

生物指標與溪流污染研究之簡介

教師：譚天常、潘寧民

學生：江適家

國立華僑實驗高級中學

在河川溪流污染日趨惡化的今天，我們如何可不借助精密儀器，便可大概知道河川所受的污染情形？

隨著現今科學日新月異的發展，改善了我們人類食、衣、住、行的許多問題。但相對的，卻也帶來了許多問題，河川溪流的污染便是其中之一。以我們最熟悉的臺灣來說，我們的河川，由於受到工廠所排放出來的廢水影響，使得河川的生態遭到破壞；河川兩旁住家或養豬、家禽戶所丟棄的垃圾及排放家畜的糞便，使得我們河川中的養分大量的增加，產生了「優養化」的現象。像這樣受到了污染的水，是否可供我們飲用呢？而我們應該如何去了解我們周遭河川所受的污染情形？進而去維護它呢？

一般河川溪流污染的研究方式

一般我們在觀察河川是否有受到污染，通常是以下列兩方面去研究：(一)是去探討這條河川中理化因子的關係，(二)是培養大腸菌，觀察並計算它概略的數量，以了解河川中的水是否可供飲用。

在探討河川中理化因子的關係時，我們通常使用儀器或化學實驗去探究河川中的 pH 值 (pH Value)、溶氧量 (Dissolved Oxygen)、導電度 (Conductivity)、混濁度 (Turbidity)、磷酸鹽 (PO_4^{3-}) 及氨氮鹽 ($\text{NH}_3\text{-N}$) 的含量等污染河川的因子。譬如當我們測量河川的 pH 值時，pH 值越低，代表水質呈酸性，可能有機物的含量較高，水質較差。又如測量河川中的溶氧量 (Dissolved Oxygen) 時，如果我們測量到溶氧量的值較高，那麼，這個地方的水質應該是污染較少的地區；反之，則可能有機質含量高，分解的結果造成溶氧降低，表示河川污染較大。而若河川中導電度、

混濁度、磷酸鹽及氨氮鹽的含量高的話，代表這條河川的有機質金屬離子、無機鹽類多，污染較大，反之，則較小。當然，如果只由一種理化因子來判斷水質的優劣，是不夠客觀的，我們必須結合各種理化因子，綜合來討論，才能評斷出一個大概的情形。

我們通常在探討理化因子之外，還有另外一種方式可供我們了解水質的優劣，那就是大腸菌類的數量。大腸菌類一般存在於哺乳動物之腸道內，故哺乳類的排泄物均含大量大腸菌類，如果處理不當即會隨著污染水污染河川。而我們要知道大腸菌類的數量，通常要先經過擬定試驗（Presumptive test）、確定試驗（Confirmed test）、及完成試驗（Completed test）等三個步驟後（註1），再將其大腸菌落的個數換算成每100毫升原始水樣所含有的大腸菌類之最大可能數（MPN；Maximum Possible Number），便可得知其大約數量。然後與環保法令（表一）比較可得知河川的水質優劣，以及是否適合供給我們飲用。

表一 河川大腸菌類數量與水質關係（環保法令）

河 川 水 質 階 級	甲	乙	丙	丁
每 100 毫 升 中含大腸菌 類之MPN	50 以下	5000 以下	10000 以下	10000 以上
※甲：表示該河川水經處理後，可作一級飲用水。 乙、丙：表示該河川水經處理後，可作二級飲用水。 丁：表示該河川水經處理後，不可作飲用水，只適合作灌溉、工業用水等。				

由以上的討論我們可以知道，以理化因子的關係來探討水質的優劣，可以使我們知道污染河川的「本質」是什麼，而大腸菌類的數量，可以使我們了解河川中的水是否可供飲用。像這樣的方法，都被廣泛的應用在水質及生態學的研究上。但是，這些方法也有其缺點，如在討論或測驗理化因子時，常需藉助貴重儀器或繁複的實驗程序，一般人不太可能接觸像這樣的東西。再者，理化因子祇能代表一較短期的結果，無法代表長時間河川的污染情形。以下我們所將要介紹的生物指標，便可克服上述問題。

簡易的生物污染指標

當我們想要在河川中找出一種生物能反應污染情形，並且爲人所熟知，又容易採集的，我想水棲生物應是最恰當的了。

根據生態研究者提出選用水棲生物做爲評估水質的理由是：(1)許多水棲生物對水污染特別敏感，並且反應迅速；(2)大部分的水棲生物在未受污染的情況下，可在水中生存一年以上，因此水棲生物的存在與否，可表示過去長時間環境的影響變化；(3)由於水棲生物多爲固定生活在某一區域，並不隨便遷徙，因此可做爲評斷水質的天然監視儀(參2)。

另外，在水中的浮游生物，也可做爲污染的指標，尤其是藻類。因爲藻類多爲附著於石頭上，即使環境惡劣，它仍保留在該處。若此藻類是敏感者，則它對新引入的一些污染物質會以某些特定的方式反應(參3)。因此，浮游生物也可做爲一污染的指標。

大豹溪生物指標與水質階級的研究

對於生物指標的探討，筆者曾於三峽大豹溪做過一系列的研究。研究中包括理化因子、水棲生物及浮游生物、大腸菌類與大豹溪的河川水質做一探討。筆者並將所研究的結果，與日本水淨化會所研究出的水棲生物報告(參4)比較，除此之外，筆者也參考一些浮游生物專家所研究的資料相互印證(參5)。結果發現，在水棲生物方面(表二)與日本報告的研究結果(表三)大部分都雷同，只有某些部分略有不同。例如日本報告中提出石蠶類屬於清潔與略污濁水域之間的污染指標，根據我們的實驗結果，認爲它應該屬於略污濁與污濁水域間的污染指標；日本報告又認爲大口螺屬於略污濁水域的污染指標，但根據我們的實驗結果，我們認爲它應該屬於污濁與非常污濁水域的污染指標。日本報告又認爲河黑螺可當作污染指標，但根據我們的實驗結果，我們認爲，它並不是一個明顯的水質污染指標，因爲他們在各種水質階級中均大量存在，只是非常污濁水域較少。附帶一提，蜉蝣類雖廣泛存在於污濁及清潔水域，但在污染嚴重的水域大多發現頭部較小的蜉蝣，而頭部較大的蜉蝣，則在清潔水域有增多的趨勢。因此，蜉蝣類頭部的大小也可做爲污染程度的指標。

另外在蜉蝣生物方面(表四)，我們參照了施炳霖先生等人的報告(表五)，結果發現與我們實驗結果相同之處甚多，但我們尚發現平板藻、橋彎藻可以當做污濁水域的

污染指標。

表二 大豹溪指標生物與水質階級關係（水棲動物）

水質階段	指標動物	水質階段	指標動物
A. 清潔水域	澤 蟹	C、D D. 非常污 濁水域	大口螺類
	翅 類		紅 蟲
	蛇 蜻 蛉		污水菌類
A、B B. 略污濁的 水 域	苦 花		鯉魚（魚類）
	蜻 蛉 類		顫 蚓 類
	寬板扁泥蟲		翻 轉 螺
B、C C. 污濁 水域	豆 娘	備 考	管 尾 蟲
	石 蠶 類		河 黑 螺
	溪哥（魚類）		蜉 蝣 類
	小 縞 石 蠶		
	水 蟲		
	蛭 類		

表三 指標生物與水質階級關係（取自日本水淨化會）

水質階段	指標生物	水質階段	指標生物
A. 清 潔 的 水 域	1.澤 蟹	C. 污 濁 的 水 域	11.蛭 類
	2.翅 類		12.水 蟲
	3.河 黑 螺		13.佐保小蜉蝣
	4.蛇 蜻 蛉	C、D D. 非常污濁 的水域	14.紅 蟲
A、B B. 略污濁的 水 域	5.蜉 蝣 類		15.污水菌類
	6.石 蠶 類		16.顫 蚓 類
	7.小 縞 石 蠶		17.翻 轉 螺
	8.蜻 蛉 類		18.管 尾 蟲
	9.寬板扁泥蟲		
	10.大口螺類		

表四 大豹溪指標生物（浮游生物）與水質階級關係

水質階段	指 標 生 物	水質階段	指 標 生 物
A. 清潔水域	微星鼓藻 Micrasterias sp.	C. 污 濁 水 域	平 板 藻 Tabellaria sp.
	錐 囊 藻 Dinobryon sp.		橋 彎 藻 Cymbella sp.
B. 略 污 濁 水 域	間 生 藻 Oedogonium sp.	D. 非 常 污 濁 水 域	眼 蟲 Euglena sp.
	四角盤星藻 Pediastrum sp.		蛭 輪 蟲 Philodina sp.
C. 污 濁 水 域	柵 藻 Scenedesmus sp.		顫 藻 Oscillatoria sp.
	直 鏈 藻 Melosira sp.		

表五 指標生物與水質階級關係（取自施炳霖等人報告）

水 質 階 級	指 標 生 物	水 質 階 段	指 標 生 物
A. 清 潔 的 水 域	微 星 鼓 藻	C. 污 濁 的 水 域	柵 藻
	錐 囊 藻		直 鏈 藻
B. 略污濁的 水 域	間 生 藻	D. 非常污濁 的 水 域	眼 蟲
	盤 星 藻		蛭 輪 蟲
			顫 藻

生物指標值得推廣

一般未受污染之溪流，均有其一定程度的溶氧量、混濁度、磷酸鹽及氨氮鹽濃度、pH 值和水溫（如表六）；根據經濟部水資源統一委員會之理化水質積分表顯示，水質

表六 一般溪流理化因子之範圍

項 目	一 般 溪 流 理 化 因 子
溶 氧 量 (mg/ℓ) (D.O)	> 6.5
混 濁 度 (mg/ℓ) (S.S)	< 20
磷 酸 鹽 (mg/ℓ) (PO_4^-)	0.01 ~ 0.1 足 夠 加 速
氨 氮 鹽 (mg/ℓ) ($\text{NH}_3\text{-N}_2$)	< 0.5
pH 值	6.0 ~ 9.0
水 溫 (°C)	< 35

受污染的程度亦可由理化因子的改變區分為未受（或稍受）污染、輕度污染、中度污染、嚴重污染等四級（如表七），若與上述利用生物指標區分水質之準確性比較，筆者曾以

表七 理化水質積分表

項 目 \ 污染程度	未 受 污 染 稍 受	輕 度 污 染	中 度 污 染	嚴 重 污 染
溶氧量 (D.O) mg/ℓ	6.5 以上	4.6 ~ 6.5	2.0 ~ 4.5	2.0 以下
生化需氧量 (B.O.D) mg/ℓ	3.0 以下	3.0 ~ 4.9	5.0 ~ 15	15 以上
懸浮固體 (S.S) mg/ℓ	20 以下	20 ~ 49	50 ~ 100	100 以上
氨 氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$) mg/ℓ	0.50 以下	0.50 ~ 0.99	1.0 ~ 3.0	3.0 以上

三峽大豹溪作六個站之研究，結果大致相符。但理化因子在雨季與非雨季之變化極大，因此若想單獨藉理化因子來辨認水質，尚應考慮不同季節及是否偶發性污染的問題，否則隨時均有誤判之可能。這也是生物指標在鑑定水質上之客觀、高可信度及值得推廣的地方。

優養化問題值得堪憂

我們的河川，在受到了人們的污染之後，很容易造成一種養分過多的現象，叫做「優養化」。(參6、7)什麼是「優養化」呢？我們都知道，每條河川本來都有其自淨作用(即稀釋作用)，它會將污染的物質或過多的養分稀釋掉，使得河川保持一定的狀態。如果外來的養分過多(如養豬戶所排放家畜的糞便或人們所丟棄的垃圾)，便會破壞河川的自淨作用，使得水中的有機營養增加，這樣的結果會使水中生物，尤其是在水面上層的及其他生物行呼吸作用，藻類繁殖過多，阻擋了下層植物行光合作用、再加上生物死亡後屍體分解消耗更多的氧氣及有些生物在死後會釋放出毒素，最後生物因缺氧大量死亡，導致該河川成為「死水」。

在我們台灣現在的許多河川、湖泊中，已有了這種使河川成為「死河」的優養化情形，實在值得大家注意。

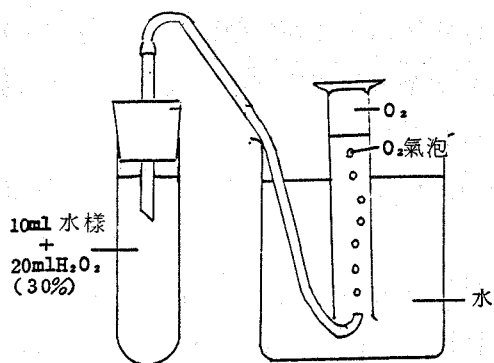
我們知道「優養化」會使生物大量的繁殖，我們要怎樣知道河中的生物是否增加了呢？筆者在此介紹一種方法提供各位參考(圖一)。我們知道一般的生物均含有一種觸酶(Catalase)，它能將 H_2O_2 分解成 O_2 和 H_2O ，如果水樣中含有生物，則在加入一定量的 H_2O_2 之後，必有氧氣產生，如果生物過多，則產生的氧氣也愈多。筆者曾在上述大豹溪的研究報告中使用此法鑑定水質，結果與一般理化因子生物指標調查結果大致相符(如表八、圖二)。

美好的環境需要大家來維護

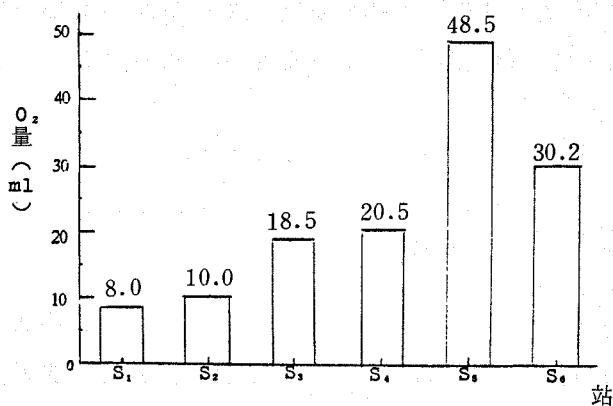
科學的進步，可以使我們生活富裕，物質不餘匱乏。但我們在享受科學文明帶給我們的富裕生活時，是否也應該好好的將科學文明帶給我們的「惡果」去除呢？筆者之所以撰寫此文，無疑的是希望有「拋磚引玉」的作用，希望有更多的人來從事對環境污染的研究，有更多的人來關心我們的生活空間所遭受的「傷害」，並衷心的期盼，在不久

表八 6站的水質污染階級與優養化程度

站 名	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
可 能 污 染 源	少 數 露 營 烤 肉	露 營 烤 肉	樂 樂 谷 遊 樂 區	村 落 遊 樂 區	工 廠 垃 圾 場	城 市 住 家 農 田 廠
水 質 階 級	清 潔 水 域	清 潔 水 域 與 略 污 染 之 間	略 污 濁 水 域	略 污 濁 與 污 濁 水 域 之 間	污 濁 與 非 常 污 濁 水 域 之 間	非 常 污 濁 水 域
優 養 化 程 度	無	前 期	前 期	前、中期	中 期	後 期
前期：正在加速優養化 中期：優養化巔峯（水生生物數量最多） 後期：因缺氧等因素，水生生物大量減少						



圖一 各站水樣與 H₂O₂ 反應產生 O₂ 裝置



圖二 各站水樣與 H₂O₂ 反應產生 O₂ 量之比較

的將來，我們的地球，能在全人類維護環境清潔的努力下，恢復往日的清新。

參考資料

1. 微生物實驗 王貴譽 中央圖書出版社 (1978), P.85~87。
2. 環境監測 陸繼雄 淑馨出版社 (1988), P.1~60
3. 淡水河流域水生物調查及水質評估之研究
經濟部水資源統一規劃委員會 (1984), P.7~41
4. 以水生生物判斷水質之簡易調查法 日本水淨化會 原著(行政院環境保護署編譯)
(1985), P.1~16
5. 台北縣泰山鄉大寮溪水中微生物分佈調查 施炳霖 台北縣立泰山國中
(1989), P.1~78
6. 優養化問題之探討 張尊國 科學月刊 18卷11期 (1987), P.821~823
7. 優養化(一)(二) 胡思聰 大自然 (1988), P.72~75

(上承 64 頁)

●科學教育文輯(79.8)

本書彙集科學教育研究所的研究人員，對所有有關科學教育方面的問題進行分析、探討和評論。

●科學教育論叢(79.8)

吳主任委員大猷先生，以其從事廿餘年的台灣科學發展長者身份，對當前科技問題及其發展方向加以探討，回顧與前瞻兼顧，對我國科學教育貢獻良多。

●教育部科教指導委員會十年來工作報告(79.8)

此一報告，除對科學教育指導委員會的緣起、組織系統、功能多所介紹外；對該會交付國立台灣師範大學科學教育中心辦理之各項計畫執行現況及成果更有詳實的報導。

●國中七十八學年度科教輔導分區研討資料彙編(79.10)

綜合七十八年度國中北、中、南三區舉辦的分區研討會中所提建議事項及各科疑難問題處理情形編印而成，以供教學上的參考。

●國際數學及科學教育評鑑(IAEP)計畫期中研究報告(一)

第一屆國際教育評鑑(IAEP'88)簡介(79.10)