

競賽編號：_____.

108 學年度普通型高級中等學校數學及自然學科能力競賽
生態保育與系統分類學試題（試場一）

本試場所需之器材皆已放置於桌上，請確實核對清單上所列各項物品，若有短缺請立即舉手向評審老師報告。

器材	數量
計算機	1 臺

※請注意※

1. 作答時間共 40 分鐘。
2. 請於每頁右上角「競賽編號」處，填入個人競賽編號。
3. 本試卷共 8 頁，請檢查頁數是否正確，如有缺頁或印刷不清，請舉手通知評審老師予以更換；題本於交卷時需一併交回。
4. 除答題外，不可在試卷上填寫任何記號。
5. 請勿在圖卡上做任何註記。

1. 臺灣中高海拔森林有許多野生哺乳動物共同生活在一個環境裡，彼此產生資源競爭或捕食-被捕食等物種互動關係。由於野生哺乳動物不易直接觀察，研究人員時常利用自動照相機進行資料收集，藉以瞭解野生動物生態習性、物種間關係以及群聚多樣性。(31 分) 注意：本題請統一作答在第二頁指定的表格與空白處。

1.1. 假設以下 16 張照片（圖卡 1-A 到圖卡 1-P）為同一個地區所拍攝，根據過去經驗與已經辨識完成的照片，此地可能拍到的哺乳動物物種包括：黃鼠狼（圖卡 1-A）、白鼻心（圖卡 1-B）、山羌（圖卡 1-C,D,E）、臺灣山羊（圖卡 1-F）。請辨識圖卡 1 中剩餘的 10 張未知物種的照片，並根據照片上的拍攝時間，回答哪一個物種的活動時間最侷限於夜間？請將答案勾選於表 1-1。(23 分)

1.2. 根據上題所得之物種，以及各物種出現照片數（在此我們將照片數做為物種數量的指標），計算以下兩個常用的生物多樣性指標，藉以瞭解此地野生哺乳動物的群聚組成。請將答案填入表 1-2，並將計算過程顯示在表 1-2 下方空白處。(8 分)

生物多樣性指標 1：*Shannon diversity index* (H') = $\sum_{i=1}^S (p_i \times \ln(p_i))$

生物多樣性指標 2：*Pielou's evenness index* (J) = $\frac{H'}{\ln(S)}$

前述公式中， S 代表此地所有的物種總數， p_i 為各物種相對數量（例如，當 $i = 1$ ，第一個物種的 p_i 為第一個物種的照片數除以所有物種加總之照片數，以此類推， $i = 2$ 為第二個物種，直到最後一個物種，即第 S 個物種）。 $\ln(p_i)$ 為 p_i 的自然對數， $\sum_{i=1}^S$ 為加總符號，亦即由第一個物種加到最後一個物種。

競賽編號：_____.

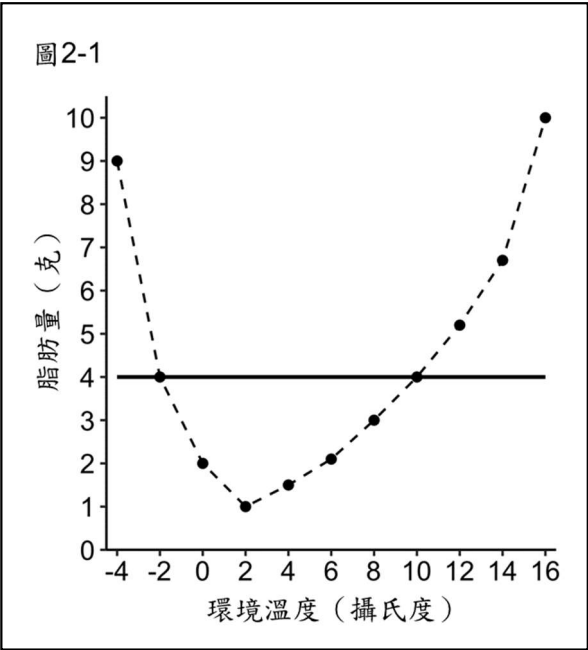
表 1-1 請勾選您所判識的物種與相對應的照片編號 G-P（每個選擇 2 分，共 20 分），並勾選活動時間最侷限於夜間的物種（最具夜行性，3 分）。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	最具夜行性
黃鼠狼	√																
白鼻心		√															
山羌			√	√	√												
臺灣山羊						√											

表 1-2 請填入計算所得之兩項生物多樣性指標，四捨五入至小數點第二位，並在下方空白處寫出計算過程。（兩項指標各 4 分，共 8 分）

$H' =$	$J =$

2. 某一種北美的蝙蝠會選用具特定溫度的地區進行冬眠。研究人員發現這是因為環境溫度會影響此物種度冬時身體所需的脂肪量（圖 2-1 中的實心圓點以及由圓點連接起來的虛線；環境溫度過高或過低都會增加此物種在進入與脫離冬眠時所需耗用的能量）。已知此物種最高能儲存的身體脂肪量為 4 克（圖 2-1 中的水平實線）。（20 分）（數據引用自 Humphries, M. M., Thomas, D. W., & Speakman, J. R. 2002. Climate-mediated energetic constraints on the distribution of hibernating mammals. *Nature*, 418, 313. 圖 2-1 所呈現數據非原始數據，有經調整以利判讀。）



- 2.1. 試問在最高身體脂肪量為 4 克的限制下，此物種所能利用做為冬眠地區的最高、最低與最佳（最不耗能）環境溫度分別為何？（6 分）

最高溫度 (°C)	最低溫度 (°C)	最佳溫度 (°C)

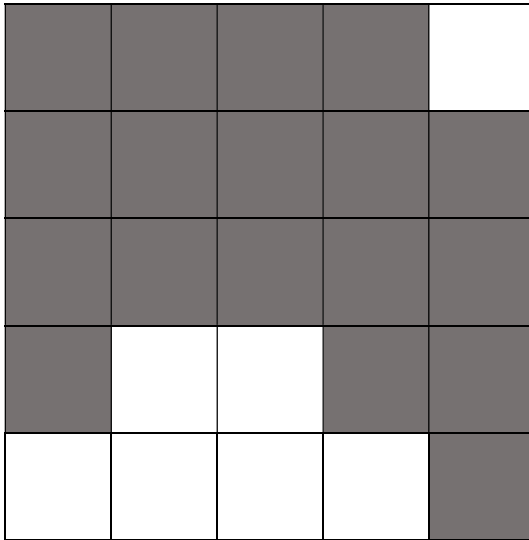
- 2.2. 試在圖 2-2 上，勾選所有此物種可能冬眠的地區。（8 分）注意：圖 2-2 共有 25 個地區，數字為每個地區的環境溫度（攝氏）。

圖 2-2

-2	-3	-3	-4	-6
2	1	-2	-3	-4
3	4	6	3	-3
5	9	10	6	2
10	12	14	10	2

- 2.3. 氣候變遷的研究顯示，20 年後溫度將升高約攝氏 1-2 度。一位科學家據此預測了這種蝙蝠 20 年後可能冬眠的地區（圖 2-3 中灰色地區）。試計算相較於現今冬眠地區（圖 2-2），20 年後此物種冬眠地區增加或縮減了多少百分比（6 分）
注意：需呈現計算過程，答案請以百分比形式（非小數形式）呈現並四捨五入至整數。

圖 2-3



3. 根據美國太空總署（NASA）的全球碳循環圖（圖卡 3-1），回答下列問題。圖中白色數字代表全球主要碳庫（碳庫能持續穩定的儲存相當量的碳，例如大氣、土壤、海洋、植物生物量等）的碳存量（單位：千兆噸，Gt），黃色數字為全球平均碳通量（碳吸收或碳排放；單位：每年千兆噸，Gt year⁻¹），紅色數字代表人類的碳排放（包括直接排放與間接的貢獻到既有的碳通量）。（33 分）

- 3.1. 請依碳儲存量將大氣、土壤、海洋、植物生物量四個碳庫從大到小依序排列（排序數字 1 代表最大碳庫，依此類推）。（8 分）

碳庫	大氣	土壤	海洋	植物生物量
排序（1,2,3,4）				

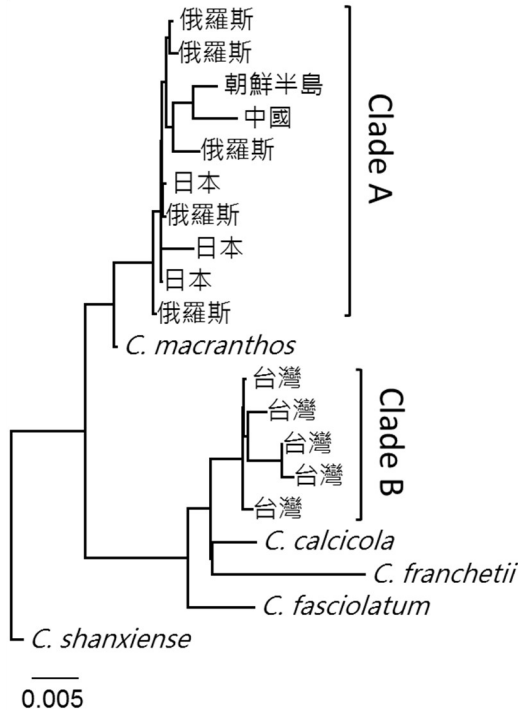
- 3.2. 陸域植物光合作用所吸收的碳量減去其呼吸作用所排放的碳量後，淨碳通量為每年多少千兆噸？（4 分）注意：需呈現計算過程。

- 3.3. 假設我們希望降低 10%大氣中的碳量，從現在的 800 千兆噸降到 720 千兆噸，僅從減少人類直接排放（human emissions）著手，要在 20 年間達到降低 10%大氣中的碳量，每年人類直接排放碳量需維持在多少千兆噸？（7 分）注意：本題假設除人類直接排放碳通量與大氣碳庫外，其他數字都不變。需呈現計算過程。

- 3.4. 承上題，若不以減少人類直接排放著手，而是透過增加植物生物量（例如植被復育或種植森林）來達成大氣碳量 10%的減量目標，請問植物生物量應維持在多少千兆噸？（7 分）注意：本題不需考慮植物光合作用與呼吸作用的影響。需呈現計算過程。

- 3.5. 假設人類直接排放（human emissions）之碳量不變，且都為大氣碳庫所儲存，估計 20 年後大氣碳庫應有多少千兆噸的碳？（7 分）注意：本題假設除人類直接排放碳通量與大氣碳庫外，其他數字都不變。需呈現計算過程。

4. 大花杓蘭 (*Cypripedium macranthos* Swartz) 在過去認為廣布在西伯利亞、中國東北、華北、朝鮮半島、日本及台灣高山。在 2019 年 8 月，一群植物學家根據形態觀察，以及採集到各族群樣本的 DNA 序列建構親緣關係樹 (圖 4-1)，認為分布在台灣的族群不同於其他族群的大花杓蘭，應獨立為新種，因此將之重新命名 (圖 4-2)。(16 分) 請根據以上說明及附圖，回答下列問題：



◀ 圖 4-1 大花杓蘭族群樣本 (Clade A)、新種 (Clade B) 及近緣種的親緣關係樹。圖中標示為 *C. macranthos* 的分支是由基因資料庫 NCBI 中取得的已知大花杓蘭序列。

▼ 圖 4-2 新種的發表描述。(Taiwania 64(4): 339-346, 2019)

Cypripedium taiwanalpinum* Y.I. Lee, P.C. Liao, & T.P. Lin, *sp. nov.

Figs. 1I, J, 3, 6 奇萊喜普鞋蘭

Type: Taiwan: Nantou Co., Mt. Hohuan East Peak, 3394 m, June 4, 2012, *C.F. Chen* 3522 (TAIF 390875, fig. 6).

Cypripedium macranthos auct. non Swartz, Kongl. Vetensk. Acad. Nya Handl. **21**: 251. 1800: Hayata, Icon. Pl. Formos. **2**: 136. 1912; Liu & Su, Fl. Taiwan **5**: 951, pl. 1575. 1978; Su, Fl. Taiwan **5**: 834, pl. 352. 2000. **Type:** E. Siberia. Specimen: Japan: May 1876, *J. Bisset* 371 (K000077918).

4.1. 請寫出新種的學名：(3 分)

4.2. 根據圖 4-2，請寫出此新種的模式標本產地。(3 分)

4.3. 根據圖 4-1，說明為什麼這群植物學家會認為台灣的族群是新種，而不是大花杓蘭。(5 分)

競賽編號：_____.

- 4.4. 圖 4-1 的 Clade A 中，俄羅斯、中國、朝鮮半島及日本等族群，哪個族群最有可能保存較多的祖先基因型？請說明你判斷的理由。（5 分）