



圖 1：彩河蟪(*Calopteryx splendens*)

## 水中動物

水流緩慢的水域和靜態水域是理想的自然體驗區，亦屬我們景觀中最豐富的物種群；沒有其他群落生境能在最小區域為許多不同的動物物種提供棲息地。水和動物的佔據常引發學生極大的興趣和熱情。

水流形成溪流、河流、池塘和湖泊的自然網絡。因此，對於大多數並非處於主要環境區的學生而言，即使在大城市，也可以進行水域調查，另一種水域調查的選擇是學校池塘。

### 1. 水生環境中動物的專門信息

#### 水生環境中的動物

#### 活動的基本目標

- 了解靜止和流動水域中的物種多樣性
- 識別水域棲息地的生物
- 了解水域中的食物關係
- 了解生物多樣性與水質等級之間的關係 (有機污染指數)
- 證明保持水域清潔的重要性

用肉眼可識別且生活在水域底部和岸區的動物總體稱為大型底棲動物(亦稱水生無脊椎動物或大型無脊椎動物)，這些動物主要是昆蟲及其幼蟲、螃蟹、蠕蟲、蝸牛、貝類、水蛭和水螺。這些小型生物在水域中具有重要的生態功能，牠們以藻類為食，或促成死亡植物的降解，從而確保水域的淨化，同時也是捕食物種和魚類的食物。水域中重要的動物群體是：

- **牙蟲**(鞘翅目 *Coleoptera*)是物種最豐富的動物群，主要定居在靜態水域(例如，蚊蟲和具緣龍虱)。只有少數物種居住在快速流動的水域。
- **石蛾**(毛翅目 *Trichoptera*)物種也很豐富。這個名字(Köcherfliegen)是基於這些幼蟲的特性，牠們由自體分泌物或沙子、小石頭、葉片和其他材料形成一個箭袋，以避免捕食者的獵食。石蛾幾乎居住在水質良好的靜止水域及水流中。
- **石蠅**(襀翅目 *Plecoptera*)棲息地幾乎完全與河流相連。由於許多物種對水質的要求很高，因此瀕危物種的數量高於平均值。
- **蜉蝣**(蜉蝣目 *Ephemeroptera*)主要出現在流動水域。其名稱(Eintagsfliegen)意味著其成年動物的壽命很短，儘管壽命可持續數天。
- **蜻蜓**(蜻蜓目 *Odonata*)大而顯眼，主要生活在靜態水域中。有時少數的高度瀕危物種居住在溪流和河流中。
- **蠍蝽**(異翅目 *Heteroptera*)有些為「水黽」棲息在水面上，「劃蝽」則永久生活在水域中。大多數蠍蝽存在於小型靜態水域中，由於其良好的飛行能力，也能臨時住在池塘中。牠們的密度很高，尤其在無魚類存在的水域。
- **軟體動物**(軟體動物門 *Mollusca*)通常喜歡靜止或緩慢流動的水域，除了極少數例外，例如瀕臨滅絕的淡水珍珠蚌，牠們只會出現在快速流動的乾淨溪流中，且可達到長達 100 年的成熟老年期。

## 食性

對於所有物種而言，飲食是適應生活條件的要素。

- **草食者**：蜉蝣科 *Ecdyonurus*(扁蜉)的蜉蝣幼蟲、許多石蛾幼蟲和蝸牛食用岩石上生長的藻類和細菌和其它硬基質。
- **切碎者**：淡水蝦和水櫛水蟲以落葉和其他待碎的粗有機物為食。
- **碎屑食者**：包括以細顆粒有機物為食的蜉蝣幼蟲，細顆粒像是破碎、腐爛的植物體(碎屑)、細菌和活藻類，牠們從沉積物中收集食物顆粒。
- **濾食者**：石蛾幼蟲 *Hydropsyche*(紋石蛾)、蚌類和許多蚊子幼蟲從自由流動的水中捕獲漂浮的食物顆粒。

- **捕食者**：蜻蜓幼蟲、大型石蠅幼蟲、具緣龍虱及其幼蟲和水蛭以活體動物為食。

水域中無脊椎動物的不同食性類型可以用來評估一段水域的生態狀況，將實際動物群與潛在動物群進行比較。

## 水域棲息地

### 流動水域

人們會根據大小區分江、河或溪流，但沒有明確界線，自然狀態下的流水是不斷改變外觀的動態系統，在河彎外側，河流將岩層愈挖愈深，沖刷的物質被流水帶走並再次沉積在較靜態的區域，如河彎的內側，因此水域不斷改變其外觀。

流動水域中的生物須適應當下的環境，為了存活，牠們發展了不同的技術，有些生物只能在堅固的綠色植物上生長，以粘液、吸盤或強爪吸附。石蠅幼蟲、蜉蝣幼蟲和石蛾幼蟲用鉤子和刷毛緊貼地面，牠們也



圖 2：石蠅幼蟲(*Perlodes sp.*)最適合流動水域。牠的身體呈扁平狀，強爪具有錨定的功能。

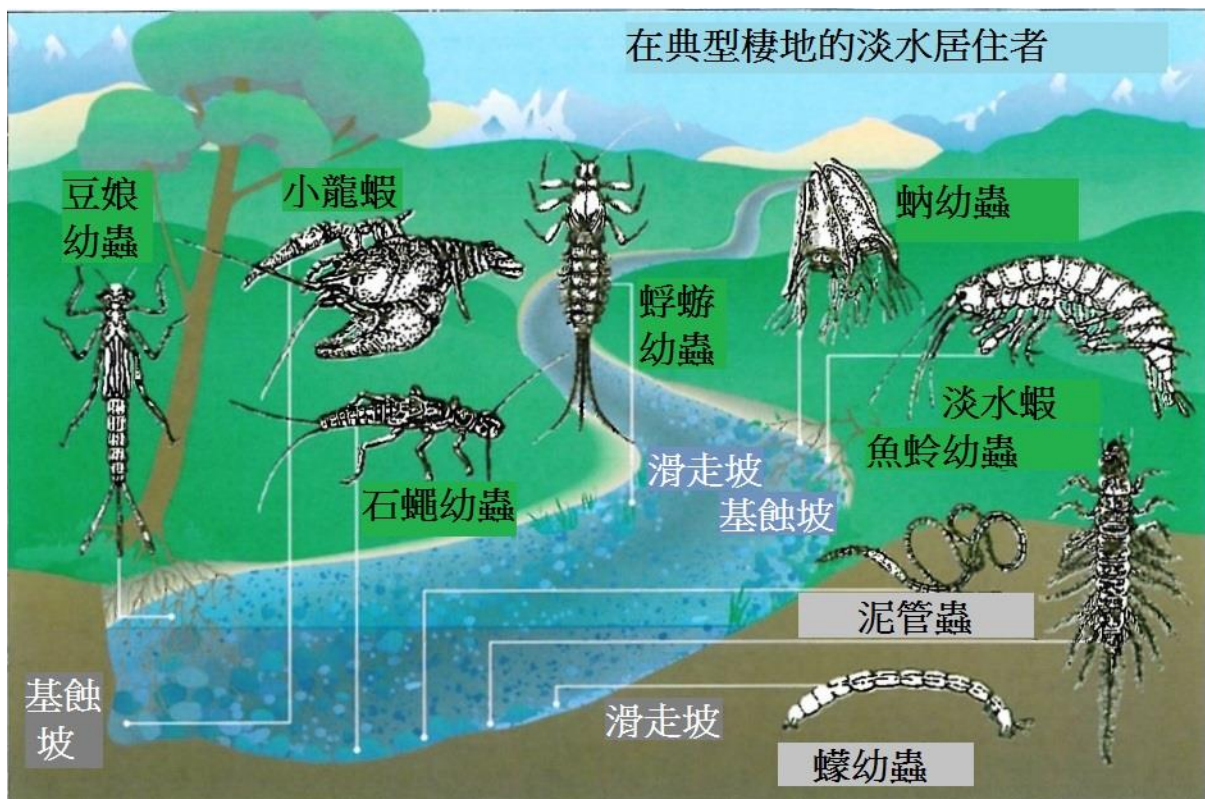


圖 3：在典型棲地的淡水居住者



呈扁平狀或流線型，幾乎不會對流動產生阻力。有些蟲子會挖沙地，如果在溪流中發現石頭，那麼大多數動物只會停留在石頭下方或其流動的陰影中，盾螺的調節是個很好的例子，其外殼尖端沿流動方向彎曲。

如果水流使水非常渾濁，則光線無法深入水中，且植物生長緩慢，在這樣的河流中，分解過程常佔優勢造成缺氧，通常是因為廢水的排放使營養供應增加，生產者(尤其是藻類)最初的強勁增長導致消費者和分解者增加，而消耗更多的氧氣，這種水域狀況只有適應低氧和高水溫的物種能定居。



圖 4：在許多小型靜態水域中發現了後角蝸牛。

### 靜態水域

在緩慢流動的水域中，水生生物幾乎不會被驅離，這種水域被稱為靜態水域。在像是池塘等的靜態水域中，水深通常不會高過 5 公尺，而在清澈的水中，光線允許植物從水底整體生長。由於水常含豐富的營養成分，因此許多浮游生物有機體處於食物鏈的起點，是消費者的食物來源。

靜態水域也有一定的動態，如果沒有人為干預，靜態水域將逐漸消散。落葉或死亡沉沒的植被進入使得河床穩定地向上生長，水域越平坦，就會越快淤塞，人造養分進入會加速這個過程。

### 作為指標的水生無脊椎動物

作為水生動物的水生無脊椎動物非常清楚的顯示出生物狀況，特別是水道的生物狀況，並指出水污染的程度。水生無脊椎動物群落受以下因素影響：

- **高水質**。水中的許多動物需要充足的氧氣並且對污染物敏感。
- **水中的自然結構**。許多動物只在泥濘、沙質或礫石底土或石頭下生長(例如蜉蝣和石蠅幼蟲)。
- **洪水定期重新排列**河床物質。許多物種的發育階段都與河床的間隙系統有關，河床基底中的這些間隙和空間在沒有細沉積物重排的情況下會被堵塞，因此這些物種的棲息地就會消失。
- **水邊的近自然結構**，如植物的莖、枯枝或岸上的石頭。許多無脊椎動物需要這些邊界結構從水中的幼蟲階段過渡到飛行昆蟲。

對大型底棲動物的評估中，假設天然水域的水生無脊椎動物已適應其棲息地的化學和物理條件，適應乾淨充氧水域的物種越多，水質的評估就越好，蜉蝣(蜉蝣目 *Ephemeroptera*)、石蠅(襉翅目 *Plecoptera*)和石蛾(毛翅目 *Trichoptera*)可簡稱為無負荷水域的指標，這些群體在水域中的種類越多，其評級越好，反之亦然。因此，在所謂有機汙染系統中，指標

物種存在或不存在的情況，反映出水域性質。

因此，大型底棲動物的生物量可作為下列項目的指標

- 水域的有機(腐生)污染
- 酸化
- 與自然的接近程度或變化程度(降解)。

另外，可以基於化學和物理參數以確定水域的污染程度。

### 危險和保護

過去建造了許多水道，縱橫交錯的結構阻礙其自然連接，此外，營養物質注入和廢水會影響水質，許多靜態水域已被填充或轉變為集中養殖的魚塘，我們水域的變化程度可以從瀕危水生動物群體的高比例中看出。根據巴伐利亞州瀕危動物的紅名單中(2003年巴伐利亞州環境保護辦公室)，大約 54%的蜉蝣、53%的石蠅、48%的石蛾和 47%的蠍蟥在全國範圍內瀕臨滅絕。圖 5 顯示 KAULE 1991 和 BINOT 1998 研究的洪氾區和水流中出現的物種呈現比例不均的高風險狀態。

從生態學的角度來看，歐洲水資源管理方針(European Water Framework Directive, WFD)為水域的整體觀點設定了第一個約束方向，預計至 2015 年，河流、湖泊、沿海水域和地下水將處於良好狀態，參考水域植物和動物的自然多樣性、未開發的地形和水域管理以及地表水和地下水的自然品質。

WFD 的主要目標是提供地表水域的生態功能和保持地下水的可用性，同樣重要的目標是將先前考慮的水質重新調整到生態定義的地表水質。在過去 30 年中透過廢水處理廠的發展對水質進行了大量投資，將進一步改善 WFD 中考慮的像是魚類和無脊椎動物這類水生生物的生活條件。

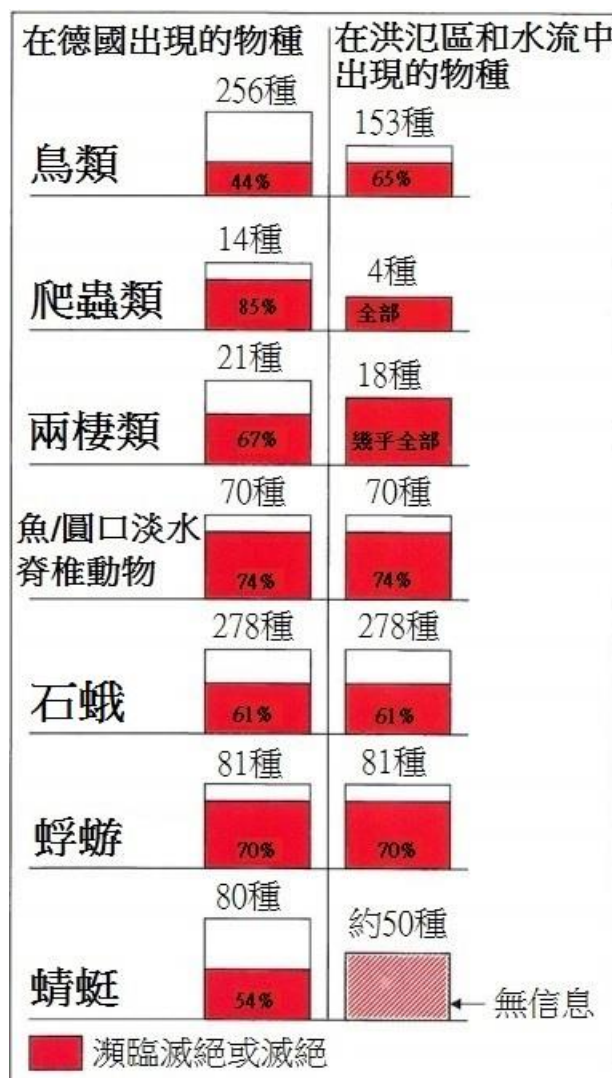


圖 5：洪氾區和河流作為選定動物群棲息地的重要性(根據 KAULE 1991 和 BINOT 1998)

## 文獻

### 鑑定書

Kriska, G.和 Tittizer, T. (2009):

中歐內陸水域的無脊椎動物。Weißdorn 出版 Jena。

附 CD-ROM 鑑定書。精美的圖片和詳細的圖紙。適用於中學 I、II 年級。

Wellinghorst, R.:

淡水無脊椎動物。Friedrich 出版 GmbH & Co KG Seelze。

關於水質(物理、化學和生物)的簡明信息以及無脊椎動物的綜合識別碼。中學 I、II 年級。

Schwab, H. (2006):

淡水動物－生態鑑定書。Ernst Klett 出版 Stuttgart。

一本該主題的簡明鑑定書，具清晰的基本信息和個別物種或發展階段的精美照片，包括水質等級分類的信息短文。適用中學 I、II 年級。

Grabow, K. (2000):

淡水動物群無脊椎動物彩色地圖集。出版商 Eugen Ulmer。

適合小學到中學 I、II 年級。

巴伐利亞國家水管理辦公室(1988 年)：

腐生 DIN 物種(大型生物)的鑑定關鍵。Bayer 信息報告。國家水管理辦公室 1/88。

適合中學 II 年級。

### 教科書

Fey, J.M. (1996):

淡水生物學。－生物工作簿，Quelle 和 Meyer Wiesbaden 出版。

一本淡水遊覽的實用工作手冊。適用中學 I、II 年級。

國際多瑙河保護委員會(2008)：

**Donaubox**。為 4-6 年級課程的媒體設定(附 CD-ROM)。

下巴伐利亞政府(2008)：

下巴伐利亞水域學校。

小學和中學 I、II 年級。

下弗蘭肯政府(2008)：

下弗蘭肯水域學校。

第三和第四學年講義。

Baur, W.H. (1987):

鑑定和評估水質。Paul Parey 出版 Hamburg and Berlin。Blackwell 科學出版社的新版 (1997)。

水質分類的基礎知識和水域分析的實用技巧，含廣泛的化學參數及其評估。適用中學 I、II 年級。

德國水資源保護協會出版系列 e.V.第 64 卷(2003)：

水流的生態評估。Bonn. ISSN 0503-9290

水質分析鑑定個別物種、水質等級、水結構和水環境的一級教材。適用中學 I、II 年級。

## 教材

Diekmann, A.:

學習課程：森林水域草地。Landesbund für Vogelschutz, Hilpoltstein ([www.lbv.de](http://www.lbv.de))

開始水上探險的優良指引。適合小學。

Alfred Toepfer 自然保護學院編輯。(1998)：

自然養護課堂。在淡水和池塘的自然相遇。2. Jahrgang, Heft 1. Schneverdingen.

極佳動作描述，含用於鑑定動物特徵的複製模板。適合小學。

**Wasserschule Bayern** 教師手冊(2008)，由下弗蘭肯、上弗蘭肯、上普法爾茨、施瓦本、中弗蘭肯和下巴伐利亞州政府出版，主題水域管理。

除下巴伐利亞州外，巴伐利亞州所有政府區域的材料收集形式為環形活頁夾。水域學校的目的是讓孩子們了解水域的主題，讓他們意識到威脅飲用水的危險，並向他們提供關於如何保護食物的建議。它提供 3、4 年級兒童有關水的一般信息並反應地區特殊性。

這些教材可以在 [www.stmug.bayern.de/umwelt/wasserwirtschaft/wasserschule/index/htm](http://www.stmug.bayern.de/umwelt/wasserwirtschaft/wasserschule/index/htm) 免費下載。在這裡，您還可以找到前往下弗蘭肯尼亞、上弗蘭肯、上普法爾茨、斯瓦比亞、中弗蘭肯和下巴伐利亞水域學校的連結。

柏林 Ökowerk 的自然保護中心，環境教育諮詢中心：

淡水—陸地—河流。調查河流及其集水區。CD-ROM。

適用中學 I、II 年級。

## 網址

[www.wwa-wm.bayern.de/fluesse\\_und\\_seen/gewaesserorganismen/index.htm](http://www.wwa-wm.bayern.de/fluesse_und_seen/gewaesserorganismen/index.htm)

不同水生生物的精美國片和影片資料。

[www.vdg-online.de](http://www.vdg-online.de)

德國水資源保護協會有各樣遊戲、海報、插圖書籍、教材和自然產品的水域背景資料、鑑定重點。

[www.naturdetektive.de](http://www.naturdetektive.de)

聯邦環境部(BMU)和聯邦自然保護局(BN)的計畫。該網站提供簡短的水文學(一些常見水生動物的照片和描述)，水質評估指南以及在網路上發布自己研究的成果。還有電子學習的競賽和提議。

[www.waterresearcher/indexhtml](http://www.waterresearcher/indexhtml)

巴伐利亞州環境辦公室為5至7年級和8至10年級的學生提供五個學科領域：水文循環－河流集水區－河流描述－水的使用－水質評估。還包括教師信息和各種學生活動。

[www.bmu.de/bildungsservice](http://www.bmu.de/bildungsservice)

包括水域等各環境議題的中小學教材。

## 聯絡人

有關適當的水域提示和執行活動支援可從各水域管理辦公室的專家處取得(水域管理辦公室的地址請參見

[www.stmug.bayern.de/umwelt/wasserwirtschaft/organisation/wasseraemter.htm](http://www.stmug.bayern.de/umwelt/wasserwirtschaft/organisation/wasseraemter.htm))

## 2. 水生動物的法律信息和處理

根據「聯邦物種保護條例」(BArtSchV)，以下物種在水域中受到特別或嚴格保護(粗體)：

兩棲動物(*Amphibia*)－所有本地物種(含卵和蝌蚪)

蜻蜓(*Odonata spp.*)－所有本地物種

水龜蟲(*Hydrophilus spp.*)－所有本地物種

小龍蝦(*Astacus astacus*)

石蟹(*Austropotamobius torrentium*)



淺池河蚌(*Anodonta anatina*)

無齒河蚌(*Anodonta cygnea*)

淡水珍珠蚌(*Margaritifera margaritifera*)

扁平河蚌(*Pseudanodonta complanata*)

細長河蚌(*Pseudanodonta elongata*)

多瑙河河蚌(*Pseudanodonta middendorffi*)

河蚌(*Unio crassus*)—根據附件 I 的優先種類

畫蚌(*Unio pictorum*)

大河蚌(*Unio tumidus*)

受特別保護的物種(如蜻蜓幼蟲、牙蟲或蝌蚪)可能會在下文所述的捕撈作業中被捕獲，活動 1 和 2 短暫捕獲這些物種以進行觀察和鑑定。

然而，根據第 3 條特別保護條例，有些物種可允許捕獲，該條例允許下列用於巴伐利亞州教育的目的：「巴伐利亞教育和教學法第 3 條公私立教育機構的教師、巴伐利亞兒童保育和支持法第 2 條日托中心的教學人員和其他環境教育機構，為了教學可以從**教育池塘和花園**中採集受特別保護的動植物物種。」採集應嚴格限制在必要範圍內，且動物必須即刻放回原採集地，活動不應選擇在保護區內的水域，因為保護區大多數都有更進一步的保護規定。

**特別注意：**

在溪流中出現**溪蚌**(在巴伐利亞州南部的溪流中少量出現)或**珍珠蚌**(在東巴伐利亞基本山脈的軟水溪中少量出現)時，**不應採取任何動作！**這兩個物種都瀕臨滅絕並受到嚴格的保護。相關資料由各區行政當局的下層自然保護局提供。

因此，所有其他活動皆須向高層自然保護局申請**例外批准**，這應包含在活動內，可於附件 B 和 C 中查閱申請表和政府地址。

螃蟹以及所有主要的貝類物種

(*Margaritifera*、*Unio*、*Anodonta* 和

*Pseudanodonta* 屬的河蚌、湖蚌和珍珠蚌)

也受到捕魚權的約束。對於涉及這些物種的活動，地方行政當局也應聯繫主管的下

級漁業主管部門(見附件 G)。若要盡力保留這些物種，須將蚌類、螃蟹和魚留在水中。

活動前應通知學生。

**處理水生動物**

活動前應與學生討論與說明水產動物需小心處理及保護，並嚴格遵守指示，應以各種方式使學生理解謹慎和負責的方法：

- 以醒目標語提示「小心動物！」提醒在冷水水生環境的適當行為。
- 與學生一起制定動物處理的重要規則：
  - 我會小心翼翼地對待我的動物，避免牠們受傷。
  - 活動結束後，我將把動物放回水中。

### 3. 活動

#### 活動的基本目標

- 了解靜止和流動水域中的物種多樣性
- 識別水域棲息地的生物
- 了解水域中的食物關係
- 了解生物多樣性與水質等級之間的關係(有機污染指數)
- 證明保持水域清潔的重要性

#### 活動

##### A 1 流動水域中的動物

了解物種、形態適應、生態關係、指標動物

##### A 2 靜態水域裡的動物

物種知識、生態關係；指標動物

##### A 3 水生環境的無脊椎動物

昆蟲的發育、生活方式

##### A 4 作為評估和開發水道的水中無脊椎動物指標

指示、評估、水保護和發展、上層計畫面向的主題

#### 附件

A 1\_1 水流中的水質指標動物

A 1\_2 水流中的水質指標動物

A 1\_3 水流中的水質指標動物

A 1\_4 水質評估表

## 活動 1

### 在流動水域中的動物

#### 活動的技術背景

鑑定生物水質評估的方法(有機污染指數)是水質製圖的基礎。它包含一系列的動物物種選定,其豐富度和頻度可用於確定水域狀況,這些是生物指標,生物指標在生物群落中的的存在與否代表水質。除了物理和化學測試外,生物指標還有助於鑑定水質。巴伐利亞州的所有水域分為七個不同的水質等級:

品質等級 I	=	極低負荷 低負荷
品質等級 I-II	=	低負荷
品質等級 II	=	中等負荷
品質等級 II-III	=	嚴重負荷
品質等級 III	=	嚴重污染
品質等級 III-IV	=	極嚴重污染
品質等級 IV	=	重度污染

活動建議在寬度 2-3 公尺的**較小流域**進行,較大的溪流無法進行代表性評估,因為並非河流中的所有地方都可以進行調查(如河中央)。為了不讓結果失真,必須排除儲水區、橋樑、地下通道或管道,此外,須持續檢查**所有基底/區域**。生物研究如果僅在低流量水域進行,結果可能會比流動水域糟;相反地,如果僅調查石頭結果會較好,因為適應較差水質的物種不會被記錄到。在洪水或大雨後不應進行水質評估,因為動物會鑽孔躲起來,且無法確保學生安全。

#### 準備

- 選擇最大寬度 2-3 公尺且深度約 50 公分的淡水,並挑選一段具河流典型特徵的水域作為代表的調查地點,如具礫石、石頭、

季節: 9 月、4-8 月

級別: 小學、國中、高中

執行: 中等

#### 活動目標

- 了解水生環境中無脊椎動物的多樣性
- 區分和命名水中和水上動物
- 使用現有物種調查水質等級
- 學習負責處理水中動物
- 促進積極的水域保護

#### 準備材料

- 半組廚房漏篩(Ø 20 cm)
- 白碗(Ø 15 cm)和約 30 個培養皿(塑膠材質)
- 高腳杯或普通放大鏡(放大 8 倍)
- 軟毛刷(8 號)、塑膠滴管
- 白色塑膠桌布的桌子(如壁紙桌),或將坐墊(套組)放在地板上
- 紙、鉛筆、橡皮擦
- 附件 A 1\_1 至 A 1\_3 水流中的水質指標動物
- 附件 A 1\_4 水質評估
- 橡膠靴、沐浴涼鞋、泳裝、毛巾,可能需要 1 或 2 條防水褲(釣魚褲)以踏入水中較深處
- 每個團隊一個剪貼板
- 可選: 數位相機



圖 6：淡水上的收網活動

#### 危險動作：

- 切勿將碗與動物放在烈日下！
- 不要使用鑷子，因為動物可能遭受擠壓，改用滴管或刷子較佳！
- 在春季，注意水上和水中的繁殖鳥類，不要打擾牠們！

- 在每個區域，一個團隊須調查 10 塊石頭並搜尋動物
- 抬起石塊時，將篩子放在石頭上游，以便捕捉漂流的動物
- 將 5x 篩子拉過水生植物
- 將土壤基質(沙子、礫石、泥漿)篩過 5x 篩子，將篩子保持在流體底部的基質上，並在其前方形成基質渦流
- 搜尋現有的特殊結構，例如三個地方的枯木或樹葉集合
- 從篩子中取出動物，放入半滿水的碗中，或者像處理石頭一樣，用刷子仔細地移位。

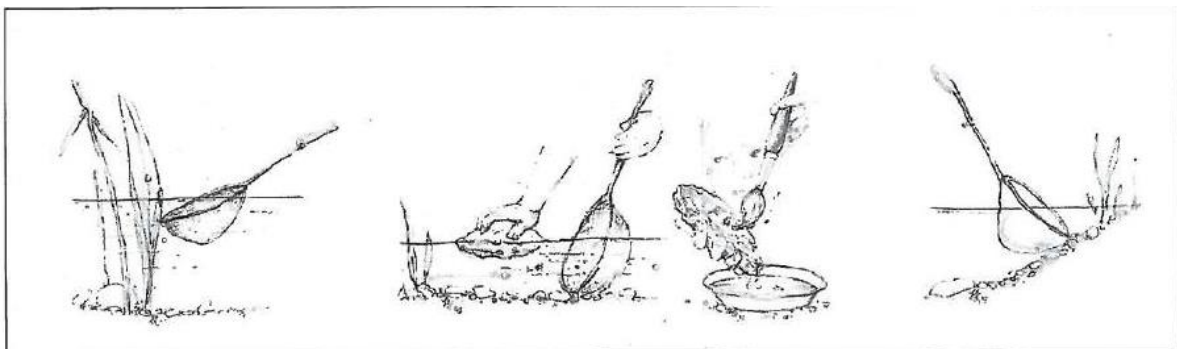


圖 7：以篩子取得的動物集合。最後將篩子的內容物倒入裝半滿水的白色碗中。

#### 沙子和枯木

- 如有必要，須徵得地主同意方可進入岸上區域

透過水結構分析以及化學和物理調查，對該主題進行技術擴展，可更深入地了解水域的整體生態狀況。

#### 執行

- 時間：可能在春季和秋季，因為此時水生昆蟲幼蟲的密度最大
- 不要在洪水期間或洪水後收集
- 在春季，注意水上與水中繁殖的鳥類！
- 注意：當心不擅游泳者！
- 收集動物：
  - 在不同的收集點將學生分成小組



- 對動物進行分類：將碗裡明顯是相同物種的動物分群。
- 鑑定動物：兩名學生在圖鑑(附件 A 1\_1 至 A 1\_3)的協助下鑑定動物種類。將動物固定在一滴水中並置於培養皿中，以進行更仔細的檢查。
- 如果有足夠的時間，可以選擇：根據動物的外部特徵製作繪圖，此外也可用數位相機拍照建檔。

另外，在中學：

- 學生確定捕獲的標本數量。
- 學生輸入列表中的特定動物以評估水質，水質的計算以該活動的聯合結論為基礎(模板見附件 A 1\_4)。

### 提示

小學生和中學生可以繪圖和/或拍照來呈現和描述特定的動物物種，為此學生可在藍色紙板箱上拼貼、用水道的橫截面圖畫或用彩色鉛筆繪製典型的水域結構，如土壤層、植物和水面，並針對進入典型棲息地結構的動物物種，進行特定的粘貼和繪製。

## 活動 2

### 靜態水域裡的動物

#### 活動的技術背景

自然狀態下的靜態水域適於調查，學校池塘也可符合這些要求，淺道的河岸帶能最佳地採集生物。由於池塘不是很大，河岸帶的總面積比例相對較高，生物多樣性豐富，因此自然狀態下的靜態水域是了解水中及周圍動物的理想選擇。

#### 準備材料

- 半組蛋糕過濾器(Ø 20 cm)
- 白碗(Ø 15 cm)和約 30 個培養皿(塑膠材質)
- 半組套杯環或普通放大鏡(放大 8 倍)、刷子(8 號)、塑料滴管
- 白色塑膠桌布的桌子(如壁紙桌)，或將坐墊(套組)放在地板上
- 附件 A 1\_1 至 A 1\_3 水流中的水質指標動物，另外需要圖鑑(參見文獻)
- 附件 A 1\_4 水螺鑑定表和附件 A 1\_5 水螺章節的貝類規範表
- 紙、鉛筆、橡皮擦
- 橡膠靴、沐浴涼鞋、泳裝、毛巾，可能需要 1 或 2 條防水褲(釣魚褲)以踏入水中較深處

#### 執行

- 最佳時間是春季和夏季，此時水生昆蟲幼蟲和其他無脊椎動物的密度最高。
- 收集動物：
  - 學生應用篩子搜索河岸帶的不同區域，例如水流表面、岸上的植物帶、漂浮植物、土壤基質及可能的特殊結構，如枯木、葉子和石

季節：9 月、4-8 月

級別：小學、國中、高中

執行：中等

#### 活動目標

- 區分和命名在水上和水中的動物
- 深入了解無脊椎動物的生物多樣性
- 學習負責處理水中動物
- 促進積極的水域保護



圖 8：移至池塘中的課程也很受歡迎，特別是在炎熱的夏天。

#### 危險動作：

- 切勿將碗與動物放在烈日下！
- 不要使用鑷子，因為動物可能遭受擠壓，改用滴管或刷子較佳！
- 對於小水域，切勿收集所有岸區的動物！務必為動物留下足夠的留存區！
- 在春季，注意水上和水中的繁殖鳥類！

頭。

◦ 從篩子中取出動物，放入半滿水的碗中，並用刷子小心地移位。

• 鑑定動物：

◦ 兩名學生各自鑑定一種動物物種。將動物固定在一滴水中並置於培養皿中，以進行更仔細的檢查。

◦ 如果有足夠的時間，可以選擇：根據動物的外部特徵製作繪圖，以第三步驟中使用的檢索表為比較鑑定的基礎，使用數位相機拍照建檔能進行良好的補充說明。

◦ 學生以檢索表確定物種。

### 提示

小學生和中學生可以繪圖和/或拍照來呈現和描述特定的動物物種，為此學生可在藍色紙板(海報板)上拼貼畫，包括靜態水域的橫截面圖，用彩色鉛筆繪製典型的水域結構，如土壤層、植物和水面，並針對進入典型棲息地結構的動物物種，進行特定的粘貼和繪製。

### 活動 3

## 水生環境水域的無脊椎動物

### 技術背景

流動水域和靜態水域的物種有不同的生存策略，這在體型和生活方式上可明顯展示出來。透過短期的狀態研究，可以更仔細地檢查對各自棲息地的適應差異，並可追蹤所選物種的發展。

一些無脊椎動物經歷了不同的發展階段，許多物種只有幼蟲階段在水中，成年動物(成蟲)生活在水面外，以下只是三個例子，除此之外，還有許多其他類型也可用於此活動。

季節：9-10 月、4-8 月

級別：小學、國中

執行：中等

### 活動目標

- 使用選定的例子觀察水中無脊椎動物的演變
- 認識生物對棲息地的適應

### 準備材料

- 具有特殊設備的冷水水生環境：用於蚊子和石蛾幼蟲的水族箱，尺寸為 60 x 30 x 30 cm(長 x 寬 x 高)。徹底清洗一層 7-10 cm 的河砂作為土壤基質、幾塊石頭和一種水生植物(水草或角草)，水生植物為水池提供氧氣。
- 對於石蛾幼蟲，需要額外安裝帶有空氣石的通風幫浦，每週更換約四分之一的水量，一半的水應與乾淨的淡水或池塘水混合，另一半與雨水或滲透水(軟化水)混合，也可以使用軟水。在標準照明罩下，必須安裝蚊帳以防止成年動物逃跑。
- 觀察日誌以記錄發展情況
- 蚊帳
- 石蛾幼蟲(流動水域類型)和彩色石頭(記錄箭袋生長的演變)
- 蚊子幼蟲(靜態水域類型)或仰蝽(靜態水域類型)
- 細線和一些棉花用於模擬追蹤仰蝽



圖 10：帶有植物部分殼體的石蛾幼蟲



圖 11：成年石蛾(*Hydropsyche pellucidula*)。石蛾的一個顯著特徵是毛茸茸的翅膀。

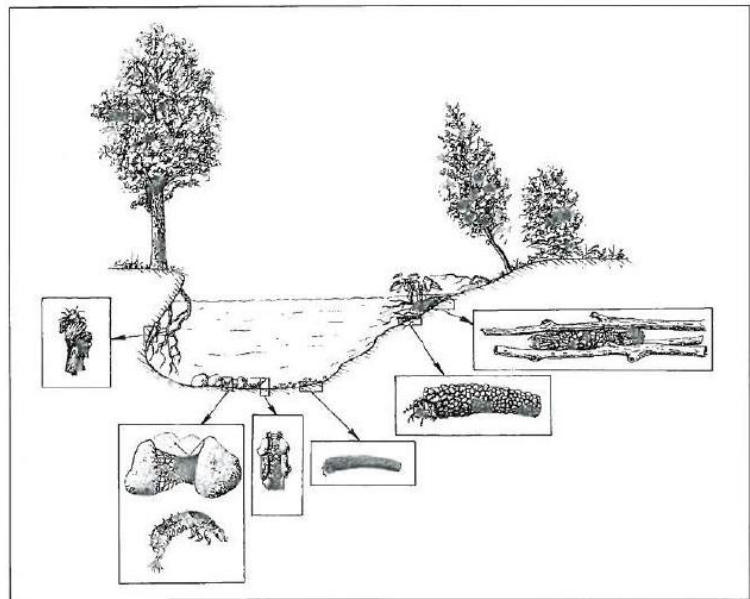


圖 9：淡水橫斷面中不同階段的石蛾幼蟲。外殼材料顯示與環境的聯繫，根據經驗，在較低流量區域(滑走坡)中有植物部分殼體的幼蟲，在較高流量的區域(基蝕坡)中有石殼的幼蟲。

石蛾幼蟲(流動水域類型)例子：

箭袋生長的發展可以用彩色石頭來追蹤。石蛾(毛翅目 *Trichoptera*)的幼蟲存在於不同的溪流或不同的水質類別中。石蛾是完全轉化的昆蟲(完全變態)，它們經由卵、幼蟲和蛹階段發育成為成年動物。幼蟲主要吃檜木或柳葉的死亡和柔軟部分，留下鏤空的葉子，幼蟲在棘狀腺中產生分泌物，它們旋轉以構建箭袋。

普通蚊子(*Culex pipiens*，靜止水域類型)的例子：



圖 12：家蚊屬(*Culex*)的蚊子產卵形成壓緊的「梭子」狀



圖 13：蚊子幼蟲(*Culex*)



圖 14：成年蚊子



可以在水中觀察到具有三個不同發育階段(幼蟲、蛹、成年蚊子羽化)的完全轉化。在夏季，蚊子幼蟲特別容易在低植被小水域和我們花園中的開放式雨水桶中找到。

### 藍灰仰蝽的例子

(*Notonecta glauca*，靜態水域類型)：

牠屬於不完全轉化(不完全變態)，所以沒有成蛹的階段，幼蟲和轉化、性成熟的昆蟲相似且行為相同。在春天可觀察到大量的小仰蝽幼蟲，牠們看起來與父母非常像，並表現出捕食性。藍灰仰蝽是仰蝽科(異翅亞目 *Heteroptera*)國內六種水生昆蟲中最常見的物種，通常蛻皮五次，變得越來越像成蟲。

仰蝽是一個潛伏的獵人，以前腿和中腿獵捕

落在水面上的昆蟲，到水面呼吸空氣，並將空氣儲存在腹部下方的兩排濃密毛髮中。在牠長後腿上的游泳毛髮的幫助下(每條腿約 4000 根毛)，可以非常快速和熟練地游泳。



圖 15：藍灰仰蝽(*Notonecta glauca*)

### 執行

- 4 月至 10 月在教室/生物教室/禮堂
- 制定水生環境的觀察計劃。學生分成小組，每組觀察水生環境中的動物兩到三天並記錄他們的觀察結果。
- 石蛾幼蟲(流動水域類型)：在彩色石頭的輔助下，記錄箭袋的生長發育。
- 在選定動物的演變過程中，學生以自訂的協議發展附屬於水生環境的觀察紀錄。
- 成年仰蝽的模擬實驗：
  - 一根細線—仰蝽看不見，接觸並振動水面，會立即游動 2 cm 的距離，短暫休息後仰蝽離開。
  - 如果在振動線旁邊放一個靜止的物體(大小約 1 cm)，仰蝽在暫停後撞上並捕捉它。
  - 如果物品是柔軟的，例如棉球，則持有它，否則會釋放。仰蝽只會蜇傷用肉汁浸泡過的模擬物體。

## 活動 4

### 水中的無脊椎動物作為評估和發展

### 流水區域的指標

季節：9-10 月、4-8 月

級別：高中

執行：困難

### 關於高中科學工作主題的建議

#### 技術背景

水中的動物是水域狀態的良好指標，牠們對任何變化都很敏感，可以使用標準化方法進行檢測，牠們的存在與否可得出水污染評估的結論，結合非生物參數，可以確定精確的負荷因子。透過對水域開發情況的分析和概念考慮，可以說明水域保護及其生存環境的問題，使其易於理解。

#### 活動目標

- 使用標準化方法確定和評估水域狀態
- 分析水上和水中動物出現之間的關聯性
- 制定研究區水資源開發的概念

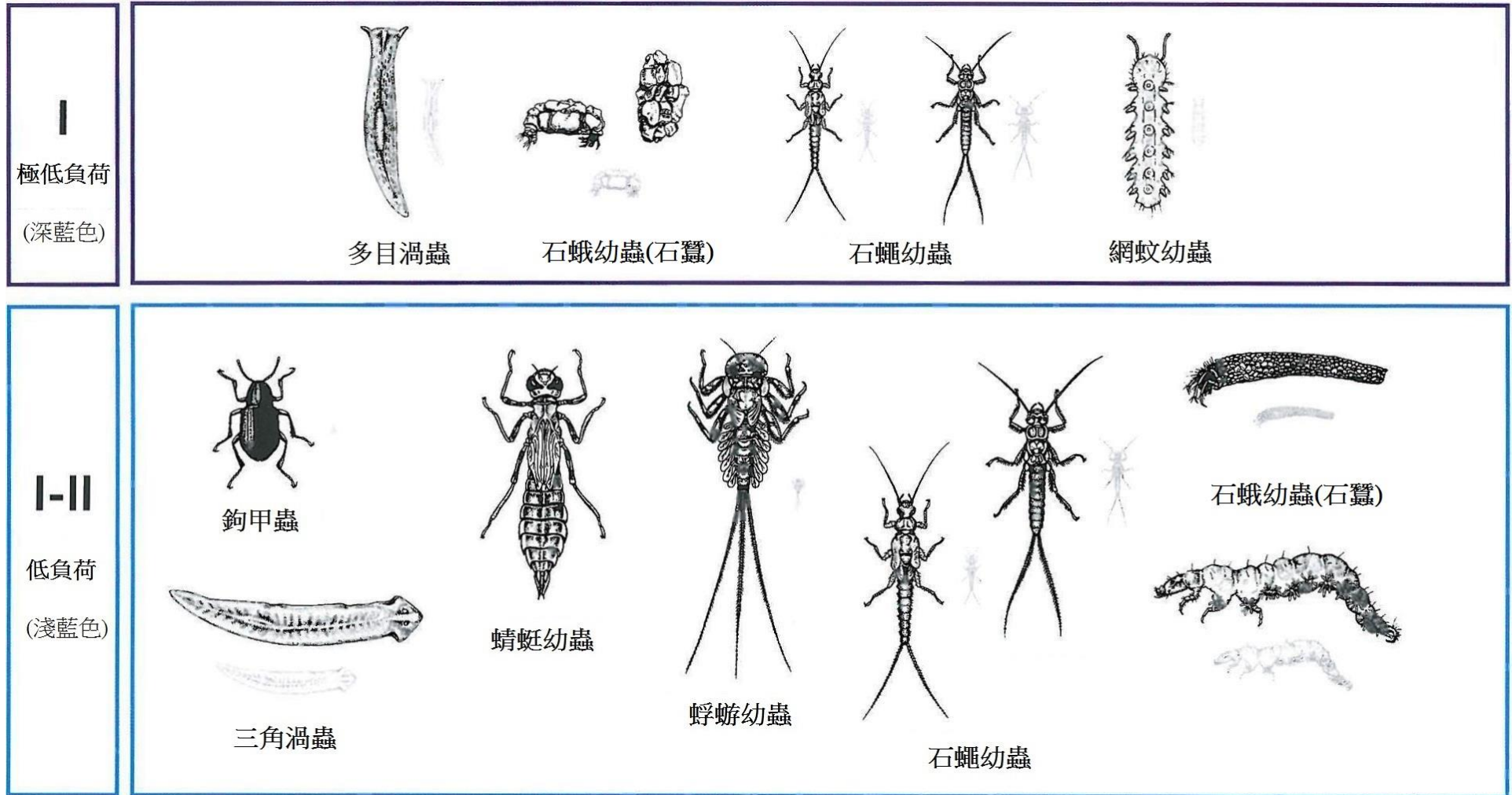
#### 建議的主題

- 1) 勘測溪流的水域結構(製圖表示)銜接鄰近調查
- 2) 記錄化學和物理參數(各水域管理辦公室的專家可在此提供支持和提示)
- 3) 檢測不同溪流中選定的水中無脊椎動物
- 4) 開發河流調查發展概念

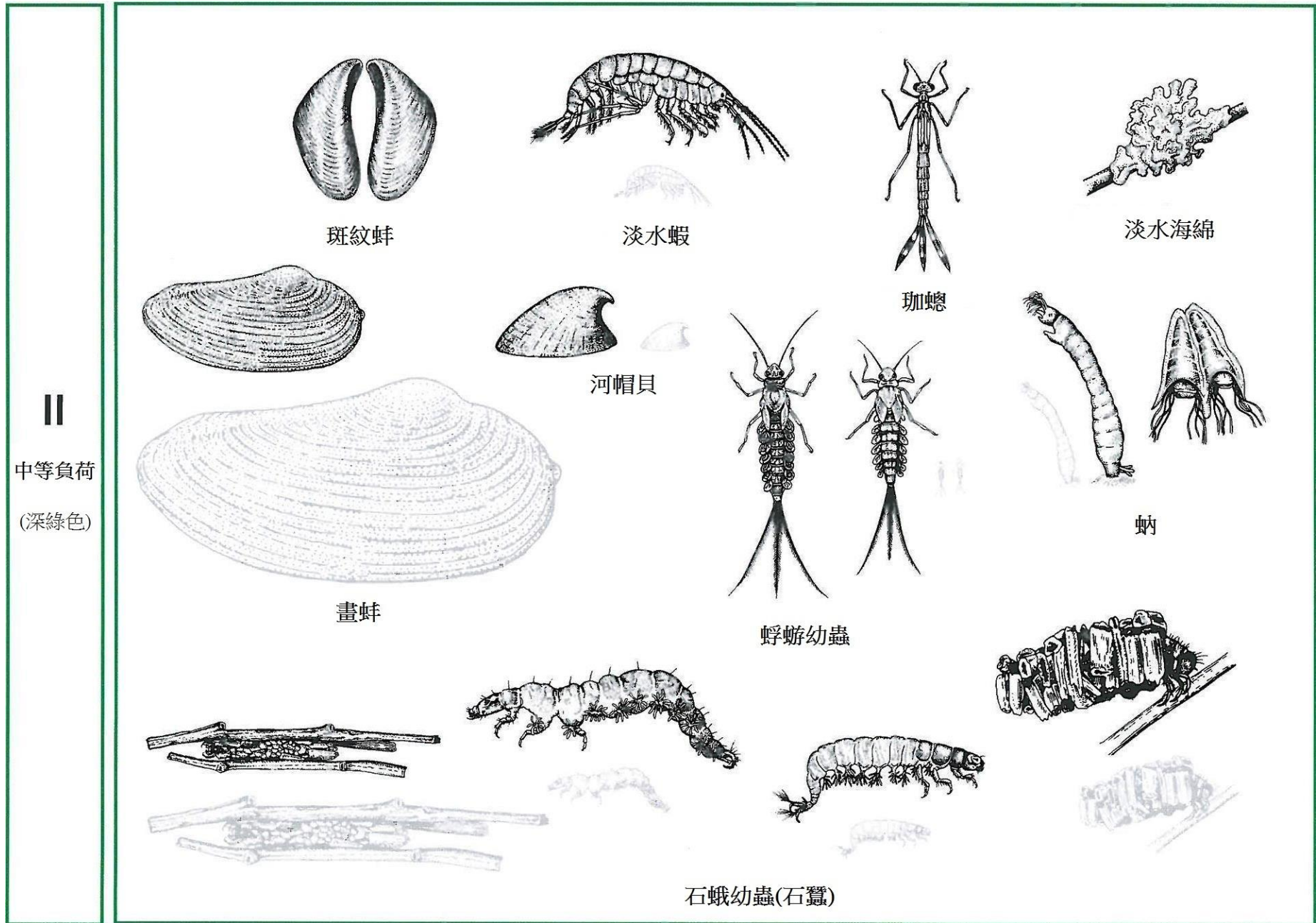
附件 A1\_1

溪流水質的指標動物

等級 指標動物 (淺灰色：原始大小的動物。其餘動物大致以原始大小顯示。)





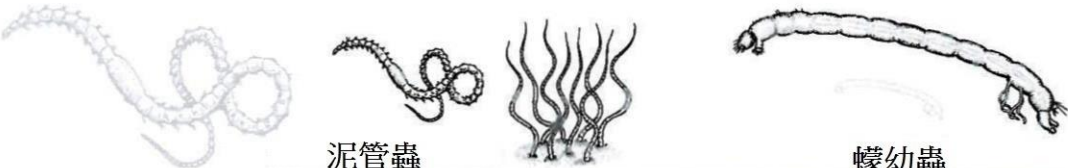

來自：下弗蘭肯水域學校，維爾茨堡下弗蘭肯政府許可





附件 A1\_3

圖片來自：水流生態評估；德國水資源保護協會 www.vdg-online.de

<p><b>II-III</b> 嚴重負荷 (淺綠色)</p>	 <p>石蛾幼蟲(石蠶)      蜉蝣幼蟲      沼螺科貝類      水櫛水蟲      魚蛉幼蟲      扁舌蛭      淡水蝦      球殼蚌</p>
<p><b>III</b> 嚴重污染 (黃色)</p>	 <p>水櫛水蟲      八目山蛭      澤蛭</p>
<p><b>III-IV</b> 極嚴重 污染 (橘色)</p>	 <p>泥管蟲      蠓幼蟲</p>
<p><b>IV</b> 重度污染 (紅色)</p>	 <p>食呀蠅幼蟲(鼠尾蛆)</p>

來自：下弗蘭肯水域學校，維爾茨堡下弗蘭肯政府許可



附件 A 1\_4

水質評估

組 .....

日期/時間 .....

.....  
水域名稱

.....  
調查地點

生物指標	數量	指標值(I-IV)	產物
石蠅幼蟲			× 1.0 =
扁平蜉蝣幼蟲(2 尾附屬物)			× 1.0 =
網蚊幼蟲			× 1.3 =
阿爾卑斯渦蟲			× 1.0 =
多目渦蟲			× 1.0 =
蓋蝽			× 2.0 =
鉤甲蟲和幼蟲			× 1.5 =
無箭袋與 1 脊柱盾的石蛾幼蟲			× 1.5 =
扁平蜉蝣幼蟲(3 尾附屬物)			× 1.7 =
三角渦蟲			× 1.5 =
有箭袋的石蛾幼蟲			× 1.5 =
圓形蜉蝣幼蟲(絲狀/鰓狀鰓)			× 1.5 =
扁卷螺			× 2.0 =
圓形蜉蝣幼蟲(鰓葉或高鰓叢)			× 2.0 =
池塘貝和河帽貝			× 2.0 =
豌豆蜆			× 1.8 =
淡水蝦			× 2.0 =
無箭袋與 3 脊柱盾的石蛾幼蟲			× 2.0 =
白渦蟲			× 2.3 =
扁舌蛭			× 2.3 =
靜澤蛭			× 2.6 =
蚋幼蟲和蛹			× 2.4 =
圓形蜉蝣幼蟲(橫向突出的鰓叢)			× 2.5 =
卵蘿蔔螺			× 2.3 =
觸角豆螺			× 2.3 =
小計		小計	

小計		小計	
生物指標	數量	指標值	產物
鈎蝦			× 2.1 =
水櫛水蟲			× 2.8 =
八目山蛭			× 2.8 =
水虻			× 3.0 =
球殼蚌			× 2.3 =
紅蠓幼蟲			× 3.5 =
泥管蟲			× 3.6 =
食蚜蠅幼蟲(鼠尾蛆)			× 4.0 =
總和		總和	

計算：

「產物」總和 : 「數量」總和 = 結果 ± 修正值 = 水質

--	--	--	--	--

修正值

高估結果：

13 至 15 種的物種                      約 0.2 分                      (即校正值= -0.2)

16 種以上的物種                      約 0.3 分                      (即校正值= -0.3)

低估結果：

5 至 3 種的物種                      約 0.2 分                      (即校正值= + 0.2)

2 至 1 種的物種                      約 0.3 分                      (即校正值= + 0.3)

6 至 12 種的物種                      結果 = 水質