
2014 年第廿五屆國際生物奧林匹亞競賽

--實作試題(2)

中華民國生物奧林匹亞競賽代表團

實作試題 (續)

實作試題三：動物解剖、生理及系統分類

ANIMAL ANATOMY, PHYSIOLOGY, AND SYSTEMATICS

總分：93.5 分，總操作時間：90 分鐘

【實驗材料及儀器】

實驗材料	數量	單位
蝦放在解剖盤中	6	specimens

實驗儀器	數量	單位
解剖用具	1	set
有燈的放大鏡	1	set
檯燈	1	set
鉛筆	1	piece
衛生紙	1	box
桌布	1	piece
手套	1	piece
口罩	1	piece
直尺	1	sheet
計算機	1	piece
削筆刀	1	piece
標籤紙	1	piece

Part A 幼魚對鹽度劇烈變化時所產生的急性反應 (12 分)

【背景介紹】

在印尼半鹹水區域，水的鹽濃度變化深受季節的影響，雨季時，上游的大雨會使鹽濃度下降，旱季時，因水量減少，鹽濃度會上升。

幼魚對鹽濃度的改變非常敏感，在鹽度仍可忍受的範圍內，可藉由滲透調節，在鹽度(過高或過低)超過可忍受的範圍時，無法經由滲透調節，因此對魚類幼體會產生毒害。本實驗目的是要測定虱目魚幼魚對鹽度劇烈改變時產生的反應。



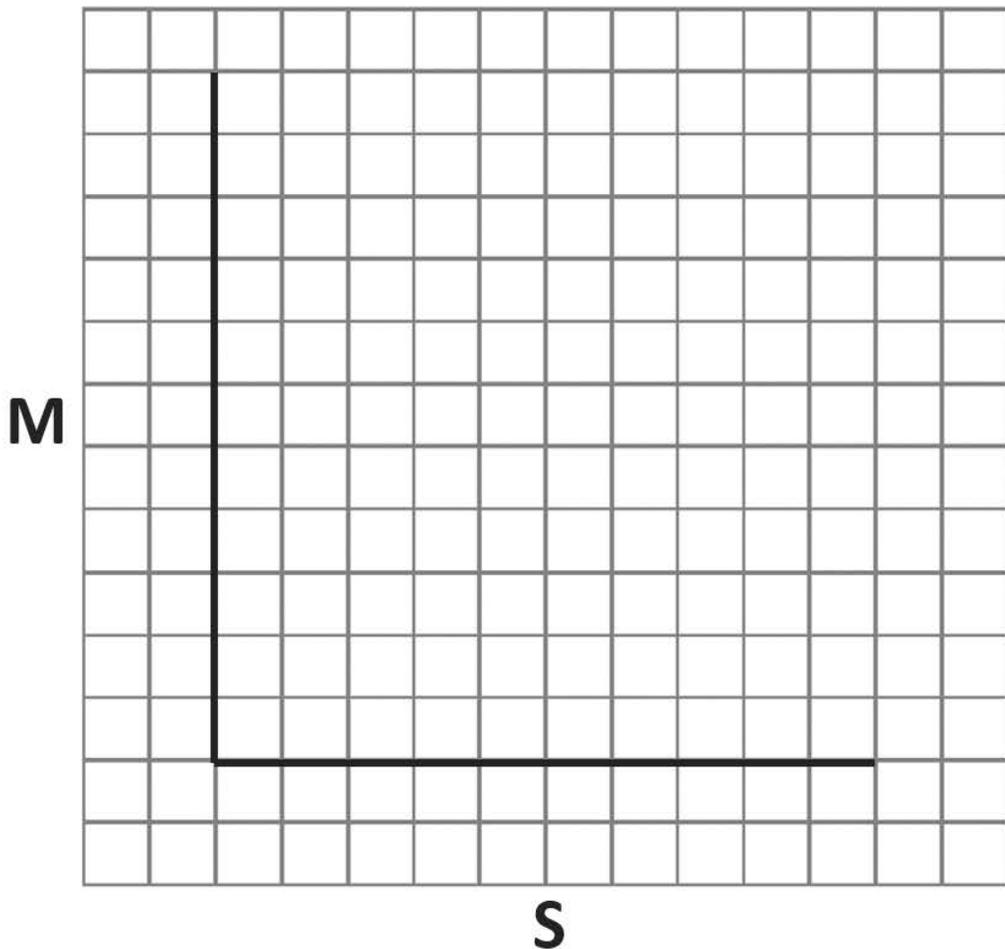
【實驗步驟】

為測定鹽度劇烈改變所造成幼魚的死亡率，10 條幼魚各由 0.4M 溶液移至不同鹽濃度中並計算 5 分鐘內魚死亡的數目，下表顯示三個重複的實驗結果。

鹽度	幼魚死亡數			死亡幼魚在試管中之位置		
	重複 1	重複 2	重複 3	上層	中間	底部
2M	9	10	8	26	1	0
1.6M	7	6	9	18	3	1
1.2M	5	5	6	12	4	0
0.8M	2	3	2	1	5	1
0.4M	1	2	0	0	2	1
0M	4	3	3	0	1	9

問題 1.1：在答案紙上作折線圖，畫出各鹽濃度(S)對各重複平均致死率(M)的線性關係
(6 分)

問題 1.2：在該圖上標示出會造成 50%的幼魚死亡時的濃度 (2 分)



問題 1.3：下列何者是本實驗中造成魚體死亡的最主要原因？(2 分)

- A. 與溶液相比較魚體為高張，因此水進入組織中
- B. 高鹽度會增加水的黏度，因此魚體呼吸及運動須消耗更高的能量
- C. 高鹽度會降低魚體可使用的氧氣
- D. 溶液與魚體間的水勢差異很大，使魚體因鰓組織受損而缺氧

問題 1.4：本實驗中，下列何者是高鹽度造成死亡魚體浮在水面的最主要原因？(2 分)

- A. 因為水分由組織往外擴散，使魚體的體重降低
- B. 因為組織液比周遭鹽液更稀薄，使魚體的密度降低
- C. 因為分解作用產生的氣體累積在魚體的內部
- D. 因為失去調控其魚鰾的功能

Part B 半致死濃度計算 (19.5 分)

【背景介紹】

在印尼半鹹水區域的養殖業，受惠於附近河流淡水的自然流入，但養殖業近來因殺蟲劑等化學藥品流入河流中而受威脅，分析這些藥品毒性的常用方法是檢測造成半數實驗動物死亡的濃度，這個濃度即是半致死濃度或 LC_{50} 。

下表顯示某一殺蟲劑對幼魚的實驗結果，計算該殺蟲劑的半致死濃度

No	濃度[μM]	測試動物	死亡動物個體數
1	10.2	50	44
2	7.7	50	42
3	6.5	50	35
4	5.1	46	24
5	4.4	50	22
6	3.8	50	16
7	3.2	50	11
8	2.6	50	6

【偏差值分析 Probit Analysis】

估計 LC_{50} 的有效方法是根據線性回歸作偏差值(或然率單位)分析，基本觀念是算出殺蟲劑濃度的對數值(x)與致死率偏差轉換值(y)在 $y=a+bx$ 上的線性關係，為了讓此關係趨近於直線，先將致死率轉換為偏差值，即標準化常態分布上累積數值的位置。此轉換可用芬尼表進行(Finney, 1952)(表 1)。下例說明如何使用該表，致死率 17%就是在標示為“10”那一列中找到在標示為“7”的那一欄，其偏差值為 -0.95；而半致死濃度(LC_{50})的偏差值為 0.00。

表 1.

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		-2.33	-2.05	-1.88	-1.75	-1.64	-1.55	-1.48	-1.41	-1.34
10	-1.28	-1.23	-1.18	-1.13	-1.08	-1.04	-0.99	-0.95	-0.92	-0.88
20	-0.84	-0.81	-0.77	-0.74	-0.71	-0.67	-0.64	-0.61	-0.58	-0.55
30	-0.52	-0.5	-0.47	-0.45	-0.41	-0.39	-0.36	-0.33	-0.31	-0.28
40	-0.25	-0.23	-0.2	-0.18	-0.15	-0.13	-0.1	-0.08	-0.05	-0.03
50	0.00	0.03	0.05	0.08	0.1	0.13	0.15	0.18	0.2	0.23
60	0.25	0.28	0.31	0.33	0.36	0.39	0.41	0.44	0.47	0.5
70	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74	0.77	0.81
80	0.84	0.88	0.92	0.95	0.99	1.04	1.08	1.13	1.18	1.23
90	1.28	1.34	1.41	1.48	1.55	1.64	1.75	1.88	2.05	2.33

問題 2.1：根據 2,4 和 7 欄位中的數據資料，將 \log_{10} 濃度轉換為致死率，致死率用或然率單位表示。將計算結果寫在**答案卷表格**的**空格**中。(4.5 分)

注意：準確度至小數點後兩位，但計算致死率時則無需用小數點。

線性方程式中的斜率 b 和截距 a ，可用下列矩陣方程式來估算。

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad a = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i \right)$$

問題 2.2：計算 2, 4 和 7 欄位中數據資料的 x_i^2 and $x_i y_i$ ，並將結果寫於答案卷上，除致死率外，其他數值準確度至小數點後兩位。(3 分)

問題 2.3：計算表中所要求的 4 個數值總和準確度至小數點後兩位。(4 分)

[答案卷]

No	Concentration 濃度 (μM)	Test Animals 動物數	Death 死亡	Mortality Rate 致死率 (%)	Log_{10} Concentration 濃度對數 (x)	Probit (y) 偏差值	x^2	xy
1	10.2	50	44	88	1.01	1.18	1.02	1.19
2	7.7	50	42					
3	6.5	50	35	70	0.81	0.52	0.66	0.42
4	5.1	46	24					
5	4.4	50	22	44	0.64	-0.15	0.41	-0.1
6	3.8	50	16	32	0.58	-0.47	0.34	-0.27
7	3.2	50	11					
8	2.6	50	6	12	0.41	-1.18	0.17	-0.48

Q 2.3 (4 points; @1)

Σx	Σy	Σx^2	Σxy

問題 2.4：利用所提供的方程式計算斜率及截距數值準確度至小數點後兩位。(4 分)

a	b

問題 2.5：利用你所計算的斜率及截距數值，估計該殺蟲劑對幼魚的半致死濃度準確度至小數點後兩位，以 μM 為單位。(4 分)

LC ₅₀ Concentration [μM]

Part C 蝦的分類 (62 分)

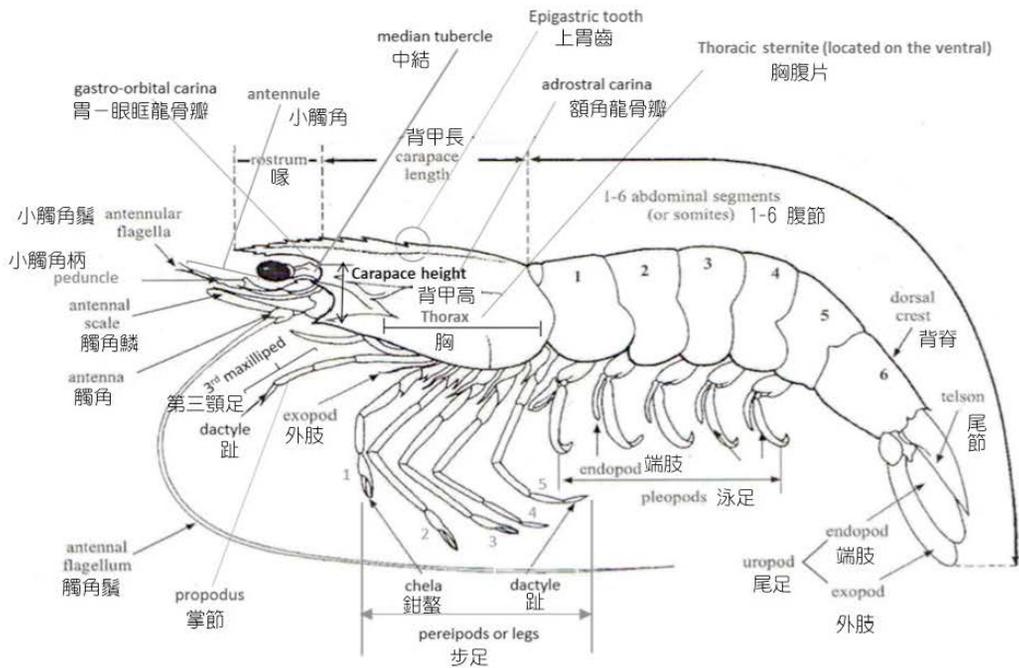
【背景介紹】

印尼的海岸線很長，有許多大小不一的蝦類養殖場。因海岸環境不同，在不同區域會有不同的蝦種分佈。本題的目的是對許多印尼著名的蝦類作樣本鑑定，並依據形態特徵進行親緣關係研究。實驗過程中會用到放大鏡、解剖工具、鑷子與解剖針。

注意：傷害到樣本並不會影響評分，但可能會因此把同種生物歸為不同種類。

【蝦類的鑑定】

問題 3.1：依據以下的檢索表對蝦類樣本進行分類，參考下圖所標示的形態特徵進行。
(15 分)



在正確的答案處打勾：

Species 標本	SpA	SpB	SpC	SpD	SpE	SpF
<i>Funchalia villosa</i> 長柔毛刺顎蝦						

<i>Funchalia woodwardi</i> 吳氏刺顎蝦						
<i>Litopenaeus vannamei</i> 白蝦						
<i>Macrobrachium australiense</i> 澳洲長臂大蝦						
<i>Macrobrachium koomboolomba</i> 庫姆伯倫姆巴長臂沼蝦						
<i>Macrobrachium rosenbergii</i> 泰國長臂大蝦						
<i>Metapenaeopsis barbata</i> 紅斑赤蝦						
<i>Metapenaeus monoceros</i> 沙蝦						
<i>Parapenaeus australiensis</i> 澳洲擬對蝦						
<i>Parapenaeus sextuberculatus</i> 六側突對蝦						
<i>Penaeopsis eduardoi</i> 雙刺擬對蝦						
<i>Penaeus merguensis</i> 墨吉對蝦						
<i>Penaeus monodon</i> 草蝦						
<i>Trachypenaeus curvirostris</i> 鷹爪蝦						

【蝦類檢索表 Identification Key for Prawns】

注意：b 若標示“-”表示不具有 a 所描述的特徵

1. a. Second pereopod bigger and longer than the other pereopods (2)
第二步足大且長於其他步足
- b. --- (4)
2. a. Antennal scale anterior margin strongly produced forward at or near mid---line *Macrobrachium rosenbergii* 泰國長臂大蝦
觸角鱗前緣在靠近中線處有明顯地突出
- b. --- (3)
3. a. 第四胸腹片有明顯的中縫（接縫） *Macrobrachium australiense* 澳洲長臂大蝦
- b. --- *Macrobrachium koomboolomba* 庫姆布倫姆巴長臂沼蝦
4. a. Rostrum with ventral teeth (12)
喙出現腹齒
- b. --- (5)
5. a. Telson with fixed subapical spines (6)
尾節出現固定的近尖端刺
- b. --- (9)
6. a. Telson with 1 pair of fixed subapical spines (7)
尾節出現 1 對固定的近尖端刺
- b. Telson with 3 pairs of fixed subapical spines (11)
尾節出現 3 對固定的近尖端刺
7. a. Maxilliped 3 and pereopod 2 with spine on inside of basis *Metapenaeopsis barbata* 紅斑赤蝦
第三顎足與第二步足基部內側出現刺
- b. --- (8)
8. a. Carapace with longitudinal suture (seam) (10)
背甲出現縱走縫（接縫）
- b. --- *Penaeopsis eduardoi*

- | | | | |
|----|----|--|---|
| | | | 雙刺擬對蝦 |
| 9. | a. | Pereiopod 5 with exopod
第五步足出現外肢 | <i>Trachypenaeus curvirostris</i>
鷹爪蝦 |
| | b. | --- | <i>Metapenaeus monoceros</i>
沙蝦 |
| 10 | a. | Rostrum as long as peduncle of antennule and antennal scale
喙與小觸角柄、觸角鱗柄等長 | <i>Parapenaeus australiensis</i>
澳洲擬對蝦 |
| | b. | Rostrum shorter than peduncle of antennule and antennal scale
喙短於小觸角柄與觸角鱗柄 | <i>Parapenaeus sextuberculatus</i>
六側突對蝦 |
| 11 | a. | Rostrum with 4-6 dorsal teeth
喙有 4-6 個背齒 | <i>Funchalia villosa</i>
長柔毛刺顎蝦 |
| | b. | Rostrum with 10-13 dorsal teeth
喙有 10-13 個背齒 | <i>Funchalia woodwardi</i>
吳氏刺顎蝦 |
| 12 | a. | The height of the gastro---orbital carina is at least half of the height of the carapace at the same location
胃－眼眶龍骨瓣高度至少為 1/2 背甲高度 | (13) |
| | b. | --- | <i>Penaeus merguensis</i>
墨吉對蝦 |
| 13 | a. | Rostrum with 6-7 dorsal teeth and 3 ventral teeth
喙有 6-7 個背齒與 3 個腹齒 | <i>Penaeus monodon</i>
草蝦 |
| | b. | Rostrum with 8-9 dorsal teeth and 2 ventral teeth
喙有 8-9 個背齒與 2 個腹齒 | <i>Litopenaeus vannamei</i>
白蝦 |

【編纂特徵與相似度矩陣 Compiling Character and Similarity Matrices】

在本題中受試者被要求針對六種蝦類標本進行親緣關係的重建。下表為六種蝦類 (SpA~SpF) 的形態特徵，根據特徵之有無進行特徵矩陣編纂。利用問題 3.1 後方的圖進行

形態特徵鑑定，並寫於答案卷上。

Number	Description
1	第二步足大且長於其他步足
2	眼柄上的中結明顯
3	上觸角鬚約與下觸角鬚等長，並連於第三觸角節
4	觸角鱗前緣在靠近中線處有明顯突出
5	胃－眼眶龍骨瓣高度至少為 1/2 背甲高度
6	喙有多個腹齒
7	喙的邊緣接隆起，並形成寬底三角形
8	尾節出現固定的近尖端刺
9	額角龍骨瓣與額角龍骨溝延伸止於上胃齒處或略超過
10	成熟雄蝦，第三顎足趾長度為掌節的 1/2 (約 0.5 - 0.6 倍)
11	第五步足缺少外肢，而且尾節缺少固定的近尖端刺
12	體色呈黃白色、黃紅色，並具有黑色或綠色斑點
13	喙有 6-9 個背齒與 2-3 個腹齒
14	鉗螯上的動趾覆被有極短的細刺
15	第五步足缺少外肢

問題 3.2：在答案卷上完成特徵矩陣。”1”表示具有該項特徵，“-”表示不具有該項特徵。(22.5 分)

“1”表示具有該項特徵，“-”表示不具有該項特徵。

Character 特性	SpA	SpB	SpC	SpD	SpE	SpF
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Character 特性	SpA	SpB	SpC	SpD	SpE	SpF
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16	1	-	-	-	1	-
17	-	1	1	1	-	1
18	-	1	-	-	-	-
19	-	-	-	1	-	-
20	1	-	1	-	1	1

【利用 UPGMA 法進行親緣關係重建】

UPGMA（非加權組平均法）為最簡易的親緣樹重建法，所提供的數據在演化速率相同的前提下。在這種計算方式中，重複將距離最短的兩物種歸到一個較高層階的類群中，以下會詳述計算方式。為說明方便，A, B, C 與 D 各類群特徵的間距可用如下表中的數字表示。

	A					
A	0		B			
B	6	0		C		
C	7	8	0		D	
D	8	9	4	0		

說明 1：由於 C 與 D 兩類群間的距離最短，因此被歸一個高階類群，其相對年齡便可用 $1/2C-D$ 原始距離表示，因此，C-D 的相對年齡則為 2。

接著，一個新的距離矩陣將成為這個高階類群與各個類群間的距離，如下表所示。A 群與 C-D 群的距離便被標示為 A-C 與 A-D 的平均值，分別以 $d(A,C)$ 與 $d(A,D)$ 表示。之後， $d(x,y)$ 便可以作為 x 群與 y 群的距離。

	A		
A	0	B	
B	6	0	(C, D)
(C, D)	7.5	8.5	0

說明 2：在此，最短距離的高階類群 A-B 便誕生了，且 A-B 的距離為 3。

進一步，另一個新的距離矩陣形成如下表所示。 $d((A,B),(C,D))$ 的距離為 $d(A,C)$, $d(A,D)$, $d(B,C)$ 與 $d(B,D)$ 四項的平均值。

	(A, B)		
(A, B)	0	(C, D)	
(C, D)	8	0	

說明 3：在最後的說明中，一個新的類群被形成 $((A,B),(C,D))$ ，其相對年齡為 4。

問題 3.3：利用表 2 中提供的特徵矩陣計算距離矩陣。樣本間的距離定義為兩種樣本間特徵差異（一方具有而另一方不具該特徵）的數目（7.5 分）

表 2.

Character 特性	I	II	III	IV	V	VI
1	-	-	-	1	-	-
2	-	-	-	-	1	-
3	-	-	-	1	-	-

Character 特性	I	II	III	IV	V	VI
4	-	-	1	-	-	1
5	-	-	-	1	-	-
6	1	-	1	-	1	1
7	1	-	1	-	1	1
8	1	-	1	-	-	1
9	-	1	-	-	-	-
10	-	-	1	-	-	1
11	-	1	-	-	-	-
12	1	-	-	-	1	-
13	-	-	-	1	-	-
14	-	-	-	1	-	-
15	-	1	-	-	1	-
16	1	-	-	-	1	-
17	-	1	1	1	-	1
18	-	1	-	-	-	-
19	-	-	-	1	-	-
20	1	-	1	-	1	1

Specimen 標本	I	II	III	IV	V	VI
I	0.00					
II		0.00				
III			0.00			
IV				0.00		
V					0.00	
VI						0.00

問題 3.4：在答案卷的表 2 中，利用 UPGMA 法與所完成的距離矩陣數據對六個樣本(I--VI)進行親緣關係重建。並以樣本編號 I - VI 進行回答。(12 分)

階層 1

	0.00					
		0.00				
			0.00			
				0.00		
					0.00	
						0.00

Age of newly formed cluster 新形成類群的年齡

階層 2

	0.00			
		0.00		
			0.00	
				0.00

Age of newly formed cluster 新形成類群的年齡

階層 3

	0.00	
		0.00
		0.00

Age of newly formed cluster 新形成類群的年齡

階層 4

	0.00	
		0.00

Age of newly formed cluster 新形成類群的年齡

問題 3.5：利用 UPGMA 結果畫出親緣樹（樹狀圖），以相對長度畫出每個分支，並標出正確數字。（5 分）

--

(待續)