやっても解は出ない。そして、経営についての専門家も、同様です。どちらも、真っ直ぐ自分の道を見て進むことはできても、全体を俯瞰して見ることはできないわけです。まず、そういう両者を集めるための場が必要になります。そして、その場に集めるための発信者の存在も必要になります。また、集めた人を新たに目的化された実践的なところに進展させていくためのコーディネーターも重要です。こういった存在が、バイオサイエンスに限らず、これからの多様な問題を解決していくのに必要になってくると思います。

▽第2グループ報告 佐々木勇輔（京都大学大学院思修館）

私たちのグループは、生命科学をどう産業に活かしていくかを話し合いました。まず、その背景にある、なぜ、日本では、生命科学が産業として起こってこないのか、について問題点を整理してみました。

その第一は、ヒエラルキー型で、三角形のてっぺんからトップダウンで上から下にしか意見が通らな

いって社会システムが考えられます。まあ、理研とかですと、国の意思に反した場合はお金がもらえないとか、そういう形では、どうしても自由度が下がってしまいます。トップダウン型の弊害。次は、単一的ということもあります。評価が単一的で、世の中の方向性が決まっている時に、こういうものでないとお金はあげない。他の研究はダメとか、ということが出てくる。また、ちょっと違うことをやっている人に対する世の中の偏見ということもあります。みんなが、そういう人を受け入れず「それはよくない」という雰囲気が作りだされてしまい、挑戦したいという人のモチベーションが下がり、画期的なことを考える人がいなくなってしまうという弊害もあります。さらに、メディアの問題。大きな声の人が強くなり、個人が問題意識を持ったとしても、声の強い者に従ってしまうという空気が生まれる。

理研についてですが、理研のような型通りの組織が、結構、日本の中では大きな役割を占めているというのも考えられます。で、理研の基礎研究というところを見れば、発生生物学の世界的なリーダーとして非常に高い成績を上げられているわけですが、国内では、お金ということがありまして、そういう現実的な面に縛られてしまうということも問題として出されました。

それで、この状況をどうするかを考えました。システムと人材をどうしていくかということですが

システムの問題については、まず「産官学のコンソーシアム」の推進を提案します。従来の▽産業の資金▽国のリーダーシップ▽学が持つアカデミズムのカーの三つを、新しい関係の基に活かしていく。国に、民間からでは言えないことを、学が強くなるかとかそういう新しい役割の上に築かれるコンソーシアムによって、事業化の道も拓かれるのではないかと考えます。

また、日本ならではの複数企業による合同研究、開発をやればどうかという意見も出ました。現在進められているものとしては、NEDOがありますが、企業を掌握しそれぞれの強みを活かすタイアップさせて引っ張っていくような事業を育成していくことも大事というわけです。これがシステムの面から考えたことです。

次は、人材面。日本人は挑戦に対してリスクを恐れ、それに対する補助も少ない。面白いことに対して投資しようとする人も少なく、こんなことでは、ベンチャー事業は、どんどん縮こまってしまいます。で、新しいこと、違うことをする人を受け入れるっていう寛容性、多様性を受け入れる心に、みんなが少しずつ変わっていくことが大事。そして、「利他」の精神を持ち、他人の足を引っ張るのではなく、みんなで高め合う—そういう精神に変わっていくことが大事だろう。これからの若者にぜひやってもらいたいこと。それと、現役世代の人は、社会貢献を行っていくことも大事だと。アメリカですと、ベンチャー企業にも寄付をするということもあるようで、こういう環境が、アメリカの強みだと思います。こうした考えを実践されているのが、利他の精神を持って社会貢献をしている ES 細胞の父中辻先生というわけです。

▽第3グループ報告 鈴木 祥太（京都大学）

このグループでは、ES 細胞で会社をつくらうということなんですが、その前に、会社を作るっていう人がたくさん出るような土壌をどうやって作ればいいのかを、主に話し合いました。

最初に、医療を産業に結びつけることに対する反対意見が出ました。新薬の効力の信頼性を、医者がよくわかっていなくて投与するなど、患者が実験動物化し、臨床実験が非倫理的になっているという問題があるということが、その根拠でした。続いて、山口先生も再三おっしゃっていますが、1位は石油で2位がバイオという日本の貿易赤字について、その理由を話し合いました。それは、基礎研究をやめたことにあるんですね。このまま、基礎研究を軽んじたやり方を続けると、日本の売りとなる産業、今

は電子工業ですが、それがなくなってしまう。今、最先端を行っている iPS も、このままではアメリカの利益になるだろう、と。そして、科学の世界に2番はなく、トップを走る続けることが大事だ、という事で、前半が終わりました。

後半は、起業したい人がなぜ少ないかということ、主に話し合いました。それで、出てきたのは、京大をはじめとする日本の大学は、非産業志向っていうか、学問を使って金儲けをすることに、拒否反応が未だに強い。その例として、話が出たのが、100年前の、高峰譲吉さんという化学者がアドレナリンを発見したんですけども、学問で金儲けをしたと社会的非難を浴びた。アメリカでも、同じ100年前、デュボンでナイロンを発明したカロザースという人が同様の非難を受け自殺した事件がありました。アメリカでは、今、そんな風潮はない。しかし、日本は、100年前のまま、意識が変わっていないのではないか、という指摘がありました。

それで、産官学について考えると、学は、今言いましたように非産業志向であり、官と産は、即戦力、短期的利益を求め、長い視点で人材を育成することができていない。その解決のためには、科学と生活、市民とのズレを解消することが必要であると話し合いました。最終的には、産官学がどのようなことをすればいいかを議論しました。日本の売りとなるバイオ産業を育成するために、世界を見て長期的に、人材を育成することが大事だという結論になりました。

▽第4グループ報告 伊藤 早苗（京都大学文学部2回生）

万能細胞を技術として活かすにはっていうのと、それに、生命倫理がどう関わってくるのかということ、を話し合いました。

最初に問題にしたのは、技術者と経営者がもっと協力しないといけないということでした。技術者が、万能細胞とかどんどん研究していくのはいいんですけども、それを活かす時に、ベンチャー企業とかいう話も出たんですが、経営の仕方とかを、人任せにしてやれって急に言われてもできないよねっていう話になり、経営者とうまく協力してやることが不可欠だろう、と。科学者と経営者両方の違った視点から見て、万能細胞を活かすためにはどういう段階を踏まなければならないか、を考えなきゃいけないという話が出ました。

で、産業化の資金ですが、アメリカと比べて日本はベンチャー企業を起こしにくい。そういうのをやろうとすると個人保証になって、もし失敗すると、子孫に借金がつながってしまう。そこまでして事業をやる、そんな勇気を出して踏み出せる人は余りいない。その理由は、受験勉強とかやって、大学に入学して安定性のある方向へ進むというのが、親のプレッシャーもあるかも知れないけれど、そういう日本の社会になっているからじゃないかという話が出ました。

で、最後に、その受験勉強は、イエスカノーで分けられることが多いという話が出て、工業もそういうところがありますが、生命科学とか、万能細胞というのは、イエスとノーの間の曖昧な部分がいっぱいある。この部分を理解し、もっと考えていくと、バイオサイエンスの技術を産業として活かしていくのに役立つ答えが出るんじゃないか、と。

クオリアAGORA事務局

じゃあ、中辻さん、最後に一言おねがいます。

中辻 憲夫（京都大学物質—細胞統合システム拠点設立拠点長・再生医科学研究所教授）

発表意見の要点は、多様性とか、曖昧さの部分があるとか、リスクをとるとか、大体、内容的に共通していたと思います。事実関係として、個人保証っていうのは、多分、銀行からの借金だろうと思うんですが、それに変わるのがベンチャーキャピタルなんでけども、日本のベンチャーキャピタルって、実は、結構リスクを取らなかつたりするみたいな…。

で、一つだけ言うと、京大は、学術の府で、日本の全体の中で、主な役割はやっぱり学術研究だと思うんですね。でも、京大は学術研究 100%やって、どっかの工業大学は産業応用ばかりなんてことは、良くないと思います。だから、京大の先生の例えば 80%は学術を進めてくれたらいいんです。でも、20%ぐらいの人は、やっぱり産業応用っていうところにつながることをやってもらって、実は、そういう人がいることが学術研究の基礎をサポートすることになるんですね。これまでは、両方が引き合い、潰し合っているというような感じがあるんですが、両方あって、ちょうどいいんですね。相補的というのはまさにそうで、いろんな「得意」を持った人が集まって、一つのことを作り上げるものなんだと思うのです。