昆蟲多樣性的本質與價值

文／楊正澤

昆蟲進入生物多樣性的主流

昆蟲之所以成為生物多樣性主流，只是因為物種數的優勢嗎？臺灣實際物種數，2021 年 4 月截稿前 TaiBNET 臺灣昆蟲種數已達 23,451 種，（https：//taibnet.sinica.edu.tw/chi/taibnet_reference_sum.php, 20210414）比起 2014 年 TaiBNET 記錄臺灣昆蟲種數 21,493 種，事隔 7 年已然增加了 1,958 種，約增加 9.1%。全球生物物種數字根據 Catalogue of Life （2020） 的統計，臺灣占世界生物物種數，動物界種數約 22.1%，節肢動物門約 2.8%，昆蟲綱約 2.6%。全球已記錄物種而言，昆蟲種數在動物界的種數中比例，約為 50.8%, 在節肢動物種數的比例約為 86.2%；以 2021 年臺灣的紀錄而言，昆蟲占動物種數的 59.1%，占節肢動物約 80.1%。昆蟲種類繁多，就已發表種數之百分比 10-15 %來估計，臺灣應有昆蟲約 18-20 萬種。

生物多樣性議題的推動可能使昆蟲分類學家受到鼓舞，2001 年根據文獻整理，臺灣已發表的昆蟲約 17,634 種（楊正澤，2001），2006 年科技部（原國科會）科學季「生物多樣性臺灣」展覽統計資料約 19,630 種， 2014 年種數已經增加 1.2 倍；昆蟲學家估計昆蟲種類 2003 年掌握的全球物種資料，有些判斷可能有 800 萬種，而當時全世界已知的昆蟲種類才有 95 萬種左右，根據 2020 年 COL 資料庫，2021 年全世界已知的昆蟲種類已經超過 180 萬種。這就是生物多樣性議題興起，昆蟲以其物種多樣性的優勢，自然成為主流分類群。

昆蟲生命多樣化造就生物多樣性

昆蟲物種多樣性高之外，還有許多優勢因為體型小，無所不在，牠們在各種生態系由水中到陸地，各種海拔高度由平地到高山，各種空間層次由地下到樹頂，各種營養階層吃草、吃肉到分解有機物。臺灣多山，60-70%左右土地為林地覆蓋。昆蟲在植物上取食、營巢、避敵，化蛹越冬、產卵；昆蟲生命力強，生活史短、繁殖潛能高，一年數代。昆蟲分散能力強，除了運動形式多樣化，可藉氣流遷移、洋流飄洋過海，有時搭便車隨遇而安。當昆蟲拓殖到臺灣，因為臺灣地形多變，生態系多樣的自然環境下，以其基因之多樣性，適應生存，演化為多樣的物種。關於昆蟲生命多樣性的敘述可以融入生命現象，生物學，生態學，行為學，保育概念等教學內容，精簡如表一。

表 1. 「百變昆蟲族」—我們的鏡子*(「Diverse insect phyla」--- our mirror)

繁茂生命樹，百變昆蟲族，人類自省悟，自然得救贖。
abundance life tree, diverse insect phyla, people reconsidered, nature be saved.

昆蟲大家族，敦親動植物，美哉小身影，征服跨水陸。
mega hexapoda insecta, inhabit fauna flora biota, tiny but beauty, living over global.

體分頭胸腹，飛行有四翅，移行有六足，銼吮刺吸咀。
tagmata HTA, fly with wings, moving with feet, feed with jaw-lips-beak-tube-jaws.

視聽嗅氣息，騙逃嚇攻擊，越洋大遷徙，生存求第一。
see-hear-smell-feel-sense, mimic-escape-threat-offend-attack, migrate oversea, survive finally.

1. 紅區：營養；黃區：運動 ；綠區：感應；藍區：生殖。生命現象關係全部。
(R: nutrient; Y: movement; G: sensory; B: reproduction. Life science.)
2. 紅字：生態學；綠字：形態學；藍字：生理學。生物系統分類學涵蓋全部特性。
(R: ecology; G: morphology; B: physiology. Biosystematics integrated all together.)

*楊正澤 2003 年 6 月為特物中心-昆蟲探索特展原作

因此，本文以昆蟲的個體（發育）、族群（時空分布，生物關係）、生物群聚（功能群）、生態系分別說明昆蟲的多樣性如下：

一、昆蟲發育模式多樣性：

昆蟲卵期胚胎發育，進入後胚胎期（蛹期發生細胞重組有如胚胎發育），發育完成之後，又有各形式變態。各變態階段，都可以發育達性成熟，因此又有許多生殖模式（圖 1），說明如下：

(一) 變態形式可分：無變態、增節變態、漸進變態、前變態、完全變態、過變態。

(二) 生殖模式可分：卵生、胎生、卵胎生、幼體生殖、孤雌生殖、兩性生殖。

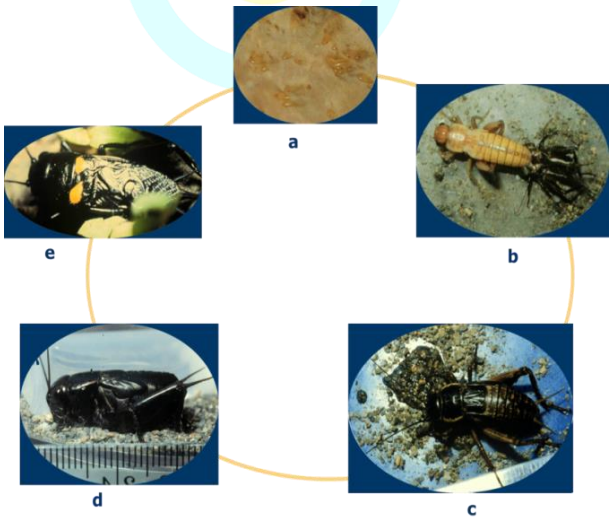

圖 1. 黃斑黑蟋蟀的不完全變態生活史，發育期長短多變，發育期少變。(a. 卵；b-d. 若蟲；e. 成蟲)
（楊正澤 製）

二、昆蟲之時間、空間分布多樣性：

(一) 日律性：日行性、晨昏型、夜行性。有些是兼行兩式。

(二) 季節性：四季（春夏秋冬）、兩季（生長季、非生長季）、二十四節氣（物候：小滿、清明、穀雨、芒種；氣候：春分、夏至、秋分、冬至）。生物性的物候與物理性的氣候，氣候變遷指標。

(三) 緯度分布多樣性：南北回歸線、赤道及極地物種特性。

(四) 海拔分布多樣性： 海拔高 100 公尺，氣溫減少攝氏 0.6 度。

(五) 生態系分布：凍原、苔原、草原、溼地、森林、農業、沙漠、海洋等八大生態系。

(六) 環境中的微生態系，如老樹巨木、樹洞、著生植物基質。

(七) 生物地理區分佈：依據 Wallace 分六大生物地理區，鹿野忠雄（1933）藉蘭嶼甲蟲與蝸牛北修生物地理區的新華萊士線。

三、昆蟲與植物關係多樣性

（本文部分資料引自<老樹人生>書中「老樹共和國」）

(一) 昆蟲取食與植物的關係（圖 2）

圖 2. 植食性昆蟲咀嚼取食葉片造成的窗孔或潛葉

（部分參見老樹共和國）

1. 食葉蟲類以取食葉部而造成各種食痕，依取食強度分第一類強度取食，消耗大量葉片，可分：鋸齒狀、窗孔狀、削葉狀、錨狀及截斷狀。第二類輕度取食，消耗少量葉片，大部分保留葉片原貌，可分：散孔狀、緣食、網狀、捲葉狀及

聚葉狀。

2. 潛食性蟲類

(1) 潛葉性食痕：線狀、扁平狀、間型（綜合型）
(2) 鑽入樹皮間
(3) 鑽柱果實或種子
(4) 鑽入根部

3. 刺吸性蟲類

(1) 吸食葉部組織汁液者；葉片上發生黃白斑者；葉片上發生褐斑者；葉片上發生黑斑者。
(2) 吸莖幹、枝條或根部汁液者；嫩芽枯萎；樹皮變色；根部潰腐；苗期生長減少，甚或枯死。

4. 造癭性昆蟲造成為害之機制
產卵；伴隨物質

(1) 單蟲癭
(2) 複蟲癭：被毛式；癌腫蟲癭；包被式；髓式

5. 傷害分生組織：

(1) 鑽入種子內取食者
(2) 鑽入花蕾、花苞者
(3) 咬斷幼苗嫩芽或枝條，蛀食樹皮者
(4) 剝食樹皮或根皮者
(5) 嚙食細枝、新枝及根的髓部者
(6) 鑽入枝、幹及根的韌皮部或邊材部有淺孔

6. 蝕材性蟲類：
建物設施、建材、倉儲木材，土場原木，伐倒木，弱衰植株，成活植株。

7. 收穫物害蟲為害方式：
收穫時造成困擾、農產加工手續增加、減少農產收穫量、污染農產收穫物、影響種苗繁殖力。

(二) 昆蟲習性與植物的關係（圖 3）

圖 3. 蝕材性昆蟲鑽蛀侵入食痕，活動隧道，排遺及羽化孔。
（部分參見老樹共和國）

1. 營巢：利用植物各部份營巢、在植物體內營巢。

2. 侵入孔及交尾室

3. 越冬場所

4. 羽化出孔

5. 產卵處所

   (1) 產卵在植物組織內者

   (2) 營造特殊場所產卵者：a. 捲葉；b. 穿食母孔（蠹蟲）；c. 剝食莖幹呈環狀或裂痕；d. 莖基部鑽食呈棋溝者；e. 產卵後切斷莖部或葉部。

6. 化蛹

   (1) 在植物體外化蛹：a. 葉部捲曲或聚集；b. 枝條聚集；c. 在樹幹上做繭

   (2) 在植物體內化蛹：a. 做蛹室在樹幹中；b. 在葉片中；c. 在近生長點處化蛹

   (3) 在樹皮間化蛹（邊材）

7.營繭

8.幼蟲被覆物

9.媒介病原

四、昆蟲生態功能群多樣性

在各類型食物鏈中各生物扮演之生態角色，以昆蟲而言，除了自營性的綠色生產者角色之外，昆蟲也有許多產出，只是我們不稱為生產者。其他功能群多樣性又依照交互作用的形式，分化出更多的適應形態，分析如下：

(一) 初級消費食物鏈——植食性（圖 4）

取食方式可分為：嚼食性（咀嚼後吞入）、吸食性（含刺吸及挫吸）、吮舐式（沾或舔）、潛食性（鑽入葉片上下表皮間）、蛀食性（鑽入根部，枝條或果實內）。

圖 4. 初級消費者食物鏈，植食性-嚼食性。(部分參見老樹共和國)

(二) 次級消費食物鏈——肉食性：捕食者（圖 5）及寄生捕食者（圖 6）

取食方式可分為：刺吸式（由外部吸收體液）、咀吸式（咬食而取得汁液）、咀嚼式（直接咀嚼吞食）、蛀食式（鑽入寄主體內）。

圖 5. 次級消費者：捕食性昆蟲各式捕食方式社會性（上排左），刺吸（上排右），咀嚼式（下排左及中），咀吸式（下排右）。(部分參見老樹共和國)

---寄生性-寄生競爭食物及空間，寄生對象有卵、幼蟲、蛹、成蟲；寄生者取食方式可分為：內寄生蛀食、外寄生嚼食、外寄生吸食。

圖 6、次級消費者：寄生性昆蟲內寄生而外出結繭化蛹（上排左）或寄生於造癭昆蟲（下排中）或築巢昆蟲（下排右）。(部分參見老樹共和國)

(三) 分解者食物鏈——植物性分解者(Bot.)、動物性分解者(Zool.)、礦物性分解者(Min.)。

有些蛀食枯木者，蝕材性也是分解者（圖 3）詳細請參考楊正澤（2001）。

五、昆蟲群聚結構多樣性

昆蟲群聚在生態系多樣性之研究，近來受到重視日益增加，氣候變遷與生態系功能衰退中，常以生物組成當作調查監測指標，然而組成的變化不如生態群聚結構的敏感，其中將生物組成轉成群聚結構時，以營養功能群最容易系統化，也是最能反應食物鏈食物塔的構造變化，本文以七家灣溪濱岸生態系為例，說明之。

2004 年 4 月起至 2006 年 8 月止昆蟲各目之個體數累積結果，共計 150,403 隻，以雙翅目 91,663 隻最高（60.9%），彈尾目其次（22.3%），再其次為鞘翅目（6.7%），其餘各目均低於 10,000 隻（6.6%）。而雙翅目的數量最多，可能是大量的果蠅及蕈蚋等小形雙翅目所造成，原因可能只是因為總組成的各科之中，果蠅科占了 60.9%，而果蠅科在雙翅目之採集數量中占了 93.4%。另外，濱水帶之待分解掉落物資源較多、水分充足、地表潮濕，分解者適存，可能是土壤昆蟲優勢群的彈尾目最多的原因（楊正澤、葉文斌，2007 f）。

比較 2005 及 2006 兩年之各測站（測站位置請參閱（楊正澤、葉文斌，2007 f））昆蟲數量及組成可知，多數情形各目昆蟲在各測站間的出現比例，並沒有太大的差異性。

較特別的組成為測站 1 及 5 的革翅目較多，測站 5 的嚙目較多，此一調查結果顯示，雖然河域沿岸都以森林組成為主，測站的微環境仍會影響昆蟲的出現。

六、生態系之昆蟲群聚多樣性

昆蟲之食物塔組成及昆蟲監測指標群之調查結果，可以看出各生態系之昆蟲群聚結構多樣性，以食物塔各層之重要性或生物量比值變化，可以當作參考。

本研究室（T4Bio）應用鑑定至科群，換算個體數之百分比，建構昆蟲群聚結構中，分解者(D)、初級消費者(Pc)及次級消費者(Sc)之組成食物塔，表達昆蟲群聚結構之特色。在指標群生物尚**無法確認之前，用以監測環境變化，但費時費工又需要高度專業，需要大量專業分**類人才投入。學者們調查發現，全世界不同地區的各種草原生態系中，無脊椎動物生物量絕大多數出現在地下層占 69%-99.5%，而地上層占 0.5%-31%；若以營養組成食物塔層次來看，分解者在 43%-98%為最多，其次為初級消費者占 2%-52%，再其次為次級消費者占 19%以下。以此計算食物塔層次比由上而下約為 10：1：21 或 3：1：5。

在科技部（原國科會)補助之關刀溪森林生態系長期生態研究調查(Long Term Ecological Research, LTER)（圖 7），記錄到 21 目 138 科昆蟲，最多為鞘翅目 34 科，其次為雙翅目 28 科，再其次為膜翅目 17 科。而林下層已鑑定之昆蟲形態種，則約計 780 種。以功能群分析昆蟲幼期，植食性功能群(phytophagous functional group)33%，分解者昆蟲(decomposer insects)58%，分別是動物性分解者(saprophagous functional group)30%、植物性分解者(decomposer functional group)28%及肉食性昆蟲(carnivorous insects)8%，其中捕食性(predacious)4%及寄生性(parasite)4%，相較之下植食性昆蟲百分比極高，由此可見關刀溪亞熱帶林之食物塔層次比由上而下為 1：4：7（楊正澤、葉文斌，2007 f）。

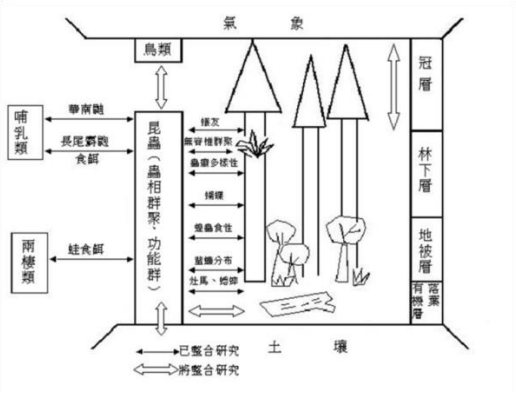

圖 7. 昆蟲資源調查為中心之生態群聚研究，關刀溪森林生態系（1994-2000）。（楊正澤，1999）

另外，七家灣濱岸生態系的昆蟲結構組成顯示，各科數量轉換成功能群的的換算結果，依食物塔層次比由上而下次級消費者／初級消費者／分解者為 1：11：15。可見此地區初級分解者扮演角色之重要（楊正澤、葉文斌，2007 f）。。經三年調查分析結果，各分類群中前四目的昆蟲為彈尾目(Collembola)、鞘翅目(Coleoptera)、雙翅目(Diptera)、膜翅目(Hymenoptera)，特將此簡稱為 CmCpDH，2004 年其排列為 CmDHCp，2005 年及 2006 年均為 DCmCpH，應該是較穩定的模式，而指標群昆蟲組成百分比在測站排序仍有變化。顯見雖然 CmCpDH 之組成及排序受到環境影響，仍足以當作昆蟲指標群，但仍需利用其他指標或指數檢驗。在濱水帶的指標群昆蟲以優勢之前四名為 CmCpDH，但在高海拔 2,500-3,500m 的掃網調查顯示，其優勢四個目昆蟲則是 HmDCpHy，其中 Hm 則是同翅目(Homoptera)，而 Hy 則是膜翅目(Hymenoptera)，而 Cp 則是鞘翅目(Coleoptera)，D 是雙翅目(Diptera)，所以目前採用此指標群應可應用於武陵地區之昆蟲群聚監測。

草原生態系的功能群多樣性- 生態系多樣性之內的多樣性

表 2. 世界各型草原生態系生物量之層次及其功能群分布特性***

文獻	國別	草原型態	生物量 (g/m^2)*	層次分佈(%)		功能群分布(%)		
				地上部	地下部	分解者	植食者	肉食者
1	瑞典 (Sweden)	蕨類	10.8 (D)	2	98	69.6	25.1	5.3
2 2	英國 (England)	禾草 旱地、石灰岩	189.5 (F) 191.1 (F)	— —	— —	85.7 80.2	9.2 19.1	5.1 0.7
3	波蘭 (Poland)	濕地長草 (wet-meadows)	6.5-12.3 (D)	3-6	94-96	91-96	2-4	1-6
3	巴拿馬 (Panama)	疏林 (Savannah)	0.3-1.7 (D)	6-31	69-94	60-92	8-29	0-15
3	美國 (科羅拉多)	長草地 (prairie)	0.8 (D)	13	87	—	—	—
3	亞洲	濕地長草 (wet-meadows)	54 (F)**	0.5	99.5	97.6	1.9	0.5
3	亞洲	惡劣地	1.0 (F)**	24.3	75.7	43.4	51.7	4.9
3	亞洲	沙漠	0.2 (F)**	23.4	76.6	53.8	34.3	11.8

* D： dry mass： F： fresh mass。** Calculated from Zlotin (1971).。***以上資料依據 Persson on and Lohm(1977); Madadyen (1963); Bneymeyer (1978);主要據 Curry (1994)整理而成。

昆蟲多樣性本質與人文價值多樣性

昆蟲是自然觀察的好素材，人類自古與昆蟲的關係無所不在，包含基本生活的食、

衣、住、行乃至休閒育樂（表一）。整理自作者有關「昆蟲多樣性與人類生活」拙作（請見參考文獻），分飲食、衣著、居住、行動、休閒育樂分述於下：

表 3. 昆蟲生物多樣性與人類生活

項目	正面	負面
食	昆蟲入菜；蟲材入藥養生	菜蟲吃菜；米蟲蝕倉
衣	縲祖繅絲；春蠶絲盡為衣	衣蛾害織物；衣魚書蠹
住	蝶蛟門扇；蛆解廚餘增肥	蚤蚊致病痛；蠅蟑污穢
行	月球交通車；蠅形偵探員	搖蚊蒙視線；蜉蝣斷路
育	蟑螂為師法；以果蠅為模式 街角遇見蟲；昆蟲好資材	物種豐富，辨識難； 系統多變，分類難
樂	鬥灌蟋蟀，金龜拉車跳蚤馬戲， 蜜蜂螞蟻演電影	飛蚊擾 1812 序曲演唱； 17 年蟬迫停音樂會

在「飲食」方面，世界各大洲共計 113 國有吃昆蟲的記載。(楊正澤，2007a,b)。另外全世界超過四分之三的人直接或間接使用中藥，李時珍「本草綱目」中確定的昆蟲藥材之種類為 17 目 70 科以上，重要的蟲類藥用有家蠶、蟬（圖 8）、蜚蠊、胡蜂、蟋蟀等（楊正澤，2007c, d, e），目前甚至研究人類吃昆蟲的健康問題，使「吃昆蟲」漸為現在人接受。

圖 8. 蟬羽化過程，精彩的一生走到最後階段，每一個蛻變都是生命最脆弱的一環，環境水泥化大罩門，不得其門而出土，乾燥使翅不能伸，比起天敵還要致命。(楊正澤 攝)

在「**衣著**」方面，可追溯至嫘祖「教民蠶桑，治絲繭以供衣服」至今已有 4000 餘年的歷史(《通鑑外紀》)。但會紡絲的昆蟲不只是蠶，例如：無翅亞綱的纓尾目(Thysanura)之衣魚，用紡絲引導雄蟲來「吃」吞精胞，達到交尾目的；直翅目的蟋螽(Grylloacrididae)挖土洞吐絲固形，在土洞中越冬等，還有紡足目(Embioptera)、脈翅目(Neuroptera)

草蛉(*Chrysopa* sp.)雙翅目和膜翅目的幼蟲會紡絲結繭（楊正澤，2008a）。

在「**居住**」的方面，人類現代生活利用自然界動物生存所演化出來的建築，稱為演化建築(evolutionary architecture)，或演化材料(evolutionary materials)，以昆蟲的巢材為結構及室內設計為理念的仿生展示，是每一個博物館包括自然史及工業設計等展示主題之一，主要以白蟻、蜜蜂、胡蜂、螞蟻等社會性昆蟲為主，利用自然演化出來的概念可以節能，創意生活，豐富人類居住文化，所以以昆蟲為師設計建築成為最近的「巢流」（楊正澤，2008b）。

在「**行動**」的方面，許多學習自昆蟲的「行動文化」，最為熟知的是機器人的研發。機器手臂是利用節肢動物的肌肉及神經系統控制關節的連接，使機器人手臂能全方位活動的基礎。利用昆蟲的六足運動模式，三點決定一平面，可以使機器人較平穩不間斷地快速前進。另外翅的構造常被討論，其結構與飛行能力的生物物理學議題一直是熱門的研究題材，例如金龜子後翅 fold and unfold 提供太空科學中無人駕駛太空站或登陸在外星球自動展開的參考模型；用雙翅目昆蟲飛行概念設計的小型機器人可以應用地震救災及災害偵測。蝗蟲的跑跳飛(run jump fly)常是研究昆蟲運動行為的模組及機制的材料，尤其後足的跳躍（楊正澤，2008c）。

在「**休閒育樂**」方面，由琴（吟唱興頌蟲為題）、棋（博奕養性蟲為棋）、書（差詞遣字蟲為師）、畫（圖藝彩繪蟲傳情），開啟現代生活中昆蟲之休閒利用。唐朝就有飼養蟋蟀欣賞鳴聲，到了宋朝才轉而鬥蟋蟀。臺灣鬥蟋蟀因地制宜，利用當地的黃斑黑蟋蟀（烏龍仔）（圖 9），與大陸鬥蛐蛐不同（圖 10），在臺灣則更有灌臺灣大蟋蟀童玩。近代草蟲畫聖手齊白石所畫的草蟲，寫意生動又自然；畫師江寒汀，更創作一系列的草蟲寫生畫，寫實逼真。國立故宮博物院的鎮館收藏國寶之一，「翠玉白菜」玉雕作品的蝗蟲與螽蟴，象徵多產，祈願能多子多孫，經為了正名，由筆者加以「鑑定」（楊正澤，2004）。現代李轂摩大師書畫中的昆蟲，皆能生動融入景象，乃因自身觀察體驗（楊正澤， 2008e）。余燈銓先生的裝置藝術作品，有一座是孩童提水壺灌蟋蟀（土伯仔）的雕塑，座落在臺中市自由路與公園路口最繁忙的一個角落，也是不可多得的民俗風情寫實佳作。

圖 9. 黃斑黑蟋蟀，是臺灣鬥蟋蟀的種類，與中國宋代鬥的種不同，是本土資源應用的例子。(楊正澤 製)

圖 10. 「蛐蛐」是中國大陸的鬥蟋蟀的種類（楊正澤 製）

結語：生命的價值

Kellert and Wilson（1993）認為「親生命性」是人類的特質，而此特質必須靠這世界多樣的生命來維持。生物是自然界生命體的代表，而人類也只是其中一份子，「人屬於自然，但自然不屬於人」，地球的自然環境，雖然提供人類生存，但是自然環境是屬於全體多樣的生物，人類在生存的基本需求下考慮自身的利益及存活的機會，然而卻是由自然界生物的互動中，學會了群體生活，有了語言文字之後，並且利用**觀察生物，體會自然的譬喻**，利用**講故事**將這些**口傳教條**，經過文化傳承，成為教育後代的語言，這些原來都是**「自然知識」**，自史前口語傳播，受到特定族群的隔離，成為獨特元素，

這類文化在地球上的每個角落發生，因此又稱「在地知識」(the indigenous knowledge)。也許無法由考古文物中去發掘這些自然知識的傳承紀錄，但是，我們也許可以**透過與先人觀察生活環境的現生生物**，或生活所賴的生物資源，或**體會人類與自然互動模式**，甚至**敬畏程度**，可以想像現代文字或口語傳播所賴以啟發的自然資源，這些資源也是民族賴以生存的文化資源，這些也應該是**非物質文化遺產**中的重大元素，這就是生物多樣性的**非物質啟發**。

另由電影中或傳說或隱喻等方式，去省思，去發掘或去感覺，以發現人類的文化，社會價值觀念的轉變。在電影場景，與一群不同時空背景生活的觀眾因為文化差異，造成衝擊，進而思考，終至發生作用，這是另一類民族資源的開發方式，利用電影等藝術與文學喚起人民對自然的原始感覺，追溯智慧的起源。由尊敬自然而愛好自然，為了環境的永續，共同來保育這個給我們生存契機的自然環境，由回顧而反省，由溫故而知新，喚起體認，感恩大自然所給的資源，來自生生不息的自然知識，永遠不會過時落伍，只是各世代人類受到啟發與應用巧妙不同，價值自有不同，**古代的發明與現代的仿生**，其實是相同的人類受到相同的自然啟發，在不同文明下的不同產物，只是相同的為了改善人類生活。

<生命的價值>一書的作者 Stephen Kellert (1999)，以人們對於動物界、自然界價值的形成方式，分為九種價值觀：(1) 美學的(aesthetic)，人受大自然與動物界美感的吸引，例如微細構造之美（圖 10）；(2) 居支配地位的(dominionistic)，人類想要克服自然主宰野生動植物；(3) 生態學的(ecologistic)與科學的(scientific)，想要理解有機物種的生物性作用及其棲息環境（圖 11）；(4) 人性的(humanistic)，對動物產生愛心與同情；(5) 道德立場的(moralistic)，關懷重視人與自然界的倫理關係；(6) 自然主義的(naturalistic)，人類想親身體驗與野生生物及戶外世界之接觸；(7) 象徵意義的(symbolic)，在思想與溝通時運用動物與自然界的象徵；(8) 實用主義的(utilitarian)，從實效面著眼而開發利用野生動植物與大自然；(9) 持否定心態的(negativistic)，因害怕、厭惡漠不關心等原因而避免與動物和自然環境接觸。顯然將生態學與科學做了區隔。

生態學是生物科學的一支，而生態學與此處 Stephen Kellert 所指的科學不同之處，明顯可見指的是個體生物學，而生態學包括個體和群體，因此才被認為周全事實。分類學就是系統學，是生態學加上地球科學演化的結果。自然的價值以生態學觀點，大部分的人可以理解，但卻不易體察。因此，作者以昆蟲為例，以其數量多，生態功能多樣化，在生態系中扮演不同角色，單純以昆蟲來推動生態保育及生物多樣性保育，環境教育，因為昆蟲多樣性極高，無處不在，例如以森林或林園植物來推動環境教育，可行性極高。

昆蟲的身體構造，個體變異，族群特性與生態系的功能群聚結構多樣性高，在生物科學教育普及與推廣上佔有絕對優勢，昆蟲無疑是生物科學的優質資材。利用昆蟲與其他領域如近來在仿生學的成功跨域整合，昆蟲將可以開發更多如果蠅一般的科學模式昆蟲。認識昆蟲的多樣性本質，發揮昆蟲生物多樣性的物質與非物質的多重價值，藉以提升國人科學與人文素養。

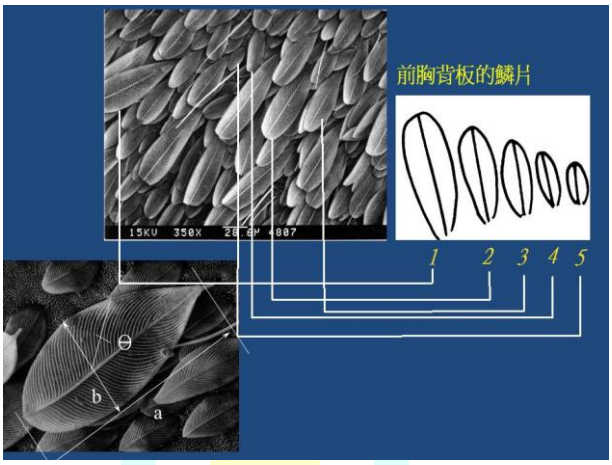

圖 11. 鉦蟋蟀 Ornebius fuscicerci(Shiraki)前胸背板主區鱗片特徵參數與分級（a：長度、b：寬度、Θ：支脊張角）（Yang and Yen, 2001）

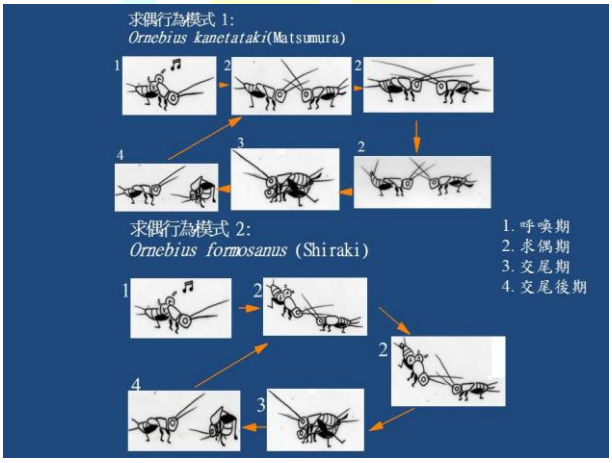

圖 12. 鉦蟋蟀 *Ornebius formosanus* (Shiraki) 求偶行為模式（顏汎昇製）

本文為科技部（原國科會）科學教育科普活動計畫「街角遇見蟲」（NSC102-2515-S-005-001）部分成果

楊正澤

國立中興大學昆蟲學系教授

參考文獻資料

[1] 楊正澤。1999a。蟋蟀及螻蛄（直翅目）的母愛。農業世界雜誌 192： 31-32。

[2] 楊正澤。1999b。蟋蟀生態簡介。農業世界雜誌 193： 30-33。

[3] 楊正澤。2001。防檢疫害標本鑑定與分類之技術。植物重要防檢疫害蟲診斷鑑定研習會。pp. 113-138。臺中國立中興大學。167 頁。

[4] 楊正澤。2003。昆蟲與休閒利用。臺灣生物多樣性年刊 2： 13-23。

[5] 楊正澤。2004。翠玉白菜外一章－螽蟖與蝗蟲。故宮文物月刊 21（11）： 64-66。

[6] 楊正澤。2006。臺灣的蟋蟀文化。農業世界雜誌 269： 44-48。

[7] 楊正澤。2007a。昆蟲多樣性與人類生活－食蟲文化與民俗資源保育（上）。農業世界雜誌 282： 92-98。

[8] 楊正澤。2007b。昆蟲多樣性與人類生活－食蟲文化與民俗資源保育（下）。農業世界雜誌 283： 72-78。

[9] 楊正澤。2007c。昆蟲多樣性與人類生活－民俗昆蟲資源與保育－藥用養生文化（上）。農業世界雜誌 284： 98-102。

[10] 楊正澤。2007d。昆蟲多樣性與人類生活－民俗昆蟲資源與保育－藥用養生文化（中）。農業世界雜誌 285：86-93。

[11] 楊正澤。2007e。昆蟲多樣性與人類生活－民俗昆蟲資源與保育－藥用養生文化（下）。農業世界雜誌 286：72-78。

[12] 楊正澤、葉文斌。2007ｆ。濱水帶昆蟲群聚。科學發展 417： 19-22。

[13] 楊正澤。2008a。昆蟲多樣性與人類生活「衣著文化」蠶的哀怨 絲的高貴。農業世界 299：91-97。

[14] 楊正澤 2008ｂ。昆蟲多樣性與人類生活「居住文化」--定居要安逸旅居求閒適。農業世界 301：89-97。

[15] 楊正澤。2008c。昆蟲生物多樣性與人類生活陸海空「行動文化」--蠕爬跑跳、浮游划潛、飛翔攀附。農業世界 302：80-87。

[16] 楊正澤、羅華娟。2008e。李轂摩大師書畫中的昆蟲。自然保育季刊 62：11-16。

[17] 楊正澤、陳明義、羅華娟、陳瑩娟。2009。老樹共和國。98-133 頁。羅華娟 主編 （2009） 老樹人生－自然與人文的對話。行政院農委會特有生物保育中心。南投。235 頁。

[18] 薛絢/譯。1999。生命的價值：主導 21 世紀的自然生態觀念。原著：Stephen R. Kellert, 1999, The Value of Live。 正中書局。

[19] 臺灣生物多樣性資訊入口網站 TaiBNET (accessed date: 20131207，20210414) http://taibif.tw/zh/catalogue_of_life/page/4e69-a6ae-3d65-297a-a825-5353-ee54-dfd7。