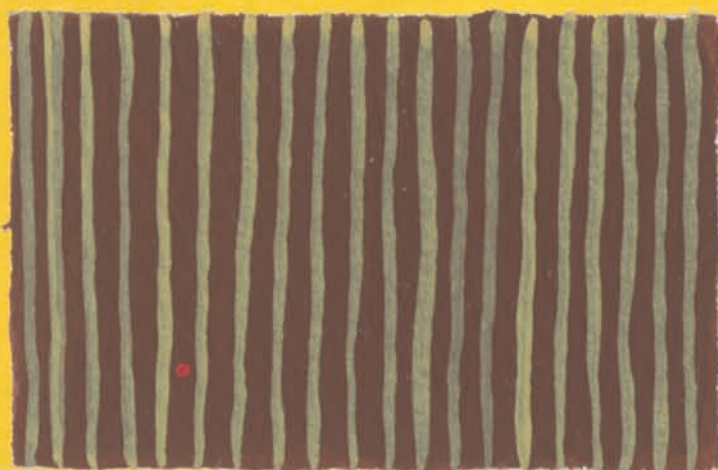
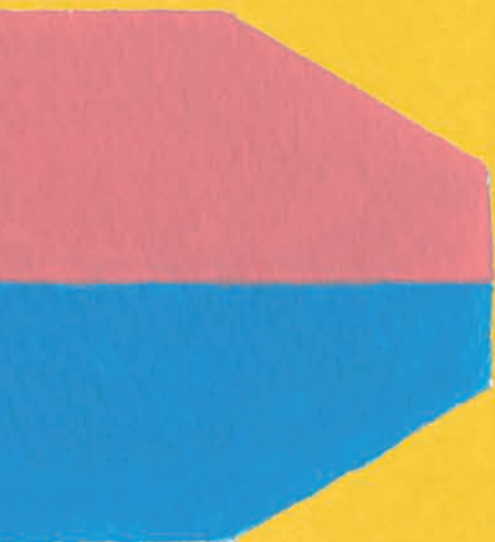
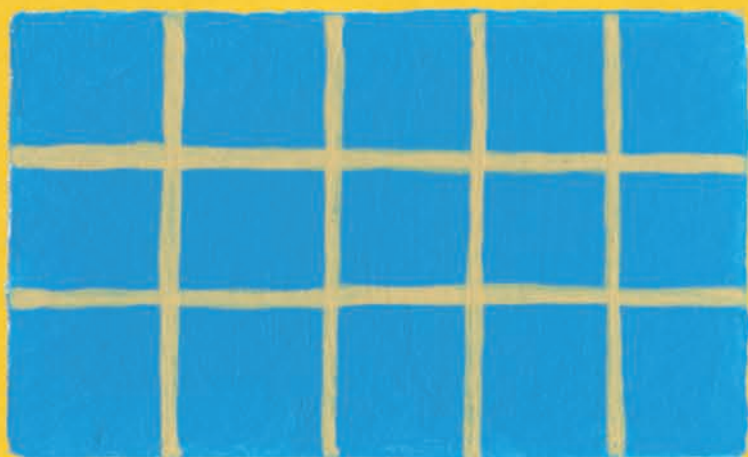




iCeMS/CiRAクラスルーム2012
幹細胞研究やってみよう！
まずは観察から



はじめに

2012 年 11 月 18 日（日）、京都大学 物質－細胞統合システム拠点（iCeMS＝アイセムス）及び京都大学 iPS 細胞研究所（CiRA＝サイラ）は高校生向け実験教室「iCeMS/CiRA クラスルーム 2012：幹細胞研究やってみよう！まずは観察から」を共同で開催しました。4 年目となる今回は非常に多くの方から関心をお寄せいただき、近畿地方を中心に全国の 138 校の高等学校から 425 名の応募がありました。その中から、79 名（午前 40 名、午後 39 名）の高校生が参加しました。この冊子はその記録です。

iCeMS/CiRA クラスルームの主な目的は、高校生に「科学それ自体についての知識」を習得してもらうことです。「科学は固定化された知識ではなく、自然を解き明かすための手段である」と知り、その手段を活用することは、日常生活においても大切なことです。2009 年に第 1 回 iCeMS/CiRA クラスルームを開催して以来、プログラムに改良を加えながら毎年開催しています。

2012 年のプログラムは、全部で 3 時間。最初の 1 時間は、ボードゲームを用い、「研究」のための基礎知識を楽しく身につける時間です。生物の単元でいう「発生」「分化」「細胞」について学びました。次の 1 時間は観察のお作法を身につける時間。顕微鏡を使ってヒト iPS 細胞など 4 種の細胞をじっくり観察しました。プログラムの最後の 1 時間は、ひたすら頭を使う時間です。ある課題をどうしたら検証できるのかをみんなで考えました。

iCeMS や CiRA で日々研究に取り組んでいる若手の幹細胞研究者や高校の先生方に協力していただきながら、「様々な角度から観察する。そして、観察に基づいていろいろ考える」ということを体験してもらいました。

それでは、高校生による幹細胞研究体験がぎゅっと詰まった 3 時間プログラムの記録をどうぞお楽しみください。

もくじ

session1：事前学習の時間	3
『ボードゲームを用いて「発生」「分化」「細胞」について学ぶ』	
「研究」のための基礎知識を学ぶ／ゲームの手順／ ゲームをやってみて、分かったことと浮かんだハテナ／ Session1 のまとめ	
session2：観察の時間	7
『ヒトiPS細胞など4種類の細胞を観察する』	
2-A 観察の練習	7
あなたにとって「観察」とはなんですか？／たとえてみよう／ 細胞1つをなぞってみよう	
2-B iPS細胞を観察する	13
①の細胞／②の細胞／③の細胞／④の細胞／ Session2 のまとめ	
session3：考える時間	23
『答えの出ていない最先端の研究課題に挑戦する』	
答えの出ていない最先端の研究課題に挑戦してみる／ まずは、おさらい／若手幹細胞研究者との対話／ Session3 のまとめ	
全体のまとめ 31 / 高校生からの感想 32 / スタッフ紹介 33 / 謝辞 34	

session 1

『ボードゲームを用いて「発生」「分化」「細胞」について学ぶ』



「研究」のための基礎知識を学ぶ

はじめの1時間は、ボードゲーム『研究者になって細胞を育成しようゲーム』で遊んでもらいました。このゲームを通じて高校生の方々に伝えたかったのは、次の3つです。

1) 生物の単元でいうところの「発生」と「分化」のエッセンスについて

何にでもなれる状態の細胞が“成長”して、“役割を持つ”までの道のりがイメージできるようになっています。より深く幹細胞が理解できるようになるはず。

2) リプログラミングについて

普通は元には戻らない「何かに分化した細胞」を「どんな細胞にもなれる状態」に戻すことができた！というのがiPS細胞です。そのイメージをゲームの中で再現しています。

3) 研究の営みについて

毎日毎日細胞の世話をしたり、時々実験に失敗したり、研究費の申請をしたり、学会に出かけたり…研究者の周りで起こっている出来事をちょっとだけ覗けるようになっています。

ゲームのご紹介

研究者になったつもりで、プルリポテントくん（＝受精卵からちょっと発生が進んだ細胞）から、体の中で働く「いろいろな種類の細胞」になるまでを育てていくゲームです。ゲームを通して、幹細胞研究の基礎を学ぶことができます。

ゲームは2つのステージに分かれています。

ステージ1：三胚葉に分化するステージ

プルリポテントくんから三胚葉に分化するまでの道のり。

ステージ2：それぞれの細胞に分化するステージ

三胚葉に分化した細胞が、それぞれ独自のはたらきをもった細胞に分化するまでの道のり。

ゲームの手順

よくあるボードゲームと同じ！

順番にサイコロを振って、出た目の数だけ進み、止まったマス目の指示に従います。

よりたくさんの「ポイント」をゲットできたら勝ち！

「ポイント」は、ON にできた遺伝子の数と、ゴールに到達できた順位で決まります。

GOALした時に、育てた細胞の種類が分かる！

ゲームの途中で決まる「胚葉（ボディの色）」と「ON になった遺伝子数」の組み合わせで、細胞の種類が決まります。

ゲームをやってみて、分かったことと浮かんだハテナ

MISSION 1

1

● このゲームをやってみて、どんなハテナが浮かんだ？ 何が分かった？ 何を考えた？

遺伝子の "ON" "OFF" とは
具体的にどうゆう状況なのか

多能性誘導因子は、どうゆう働きをするのか

胚盤孔、決定した細胞なのか

多能性誘導因子が OFF にあると、
遺伝子が ON にならないのは
どうして...??

なぜ
多能性誘導因子が OFF に
ならないと、遺伝子が ON に
ならないのか

なぜ多能性誘導因子が OFF に
ならないと、遺伝子が ON に
ならないのか

遺伝子の ON, OFF で色々な
種類の細胞になる。

化学物質の発がんなどの
大いなる可能性がある。

IPS 細胞が 卵細胞に
なるのか?

外、中内胚葉の形成は、
石井先生に御礼を申し上げます。
マウス用の学生はいるのか?
50 人以上と来ているのか?

トーマスの物語の光は?
多能性誘導因子の ON/OFF
石井先生の講義には、
システムには、
石井先生の出会い。
マウスに感染はするのかわかる?
なぜこの発見がある?
おめでとうございます。IPS 細胞は、
石井先生に御礼を申し上げます。

ICeMS/CIRA Classroom
「細胞を育てよう」 石井先生から
2012.11.18

MISSION 1

1

● このゲームをやってみて、どんなハテナが浮かんだ？ 何が分かった？ 何を考えた？

多能性誘導因子が
OFF にあると、
遺伝子が ON にあると
関係は?

多能性誘導因子と
遺伝子の
関係は?

多能性誘導因子
が OFF にあると、
遺伝子が ON にあると
数によって行くなるのか
かわかるのか?

多能性誘導因子が
やがて、色々な
細胞になるのを
助けたのか、かわかるのか?

どうして ON/OFF かわかるのか

遺伝子の ON/OFF の
かわかるのか

また、多能性誘導因子
が ON にあるのは何か

多能性誘導因子、何?

内胚葉、外胚葉、中胚葉

これらと、

遺伝子の
ON/OFF
の回数によって、

行になるのか、かわかるのか?

胚葉とは?

内胚葉、中胚葉
外胚葉の違いとは?

コンタミが
よく分らない。

早期に細胞が分裂が
良いと思われ、
IPS 細胞も、
無限の可能性を
秘めているのか?

IPS 細胞に
なる方が、遺伝子が
ON にあると、
どんな細胞にもなるか
かわかるのか?

研究人生は、
最後はどうなるかわかるのか?

○ ゲームへの質問／コメント

- ・ 自分の体内にあるとはいえ細胞にはあまり親近感がありませんでした。フィギュアを使うことで親近感がわきました。
- ・ ゲームとフィギュアを使って学ぶことができたので理解しやすかった。

○ 研究生活に関する質問／コメント

- ・ 研究者でも研究以外にも講演などもしっかりしないといけない。
- ・ 国際幹細胞学会は何をするのか？
- ・ 研究費の申請って大変ですか？

○ 実験に関する質問

- ・ コンタミって何？
- ・ 培地は何でできているのか？
- ・ 研究に使う動物がなぜマウス？

○ iPS 細胞への質問／コメント

- ・ どんな細胞でも iPS 細胞になれるのか？
- ・ 多能性誘導因子はどういう働きをするのか？
- ・ iPS の 4 つの因子の中に発ガン性物質があるときいたのですが大丈夫なの？
- ・ 何がどうなって iPS 細胞になるん？
- ・ iPS 細胞に倫理的問題は存在するのか？
- ・ iPS 細胞を使ってできる細胞の中で一番先に出来そうな細胞とは（期待されているもの）？

○ 生物（発生、分化、細胞）に関する質問／コメント

- ・ どんな細胞になるかは最初からわからない。
- ・ 胚葉は決定したら変更はないのか？
- ・ マスが進むにつれて、細胞が育っていったるが、細胞はどうやって育つのか？



session 1 のまとめ

高校生たちは、マス目に書かれた専門的な単語（「継代」、「コンタミ」など）の専門的な単語にちょっと戸惑いながらも、ゲームを進めるうちに、段々前のめりの姿勢になって行きました。この1時間で、生物の知識を勉強するだけでなく、研究生活のイメージもつかんでもらえたことでしょう。

session 2

『ヒトiPS細胞など4種類の細胞を観察する』



観察の練習

突然「～を観察してみましょう！」といわれても、初めてみるものだと、どこを見たら良いのか、どうやってみるのが良いのか、戸惑いそうです。このセッションでは、ヒトの細胞の観察にチャレンジする前に、「観察の練習」をしました。

まずは、「よく見る」という練習。

次に、「細胞を見る」という練習をしました。

Q.「観察」から連想される言葉を10個挙げてください。

*名詞でなくても可。

iCeMS/CiRA クラスルーム 2012 への参加が決まった高校生のみなさんには、事前にこんな質問に答えてもらっていました。「観察」と聞いて連想する言葉、といっても10個も考えるのは至難の業ですね。でも、みんなちゃんとそれぞれの「観察」を考えててくれました。

ここでは、回答の中から面白いコメントを抜き出してご紹介します。

みんなの「観察」傑作選

Best 5!!

1. 顕微鏡
2. 実験
3. スケッチ
4. 発見
5. 細胞

→ まさに理科室に並んでいそうな単語ですねえ…

苦し紛れの10個目は…

- | | |
|-------------------|-------------------|
| ・ ゲシュタルト崩壊 | → なんで?? |
| ・ 人が疑問を解決する方法の一つ | → なかなか深いかも。 |
| ・ 顕微鏡のせいにしてしまう自分 | → そんなにまでして何を見てるの? |
| ・ 不思議なものを不思議と思うこと | → なんだか大切な気がするね。 |
| ・ 新しい何かを発見するきっかけ | → たしかにそうかもね。 |
| ・ 地道な作業 | → がんばれ! |
| ・ observation!! | → そのままだし! |
| ・ 人間観察 | → へー |

その他オリジナリティーにあふれた言葉

- | | |
|-------------------|----------------------|
| ・ 若冲 | → 伊藤若冲、いいよね。 |
| ・ 小学1年生の時観察した朝顔 | → 小学校のときの体験は記憶に残るのね。 |
| ・ 松の気孔から大気汚染を調べる。 | → 調査、頑張って。 |
| ・ 真実への一步 | → なかなか深い言葉をありがとう。 |

2-A たえてみよう

まずは「よく見る」練習です。図形を言葉で表現してもらうことから始めました。スクリーンに映し出されたのは、iCeMS/CiRA クラスルーム 2012 のポスターに使われていた1つの図形。言葉にしようとすると、いままで見えていなかった特徴に気付くことができます。



MISSION 2-A

● 班でイチオシのコトバを教えてください！

道路のU字型のカーブの
一部に黄色の帯が通る。
パタパタム
散らばっている。

グシャク体の“ノ”の
字、水玉模様、
存在を基調とし、
黄色のQがたま
にある。

47カ所のノ

チョコバナナ
みたい！

水玉模様

トラ

ケンケンゲーム

pmb

MISSION
2-A

● 班でイデオシのコトバを教えて！

水玉模様

黄色の点
バナナ
チーッほい穴
加字
チョコバナナの
色が支持悪い

チーッかん穴

穴の大きさはそれぞれ
違う。

バナナ
バナナは
チーッほい
バナナはバナナ
バナナ
バナナはバナナ
バナナ
バナナはバナナ
バナナ

きいろい
斑点

アラネタリウム
っほい
ズーッッ

バナナ
みたいな形

色のほいほい
かきもい

iCeMS/CIRA Classroom
「創造的探究やってみよう」第1回講義
2012.11.18

MISSION
2-A

● 班でイデオシのコトバを教えて！

黒字に黄色

ホース

バナナ
バナナ

夜空に賞が
とんでいるから

夜空に賞がとれているから

バナナはバナナ
バナナはバナナ
バナナはバナナ
バナナはバナナ

腐ったバナナ

バナナはバナナ
バナナはバナナ

バナナ

バナナはバナナ
バナナはバナナ
バナナはバナナ
バナナはバナナ

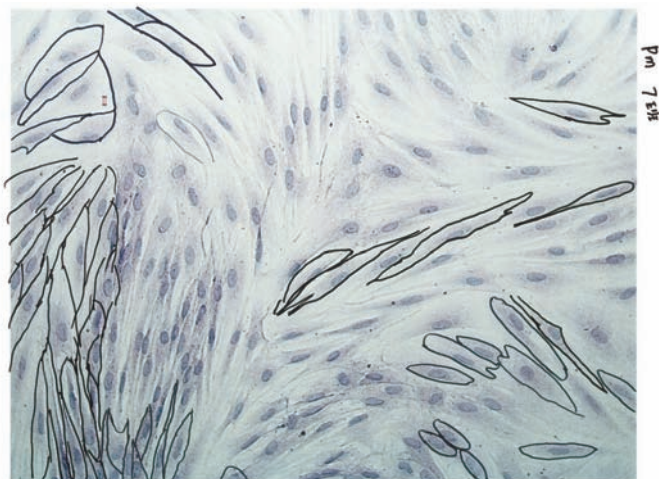
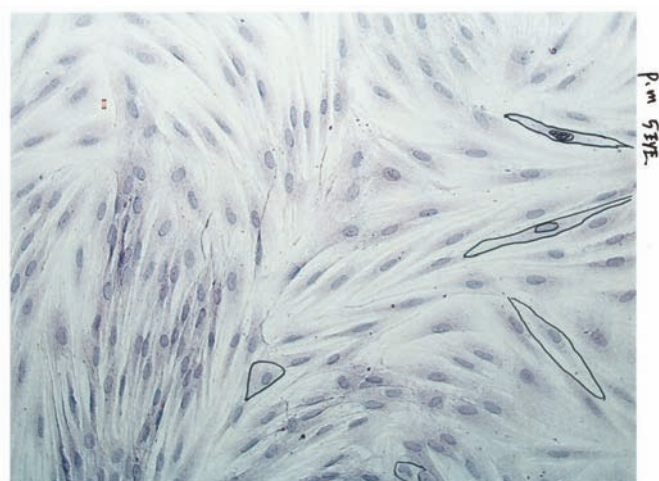
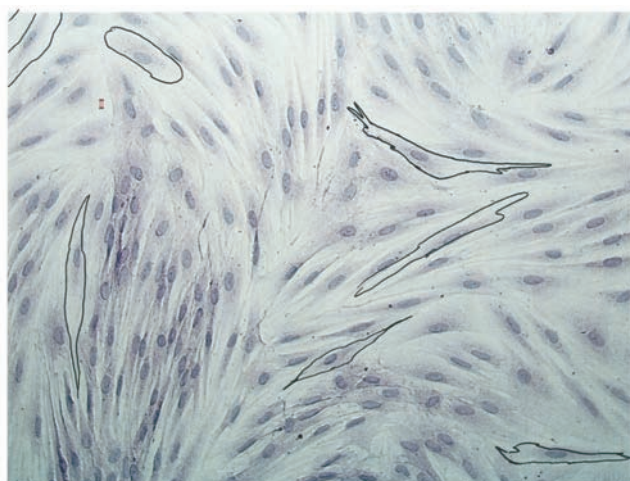
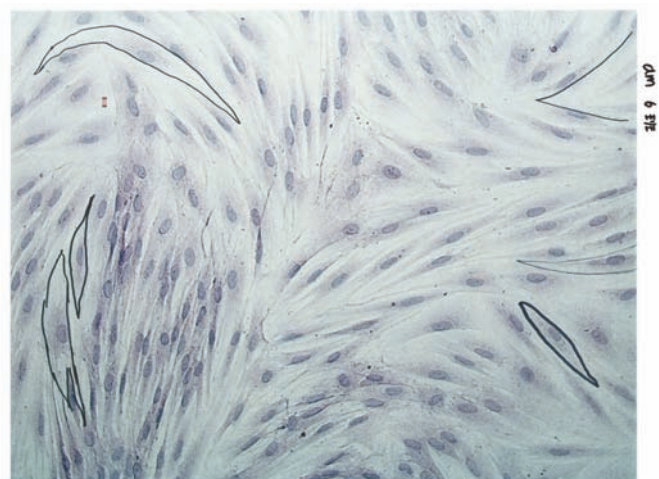
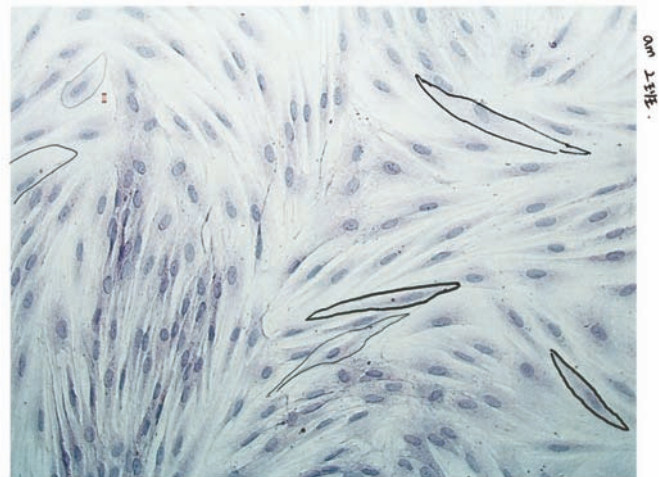
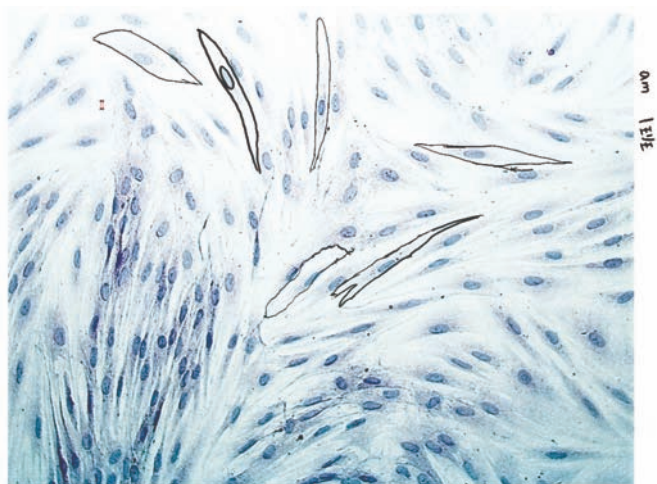
バナナはバナナ
バナナはバナナ
バナナはバナナ
バナナはバナナ

iCeMS/CIRA Classroom
「創造的探究やってみよう」第1回講義
2012.11.18

II
2-A
細胞 1 つをなぞってみよう

次は、「細胞を見る」練習です。ヒトの皮膚の細胞の顕微鏡写真を拡大したワークシートをグループに1枚配りました。ここで挑戦してもらったのは、「細胞1つをなぞってみよう」ということ。

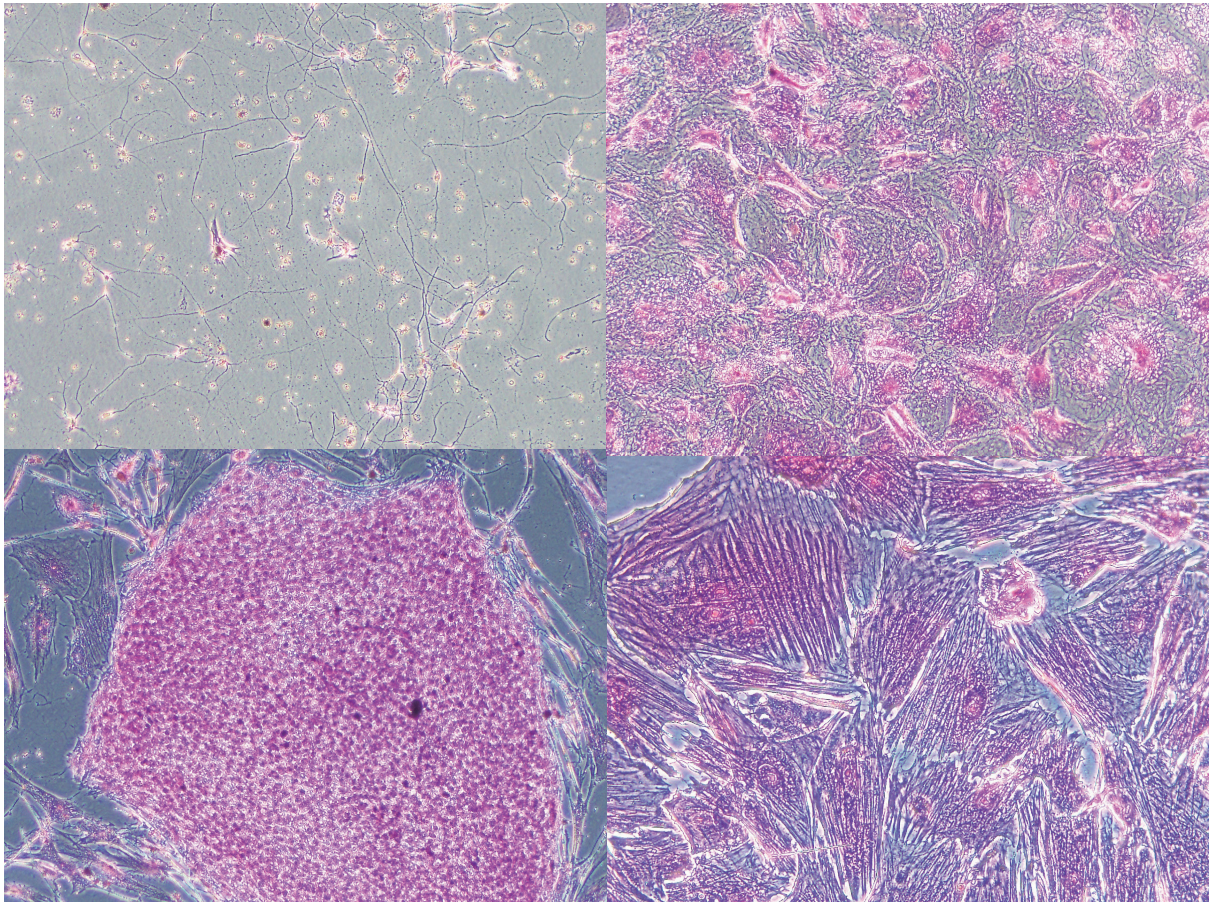
ペンを片手に、細胞1つ1つの輪郭を探りながら、「中心に核がある」、「核を細胞質が取り囲んでいる」といった細胞のつくりを知ってもらい、本番の観察に生かしてもらおうという時間でした。



みんなの「細胞」

2-B

これなんだ？



iPS細胞を観察する

いよいよ本物のヒト iPS 細胞、そして、iPS 細胞由来の分化細胞の観察です。細胞が入った4つのシャーレが配られましたが、どのシャーレにどんな細胞が入っているのかは高校生に知らされていません。この時間は、「この細胞、なーんだ？」に答えてもらうべく、顕微鏡を使ってしっかり観察してもらう時間をとりました。

さすがにヒントがないと厳しい、ということで、高校生のみなさんには、2つのヒントが出されました。ヒントの1つ目は1時間目で使った細胞フィギュアです。それぞれの細胞の説明が書かれた情報カードには、細胞の特徴が載っています。もう1つのヒントは、選択肢。袋とじになっているワークシートの片側を開くと、4種類の細胞の選択肢が現れます。

さて、どんな推理が展開されたのでしょうか？

A microscopic image showing a dense network of thin, branching, purple-stained structures, likely neurons or axons, against a light blue background. Numerous small, yellowish-orange circular spots are scattered throughout the network. A white speech bubble with a black border contains the text "これなんだ？" (What is this?).

これなんだ？

1

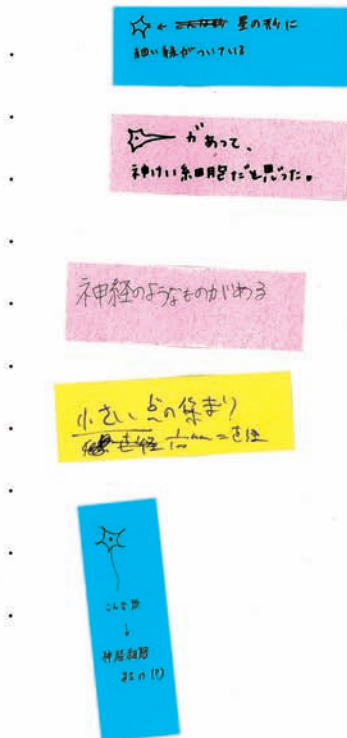
どんなコトバになった？

- 1つの細胞／核から数本の細い線が出ている
- 糸状のものが生えているものと生えていないものがある
- 細胞全体のうちで核が占める割合が高い
- 糸状
- 突起が何本もある
- 突起がつながっている
- 大きさがバラバラ
- 細胞から線がたくさん出てる
- 先ほど見たものよりも1つあたりが小さく形も不規則
- 1つ1つの形がバラバラである（さっきと違って）

回答例

MISSION 2-B^①

●できるだけたくさんのコトバにしてみよう！



●①の細胞はどれでしょう？

- ア. ヒトIPS細胞
- イ. ヒトIPS細胞由来 肝臓の細胞
- ウ. ヒトIPS細胞由来 神経の細胞
- エ. ヒトIPS細胞由来 心臓の細胞

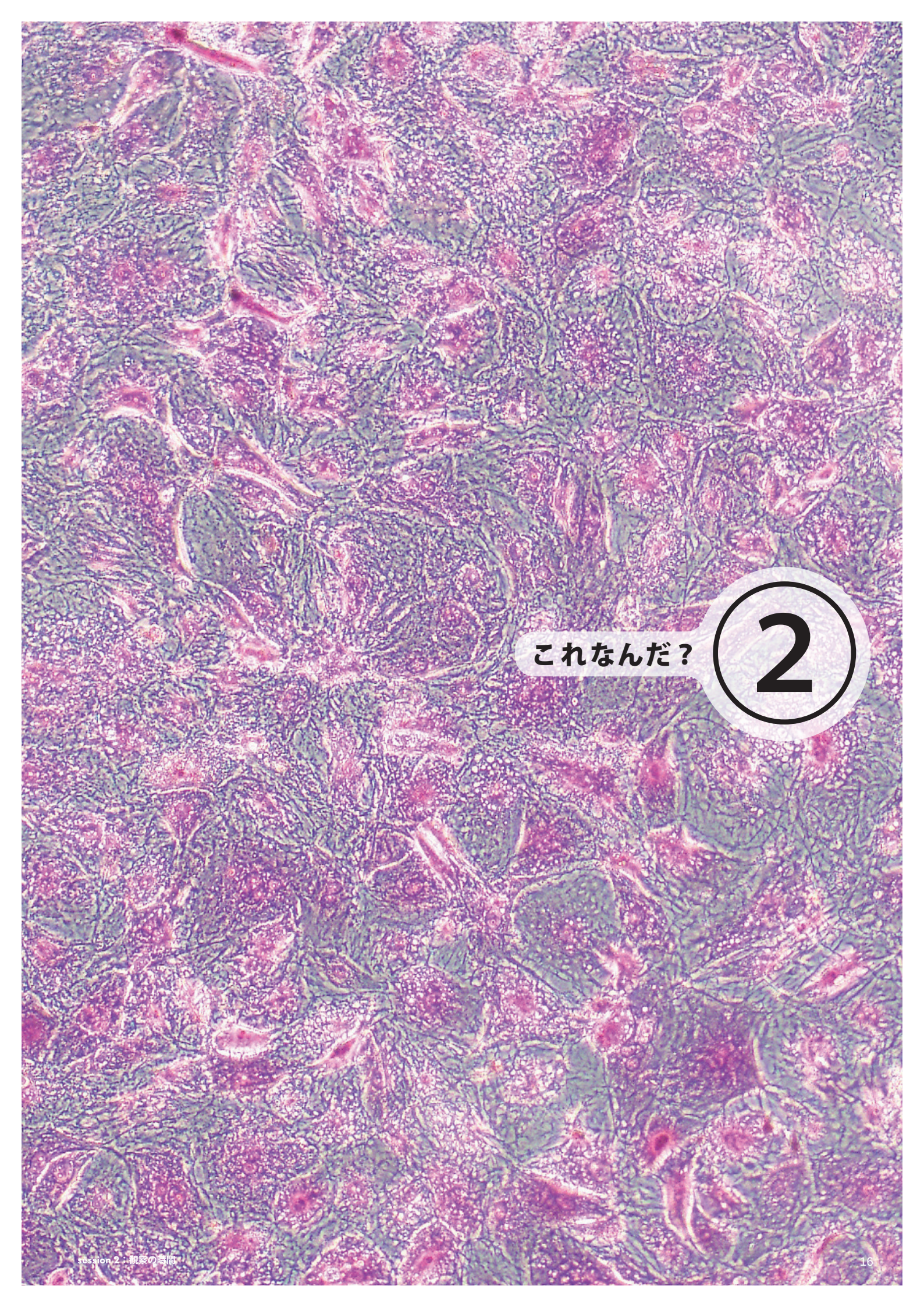
●なぜなら？



細胞①は、「神経の細胞」でした。

神経細胞は細胞体・軸索・樹状突起からなり、神経系を構成する細胞です。

神経系では、入力刺激を細胞内外の電位変化に変換して興奮を伝導し、軸索の末端では神経伝達物質を放出し、これを受け取った別の細胞に興奮が伝達されます。神経伝達物質の受け渡しが起こる軸索の末端と細胞の接合部はシナプスと呼ばれています。



これなんだ？

2

どんなコトバになった？

- 細胞が密集している
- 核が複数ある細胞がある
- 形イビツ
- 細胞がぎっしり詰まっている
- 細胞が四角っぽい
- 核が比較的小さい
- 形が花びらのよう
- 細胞の白いラインが厚くはっきりとしている
- しきつめた感じ
- 石畳みたい
- 細胞が合体？
- 角がある、カクカクしている
- 大きさが似ている
- 1つ1つの形が全体的に角張っている

回答例

MISSION 2-B②

- できるだけたくさんのコトバにしてみよう！

・花みたい
・色の濃さが違う
・小さ丸いのが^{びり}ある
・核 2つ以上

- ②の細胞はどれでしょう？

ア. ヒトiPS細胞

イ. ヒトiPS細胞由来 肝臓の細胞

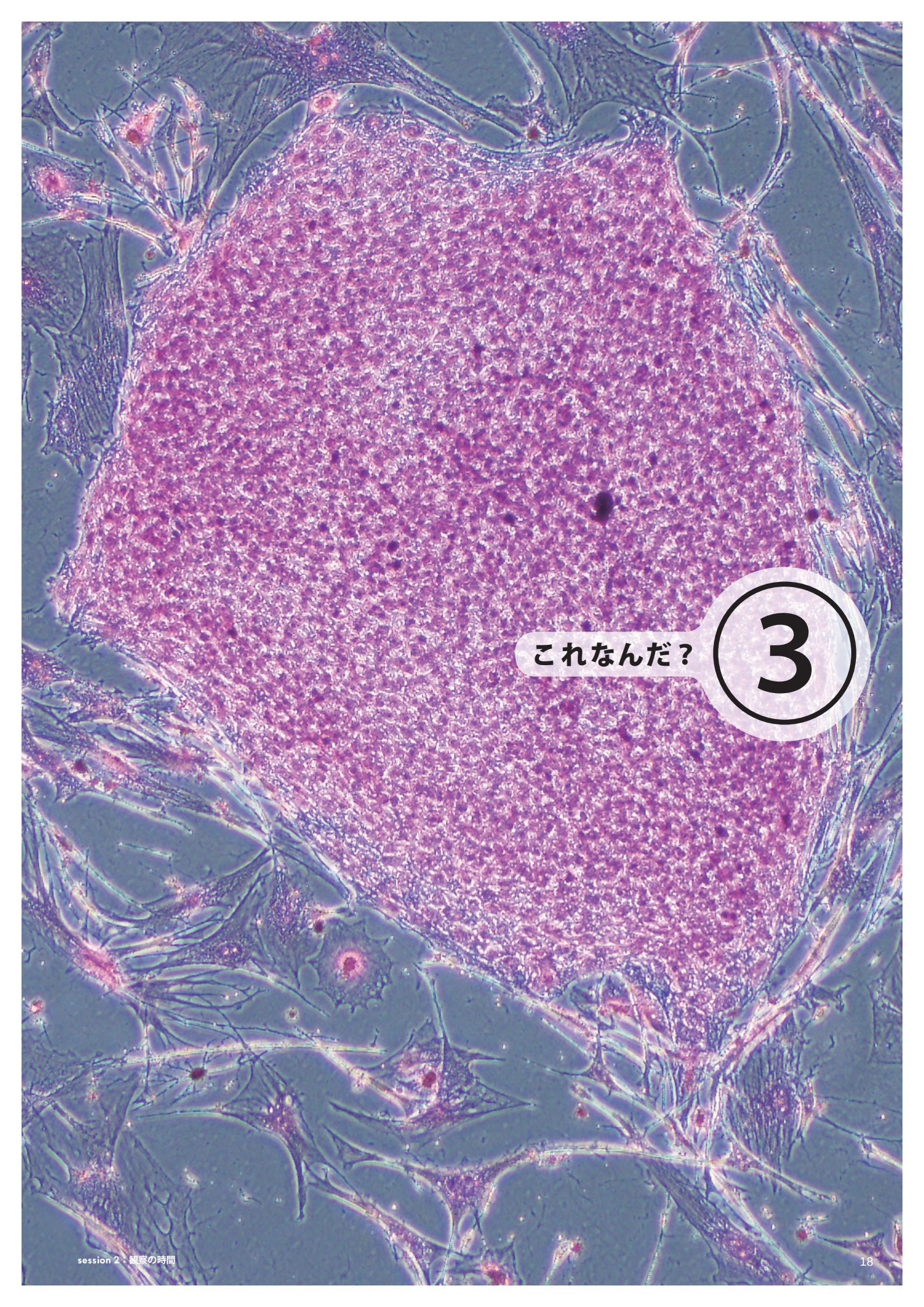
ウ. ヒトiPS細胞由来 神経の細胞

エ. ヒトiPS細胞由来 心臓の細胞

- なぜなら？

細胞②は、「肝臓の細胞」でした。

肝細胞は、肝臓の約 70 ～ 80%を構成する細胞で、物質の合成や分解、貯蔵などの代謝を行います。肝臓は体内で最も大きな器官で、肝細胞の他に肝動脈や静脈などの血管、消化管につながる肝門脈、胆汁の通り道の胆管などからなります。肝細胞には多核の細胞もあり、核の大きさは均一ではありません。



これなんだ？

3

どんなコトバになった？

- 細かく小さい細胞が集まって1つの大きなかたまりになっている
- 密集していて核どうしが重なっているようにも見える
- 密集しているのが核でたくさんの細胞なのか、密集している部分ひとつが細胞なのかわからない
- 1つ1つの細胞が密着しているように見える
- 密集しているところとしていないところがある
- 細長い中にかたまりがある

回答例

MISSION 2-B.

- できるだけたくさんのコトバにしてみよう！

- ・ 周辺にある細胞が神経細胞みたい
- ・ 密集してる、核どうしが重なっているように見える
- ・ 細かい細胞？(点)が密集している
- ・ 密集しているのが核でたくさんの細胞なのか、密集している部分ひとつが細胞なのかわからない

- ③の細胞はどれでしょう？

- ア. ヒトiPS細胞
- イ. ヒトiPS細胞由来 肝臓の細胞
- ウ. ヒトiPS細胞由来 神経の細胞
- エ. ヒトiPS細胞由来 心臓の細胞

- なぜなら？

細胞③は、「iPS細胞」でした。

iPS細胞(induced pluripotent stem cell：人工多能性幹細胞)。

iPS細胞は皮膚などの体細胞に数個の遺伝子を導入し、数週間培養して人工的に作った多能性幹細胞である。多能性幹細胞とは、ほぼ無限に増殖する能力と身体中の様々な組織や臓器の細胞に分化する能力を併せ持った細胞のことで他にES細胞(胚性幹細胞)などがある。

A high-magnification microscopic image of muscle tissue, likely skeletal muscle, showing characteristic striations and fiber structure. The tissue is stained with hematoxylin and eosin (H&E), giving it a pink and purple appearance. A text overlay is present in the lower right quadrant.

これなんだ？

4

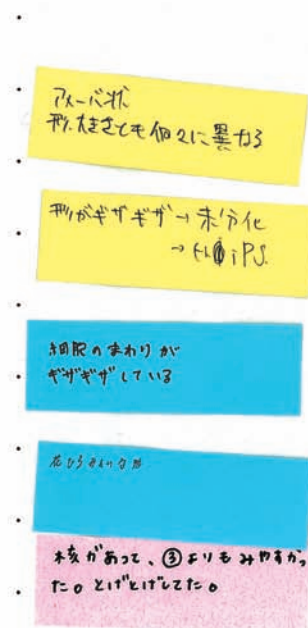
どんなコトバになった？

- アメーバみたい
- ひきのばされてる
- 筋がビュってある
- べちゃーってしてる
- 筋肉みたい
- 枝分かれした細胞のようなものが見られた
- アメーバ状
- 細胞のまわりがギザギザしている
- 花びらみたいな形

回答例

MISSION 2-B^④

- できるだけたくさんのコトバにしてみよう！



- ④の細胞はどれでしょう？

- ア. ヒトiPS細胞
- イ. ヒトiPS細胞由来 肝臓の細胞
- ウ. ヒトiPS細胞由来 神経の細胞
- エ. ヒトiPS細胞由来 心臓の細胞

- なぜなら？

iPS
→ どこから何にでもなれるから
細胞が未分化でいる
→ 色々な細胞に変換しよう

細胞④は、「心臓の細胞」でした。

心筋細胞は、心臓を構成する細胞です。心臓は自律的な収縮と拡張を繰り返して全身に血液を送り出すポンプとして働きます。

心筋細胞は骨格筋細胞と同様に横縞が見られますが、骨格筋のような複数の細胞が融合した多核細胞ではなく単核細胞で、枝分かれした細胞も見られます。細胞中にはミトコンドリアが多く存在し、不随意筋です。

session2 のまとめ

最初の「よく見る」練習では、「一見単純そうな形のものでも、言葉で表現してみると意外と難しい。」そして、「何となく見るだけではなく、言葉にしようとして初めて気がつく特徴もある。」ということを経験してもらいました。これは、高校生にとって印象的だったようです。「観察することの奥深さ」に気がついたという高校生のコメントもありました。

実際のヒトの細胞（特に、本物のヒトiPS細胞！）の観察をするということも、もちろん、高校生にとっては、かなりのインパクトがあったようです。細胞の大きさに注目する人、細胞の集まり具合を気にする人、別の細胞と比較して違いを見つけようとする人、特徴的な構造を発見して表現しようとする人、「以前見たことがある」と経験を引き出してくる人。グループのメンバーそれぞれが意見を出し合って、細胞の正体に迫るべく、熱い議論をしていました。



session 3

『答えの出ていない最先端の研究課題に挑戦する』

答えの出ていない最先端の研究課題に挑戦してみる

最後の1時間は、ここまでのおさらいをした後、研究者も“正しい答え”を持っていない課題に取り組んでももらいました。その課題とは…

iPS細胞は、よく“何にでもなれる”細胞といわれます。

さて、では、どのようにしたら「本当に“何にでもなれる”（=体のあらゆる種類の細胞に分化できる）」ということができるのでしょうか？

です。

ES/iPS細胞が新聞やニュースに取り上げられる時にはよく「万能細胞」と呼ばれたりもしています。そのため、「え？ どんな細胞にでもなれるんじゃないの??」という表情の高校生もたくさんいました。ヒトでは、確実に何にでもなれると確かめられている訳ではないのです。

この答えの出ていない課題に、高校生はどんなアプローチを考えてくれるのでしょうか。

まずは、おさらい

Q. 今日これまで学んだことをもとに、下のチャートを埋めてみよう。

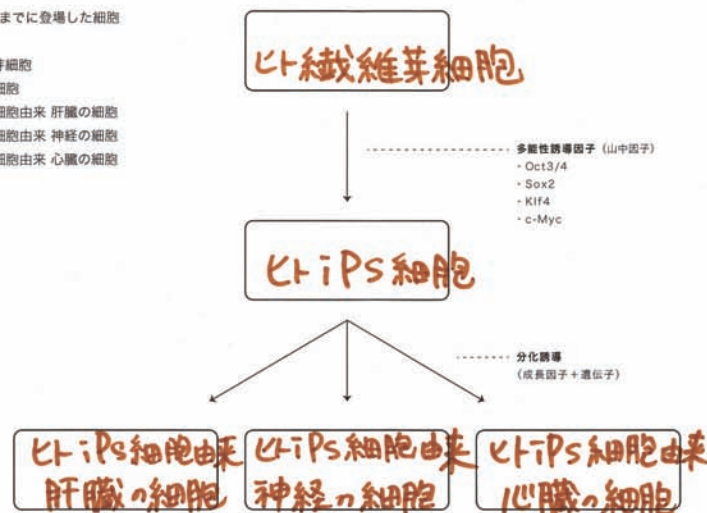
MISSION 3

- 今日これまで学んだことをもとに、下のチャートを埋めてみよう。
四角の中には、「今日、ここまでに登場した細胞」のどれかが入ります。

NAME am4

今日、ここまでに登場した細胞

- ・ヒト繊維芽細胞
- ・ヒト iPS 細胞
- ・ヒト iPS 細胞由来 肝臓の細胞
- ・ヒト iPS 細胞由来 神経の細胞
- ・ヒト iPS 細胞由来 心臓の細胞



iCeMS/CIRA Classroom
「細胞研究やってみよう!」まずはお問合。
2012.11.18

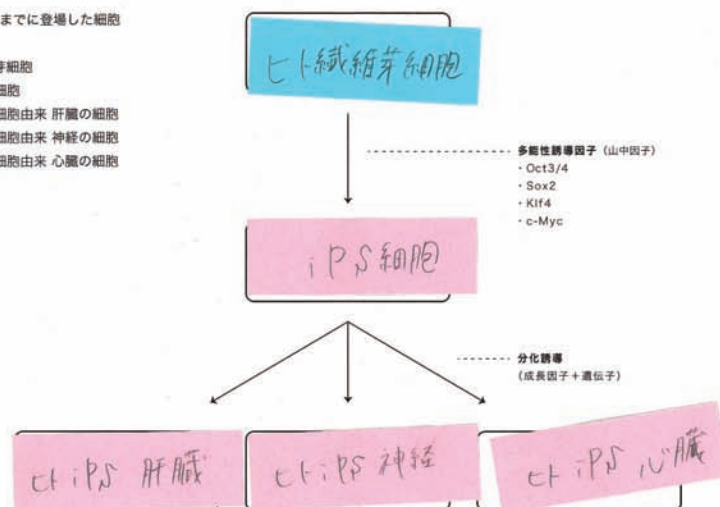
MISSION 3

- 今日これまで学んだことをもとに、下のチャートを埋めてみよう。
四角の中には、「今日、ここまでに登場した細胞」のどれかが入ります。

NAME Pm 551E

今日、ここまでに登場した細胞

- ・ヒト繊維芽細胞
- ・ヒト iPS 細胞
- ・ヒト iPS 細胞由来 肝臓の細胞
- ・ヒト iPS 細胞由来 神経の細胞
- ・ヒト iPS 細胞由来 心臓の細胞



iCeMS/CIRA Classroom
「細胞研究やってみよう!」まずはお問合。
2012.11.18

Q.どのようにしたら「本当に"何にでもなれる"」ということができる？

MISSION 3

TODAY'S MISSION!

● iPS 細胞は、よく「何にでもなれる」細胞といわれます。

さて、では、どのようにしたら「本当に「何にでもなれる」(=体のあらゆる種類の細胞に分化できる)」
ということができるのでしょうか？

NAME Am 2

作りたい細胞と
一緒に培養液に
入れる。

主成分の因子-細胞と、
作りたい細胞に似た環境
環境をつくるようにする。

成長因子と
遺伝子の組み合わせ
が全て作れるように
なる

細胞の因子をいじる
もんだい。アルファベットの
アルファベットをいじる
特徴をもった細胞をつくる

iPS細胞と成長因子
かき混ぜて
別の環境を
つくる。

iPS細胞をそのま
ま体内に入れる。
注射

一部をいじる

遺伝子を
組み変える

IC+MS/CIRA Classroom
「細胞研究やってみたい」を学ぶから、
2012.11.18

MISSION 3

TODAY'S MISSION!

● iPS 細胞は、よく「何にでもなれる」細胞といわれます。

さて、では、どのようにしたら「本当に「何にでもなれる」(=体のあらゆる種類の細胞に分化できる)」
ということができるのでしょうか？

NAME Am 5E11

多能性誘導因子
をON/OFFにする

実際に
iPS細胞を使い
臓器をつくる。

iPS細胞(クローン)
人が作れる。
何にでもなれると考える

iPS細胞のDNAを
他の細胞のDNAに
組み合わせる。

他の細胞になるように
誘導させる。
(期待どおりの細胞が
できたら「何にでもなれる」
と言えると思う。)

iPSから
人体にはもともとない
遺伝子効果をもつ
細胞をつくる。

受精卵の段階で
将来特定臓器に
なろう部分を
除いて、iPS細胞を
代わりに移植する。

iPS細胞が
受精卵の増殖
を邪魔しない

他の細胞の
遺伝子に誘導
応答に変化する
ようにする

←
受精卵のつくられた
細胞がつかれる
時と同じ状況で
培養する。

iPS細胞を色々な種類の
受精卵に入れている

他の細胞の中にある
栄養素・DNAを
組み立て

IC+MS/CIRA Classroom
「細胞研究やってみたい」を学ぶから、
2012.11.18

MISSION 3

TODAY'S MISSION!

●IPS細胞は、よく“何にでもなれる”細胞といわれます。
さて、では、どのようにしたら「本当に“何にでもなれる”（=体のあらゆる種類の細胞に分化できる）」
ということができるのでしょうか？

分化したい細胞と
iPS細胞と一緒に
培養すれば何にもなる
と思う

すでに分化してい
る細胞に誘導
してもらう。

分化した細胞とともに
iPS細胞を培養する。

その細胞が、
“人間”ができた。
何にでもなる。
(人間=すべての種類)



初期化した細胞を
何らかの方法で
遺伝子をONに
していけばいい。

双六の時の
“スイッチ”が何か
と反応してOFFと
ONで何にでもなる。

pm2

NAME

誘導物質を
全種類
たりにみる。

コンピュータ上で
人間内の
化学反応を
シミュレートする。

ICeMS/CIRA Classroom
「幹細胞研究やってみよう」セミナー開催中。
2012.11.18

MISSION 3

TODAY'S MISSION!

●IPS細胞は、よく“何にでもなれる”細胞といわれます。
さて、では、どのようにしたら「本当に“何にでもなれる”（=体のあらゆる種類の細胞に分化できる）」
ということができるのでしょうか？

210通りに
分化させる

ヒトの臓器や皮膚すべてのものに
変化させてから証明できる

人を作って、その人が子供
を作ることまでから証明

人に近いチンパンジー
を作る

人をつくる

精細胞と
卵細胞を受精
人をつくる
その人に欠陥がない
のを証明終了

DNAの異常を調べる。
人の形質をそれぞれ
調べ、異常がなければ
証明できるのでは。

受精卵と
性質を
比較する

pm4

NAME

ICeMS/CIRA Classroom
「幹細胞研究やってみよう」セミナー開催中。
2012.11.18

若手幹細胞研究者に聞いてみた！

課題に取り組む中で出てきたたくさんの疑問。普段から幹細胞を使って実験している若手研究者に聞いてみました。その一部をご紹介します。

高校生 「細胞の種類が 210 種類だと分かっているなら、しらみつぶしに全ての種類の細胞をつくればいいのでは？」

研究者 「もしも仮に全ての種類の細胞をつくるための“レシピ”が分かっていたら、確実な方法なのかもしれません。ただ、実は、全ての細胞の“レシピ”は分かっていないのです。“レシピ”が分かっていたとしても、1 種類ずつ確認していくのは、時間がかかりすぎますね。途方もない労力が必要になりそうです。」

＊

高校生 「iPS 細胞から丸ごと一体の生き物をつくってしまったらいいってこと？」

研究者 「マウスの場合は、iPS 細胞由来の細胞を持つキメラマウスを実際につくって、何にでもなる細胞であることを確認します。でも、ヒトにこの方法を用いることは倫理的に問題がありますし、できません。」





高校生 「内胚葉、中胚葉、外胚葉の三胚葉の3つに分化できればそれでいいのでは？」

研究者 「やや乱暴に思えるかもしれませんが、ヒト iPS 細胞のようにヒトの（多能性幹）細胞の場合には、この方法で何にでもなれる細胞であることを確認します。」

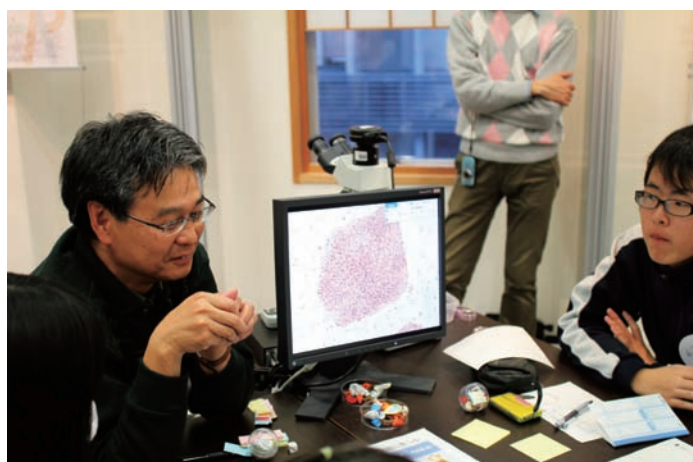
＊

高校生 「iPS 細胞から作った受精卵と、自然状態で作られた受精卵とが、“同じもの”であると証明できればいいのでは？ 受精卵の段階で停止させれば、倫理面もクリアできるはず。」

研究者 「なるほど。でも、“同じもの”だと証明するためには、どんな条件を満たせばいい？」

session3 のまとめ

純粋に好奇心を満たすためのアイデアを出すグループ、そもそもそんなことは断言できないというグループ、倫理的な課題に言及するグループ、などなど十人十色の意見を聞くことができました。実際の研究現場では、同じ課題に対して、マウスの場合に限って、キメラを誕生させて iPS 細胞由来の組織の存在を確認したり、代理母出産をさせて、全体に iPS 細胞由来の細胞が分布している胚が出来るかどうかを確認したりといった方法が試されています。でも、ヒトの細胞の場合は、たくさんの課題があります。最善策が見つからない中でも試行錯誤を続けていく、そんな研究の営みを意識する時間でした。







全体のまとめ

3時間にわたる本プログラム「iCeMS/CiRA クラスルーム 2012：幹細胞研究やってみよう！ まずは観察から」を通して、参加した高校生たちは幹細胞研究を体験しました。

参加高校生たちが、幹細胞とはどういったものなのかについての知識を習得できたのはもちろん、さらにもっと重要な「科学のやりかた※」を習得できたことと思います。

「科学のやりかた」は、科学者になるためだけに必要なスキルではなく、答えが分かっていない課題全般に取り組む際に重要なスキルです。長い人生の中で答えが分かっていない課題に取り組む機会は無数にあります。

ビジネスマンとして新しいビジネスプランを提案するとき、
専業主婦としてシャツについた未知のがんこな油汚れを落としたいとき、
スポーツマンとして新しい技術を試すとき、
教育者として、校内で何かの調査をするとき、
...

参加高校生たちが将来、理系に進んでも文系に進んでも、どんな道に進んだとしても、身につけた「科学のやりかた」はきっと役に立つことでしょう。

※「科学のやりかた」：本プログラムでは、「科学のやりかた」として以下のものを紹介しました。

0. 何を始めるにも前もって答えを知っている必要はない

1. 証拠を探す

- ・まず試す
- ・自分の様々な知識を論理的に一貫して筋が通るよう、まとめる

2. 発見した証拠を判断する

- ・自分の気に入ったものだけを選ぶのではなく、何もかも1つ残らず考えに入れること
- ・研究をつづけられるだけの客観性を絶えず保ち、究極的に権威ある意見に頼らないこと

「聞かせてよ、ファインマンさん」(R.P. ファインマン著)より

高校生からの感想

Q. 今日、一番驚いたことはなんですか？

- ・ iPS 細胞からできる細胞について
その訳：もうすでにほとんどの細胞ができているんだと思っていたけど、全ての細胞をつくるにはいろいろな問題があつて大変だと思ったから。
- ・ ただ iPS 細胞を観察するだけでなく、グループ学習をしたこと。
その訳：（この実験教室に）来るまでは、iPS 細胞について学習し、観察するだけだと思っていましたが、グループで話し合うという学習法に新鮮さを感じたからです。
- ・ 本物のヒト iPS 細胞を顕微鏡で見れたこと。
その訳：本などで見たことがあつたが本物を肉眼で見たのは初めてだったから。

Q. iCeMS/CiRA クラスルーム全体を振り返っての感想を教えてください。

- ・ 難しい事だと決めつけていたことも、自分で意見を発見して皆に認めてもらえたりという経験を通して、自分にもできるんじゃないかと思えるようになったし、頑張って将来もっと高度な細胞の研究がしたいと思うようになりました。
とても良い経験ができました。
- ・ 実際の研究をかいま見ることができて、研究への興味がより一層深まった。
将来京大の iPS 研究所で研究したいと思った。
医師になって、再生医療の研究に従事したいという思いがより強くなった。
- ・ 学校の授業とはまた違って、考えるということが多くて、深く学べたと思う。このような授業を学校でもしたいなと思った。
- ・ 本当に心からワクワクするようなクラスルームでした。それに笑いもある。
おもしろかったです。



スタッフ紹介

企画



加納 圭
滋賀大学教育学部 講師／京都大学 iCeMS 科学コミュニケーショングループ 特任講師

企画



水町 衣里
京都大学 iCeMS 科学コミュニケーショングループ 特定研究員

企画



遠山 真理
京都大学 CiRA 国際広報室

企画



和田濱 裕之
京都大学 CiRA 国際広報室

企画



川上 雅弘
大阪教育大学 科学教育センター 特任准教授 (元 京都大学 CiRA 国際広報室)

講師



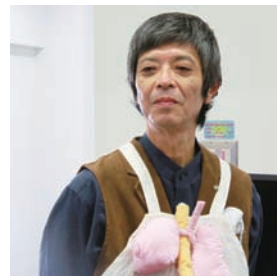
大貫 菜里
京都大学 CiRA (高橋和利 研究室) 研究員

講師



磯部 武久
京都大学大学院 医学研究科 (iCeMS 中辻憲夫グループ) 博士課程

ティーチングアシスタント



浅井 一

ティーチングアシスタント



大垣 裕史

ティーチングアシスタント



河嶋 隆司

ティーチングアシスタント



中道 貞子

ティーチングアシスタント



伴 浩治

ティーチングアシスタント



八木 良明

ティーチングアシスタント



柳谷 賢志

修了証書授与



中辻 憲夫
京都大学 iCeMS 教授

ビデオ撮影



秋谷 直矩
京都大学 iCeMS 科学コミュニケーショングループ 特定研究員

写真撮影



飯島 由多加
京都大学 iCeMS 国際広報セクション

写真撮影



相山 朋加
京都大学 iCeMS 国際広報セクション

記録サポート



森 奈保子
京都大学農学部 3 回生

記録サポート



中澤 陽
京都大学法学部 2 回生

運営サポート：

馬場 美恵子 京都大学 iCeMS 科学コミュニケーショングループ
島村 綾子 京都大学 iCeMS 科学コミュニケーショングループ

機材サポート：

オリンパス株式会社のみなさま

冊子デザイン：

sitka / 佐々木真由子

謝 辞

高校生向け実験教室「iCeMS/CiRA クラスルーム 2012：幹細胞研究やってみよう！まずは観察から」は、内閣府最先端研究開発支援プログラム（FIRSTプログラム）「iPS 細胞再生医療応用プロジェクト（代表：山中伸弥）」、公益財団法人京都大学教育研究振興財団 平成 24 年度助成事業 社会連携助成「オールラウンド型科学コミュニケーション活動の展開」の支援のもと開催しました。

他にも、教材の製作や細胞サンプルの提供など、多くの方にご協力いただきました。ありがとうございました。



iCeMS/CIRA クラスルーム2012
幹細胞研究やってみよう！まずは観察から

2013年2月 発行
発行：京都大学 物質-細胞統合システム拠点 (iCeMS)
京都大学 iPS 細胞研究所 (CIRA)