

<単位「細胞」に基づく動物体の成り立ち：その概念化>

氏名： _____

** 生物系の最小必須課題：ロジカルシンキングトレーニングと細胞実験 **

[The Minimum Essential Factors in Biology Education: MEF-BE]

担当：東京海洋大学 海洋科学部 羽曾部正豪 Tel:03-5463-0550, e-mail: hasobe@kaiyodai.ac.jp

目次（時系列 14 節：午前 3 時間/午後 3 時間）

所用時間（頁）

<はじめに>	
<input type="checkbox"/> 1 【序論】 生物学・科学・今日の課題	・・・ 30 分 (p. 2)
<input type="checkbox"/> 2 <実技 Cell-Exp. 1: Step0, Step1 (工程解説、Gel 塗抹) >	・・・ 20 分 (p. 4)
<input type="checkbox"/> 3 【導入】 管状構造に基づく動物体の描き方 (作図演習)	・・・ 20 分 (p. 4)
<input type="checkbox"/> 4 【演習 1】 2 系 6 要素-器官系 11 区分とその配列	・・・ 30 分 (p. 4)
<input type="checkbox"/> 5 <実技 Cell-Exp. 1: Step2, Step3-1 (MC 処理と細胞播種) >	・・・ 20 分 (p. 5)
<input type="checkbox"/> 6 【考察 1】 ゼラチンって何?: 実験材料と細胞実験の意味	・・・ 30 分 (p. 5)
<input type="checkbox"/> 7 【演習 2】 マクロ組織のデジタル観察: 動物体「管状構造」の線は何	・・・ 30 分 (p. 6)
・・・お昼休み: 1 時間・・・	
<input type="checkbox"/> 8 <実技 Cell-Exp. 1: Step3-2, Step3-3 (状況確認と Ca-Med) >	・・・ 20 分 (p. 7)
<input type="checkbox"/> 9 【考察 2】 足場依存性と細胞運動 (関連クイズ 2 項目)	・・・ 30 分 (p. 8)
<input type="checkbox"/> 10 <実技 Cell-Exp. 1: Step3-4, Step4 (接着強度と固定染色) >	・・・ 20 分 (p. 9)
<input type="checkbox"/> 11 【考察 3: まとめ】 細胞シートの意味意義 (関連クイズ 2 項目)	・・・ 30 分 (p. 9)
<input type="checkbox"/> 12 【補足 1】 細胞の基本構造 (細胞構造の基本とは)	・・・ 20 分 (p. 10)
<input type="checkbox"/> 13 【補足 2】 細胞自身は何をしている: 細胞内機能の区分	・・・ 30 分 (p. 11)
<input type="checkbox"/> 14 【まとめ】 古典的ロジックの必要性: 体の基本 10 項目	・・・ 30 分 (p. 14)
.....	

<はじめに：受講の心構え>

1. 本講義の目的は専門的な知識や技術を習得することではない。培養細胞を用いた実験講義を通じて科学「生物学」を体験すること、話し合いや協議を通じて「考える経験値」と「自然物に対する視点」を構築することである。つまり「動物体の成り立ち」についていろいろな「話し合い」を行うのである。よって、気軽にまた積極的に参加してほしい。

【本実験講義に対する姿勢】

「なに・なぜ・どうして・どのようにして：それ本当？」

「論より証拠・されどロジックも必要」

という気持ちで。

(科学を進めるためには何が重要かを一緒に考えましょう)

2. 画像スライド (連続画像) を多用するが、幾分早いスピードであり、見逃してしまうこともあると思う。しかし、慌ててはいけない。理解してほしいことは「全体を通じたイメージ」である。疑問点など個別詳細は後日改めて本テキストや Web テキストを参照し確認してほしい。
3. テキストには記入空欄があるが、慌てて全てを記入しなくても良い (特に重要な記入項目は指示します)。書き残しの空欄は、担当の先生が記入済のテキストを持っているので、復習として後日記入、でも良い。
4. 「話し合い」を沢山行うが、質問への回答は、気軽に「思いつき」のような返答でもかまわない。返答に困るや戸惑った時は「パス」でも良い。本講義はとにかく「肉体労働」である。
5. 本講義の内容は、今後の学習の時々遭遇する事項と思ってほしい。いろいろ生じた疑問は、その時改めて、教科書や参考書などを用い確認してほしい。もちろん、先生との協議が最も効果的である。
6. 講義中であっても、時々、お茶などを飲み、快適な状況となるよう各自で工夫してほしい。

 7. 確認事項

配布資料 (テキストなど) の図の下段には「◎ ○ △ ×」がある。講義中あるいは終了後に、自分の判断で「納得/分かった」の程度に合わせ丸印で囲む。(最終的には一覧表として提出する。例えば: 1 ◎、2 ×、・・・)

.....

< 1 【序論】生物学・科学・今日の課題 >

下記の 1-1 から 1-3 は通読項目、言わば「準備体操」。実験講義を始める前に自主的に通読し、本実験学習に対するイメージを掴む。実験講義の終了後、その意味するところに頷けるようになる事を期待したい。

□1-1. 通読項目 1 「生物学とは？」

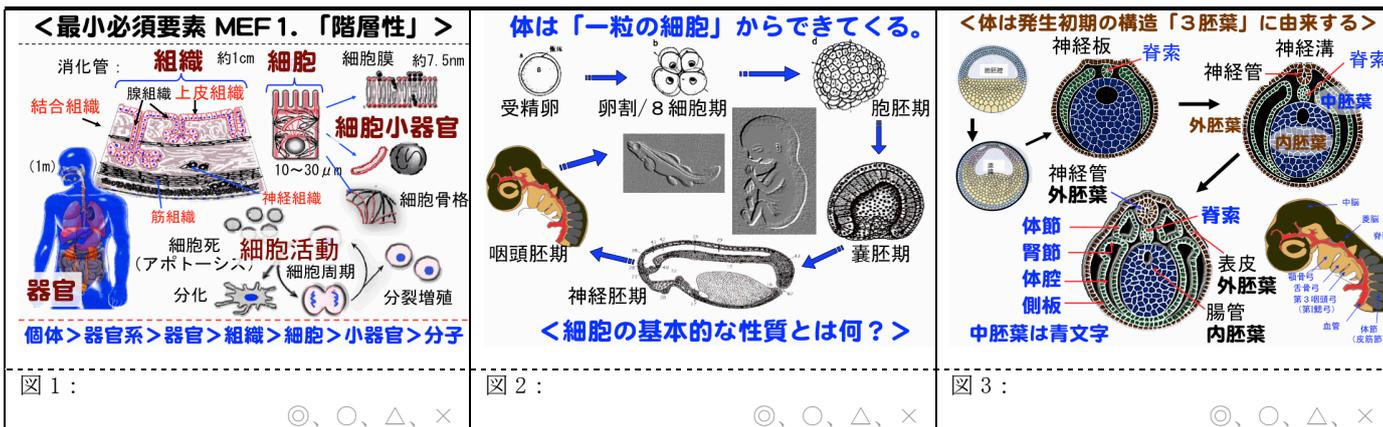
生物学は一面「図説解説/用語項目/箇条書き」式でもあり、暗記ものと思っている人も多い。では、生物学とは何なのか。取りあえずの説明であるが、生物学とは「物言わぬ生物進化（地球進化）の成果物に代わりに、その成り立ちを代弁（翻訳/通訳）すること」と考えても差し支えはない。解り易く説明する事である。

論理性や合理性に乏しく思えるのは「経験科学」の側面に強く拘束されるため。つまり、自分自身で確かめたことのない事でも「そう決まっている」と信じて進める方が無難である、という経緯にあるため（無視して進むのは苦労が多過ぎる）。まるで探検隊のような学問である。よって、重要な事項はできるだけ「論理的な枠組み」に支持されていると都合が良い。ロジックが必要である。

例えば、生物学の必須項目？に「器官系」がある。一般的には 10 あるいは 11 区分とされるが、それらの名称をすらすらと言える人は、意外ではあるが、そう多くはない。なぜだろう。皆さんはどうだろう。

□1-2. 通読項目 2. 体の成り立ち (図 1-3)

体の基本単位は細胞であり、体は受精卵という 1 細胞を起源とする。細胞分裂を繰り返し、発生過程で 3 胚葉として概念化された細胞集団は、形態的に 4 大組織からなる器官を形成し、運動や代謝などの役割を担う。その系統（器官系）は例えば 11 区分とされる。総じて、体は細胞と細胞間物質から構成され、全ての細胞や細胞間物質は細胞から生じる。一般的に、体はその形態的な構成区分から「個体・器官系・器官・組織・細胞・細胞小器官・生体分子」という階層性（階層構造）で認知される。生物とは「形」あるものであり、その「形」は常に物質代謝を行なう事により維持される。（上記の生物学用語に関連した模式図/画像を「生物資料集」などを参照し探してみよう）



□1-3. 通読項目 3. 実験講義のイメージ (図 1-3)

自分自身がその昔たった 1 粒の細胞だったことを想像すると不思議な気がします。本当に体は細胞からできているのか疑ってしまいそうです。生物の教科書には動物細胞の事がたくさん書いてありますが、皆さんは実物の動物細胞を見たことがありますか？ 百聞は一見に如かずです。今日は魚類の培養細胞を用い、「生きている細胞をシャーレに入れたらどうなるか」というテーマで細胞の話を進めます。動物細胞の単純な振る舞いを実験観察し、組織形成や体の成り立ちの基本を一緒に考えてみたいと思います。なに・なぜ・どうして・どのようにして：それ本当？って気持ちで進めましょう。本実験は「生物学基幹実験」と位置付けてみます。

□1-4. 「科学と共有命題」(生物系の基本命題 3 項目)

科学を特徴付ける事項 (定義) とは、一般に下記のような項目を満たすことである。

- 1) 論理的、2) 客観的、3) 実証的 (再現性)、4) 予測的 (因果性)、5) 数量的、6) 知識累積性、など。

(上記の 6 項目で意味不明な項目の番号は何? : _____、_____、_____)

つまり、科学は物事を明快に (論理的に) 説明する。では、下記のセンテンスを科学はどのように説明するのだろうか。生物関連の命題は 5 項目であるが、本講義では 3)、5)、7) を基本命題とする。それらについて考えてみよう。その方法は「なに・なぜ・どうして・どのようにして：それ本当？」という姿勢である。ところで、そのようなテーマは科学の主題 (共有命題) として妥当であろうか。試しに、下記について「単位の性質」を念頭に考えてみよう。(詳しくは、実験講義が終了した後の協議として取り扱おう。)

基本命題3項目（共有命題）

- 1) リンゴが木から落ちた（らどうなるか？） ・ ・ ・ 物理学
- 2) 塩の塊を水中に入れた（らどうなるか？） ・ ・ ・ 化学
- 3) **細胞をシャーレに入れた**（らどうなるか？） ・ ・ ・ 生物学1（細胞学）
- 4) 体の薄切りを2色で染めた（らどうなるか？） ・ ・ ・ 生物学2（組織学）
- 5) **ネコの前にサカナを置いた**（らどうなるか？） ・ ・ ・ 生物学3（解剖学）
- 6) 仔牛が草を食べた（らどうなるか？） ・ ・ ・ 生物学4（生理生化学）
- 7) **細胞自信は何をしている？** ・ ・ ・ 生物学5（細胞生物学）

<現実/実体の枠組み：配置図（視点2系6要素）>



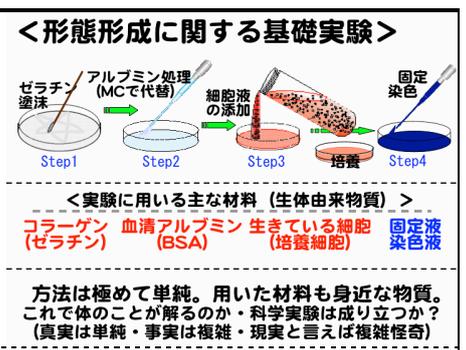
□1-5. お絵描き実験とは？ ・ ・ ・ 図4-6

（培養細胞に基づく形態形成に関する基礎実験：通称「お絵描き実験」）

序文：生きている動物細胞「魚類の培養細胞」と身近な生体由来の物質「ゼラチンやアルブミン」を材料に細胞培養実験を行なう。最終的に、培養シャーレの中に微小な細胞で大きな「形」を作る。なぜ細胞で簡単に「形」ができるのか、その理由を細胞や材料の性質や特徴から考える。更に、生体の組織細胞との類似性から考察する。結果的に「動物体の成り立ち」に対する基本的な視点の構築を目的とする。なお、本実験は「動物培養細胞による形態形成に関する基礎実験」であるが、通称は「お絵描き実験」である。補足：「細胞で形を作る」と記したが、本当は「細胞が形を作る」の方が適切である。

「お絵描き実験」のロジック（仮説演繹的な考え方）

- 1) 体は「_____」からできてくる。2) 体は「_____と_____」できている。
↓それなら、
- 3) 生きてる_____と_____の_____（細胞間物質）があれば「形」ができるはず。
- 4) それらの性質や役割が解れば「_____」ができるはず。5) _____としてできるはず。
↓それなら、
- 6) 「_____：動物培養細胞による形態形成の基礎実験」をしてみよう。
- 7) 実験とはともかく何かを確かめること。君は何を確かめたい？。よって、失敗はないよ。

 <p>図4：</p>	 <p>図5：</p>	 <p>図6：</p>
--	---	--

補足1：「お絵描き実験」は基本4工程である（イメージ参照）。一般に、細胞培養実験には専門性（技術や装置）が不可欠であるが、本実験では、魚類由来の株化細胞による細胞実験キットを用いるため、迅速簡便な取り扱いで行なう。しかし、生細胞を取り扱う視点とその対応は同じである。具体的な実験操作法については、別様「実技図解集」を参照する。補足2：用いる培養細胞はファッドヘッド ミノー（アメリカ産の温水性魚類）という小魚に由来する株化細胞（不死化細胞）で FHLS 細胞という名称の細胞である。サカナの細胞であるが、他の脊椎動物細胞と同様に考えて支障はない。

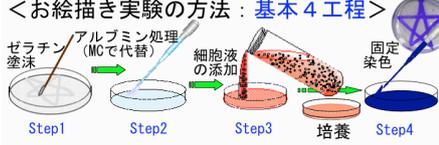
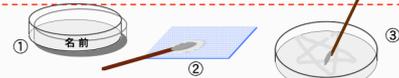
メモ： _____

<□ 2. 実技 Cell-Exp. 1 : Step0 (工程解説), Step1 (ゼラチン塗抹) >

配布資料「実技図解集」を参照 (又はタブレット PC で当該のサイトを参照)。「お絵描き実験」の実技工程 (基本 4 工程) を理解した後、Step 1 「ゼラチン塗抹」を実施する。デモンストレーションを見学した後、要点を確認しながら各自で操作を進める。なお、実技操作の時は「作業スペース」を整理が必要、その後に実技である。時刻 (工程開始時刻) や気づいた事、疑問などはメモすること。

実験関連の用語 (略号など) : 1) 細胞培養実験、2) 培養シャーレ/ディッシュ、3) ゼラチン(Gel)、4) 綿棒、5) 塗抹 (塗り付けること)、6) 乾燥

メモ： _____

<p><お絵描き実験の方法：基本 4 工程></p>  <ol style="list-style-type: none"> ゼラチンでシャーレに「絵文字」を描く (乾燥後は透明/保存可能)。 血清アルブミンでシャーレ底面を濡らす (1分程度：メチルセルロースで代替可能)。 細胞液を加え、培養する (最低45分)。 「絵文字」が現れる。固定/染色する。 <p>細胞実験キットを使えば、迅速簡便な「お絵描き実験」</p> <p>図 7 :</p>	<p>細胞実験キットの構成品：お絵描き実験用</p>  <p>図 8 :</p>	<p>< Step 1 の手順 ></p> <p>1) 紙にシャーレ大の図柄をペンで考案</p>  <ol style="list-style-type: none"> シャーレの側面に名前/IDを書く：図①。 ゼラチンの容器を熱湯に浸し溶解した後、熱いゼラチンに綿棒を浸す。 ろ紙の上で余液を取り除く：図②。 シャーレのフタで塗り具合を練習の後、強めの筆圧で図柄をシャーレに描く：図③。 扇風機で完全に乾燥 (20分放置) /室温保存 <p>図 9 :</p>
---	---	--

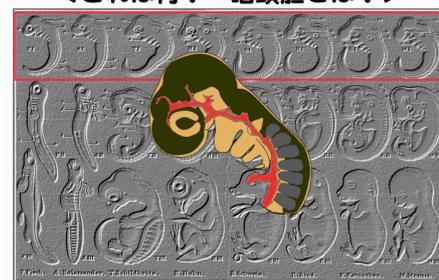
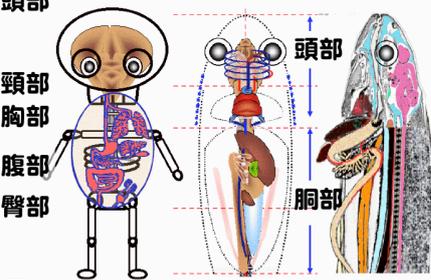
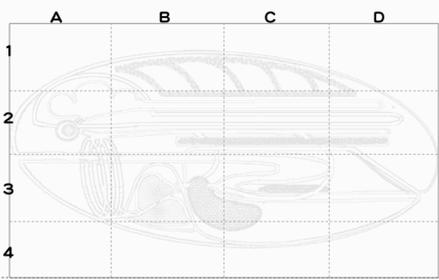
<□ 3 【導入】管状構造に基づく動物体の描き方：ワークシート 1 >

本講義では、基本単位「細胞」のレベルから「体」の成り立ちを考察する、を目的とする。よって、その枠組みにはマクロな視点「動物体の基本構造」が必要である。そこで、ローマーやヘッケルの「脊椎動物の収束した原型」を念頭に「動物体」を描いてみる。「体の中身の描き方」である。「概念図：管状構造」として作図してみる。

実施方法：はじめに、スクリーンに連続スライド画像として「体の中身の描き方」を示すので話し合いをしながら進めよう。その時、「これは何？」などと疑問に思った場所の時は素早く「Fig 番号」をメモすること。その後、各自でタブレット端末で再確認しながら、自由に思うままに「疑問に思う事をメモ箇条書き」として簡単に記述する。なお、その疑問が本講義の柱である。

*別様の資料「ワークシート集」の「その 1」を利用する。疑問などはワークシートの余白などにメモること。

メモ： _____

<p><これは何？：咽頭胚とは？></p>  <p>ヘッケル「生物発生原則」の意味するところ</p> <p>図 10 :</p>	<p>大前提：サカナもヒトも基本は同じ</p>  <p>図 11 :</p>	<p>下絵：管状構造に基づく体の中身の描き方</p>  <p>図 12 :</p>
--	---	--

<□ 4 【演習 1】2系6要素-器官系 11 区分とその順列 (配列)：ワークシート 2 >

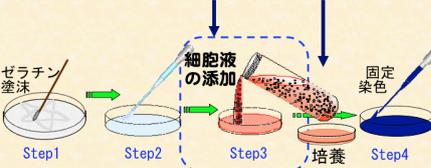
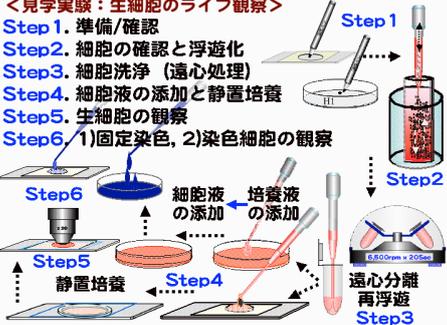
前節では動物体を「脊椎動物の原型」として概念化したしたが、描いた形の多くは「器官」である。つまり、動物体の理解には「階層構造による概念化」があり、その大枠「器官系の学習」は必須である。そこで、本節では「器官系」の意味意義を考察する。はじめに、「ワークシート集」の「その 2」を開き作業内容を確認しよう。なお、本節の視点は「基本命題の 3：ネコの前にサカナを置いたらどうなるか」である。

<□5 実技 Cell-Exp.1 : Step2 (血清アルブミン処理), Step3-1 (細胞液の添加/培養) >

実技工程 (Step2, Step3-1) を実施する (「実技図解集」を参照)。デモンストレーションを見学した後、要点を確認しながら各自で操作を進める。なお、略号 MC は「メチルセルロース」のことで血清アルブミン (Alb) の代替品である。なお、フィルムバッグの細胞 (細胞液: 約 13ml) はシャーレ 2 枚分なので、パートナーとの共同作業である。なお、実技操作の時は「作業スペース」を整理が必要、その後に実技である。時刻 (工程開始時刻) や気づいた事、疑問などはメモすること。

メモ: _____

実験関連の用語 (略号など): 1) 血清アルブミン、2) メチルセルロース (MC) 3) 培養細胞、4) ピペッティング (ポンピング)、5) 静置培養、

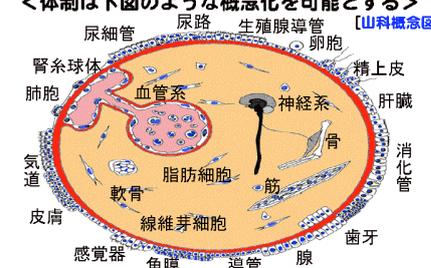
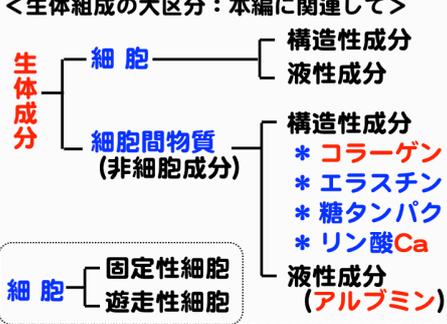
<p>C列.実技操作 Step2 血清アルブミン処理 (メチルセルロースで代替実施)</p>  <p>図 13: _____</p>	<p>D列.実技操作 Step3-1 → 培養 1 (細胞の単離分散 → 細胞液の添加 → 培養 1)</p>  <p>図 14: _____</p>	<p><見学実験: 生細胞のライブ観察> Step 1. 準備/確認 Step 2. 細胞の確認と浮遊化 Step 3. 細胞洗浄 (遠心処理) Step 4. 細胞液の添加と静置培養 Step 5. 生細胞の観察 Step 6. 1) 固定染色, 2) 染色細胞の観察</p>  <p>図 15: _____</p>
--	---	--

メモ: _____

<□6 【考察 1】 ゼラチンって何?: 実験材料と細胞実験の意味 >

現在進行中の「お絵描き実験: 培養 1 (待ち時間)」に合わせ「実験材料: 生体由来物質」を考えてみる。また、「培養細胞と細胞培養」の意味意義についても触れる。はじめに下記の質問を考えよう。

- 1) 骨は何からできている? : _____
- 2) その成分を除いたらどんな形: _____
- 3) 骨を切る方法は: _____
- 4) 加熱実験 : _____
- 5) 変性とは : _____

<p><生体成分/物質とは?: 細胞間物質> Q: ゼラチン、アルブミンって何? Exp1. 生体成分を食べてみよう ゼラチン菓子って何?  Exp2. 骨は何から出来ている その成分を除いた骨はどんな形? Exp3. 板ゼラチン/粉末アルブミンの加熱実験 水中で加熱するとどうなるか? (体を作る物質/蛋白化学の視点)</p> <p>図 16: _____</p>	<p><体制は下図のような概念化を可能とする> [山科概念図]  Q1. 体構造の【オモテ側とウラ側】は図のどこ? Q2. では、体構造の【外部と内部】は図のどこ?</p> <p>図 17: _____</p>	<p><生体組成の大区分: 本編に関連して> </p> <p>図 18: _____</p>
--	---	---

＜主要な細胞間物質（生体物質）：実験材料＞		
	ゼラチン：_____の変性物	血清アルブミン
所在	体全体：_____の成分(____や____など)	血液（_____成分）
含量、形	最大含量の_____タンパク質。_____状	最大含量の_____タンパク質。_____状
役割	細胞層の間を埋める：線維性結合組織	脂質や鉄などの運搬など
利用	食品、化粧品、工芸品、医薬品など	食品、医薬品など
物性	加熱で_____。	加熱で_____。
補足	どんな動物にもある重要なタンパク質。	類似物質は_____や_____にも多量含まれる
	「コラーゲン」と「アルブミン」の物性は_____性質	

本実験学習の主役は動物細胞であるが、「細胞」とは体に属する自然物であり、そこここに落ちているものではない。しかし、体の中の細胞も「細胞培養技術」に従えば「培養細胞」として取り扱うことができる。つまり、培養細胞とは「生体組織から摘出されシャーレなどで人為的に生かされる細胞」のこと。細胞培養とは簡単に言えば「生体組織の細胞が生きるその存在様式（微小環境）を人為的にシャーレなどに再現する」ことである。一般的に、培養細胞は容器(培養フラスコ)のなかで「3層構造」で維持管理される。つまり「固層、液層、気層」を必要とする。

<p>図 19：</p>	<p>＜培養細胞/細胞培養：足場依存性＞ 体の細胞（体細胞）はシャーレやフラスコの中で飼育することができる。それら細胞を培養細胞と言い、その行為を細胞培養と言う。今回は「ファッドヘッドミノ」という小魚に由来する培養細胞 (FHLS細胞) を使用。</p> <p>図 20：</p>	<p>動物細胞と細菌の違い（_____の有無）</p> <table border="1"> <tr> <td>細菌のサイズ: 約 μm</td> <td>動物細胞のサイズ: 約 μm</td> </tr> </table> <p>＜操作技術＞</p> <ol style="list-style-type: none"> 肉眼的な大きなコロニーを形成する。 菌はコロニーから直接エーゼで取り扱う。 寒天培地で培養可能。 <p>＜培養技術＞</p> <ol style="list-style-type: none"> 底面に接着し生きる（細胞シートを形成する）。 酵素処理で細胞の接着結合を解離させて扱う。 顕微鏡観察が不可欠。 接着培養に適した材質/基質が必要。 <p>選択肢：増殖速度、栄養要求、基質要求、その他</p> <p>図 21：</p>	細菌のサイズ: 約 μm	動物細胞のサイズ: 約 μm
細菌のサイズ: 約 μm	動物細胞のサイズ: 約 μm			

細胞培養には「培養フラスコ」や「培養シャーレ」が必要であるが、その特徴は細胞が張り付くに適した材質でできていることにある。つまり、培養細胞は一般的な特徴として底面に接着（接着結合）する。模式図は側面図なので、細胞は平たい扁平な形で描かれている。体細胞も含め、細胞のこの性質を「足場依存性」と呼ぶ。

＜□7【演習2】マクロ組織のデジタル観察：動物体「管状構造」の線は何？＞

前節では、お絵描き実験に関連しその実験材料「主要な生体由来物質」を考察した。本節では「細胞」も加え、更に「体内構造」を考える。方法は「組織染色標本の観察」。進行中の実験に用いた「細胞や生体由来物質」は体内のどこにあるのか、である。そのため「魚類のマクロ組織標本」をバーチャル顕微鏡により観察し協議を行う。導入として用いる主題は「3節.管状構造 (Fig22)」で描いた「線」の意味である。はじめに次の1)～6)の話題について考える。グループで協議してみよう。(下記の質問はかなり曖昧なので「質問に対する質問」も必要です)。

- 1) 環状構造で描いた「線」は何？：_____
- 2) 「線」は組織像のどこにある？：_____
- 3) 組織像ではどのように見える？：_____
- 4) 強拡大すると何が見える？：_____
- 5) つまり、線は何？：_____

<p>体の中身の描き方（環状構造）</p> <p>Q: 描いた「線」は何？細胞はどこにある？</p> <p>図 22：</p>	<p>＜管状構造の描いた線は何・どこ？＞</p> <p>組織染色標本：バーチャル顕微鏡観察</p> <p>図 23：</p>	<p>＜現実/実体の枠組み：2系6要素＞ * 目的性に基づく俯瞰図 *</p> <table border="1"> <tr> <td>A1. 現象/状況</td> <td>A2. 実体/実在</td> <td>A3. 本質/原型</td> </tr> <tr> <td>B1. 役割/働き</td> <td>B2. 機能/仕組</td> <td>B3. 性質/物性</td> </tr> </table> <p>学習者のその場その時の視点：共有命題 (プロセス生物学の理念)</p> <p>図 24：</p>	A1. 現象/状況	A2. 実体/実在	A3. 本質/原型	B1. 役割/働き	B2. 機能/仕組	B3. 性質/物性
A1. 現象/状況	A2. 実体/実在	A3. 本質/原型						
B1. 役割/働き	B2. 機能/仕組	B3. 性質/物性						

<p>体表や内臓器官の表面や内腔面は切れ目のない細胞シートである。細胞層の直下には基底膜。その下が結合組織</p> <p>内腔側/オモテ</p> <p>基底膜</p> <p>ウラ側</p> <p>上皮組織 (胃上皮と胃腺)</p>	<p><上皮細胞の形態と機能との関係：覚え方></p> <p>オモテ側 (通路/トンネル/ドーム側)</p> <p>赤線：基底膜</p> <p>扁平上皮細胞 ものが流れる所、ものを透過する所 血管内皮、肺胞上皮、漿膜上皮、ボウマン嚢の内壁</p> <p>立方上皮細胞 円柱上皮細胞 実質機能の部分 吸収や分泌など 多くの臓器</p> <p>重層上皮細胞 傷つきやすい所 皮膚、口腔、食道、直腸、肛門</p>	<p><体腔のメリットは何？></p> <p>上皮性体腔</p> <p>外胚葉</p> <p>消化管腔</p> <p>内胚葉</p> <p>無体腔動物</p> <p>消化管腔</p> <p>消化管腔</p> <p>偽体腔動物</p> <p>間充織体腔</p> <p>真体腔動物</p>
<p>図 25 : ◎、○、△、×</p>	<p>図 26 : ◎、○、△、×</p>	<p>図 27 : ◎、○、△、×</p>

補足：なお、本節については、Web テキストのサイト「描き見る考える」の「C」も参照する。

メモ： _____

.....

..... お昼休み：1時間

.....

(休憩時間中にシャーレ底面を覗いてみる：デモ用シャーレは事前に液替えを行う、時間を確認)

<□8 実技 Cell-Exp.1 : Step3-2 (状況観察), Step3-3 (培養液の交換 Ca-Med) >

実技工程 (Step3-2, Step3-3) を実施する。配布資料「実技図解集」を参照 (又はタブレット PC で参照：ココ)。デモンストレーションを見学した後、要点を確認しながら各自で操作を進める。ここで重要な事は「実験とはともかく何かを確かめる事、よって、実験学習に失敗はない」である。実技操作は「作業スペース」を整理し、その後実施する。時刻 (工程開始時刻) や気づいた事、疑問などはメモすること。

メモ： _____

<p>E列. 実技操作</p> <p>Step3-2 → 培養1の継続</p> <p>(培養中) 培養1 経過確認1 の継続</p> <p>培養中</p> <p>1次培養 30分以上 途中経過の確認 Step3-2</p> <p>2次培養 15分以上 (Ca-Med) 培養液の交換 Step3-3</p> <p>必要に応じ再培養 接着強度の確認 Step3-4</p>	<p>F列. 実技操作</p> <p>Step3-3 → 培養2</p> <p>培養液の交換 培養2 培養中</p> <p>1次培養 30分以上 途中経過の確認 Step3-2</p> <p>2次培養 15分以上 (Ca-Med) 培養液の交換 Step3-3</p> <p>必要に応じ再培養 接着強度の確認 Step3-4</p>	<p>実験とは何かを確かめること (よって実験に失敗はない)</p> <p>君は何を確かめたい? もう一度考えてみよう</p> <p>なに・なぜ・どうして・どのようにして それ本当?</p> <p>Nature/Science/Cell</p>
<p>図 28 : ◎、○、△、×</p>	<p>図 29 : ◎、○、△、×</p>	<p>図 30 : ◎、○、△、×</p>

<□9【考察2】 足場依存性と細胞運動（関連クイズ2項目）>

「細胞をシャーレに入れた」ら前節8の結果となった。なぜ細胞はそのような様態を示したのか。本節では観察結果に基づきその理由を考える。つまり、細胞生物学の視点「足場依存性と細胞運動：細胞の基本的性質」である（図31, 32）。はじめに「細胞の経時的形態変化」を観察し、その様子を表現してみよう。なお、話し合いの視点は、実験観察に対する表現法「Nature / Science / Cell」（分かりやすく説明する）である。次に下記の質問（クイズ）を考えてみよう。

*質問1：1粒2粒3粒の細胞、培養したらどうなるか？（図33）

*質問2：塗抹液を変えたら形はどうなるか？（図37）

本節の用語：基質、接着・伸展・移動・配列（必要に応じてインテグリンと細胞骨格の解説も行う）。

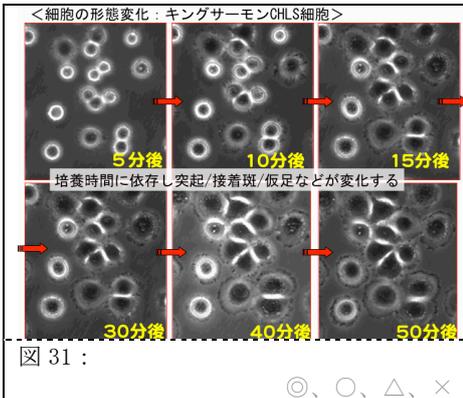


図 31 :

◎、○、△、×

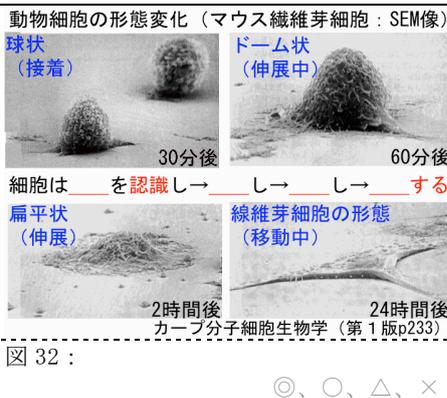


図 32 :

◎、○、△、×

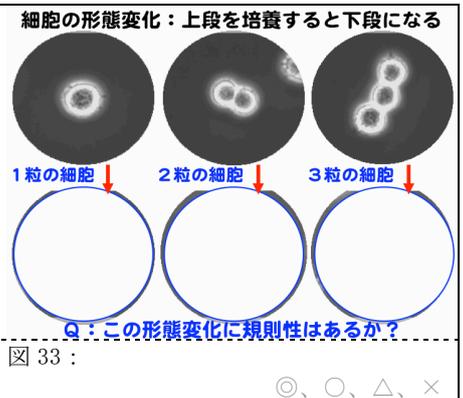


図 33 :

◎、○、△、×

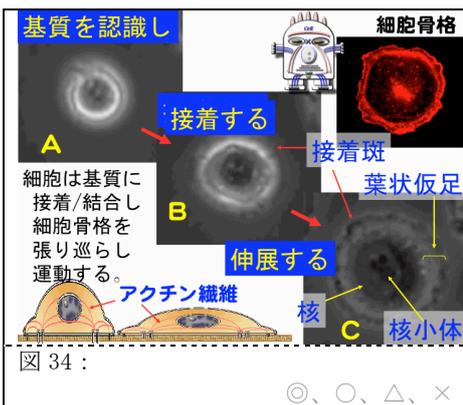


図 34 :

◎、○、△、×

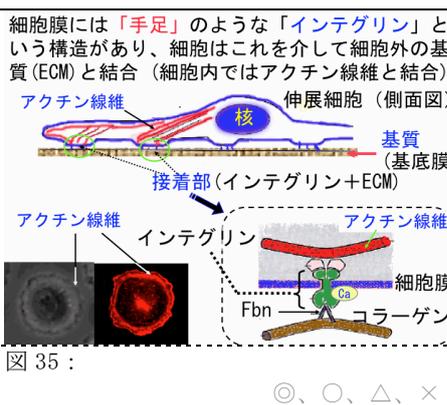


図 35 :

◎、○、△、×



図 36 :

◎、○、△、×

細胞はシャーレの中で自律的な行動（様式）を示す。シャーレに入れた細胞は、最初は球状であるが、底面に接触すると運動を開始する。さて、どのような説明が可能か。顕微鏡写真/画像を参照し協議してみよう。

（細胞は_____を認識し→_____し→_____し→_____する。）

ところで、お絵描き実験の仕組み（実験原理）が分かり始めていると思う。それで実験に用いた材料（ゼラチンとアルブミン）の役割を確認しよう。しかし、それでもいろいろ疑問があると思う。例えば図38はどう思う？（確認：ゼラチンは細胞の接着基質になる。アルブミンは細胞の接着行動を阻害する）



図 37 :

◎、○、△、×

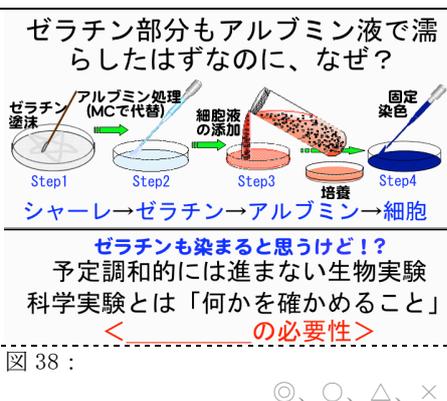


図 38 :

◎、○、△、×

<君の疑問を確かめよう：対照実験の必要性>

実験区：担当者を決め協議・結果を予想する						
操作	A基本	B()	C()	D()	E()	F()
Step1	GEL	Alb/MC	None	None	GEL	GEL
Step2	Alb/MC	None	Alb/MC	None	None	Alb/MC
Step3	Cell	Cell	Cell	Cell	None	Cell
Step4	染色	染色	染色	染色	染色	染色
結果	青団					
予想図						
分かる事は何						

GEL:ゼラチン, Alb:牛血清アルブミン, MC:メチルセルロース, Cell:細胞添加, 染色:クリスタル紫, None:何もしない,

図 39 :

◎、○、△、×

<□10 実技 Cell-Exp.1 : Step3-4 (接着強度)、Step4 (固定/染色)>・・・20分 (p. __)

実技工程 (Step3-4, Step4) を実施する (「実技図解集」を参照)。デモンストレーションを見学した後、要点を確認しながら各自で操作を進める。疑問などはメモすること。

細胞培養実験では、細胞を容器に入れたら「細胞任せ」である。培養時間は「待ち時間」であるが、細胞自身にとっては「自律的な活動時間」である。それで、その活動の様子を実感しようというのが「接着強度の確認」である。接着剤などは使っていないので、細胞の接着活性は「極度に強い or 少しショックを与えれば剥がれるはず」、さて君はどう思う。確かめてみよう。

メモ： _____

<p style="text-align: center;">G列. 実技操作</p> <p style="text-align: center;">Step3-4</p> <p style="text-align: center;"><接着強度> で試してみよう</p> <p style="text-align: center;">(培養中) 経過確認2</p> <p style="text-align: center;">培養中</p> <p>図 40： ◎、○、△、×</p>	<p style="text-align: center;"><固定液と染色液の取り扱い：約束></p> <p>「固定液、染色液」は危険液。紙タオルやビニール袋などでカバーして「安全を確保し」切り取る。吹き出し口を人の方向に向けてはけない。</p> <p style="text-align: right;">開封放置は危険/厳禁</p> <p style="text-align: right;">固定液：FIX 染色液：CV</p> <p style="text-align: center;">固定液や染色液 (取り扱い注意) は必ず、試験管やキャップを付けて用いる。</p> <p>図 41： ◎、○、△、×</p>	<p style="text-align: center;">H列. 実技操作</p> <p style="text-align: center;">Step 4</p> <p style="text-align: center;">固定/染色</p> <p>図 42： ◎、○、△、×</p>
--	---	--

<□11【考察3：まとめ】 細胞シートの意味意義 (関連クイズ2項目)>

本節は「まとめ」であり、動物体における単位「細胞」の必然性 (合目的性) を考察する。前々節「9. 考察2」に引き続き、はじめにその導入として下記の質問/協議 (クイズ形式) を行う。

- * 質問 3：高密度で細胞を入れたらどうなるか？ (図 43)
- * 質問 4：隙間ができたならどうなるか？ (図 46)
- * 質問 5：どうすれば分化するか？ (図 50)

<p>設問：大過剰の細胞をシャーレに加えると細胞は ①, ②, ③ のどれになるのか？</p> <p>① 球状のまま沈下し、上下に重なる。</p> <p>② 最下層のみが接着し扁平状、その上の細胞は球状。</p> <p>③ 全ての細胞が接着し、扁平状になる。上下に重層状態となる。</p> <p style="text-align: center;"><答えは後で></p> <p>図 43： ◎、○、△、×</p>	<p style="text-align: center;"><顕微鏡観察したシャーレの底面></p> <p style="text-align: center;">コラーゲン/ゼラチン部</p> <p style="text-align: right;">未処理部</p> <p style="text-align: center;">なぜ細胞はこの様態を示すか？その必然性は？</p> <p>図 44： ◎、○、△、×</p>	<p style="text-align: center;"><単位が組み合わさると・・・「形」></p> <p style="text-align: center;">器官 (階層性) 細胞</p> <p style="text-align: center;">組織</p> <p style="text-align: center;">基底膜</p> <p style="text-align: center;"><腸の断面></p> <p>上皮組織 結合組織 筋組織 漿膜</p> <p>神経組織</p> <p>群> 個体> 器官> 組織> 細胞> 細胞小器官> 分子</p> <p>図 45： ◎、○、△、×</p>
--	--	---

<p>結果 1：緻密な細胞シート (敷石状に配列している)</p> <p>図 46： ◎、○、△、×</p>	<p>結果 2：隙間が多い (この後、細胞はどうするか?)</p> <p>図 47： ◎、○、△、×</p>	<p>細胞の人生設計：今はどのステージ？ 今後はどうするつもりだろう？</p> <p>S: synthesis (DNA合成期) M: mitotic phase (有糸分裂期) G: gap (間期)</p> <p style="text-align: center;"><Go期></p> <p style="text-align: center;">細胞周期</p> <p>1) 前期 2) 前中期 3) 中期 4) 後期 5) 終期 6) 細胞質分裂期</p> <p>図 47： ◎、○、△、×</p>	<p><補足：動物体/組織細胞></p> <p>体細胞も (血球系を例外とし)、その全ては「足場依存性」を示す。つまり体腔管腔の壁のみならず肝臓のような複雑系や個体発生/形態形成においても細胞は基質に接着結合して生きている。</p> <p style="text-align: center;">よって「細胞」は「足場依存性」である 詳細は[E]を参照</p> <p>体腔管腔の壁 (上皮組織) ECM 基底膜 肝臓</p> <p>図 48： ◎、○、△、×</p>
--	--	---	---

<p>設問：培養細胞と生体細胞の違い（上下図で特に異なることは何？）</p> <p>シャーレの培養細胞</p> <p>培養液</p> <p>培地</p> <p>オモテ側</p> <p>培養液</p> <p>オモテ側</p> <p>ウラ側</p> <p>体細胞</p> <p>上皮組織</p> <p>基底膜</p> <p>結合組織</p> <p>血管</p> <p>血管</p> <p>ウラ側</p>	<p>＜どうすれば培養細胞は組織化・分化するか？＞</p> <p>培養</p> <p>↑</p> <p>オモテ側</p> <p>扁平細胞</p> <p>A</p> <p>↓</p> <p>培地</p> <p>オモテ側</p> <p>B</p> <p>↓</p> <p>培地</p> <p>オモテ側</p> <p>円柱細胞</p> <p>C</p> <p>選択肢： ①遺伝子を導入、②細胞増殖因子を添加、 ③容器を換える。（ヒントは導入1）</p>	<p>小まとめ：動物細胞の基本的性質(1)</p> <p>細胞は「基質」を認識し、 ① 接着/伸展し → ② 移動・配列し → 隙間があれば ③ 分裂増殖と接触阻害となる。その結果、 → 単層の ④ 細胞シートを形成する → 条件が整えば ⑤ 機能発現/分化</p> <p>基質</p> <p>接着・伸展</p> <p>移動・配列</p>
<p>図 49：</p> <p style="text-align: right;">◎、○、△、×</p>	<p>図 50：</p> <p style="text-align: right;">◎、○、△、×</p>	<p>図 51：</p> <p style="text-align: right;">◎、○、△、×</p>

*** 確認(細胞の基本的性質：まとめ)**

：本実験を通じて培養細胞が示した基本的な性質や現象は下記である（③と⑤は補足）

- ① 細胞は足場/基質となる物質(コラーゲンなど)を認識し、接着・伸展した。
- ② 伸展細胞は隣接細胞と協動的に移動配列した。
- ③ 隙間があれば分裂増殖し、隣接細胞と接すると増殖を停止する（接触阻害）。
- ④ 最終的に、切れ目のない集落「単層の細胞シート」を形成した。
- ⑤ 培養条件を整えると機能的な細胞となる。最終的には細胞死に至る。
(細胞の社会性：足場依存性と細胞シートの形成)

メモ： _____

<□12【補足1】 細胞の基本構造（細胞構造の基本）：ワークシート >

実験講義を通じ俯瞰した「細胞の基本的性質」をより発展的に扱うには「細胞構造の理解」が不可欠である。その基本は「膜系シート構造：図 52」であり、他の構造体が付加し「細胞内小器官」として配置され理解される。つまり、体内においては多様な形態を示す細胞であっても一般的な「模式図」として一般化される(図 53 の左図)。細胞構造の「原型あるいは典型」である。しかし、多様な形態を示す体細胞と模式図「基本構造」との繋がりを実感することは容易ではない。そこで本節では細胞構造をイメージ化するため「演習：細胞くんの描き方」を実施する。内分泌細胞、感覚細胞、神経細胞、更に筋細胞などを理解する前提として提案するを目的とする。

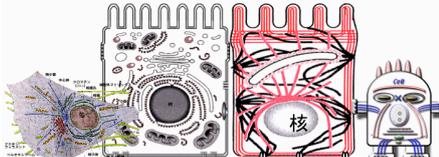
*別様の資料「ワークシート集」の「その3」を利用する。 疑問などはワークシートの余白などにメモること。

<p><細胞構造の基本その1></p> <p>オモテ側</p> <p>ウラ側</p> <p>ウラ側</p> <p>オモテ側</p> <p>ウラ側</p> <p>ウラ側</p> <p>細胞構造の基本は「膜系構造体」である。</p>	<p><細胞には基本構造がある/細胞くん></p> <p>基本的性質は「足場依存性と細胞シートの形成」。</p> <p>基本構造</p> <p>細胞くん</p> <p>基底膜</p> <p>細胞くんには手足・骨・髪もあり排出もする (接着結合・細胞骨格・微絨毛/感覚毛・分泌)</p>	<p><細胞の部品には何がある？></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 膜系構造物：細胞膜、核膜、小器官膜など 2) 核内構造物：染色質、核小体、クロマチン 3) 細胞接着装置：緻密結合、接着斑/デスモゾーム、 4) 細胞骨格：アクチン繊維、微小管、中間径繊維、 5) ATP合成装置：ミトコンドリア 6) 蛋白合成装置：粗面小胞体 7) 脂質合成装置：滑面小胞体 8) 修飾包装装置：ゴルジ装置 9) 分解排出装置：ライソゾーム 10) 分裂装置：中心小体、紡錘糸、収縮環/アクチン
<p>図 52：</p> <p style="text-align: right;">◎、○、△、×</p>	<p>図 53：</p> <p style="text-align: right;">◎、○、△、×</p>	<p>図 54：</p> <p style="text-align: right;">◎、○、△、×</p>

<□13【補足2】 細胞自身は何をしている：細胞内機能の区分：ワークシート >

前節では、細胞構造の基本を「細胞くん」としてイメージ化したが、構造の対は「機能」である。生物学習には「つくりとはたらき：構造と機能」が常に付随する。では「細胞自身は何をしているのであろう」。この問いは、「器官系の名称を問う（4. 演習1）」と同様に一般には難問であり、専門的には「細胞生物学」の主要な課題である。しかし、本講義の目的は「生物系のロジックを考える」なので、試してみたい。方法は「自然な考え方」。はじめに、下記の質問。ワークシート（その4）を利用して実施しよう。

Q 質問. 細胞は体の「基本単位」である。では「細胞そのものは何をしている」か。
 : 思いつくまま個条書きで述べよ（平素な言葉で表現してかまわない、ユニークなこともOK）

<p><Q.細胞の理解は必須：どう~しょう> 細胞は体の「基本単位」である。では「細胞そのものは何をしている」のか。思いつくまま、個条書きで、述べよ。 (細胞生理学/細胞生物学)</p> 	<p>今回は自分自身の判断に準じる。つまり、細胞の働き(生理機能)を「2系6要素11器官系の順列」として考えてみよう! <君は原生自然を進む探検隊></p> <table border="1"> <tr> <td colspan="3">体性系/体壁性器官 (動物性器官)</td> </tr> <tr> <td><受容></td> <td><伝達></td> <td><実施></td> </tr> <tr> <td>2感覚系</td> <td>3神経系</td> <td>4筋肉系 5骨格系</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align:center;"><内部調整> 11内分泌系</td> </tr> <tr> <td>6消化系</td> <td>7呼吸系</td> <td>8循環系 9泌尿系 10生殖系</td> </tr> <tr> <td><吸収></td> <td><運搬></td> <td><排出></td> </tr> <tr> <td colspan="3">臓性系/内臓性器官 (植物性器官)</td> </tr> </table>	体性系/体壁性器官 (動物性器官)			<受容>	<伝達>	<実施>	2感覚系	3神経系	4筋肉系 5骨格系	<内部調整> 11内分泌系			6消化系	7呼吸系	8循環系 9泌尿系 10生殖系	<吸収>	<運搬>	<排出>	臓性系/内臓性器官 (植物性器官)			<p><器官系区分に準じた細胞の働き/役割></p> <table border="1"> <tr><td>1. 外皮系</td><td>細胞は「・・1・・」をしている。</td></tr> <tr><td>2. 消化系</td><td>細胞は「・・2・・」をしている。</td></tr> <tr><td>3. 呼吸系</td><td>細胞は「・・3・・」をしている。</td></tr> <tr><td>4. 循環系</td><td>細胞は「・・4・・」をしている。</td></tr> <tr><td>5. 泌尿系</td><td>細胞は「・・5・・」をしている。</td></tr> <tr><td>6. 生殖系</td><td>細胞は「・・6・・」をしている。</td></tr> <tr><td>7. 感覚系</td><td>細胞は「・・7・・」をしている。</td></tr> <tr><td>8. 神経系</td><td>細胞は「・・8・・」をしている。</td></tr> <tr><td>9. 筋系</td><td>細胞は「・・9・・」をしている。</td></tr> <tr><td>10. 骨格系</td><td>細胞は「・・10・・」をしている。</td></tr> <tr><td>11. 内分泌</td><td>細胞は「・・11・・」をしている。</td></tr> </table>	1. 外皮系	細胞は「・・1・・」をしている。	2. 消化系	細胞は「・・2・・」をしている。	3. 呼吸系	細胞は「・・3・・」をしている。	4. 循環系	細胞は「・・4・・」をしている。	5. 泌尿系	細胞は「・・5・・」をしている。	6. 生殖系	細胞は「・・6・・」をしている。	7. 感覚系	細胞は「・・7・・」をしている。	8. 神経系	細胞は「・・8・・」をしている。	9. 筋系	細胞は「・・9・・」をしている。	10. 骨格系	細胞は「・・10・・」をしている。	11. 内分泌	細胞は「・・11・・」をしている。
体性系/体壁性器官 (動物性器官)																																													
<受容>	<伝達>	<実施>																																											
2感覚系	3神経系	4筋肉系 5骨格系																																											
<内部調整> 11内分泌系																																													
6消化系	7呼吸系	8循環系 9泌尿系 10生殖系																																											
<吸収>	<運搬>	<排出>																																											
臓性系/内臓性器官 (植物性器官)																																													
1. 外皮系	細胞は「・・1・・」をしている。																																												
2. 消化系	細胞は「・・2・・」をしている。																																												
3. 呼吸系	細胞は「・・3・・」をしている。																																												
4. 循環系	細胞は「・・4・・」をしている。																																												
5. 泌尿系	細胞は「・・5・・」をしている。																																												
6. 生殖系	細胞は「・・6・・」をしている。																																												
7. 感覚系	細胞は「・・7・・」をしている。																																												
8. 神経系	細胞は「・・8・・」をしている。																																												
9. 筋系	細胞は「・・9・・」をしている。																																												
10. 骨格系	細胞は「・・10・・」をしている。																																												
11. 内分泌	細胞は「・・11・・」をしている。																																												
<p>図 55 : ◎、○、△、×</p>	<p>図 56 : ◎、○、△、×</p>	<p>図 57 : ◎、○、△、×</p>																																											

<細胞の分子生物学の目次（5部、全25章、1595頁）：Molecular Biology of the Cell, 4th edition>

- 第I部 細胞とは (129頁) : Introduction to the Cell
 - 1. 細胞とゲノム、2. 細胞の化学と生合成、3. タンパク質
- 第II部 遺伝の基本 (246頁) : Basic Genetic Mechanisms
 - 4. DNAと染色体、5. DNAの複製、修復、組み替え、6. ゲノム情報の読み取り (DNAからタンパク質)、7. 遺伝子発現の調節
- 第III部 研究手法 (81頁) : Methods
 - 8. タンパク質、DNA、RNAの操作、9. 細胞の観察
- 第IV部 細胞の内部構造 (480頁) : Internal Organization of the Cell
 - 10. 膜の構造、11. 小分子の膜輸送と膜の電気的性質、12. 細胞内区画とタンパク質の選別、13. 細胞内における小胞の輸送、14. エネルギー変換：ミトコンドリアと葉緑体、15. 細胞の情報伝達、16. 細胞骨格、17. 細胞周期とプログラム死、18. 細胞分裂の仕組み
- 第V部 細胞のつくる社会 (360頁) : Cells in Their Social Context
 - 19. 細胞結合、細胞接着、細胞外マトリックス、20. 生殖細胞と受精、21. 多細胞生物における発生、22. 組織の形成：組織を作る細胞の生と死、23. がん、24. 適応免疫、25. 病原体、感染、自然免疫

生物学の「5W1H」：視点9項目

(1. 部位・2. 形状・3. 名称・4. 繋がり・5. 区分(構成)・6. 役割、7. 仕組み(物性)・8. 由来・9. その他)

視座	例えば：「DNA」に対する疑問
1 部位	DNAは「どこ」にあるのか? : _____
2 形状	DNAとは「どんな形」か? : _____
3 名称	なぜ、そんな「名前」なのか? : _____
4 つながり	DNAはどこに「繋がって」いるのか? : _____
5 区分/構成	DNAはどんな「部品」できている? : _____
6 役割/物性	DNAはどんな「役割」を持つのか? : _____
7 仕組み	DNAはどんな「仕組み」で働くのか? : _____
8 由来	DNAはどのようにして「できてくる」? : _____
9 その他	DNAに類似な物には何があるのか? : _____

<□14【まとめ】 古典的ロジックの必要性：体の基本 10 項目 >

以上、実験講義を進めてきたが、この 14 節で終わりなので、最後に付言したいことを 3 つだけ記す。

その 1：科学実験を行えばレポート提出などの宿題が付いてくる。悩みの種であるが、本当はそんなに悩まなくても良い（但し、時間が必要）。つまり、今回の実験講義では、当初の目的（命題）を確認するため「試行錯誤」を行った。それをそのまま記述することが論文である（図 58 を見てほしい）。書く時は、誰にでも分かる表現で、「最小努力の最大効果」となるように努力する。簡潔明瞭な手紙を書くような具合である。つまり、今回確認した「Nature /Science /Cell」の意味するところである。メモ書きや「◎○△X？」が威力を発揮するよ。

<p>＜お絵描き実験の役割と意義＞</p> <p>図 58：</p>	<p>生物学に「あいうえお」は必要か？</p> <p>せい う さい づ い つ ぶ</p> <p>「ひらがな」って何でしょう？</p> <p>図 59：</p>	<p>＜体の基本：俯瞰図：完成です＞</p> <p>図 60：</p>
------------------------------------	---	-------------------------------------

その 2：生物学は複雑系であり、知識習得型学習の典型のようにも見えるが、それでもロジックが有る事が確認できたと思う。例えば図 59 に示すように、どんな教科にもロジックがある。それを習得するため学習者は結構な時間を費やすが、その効果は後々に十分に報われる。生物にも古典的なロジックがあることを覚えておいてほしい。他教科では代え難い「道理や経験値」を共有する過程は「生物学の学習」の重要な目的である。

その 3：今回は「動物体の成り立ち」を扱ったがその観点からまとめたものが図 63 である。時間がある時に参照することも無駄ではないはず。但し、「答え」を求めるための資料ではないことを念頭に置いてほしい。疑問は大切にする。それが目的の Web テキストでもある。知る/考えるとは時間軸で「プロセス」の経験値である。

補足：本実験講義は Web テキスト「実演生物学」の一部である：インターネットの検索用語「実演生物学」でアクセスする。図 63 は「実演生物学の俯瞰図」の一部であり、プラットホーム形式なので余裕を持って確かめてみる。

<p>・・ 個体の基本的解説：話し合いと云えば・・</p> <p>＜①形と②役割と③仕組みと④由来＞</p> <p>図 61：</p>	<p>知らないことは分からない 分かってしまえば当たり前 何が気になる当たり前 気になることはどうしよう 気になることは無視しよう 気になることは大切にしよう さて君はどうしよう なに・なぜ・どうして・どのようにして きっと共有命題が助けてくれる 生きているからそう思いたい 経験値が窓を開くはず</p> <p>図 62：</p>	<p>図 63：</p>
---	---	--------------

<現代生物学の枠組み：視点>

- a. 現代生命科学 3 領域：1) 生態系生物学・2) 細胞系生物学・3) 分子系生物学
- b. 学域区分 3 領域：1) 解剖組織学・2) 生理生化学・3) 発生遺伝学
- c. 階層性区分 7 項目：1) 個体・2) 器官系・3) 器官・4) 組織・5) 細胞・6) 細胞小器官・7) 生体分子
- d. 見方や考え方の区分 4 項目：1) 形・2) 役割・3) 仕組・4) 由来・5) その他
- e. 話し合い区分 9 項目
 - ：1) 部位・2) 形状・3) 名称・4) 繋がり・5) 区分(構成)・6) 役割・7) 仕組・8) 由来・9) その他
- f. 学習者の視点：「なに・なぜ・どうして・どのようにして：それ本当？」
- g. 構造主義生物学とは：細胞生物学？

資料1：体は細胞と細胞間物質からできている

動物のからだは、五臓六腑、鰓、心臓、脳、目玉などの「器官」からできている。これら全ての器官は4種類の「組織」の組み合わせで構成されている。教科書で扱う4大組織（上皮組織、結合組織、筋肉組織、神経組織）である。これらの組織には、程度の差はあるが、いずれもたくさんの「細胞」が含まれている。

肝臓のような塊（器官）は、そのほとんどが細胞からできているが、体の中には「骨」や、細胞の層を取り除いた後の「皮（革製品の皮）」のような細胞には思えない部分もたくさんある。顕微鏡で組織染色標本（プレパラート）を観察するとき、戸惑う部分でもある。これらはなんであろう。答えは、少しの細胞と細胞ではない大量の「細胞間物質」からできたところ（器官の一部）である。この細胞間物質を大量に含む組織が「結合組織」であり、その主要な成分で且つ最も多量にある細胞間物質が「コラーゲン」という繊維状の蛋白質である。

骨は、骨の中や周りにある細胞が作り出し、分泌した「コラーゲン」に「カルシウム」が結合した硬い組織である。酸で処理すればカルシウムが除かれ柔らかくなる。骨の形はそのままにコラーゲン繊維などが骨の形として残る。皮膚の真皮層はコラーゲンを主とする繊維性の細胞間物質からできている。革製品の皮である。実際に組織染色標本を顕微鏡で見ると、生物の組織は「細胞」と「細胞以外の物質」からできているということが実感できる。ちなみに、筋肉は細く長くなった細胞（筋繊維とも呼ぶ）が束になった塊であり、眼の水晶体も細長い細胞（水晶体繊維）が規則正しく集まった構造体である。

細胞以外の物質で、特に細胞が張り付く物質や部分を細胞外マトリックス (ECM)、あるいは単に細胞接着基質と呼ぶ。多細胞体制をなす動物の体は多数の細胞からできているが、デタラメな細胞の塊ではない。多数の細胞はある形式で特定の物質に「結合や接着」し、特定の構造を保つ。つまり、多細胞体制となる。その時、細胞は細胞に接着するか、細胞外マトリックスに接着する。それで、その接着を「細胞-細胞間接着」と「細胞-基質間接着」と云う。細胞外マトリックスや細胞間物質は細胞にとって不可欠な物質である。細胞は体の基本単位であるが、体は細胞だけでできているのではなく、細胞が生み出す細胞間物質や細胞外基質と協調して出来ている。

□補足1：実験学習の目的（培養細胞実験に基づく生体の理解）

- 1. 細胞で「形」を作る（お絵描き実験：形態形成に関する基礎実験）。
- 2. 細胞や生体物質の性質や役割を考える（実験検証：対照実験・検証実験）。
- 3. 細胞の基本的な性質を理解する（動物細胞の定義）。
- 4. 培養細胞と生体の組織細胞との類似性を考察する（発展考察）。
- 5. 足場依存性や細胞シートの性質から体内構造の基本的な視点を構築する（演習）。

□補足2

<実験学習のまとめ>

- 1) 細胞は体の「__1__」であり、体は「__2__と__3__」でできている。
- 2) 動物細胞の基本的な性質（特徴）は「__4__」であり、実験的には、細胞は__5__（足場）に接着・伸展し、更に、移動・配列を経て、自律的に「__6__」を形成する。
- 3) 体表や内蔵器官などの表面や内腔面は__7__細胞シートである。つまり、__8__からできている。
- 4) 上皮組織とは「__9__側の細胞層」を意味し、その直下（__10__側との境界）には細胞が接着結合する「__11__」がある。
- 5) 基底膜（足場）を基準とし区分される「__12__」の極性は体内構造の認知に明瞭な指針を与える。

選択肢：①基本単位、②細胞と③細胞間物質、④足場依存性、⑤基質、⑥細胞シート、⑦切れ目のない、⑧上皮組織、⑨オモテ、⑩ウラ、⑪基底膜、⑫オモテ・ウラ