

魚の鱗移植を用いた免疫実験

—普通高校でもできる簡単な免疫実験—

片岡 辰三

普通高校の生徒を対象とし、より簡単にできる免疫実験として、魚の鱗移植を教材化した。本実験は探究活動を重視し、課題・仮説・発展などを設定した。自家移植鱗は生着し、他家移植鱗は拒絶されることが認められた。キンギョの1次応答においては、飼育水温30℃で、移植後5日目で他家移植鱗の拒絶が確認された。同種間他家移植に比較して異種間他家移植の場合、若干早く拒絶され、拒絶反応も激しくなる傾向が認められた。

[キーワード] 理科 生物 免疫 鱗移植 探究活動

はじめに

高等学校学習指導要領理科においては、観察・実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育て、科学的な自然観を育成することを目標としている。また、「探究活動」や「課題研究」が科目の内容の一部として位置づけられている。

新科目「生物ⅠA」においては、科学技術の進歩と人間生活とのかかわりについて認識させることが重視されている。エイズや拒絶反応などの用語は、日常的なものとなり、生物ⅠAや生物Ⅱの内容にも取り上げられている。また、最近ではエイズ教育の必要性も高まってきている。

しかし、現状では免疫に関する高校生レベルの生徒実験はほとんど見られず、免疫の具体的な現象を体験させることができない。免疫に関する実験として、魚の鱗移植などが水産高校などで行われているが一般の高校ではそのまま実施するのは難しい。そこで、普通高校の生徒を対象とし、より簡単にできる免疫実験として、魚の鱗移植を教材化したので報告する。

本実験は探究活動を重視し、課題・仮説・発展などを設定し、また、実験の導入では、興味づけのための「読物」を事前に配布し、実験後は簡単な問題演習を通してまとめを行う形式とした。基本的には2時間の実験である。

1 準備及び方法

(1) 準備

体長8～10cm程度のキンギョ、飼育用水槽、検鏡用具、実体顕微鏡（ルーペでもよい）、はさみ、ガーゼ、氷水（麻酔用）、ペトリ皿（直径10cm, 20cm）、淡水魚用生理的塩類溶液、ピーカー（500ml）、眼科用ピンセット（先端を紙やすりで研磨したもの）

(2) 方法

ア 水槽で飼育しているキンギョを2尾、鱗が落ちないようにピーカーで静かに取りだし、氷水（麻酔用）の入った容器に入れる。

イ 麻酔が効いたキンギョを取りだし、充分湿らせたガーゼをしいたペトリ皿（20cm）に、頭を左側に向け2尾並べておく。

ウ 図1のようにA個体の側線下位の鱗を抜き取り、顕微鏡観察用に生理的塩類溶液のは入れたペトリ皿（10cm）に入れる。

次に、A個体の側線上位の鱗を抜き、先に抜いた部位に移植する（自家移植）。更に、B個体の側線上位の鱗を抜き取りA個体の側線上位の先に抜いた部位に移植する（他家移植）。

エ 移植が完了した個体は、静かに水槽に戻す。班ごとに水槽を用意する。1つの水槽に入れる場合は、ヒレを切って個体

北海道立理科教育センター

を識別する。

オ 鱗の観察は、スライドガラスに一枚の鱗を取り生理的塩類溶液を滴下し、カバーガラスをかけ、顕微鏡で行う。

カ 1週間後、ア・イの要領でキンギョを取りだし、実体顕微鏡（またはルーペ）で移植した鱗の様子を観察する。

キ 移植鱗の判定（生着したか拒絶されたか）を行う。

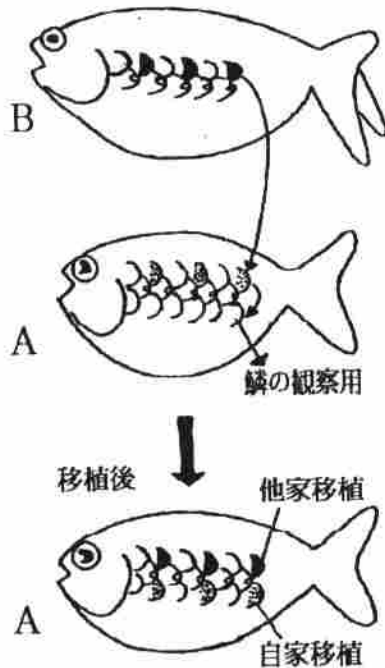


図1 移植方法

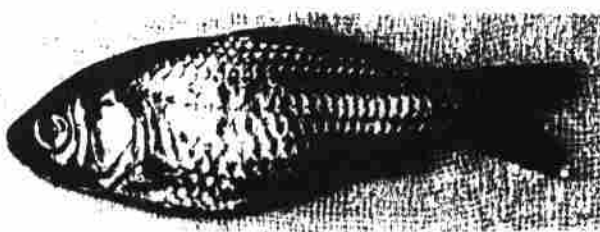


図2 移植直後の様子

表1 移植鱗の判定結果（飼育水温：20～25℃，1尾について4枚移植）

判定項目	他家移植			自家移植			判定基準	
色素胞の消失	-	-	±	+	+	+	修復（+）、消失（-）	
組織の変化	-	-	-	-	+	+	なし（+）、あり（-）	
血流の再開	-	-	-	+	+	±	あり（+）、なし（-）	
判定	D	×	×	×	○	○	○ D	生着（○）、拒絶（×）

移植年月日（平成6年6月6日） 観察年月日（平成6年6月15日）

2 結果と考察

(1) 鱗の観察

魚の鱗は大きく2つに分類される。図2のように、キンギョの鱗は円鱗と呼ばれ鱗上に小刺がほとんどなく円滑な構造であるが、鱗上に小刺が発達した櫛鱗と呼ばれるものもある。

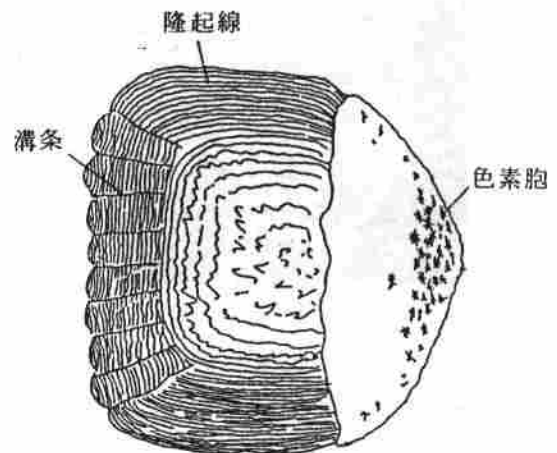


図3 キンギョの鱗

(2) 移植鱗の判定

生着または拒絶の判定は、移植後1～2週間後に行い、判定基準の+が2以上の場合を生着（○），-が2以上の場合を拒絶（×）とし、鱗が物理的に脱落した場合は、脱鱗（D）とする。飼育水温が20～25℃の場合は、移植後7～10日で生着・拒絶の結果が現れる。飼育水温が高くなると結果が早く現れ、30℃では5日目で確認できた。移植時間は5～10分で終了するが脱鱗することもあるので鱗を数枚移植しておくとい。

図4のように、自家移植においては移植鱗がその個体の一部となり生着する。生着の場合は、日ごとに色素胞の修復、血流の再開が認められ、移植部位周辺の組織の変化はほとんど認められない。



図4 自家移植鱗の様子

図5のように、他家移植においては移植鱗が排除または吸収されるなど、その個体により拒絶される。拒絶の場合は、日ごとに移植部位周辺の組織が充血、肥厚し、色素胞が消失していったり移植鱗が透明になり、血流の再開は認められない。



図5 他家移植鱗の様子

自家移植と他家移植の結果の違いから、自己と非自己の識別が行われていることが理解され、免疫の基本についての理解が得られる。

3 参考

(1) 2～3色のコメット種を用いると移植鱗

の識別がしやすい。小さいと抵抗力が弱く移植後死ぬ場合があり、移植作業も難しい。

熱帯魚店で購入したキンギョは、病気の発生が考えられるので、最低2週間以上は飼育して健康なものを実験に用いる。

移植する鱗が大きい場合は、鱗囊に収まる部分をはさみで切り小さくするとよい。

魚類の麻酔剤としては、つぎのようなものがある。

- ・MS222 (メタアミノ安息香酸エチルメタンスルホン酸塩)
- ・FA100 (オイゲノール)
- ・2-フェノキシエタノール (エチレンジリコールモノフェニルエーテル)

(2) 鱗の各部の名称

溝条：放射状に走る細い溝

隆起線：同心円的に走る細い線

色素胞：星状、樹脂状、円形など多様な形をした細胞。細胞質の中に黒色・褐色・赤色・黄色・白色などを発色させる多数の小顆粒を含む。キンギョでは黒色素胞、赤色素胞、黄色素胞が主である。

再生鱗：何かの原因で脱鱗し、代わりに急速に発達したため、溝条や隆起線を欠く鱗。

魚の鱗は鱗囊と呼ばれる袋に収まっているので、鱗の抜取り、挿入が比較的容易にできる。

(3) 鱗移植の基礎資料

- ・キンギョの場合、移植鱗の拒絶完了時間(日数)の決定は、赤色素胞の消失で行う。
- ・キンギョの1次反応の場合、拒絶完了時間は、飼育水温20℃で平均9.0日、10℃で平均32.3日(我妻)、25℃で平均7.2日(Hildemann&Hass)である。
- ・キンギョの2次反応の場合、拒絶完了時間は、飼育水温20℃で平均6.0日、10℃で平均19.3日である(我妻)。

- ・免疫記憶残留時間（5次移植後）は2～3ヶ月程度であるが個体差が大きい。
- ・鱗を生理的塩類溶液に浸漬した場合、20℃で120分以内であれば有効である。

(4) 発展実験

ア 繰り返し鱗を移植した場合、拒絶完了時間はどうか。

- ・拒絶完了時間が短縮される。拒絶反応が激しくなる。
- ・免疫記憶残留時間の確認

イ 異なる種（フナ、コイなど）の鱗を移植した場合、同種の移植とどのような違いがあるか。

- ・同種間他家移植に比較して、異種間他家移植は、遺伝的により離れているので拒絶完了時間が短縮され、拒絶反応も激しくなる。

ウ 飼育水温を変えた場合、拒絶完了時間はどうか。

- ・一般に飼育水温を高くすると、拒絶完了時間は短縮される。

(5) 鱗移植の応用（鱗で名前を書く）

自家移植鱗は生着するので、同一個体において、色違いの鱗を交換移植することによって魚体に名前を書くことができる。

(図6)



図6 名前（リカ）を書いたキンギョ

おわりに

学習指導要領の改訂ともなって、生物ⅠA、生物Ⅱでは、免疫に関する事項は旧課程に比較

して増加しているが、「生物」で最も履修者が多いと予想される生物ⅠBにおいては、ほとんど触られていない。今後必要とされる免疫に関する科学知識を理解する上での基礎を学習しないで卒業する生徒が旧課程に比較して増加するのではないだろうか。

学習指導要領では「探究活動」や「課題研究」が重視されており、生徒実験においてもただ実験するのではなく、考えさせる工夫が必要である。基礎的な実験から発生する疑問や課題に対して、それを解決するための実験、その実験をどのように組立てるかなどを考えさせ発展実験を行わせる。このような体験を通して探究する態度を身につけさせたいものである。探究活動を意識した実験書の刊行が望まれているが、これに応える取組みとして、北海道高等学校理科研究会生物研究部編「探究しよう生物実験」が発刊されているので紹介する。

参考文献

- 1) 千葉県立勝浦高等学校(1989): 昭和62・63年度文部省高等学校教育課程研究指定校研究成果報告書, pp. L1~7
- 2) 北海道高等学校理科研究会生物研究部編(1994): 鱗の移植実験. 探究しよう生物実験, pp. 105-108
- 3) 我妻雅夫(1977): キンギョの鱗移植による免疫学的研究. 北海道大学水産学部卒業論文
- 4) 畔柳・大高・松橋編(1971): 免疫学叢書12 免疫学の周辺. 医学書院
- 5) 落合明編(1986): 魚類解剖図鑑. 緑書房
- 6) 長澤・鳥澤(1991): 漁業生物図鑑 北のさかなたち. 北日本海洋センター
- 7) 片岡辰三(1994): 全国理科教育センター研究協議会並びに研究発表会生物部会研究発表集録. 魚の鱗の移植実験
- 8) 片岡辰三(1995): 日本生物教育学会全国大会講演要旨. 魚の鱗移植による免疫の教材化

(かたおか たつぞう 生物研究室研究員)