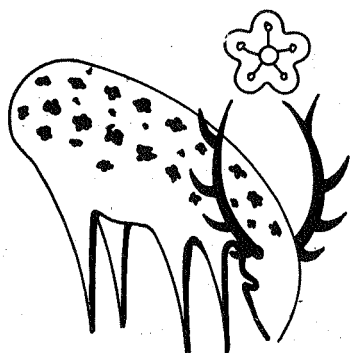




四月份 高中生物教室

楊榮祥 國立臺灣師範大學

因果關係的探討

這一個月我們先談一些科學的探討方法。在探討科學問題中，科學家都要處理各種單純或複雜的因果關係。

個別而獨立的因果關係，事實上，在科學上所用的探討原理當中，是最簡單而常用的一種。其基本的處理法為，「將整個問題分解為幾個個別的小部分，然後當做獨立的個別問題來處理它們」。譬如，當我們設計實驗時，或解釋數據的時候，將分解下來的每一部分視做和其他部分並無任何關聯的獨立而個別的問題來處理。

這種探討方式的優點為：先不管所研究某一特定部分與其他部分的關係，可直接提出研究。這樣當然能夠很快地將研究問題解決。因為我們把各部分的機能當做獨立而個別的，也就是說忽視其共同的部分而單獨研究所需要的部分。這種方法，當然，比當做整體的一部分來研究更為單純而方便。

我們把整體的問題分解為幾個小部分，每一部分都當做「個別的」問題單元，也就是說，將每一部分的因果關係，當做「個別而獨立的」因果關係的單元。在這一種假定之下，我們可以從整體抽出一部分，以研究該部分的諸問題。譬如，由動物體除去一器官後，和完好而正常的動物個體做個比較，如果實驗動物因除去那部分而發生變化的話，這些變化，應起因於該切除的器官。

在研究一連串的因果關係的時候「這種個別而獨立的部分」（單元）觀念，在生物學最為明顯，例如，假定A變成B，B變成C。同時L經過K而成為J，又x經y而變為z，這時 $A \rightarrow B \rightarrow C$ 的變化為獨立而個別的，並不受 $L \rightarrow K \rightarrow J$ 或 $x \rightarrow y \rightarrow z$ 的任何影響。

基於這個原理的研究，特別是在早期的遺傳學與生理學的問題之研究時，可以更為明確地認識其實用性和單純性。在單純的遺傳學，已假定有個別而獨立的部份（單元）及其因果關係。例如，設A基因為褐色眼睛的因子，a基因為藍眼的因子，同時設：B為身高之因子，C為捲毛的因子。這時，其基因型無論是AABBCC或AAbbcc，眼睛的色素並沒有任何不同。A基因仍然為褐眼因子，這個基因不管和B或b，或C或c共存，A基因的效果，始終毫無影響而發生差異。

在單純的生理學，也有建立於個別的因果關係概念的實驗與結論之實例。譬如：組織A的作用為a，器官B的作用為b。如上面遺傳基因的例子一樣，這時的A組織，不管B，C，或D器官的存在與否，均顯出a的作用，在一連串的因果關係中，無論在那一階段，都是獨立而個別的。

這一探討類型的一般主要步驟為：首先，必須由原因的複合體中，辨認出各個原因。第二，找出由個別的原因所生之各個不同的結果的合成

，根據「各個原因」與「綜合的結果」的各項知識，以設計實驗來辨別各個個別的原因與個別的結果的因果關係。

以貓為例子來說明上面這個研究步驟。首先把貓的每個器官都當做原因的集合體，以正常的貓的生理狀態的全部做為結果的綜合體。那麼，我們怎樣以實驗了解個別的原因與其個別的結果？當然我們要這樣做，先由多數的貓，除去一個特定的器官，等到手術的傷口復原以後與正常貓比較其生理學上的差異。如果，能夠找出顯著而共同的差異時，就以該器官的切除，當做原因，而推定該器官的機能。

例如，除去甲狀腺後，出現體溫降低、行動遲鈍、肥胖、呼吸數減少，氧氣消耗量減少等等症狀時，我們可以把它們當做甲狀腺的缺乏症。然後可以推定甲狀腺的機能，是為維持動物的基本代謝量。

大部分生物學的知識，事實上就是因果關係之說明。這個事實正好說明「個別而獨立的因果關係的探討」之實用性與優點。

可是事實上，因果關係並不都是個別而且單純的呢？所有的生物學家都知道，生物體內沒有一項「原因」是單獨的。「原因」不一定都有其固定的「結果」，生物體本身就是一種有機的整體。因而，事實上任何一種原因常受其他的「原因」的相互作用而常常產生不同的結果。

原因與原因之間的影響，通常有二種類型。其一，設A為研究對象的原因，然而又有原因B影響於A。原因A的效果常受原因B的影響，即，原因B的存在與否均能影響原因A的效果。另一類型則A與B同樣地同時作用於同一器官，這時A的效果也受B的影響。

在生理學上，有很多這樣的例子。例如，將一羣動物的胰島組織切除，結果在這羣實驗動物的生理上，發生糖與脂質代謝的大混亂。又從另一羣同樣的實驗動物中，除去腦垂體前葉，結果發生骨骼停止生長、性不成熟並活動停止等等現象。然而，當我們再從另一羣同種動物，同時除

去胰島與腦垂體前葉時，其結果却有很大的不同。其結果絕不是前面二羣動物實驗中，所得到的個別因果關係的總和。這時，其糖的代謝失調症狀，反而遠比第一羣（只除去胰島者）為輕。總而言之，「生物體為個別而獨立的因果關係的綜合體」，這種想法，事實上把生物現象看得太單純了。

可是，請特別注意，我們並不認為必須捨棄這種個別而單純的因果關係的模式。相反地，這種模式事實上將繼續為我們帶來很多知識。這種模式雖比現實單純，但常常為我們提醒，「當研究其他類型的實驗、數據及知識時，還應該需要另一些模式」。

生物體本來就是一種有機的整體。可是，當我們在個別的因果關係的立場研究時，並不當做「整體」來研究，僅當做許多原因的集合。只是個別研究各個單獨的因果關係，但各個因果關係之間的「相互關係」則不列入研究對象。

但，在機能的立場來研究時，情形就大不相同。「機能」的概念將生物體當做「有機的整體」。

在此類型的探討中，「整體」的每一「部分」，將視做整體的附屬部分，並以探討其個別的機能，對於整體的貢獻為重點。

由這個觀點上來說，「整體」才是一切研究工作的第一優先對象。動物體事實上也是一個「整體」。牠具有特殊的能力和活動。例如：攝食、消化、養料之分配和同化、排泄、運動之調節以及生殖作用等等。動物為維持這些特定的能力和活動，必須保持其特定的環境條件以及所需物質的供應。這就是「整體」當中各「部分」的任務。因之，「部分」可以說就是「整體」的「僕役」。它們貢獻出其個別的特定機能，使「整體」得以維持其固有的特性——機能和活動。

在這種「整體一部分」間的關係，常常因研究範圍之不同而有所變化。例如，在某種研究範圍時整個循環系統對於該動物個體（整體）是「部分」。然而在別的研究範圍中，可能以循環系

統為「整體」，而以器官為「部分」。同樣地在另一研究立場上，可能將器官視做「整體」，以組織為「部分」，或以細胞，甚至以其更微小之分子結構為「部分」。

在這種探討的方式時，最重要的是，先要抓住整體的一般特性，然後進一步詳細地研究這些特性。

整體的特性，通常以「歸納法」來求得。即先就各種個別的現象，由仔細的觀察中求出多數經驗的知識，然後由這些知識中，捨棄那些「個別的」或「偶然」的變異，最後收集其共同的、重要的、具有代表性的特點並予整理即成為整體之特性。

當然，這樣歸納而成的知識，並不一定都屬正確。因為我們所要觀察的現象（或對象）本身，常有偏向（非典型的）的可能。也可能由於各研究者的不同觀點而有不同的選擇。因此所歸納之知識，也就難免有其不一致的地方。但，事實上，這些差異將在這一類型的探討中，逐漸地被修正下去。

四月份教材研究

第廿八、廿九章 動物的生殖與發生

一、教學目標與主要概念：

這兩章的主題為「種族生命之維持」。動物個體的生命是有限的。動物藉生殖作用「產生」後代，並且以各種方法以保護與育幼，以維持其種族的生命。

(1)動物的生殖作用：

關於生殖，本章並非第一個教材，在前面，學生早已討論過「有絲分裂」，細菌、病毒體的生殖，以及植物的生殖。生殖為生物兩大基本需求之一（另一為「求個體生存」）。只有生物才有生殖作用，但對於個體的生存來說，生殖並不重要。因為失去整個生殖系統之後，個體仍能生存。但對於整個族群來說，生殖是重要的生理作用，因為族群若喪失其生殖機能，或因故不能生殖時，其種族生命也將告「結束」。所以我們研討

生殖作用時，都要由「種族（或族群）」的觀點來討論。

本章最重要的科學概念應為：「動物的生殖方法，因種類而異，凡行有性生殖者，其產卵數與其受精率與成活率都成反比」。

「各種生殖方法中，以哺乳動物胎生的效率為最高，其保障受精率與育幼成功率的機制如下：

1. 體內受精
2. 胚胎留存雌性動物體內，受到良好保護（具有子宮）。
3. 具備胎盤，為胚胎供應充分的養料。
4. 乳腺發達，為幼體供應充分的養料。
5. 育幼的行為，以保護並「訓練」幼體。

結果哺乳動物的產卵數相對減少，卵中所含之卵黃量也減少」。

以上這些概念，最好都要在探討過程中，由學生自行發現，或歸納出來。如果由教師先摘要出來，讓學生記憶，那就差了。

(2)動物的發生：

這一章關於動物發生，胚後期發育的教材，只含有「現象說明」。本章的主題就是：「受精卵如何發育成幼體」。其中最重要的問題，應該不是細胞如何增殖，而是細胞如何分化？

本來BSCS 原書還有關於「動物發生的分析」的一章，可惜因高一教學時數所限，已被刪除改列高三選修生物教材。對於喜歡推理（reasoning）的學生來說，其中有關羅克斯（Wilhelm Roux）與杜利詩（Hans Driesch）的實驗，司培曼（Hans Spemann）對神經管發育的研究，荷夫拉特（J. Holtfreter）所做組織培養作為誘導作用的實驗，我國旅美胚胎學家牛滿江所做中胚層移植實驗等，都是很有趣，很有意義的教材。如果要以「探討」的方式來教學，這些教材才是最好的教材。目前的高一教材，僅「說明」胚胎發生的過程，學生似乎只有「接受知識」，很難發展其探討能力。

二、學習指導要項：

(1)動物的生殖作用

這一章有不少的專有名詞，教師不僅要學生了解其意義，應更進一步要求學生能正確運用這些名詞以表達其思想。

關於無性與有性生殖的意義，前者是簡便的生殖方法，動物在適宜的環境下，可藉以大量繁殖，以量「爭取」種族的生存。無論分裂法或出芽法均如此。有性生殖則有兩性之別，經減數分裂，雄者產生精子，雌者則產生卵，再經受精作用結合為受精卵。因有兩性之結合，可產生各種不同程度之變異，使其子代能應付環境的改變。因為大量不同的變異，常可應付各種不同的環境變化。所以有性生殖可以說，以質「爭取」生存的機會。

關於能行單性生殖的動物，如大多數課本所述之輪蟲或蚜蟲，都會兼行有性生殖。其單性與有性生殖，當可比照說明其對於種族生存的意義。教師宜教學生們探討。

最近報載有關「照他的形像——人的無性生殖」的問題，也許有不少學生會感覺興趣，教師可以指導學生收集有關報導，讓學生討論。當然，以高一目前的教材，學生似乎還不可能判斷其「可能性」，但，總可以研討一些有關受精作用，有性生殖的意義來。

關於雌雄同體與雌雄異體的動物，亦可由其生活環境，生活方式以及種族生存的意義上面來研討。這個問題所牽涉的有二：其一為受精率，另一則為兩性基因重組的問題。

關於性徵，尤其第二性徵（又稱次要性徵），亦可由其種族生存的意義來處理，第二性徵並非只供「區別」雌雄而已。

體內受精與體外受精亦均有其種族生存上的意義，以課本敘述為材料，鼓勵並幫助學生自行討論出其意義來。

較低等的動物，都以「多產」來爭取種族的生存，愈高等的動物（愈演化的動物），對於胚胎都有較週密的養育與保護機制。由兩生類、爬

蟲類、鳥類及哺乳類，由學生做比較探討，特別注意各種胚膜及胎盤的發育情形。

關於人類的生殖，一般學生都有很大的興趣。目前有關「性教育」專家學者以及家長，頗多意見，但，學生們感興趣，都因其「求知慾」，似乎沒有人持有異議。事實上，有許多學生甚至社會人士，因「性的無知」，而自尋煩惱，甚至導致不幸的後果。教師應為學生「啓蒙」。生殖器官，同其他器官，如消化器官，循環器官一樣，也是身體的重要器官。我們探討消化器官的構造與功能，也應以同樣的態度來探討生殖器官的構造與功能，沒有什麼值得害羞或感覺不自在的理由。倒是教師本身的態度很重要，他（她）只要誠懇、客觀，以科學的態度幫助學生探討這個人體上重要的生殖器官，師生當可很自然地，很認真地「無所不談」。

關於生殖週期的控制，應為探討體內調節，迴饋控制系統的最佳教材之一。教師不要放過這項最好的探討教材。

(2)動物的發生

動物發生的過程，可以說包括有四大步驟：

1.細胞經有絲分裂而增殖 2.成長 3.細胞的分化 4.分化的細胞組建為整體。

本章以兩棲類的胚胎為例；說明胚胎發生的過程。本章也有很多專有名詞，請教師注意指導，不要成為名詞解釋的課堂。

關於卵割期，囊胚期，至原腸胚，書上都有很好的圖說，但教師務必讓學生把握其「立體」觀念。如果有立體模型，當可解決一大半的問題。如果沒有很好的模型，可利用軟質的球說明囊胚腔及原腸腔的形成。

三胚層之形成對於生物體的組建關係最重要，務必讓學生了解，藉以發展至神經管、脊索、體腔以及其他各種器官的形成。

三、參考資料：

這兩章最好的教學資源還是影片，所幸我們

還有一些影片。

◎Cell Reproduction, 彩色, 25 分鐘
，英語發音，師大生物系。

◎人之初, 黑白, 20 分鐘, 國語發音, 師大視聽教育館 (LH 26)

◎人類生殖作用, 黑白, 20 分鐘, 國語發音, 師大視聽教育館 (LH 30)

◎人類生長, 黑白, 20 分鐘, 國語發音, 師大視聽教育館 (LH 29)

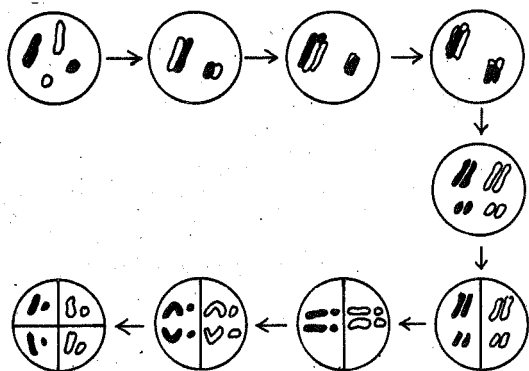
◎動物的生殖, 彩色, 10 分鐘, 國語發音, 師大視聽教育館 (SR 7)

◎Amphibian Embryo, 彩色, 16 分鐘, 英語發音, 師大科教中心 (SF 017)

◎The Chick Embryo, 彩色, 13 分鐘, 英語發音, 師大科教中心 (SF 018)

四、評量範例：

1-1 下圖所代表的是生物體內什麼過程？



- A、有絲分裂 B、減數分裂
C、胚胎發生 D、受精作用

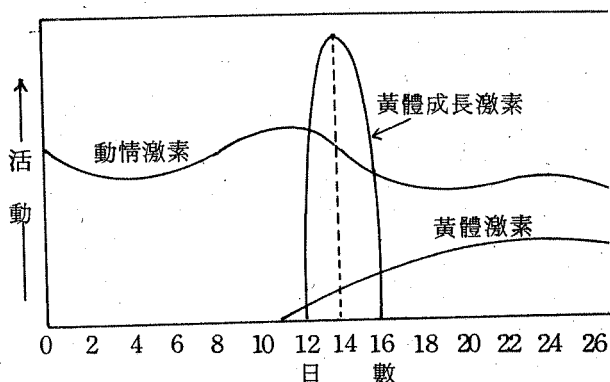
1-2 上圖所代表的過程，對於生物演化頗具重要性，因為——

- A、產生各種不同的配子。
B、產生同數的精子與卵子。
C、使精子與卵子形質相像。
D、使生物前後代性狀相同。

1-3 上圖所代表的過程，常見於——

- A、所有的動植物體內
B、所有行無性生殖的動植物體內
C、所有行有性生殖的動植物體內
D、所有行有性生殖的動物體內

2-1 如下圖，卵巢內濾泡成熟排卵是在——



A、第16~26天之間

B、第12~16天之間

C、第10天

D、第28天

2-2 黃體激素在第28天時減少至最低量

，因為——

A、黃體萎縮

B、黃體出現

C、受精成功

D、排卵開始

2-3 控制這些激素迴饋作用的是——

A、子宮

B、卵巢

C、子宮與卵巢

D、子宮、卵巢與腦垂腺

2-4 黃體激素又稱助孕激素，因為——

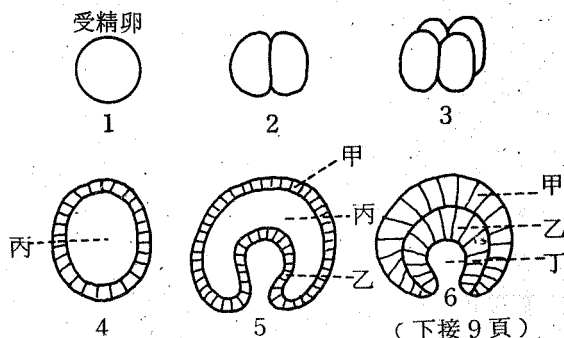
A、刺激子宮使發育適於接受受精卵

B、刺激排卵，增加受精機會。

C、刺激動情激素之分泌

D、刺激黃體發育適於卵子成熟

3-1 關於下圖第6圖中丁腔之敘述何者正確？



(下接9頁)