

探討磺河流域底棲矽藻群集與水質之關係

Correlation between Benthic Diatom Community and Water Quality in the Huangxi Drainage Area

李麗華 葉明峰 謝莉顯 薛美莉*

Li-Hua Lee, Ming-Fong Ye, Li-Yun Hsieh and Mei-Li Hsueh*

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集镇民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

*通訊作者：shiu@tesri.gov.tw

*Corresponding author: shiu@tesri.gov.tw

摘要

本研究於 2015 年 4 月至 12 月調查台灣北部大屯山磺溪溫泉主流及支流共 5 個樣站底棲矽藻組成。總計 4 次採樣共鑑定出 38 屬 88 種底棲矽藻，群集分析結果其矽藻組成分為 4 群，磺溪主流與支流藻種組成有明顯之分群。矽藻群集與水質因子進行多元尺度分析的結果發現溫度、溶氧量、pH 值與氨氮濃度對藻種呈現正影響，其中 pH 值對藻種的組成影響最為明顯。水體的導電度值及濁度則是對藻種組成呈現為負影響。結果顯示受溫泉影響的酸性水域會限制藻種的生存，由矽藻組成與環境分析的結果來看，*Eunotia* 及 *Pinnularia* 屬可以成為酸性水質的指標物種。

Abstract

Benthic diatom communities and water quality were investigated at a total of 5 sample sites along the Huangxi mainstream (three sample sites) and two branches (two sample sites) in northern Taiwan from April to December 2015. A total of 88 species belonging to 38 genus of benthic diatoms were

identified in the Huangxi drainage area. Diatom communities were classified into five groups by cluster analysis. The results of cluster analysis indicated that diatom communities were clearly separated between the Huangxi mainstream and branches. The correlation between benthic diatom community and water quality was examined by multidimensional scaling (MDS). The results pointed out water temperature, dissolved oxygen, pH value and ammonia nitrogen were positive effects with diatom communities, and pH value was the main affecting factor on diatom communities. On the other hand, conductivity and turbidity were negative correlations with diatom communities. The results indicated that acidity of hot spring might constrain diatom communities, and *Eunotia* and *Pinnularia* could be indicator genus of acidic fresh-water.

關鍵詞：底棲矽藻、酸性水質、溫泉、磺溪流域、指標物種

Key words: benthic diatoms, acidity, hot spring, Huangxi drainage, indicators

收件日期：2017 年 01 月 24 日 接受日期：2017 年 04 月 07 日

Received: January 24, 2017 Accepted: April 07, 2017

緒 言

矽藻普遍生存於水域生態系中，水體中各項因子如營養鹽、有機質含量、pH 值、以及鹽度等環境因子都會影矽藻組成(Mulholland *et al.* 1986; van Dam *et al.* 1994; Dell'Uomo and Torrisi 2011; Potapova 2011; Kelly, 2003)，因此藉由矽藻的物種組成以及藻種本身特性做為當地環境水質指標(Rimet 2012)。有些矽藻可以適應極端的水質環境，例如 Quintela *et al.* (2013)在北大西洋的亞速群島的火山與溫泉區的極酸性水體或是高熱的水域中發現以 *Eunotia*, *Nitzschia* 及 *Pinnularia* 等三屬矽藻為優勢，因此藻種組成可以反映當地的水質狀態(Valentino and Stanzione 2004)，並做為環境監測的工具(Buczko 2006; Kwadrans 2007;

Schowe, 2013)。

臺灣擁有豐富的溫泉資源，但對於溫泉特性及適應溫泉特殊環境的生物相卻少有研究，尤其是具水質指標意義的矽藻的資料更是缺乏，Chang (1966)曾針對台灣 12 個溫泉地區進行矽藻採集，共鑑定出 44 種矽藻，當時多為台灣新紀錄種。林(1996)對臺灣地區碳酸溫泉矽藻進行採樣，採集了 21 個分布於台灣各地之碳酸溫泉，鑑定出矽藻 23 屬 75 種及 13 個變種，碳酸溫泉矽藻以 *Achnanthes* 及 *Cymbella* 兩種屬藻種較優勢，對於溫泉地區溪流矽藻種類組成以及其與水質之關係均未進一步分析。本研究以台灣北部大屯山火山群磺溪流域為研究地點，大屯火山群為台灣主要的火山分布區。根據研究該火山群於最近的兩萬年中仍有持續活

動的現象，目前已知的最後一次活動很可能在 5000 年前，因為地底還有岩漿活動，底層的熱水及硫氣，冒出地表之後形成溫泉匯流至溪流形成特殊的溫泉溪流環境(Chen *et al.* 2010)。陳等(2007)調查大屯火山區之溫泉為酸性硫酸泉及氯化物溫泉其泉水的 pH 值介於 1.5 至 3.6 間，屬於極酸性水體。因此本研究除磺溪流域外並加入周邊非溫泉區域之溪流為對照區，在各季節調查底棲矽藻並分析各樣點水質，以探討溫泉地區底棲矽藻群集與水質之關係。

材料與方法

一、研究地點

本研究以大屯山磺溪流域為調查地點。磺溪發源於陽明山國家公園的七星山小油坑，匯流竹子湖西側的源流下湖溪與紫明溪後始稱「磺溪」，其西北向有清水溪與西勢溪兩條支流(經濟部水利署，2013)。大屯山位於台灣北部，每年 11 月至翌年 4 月盛行東北季風，因地形的影響氣流往上抬升，造成磺溪流域雨量豐沛。根據中央氣象站竹子湖觀測站 1981-2010 年的資料顯示當地年雨量達 4078mm，年均溫 18.7 °C 月平均溫度介於 11.8 至 24.8 °C 屬冬季多雨，夏季乾旱之氣候型。本研究在磺溪主流依序設置 3 個採樣點分別為磺溪上游 (St1, 上磺溪橋海拔 375m)、磺溪中游 (St2, 林莊橋上方海拔 81m) 以及磺溪下游 (St3, 磺溪橋海拔 2m)。另在磺溪支流清水溪 (St4, 六興橋海拔 37m) 及西勢溪 (St5, 便民橋上方海拔 33m) 各設置 1 個採樣點，總計 5 個採樣點 (圖 1)，每季進行矽藻及水質調查。

二、矽藻及水質調查

1. 底棲矽藻採集與鑑定

調查時間於 2013 年 4、7、10 及 12 月(分別代表春季、夏季、秋季以及冬季)共進行 4 次採集。底棲矽藻方式為隨機取水中底質石塊 3 塊，每塊石頭以牙刷刮取面積 10cm x 10cm 的表面藻類，再以少量河水洗入容器中，最後將各石頭上刮取下之藻類均勻混合，倒入採樣瓶中。採集所得之藻液，馬上添加 3%~5% 之中性福馬林固定後帶回實驗室。所採得樣本以濃硫酸液進行酸洗，將酸洗後之樣本製成玻片標本。以干擾相差顯微鏡(OLYMPUS, BX51 型；最高 1000 倍)，及電子顯微鏡(HITACHI, TM 3000；4000-10,000 倍)進行藻種觀察鑑定。藻種主要依據 Freshwater Diatom Flora of Taiwan (Wu *et al.* 2011) 進行鑑定。

2. 水質調查與分析

在採集藻類之相同樣點與時間以手持式綜合水質儀 (multiparameter device, WTW) 測定水中溫度(water temperature, WT)、溶氧量 (dissolved oxygen, DO)、導電度(conductivity, Cond)、酸鹼值(pH)以及濁度(Turbidity)。各樣點再以 500ml 棕色瓶採水 (重複 3 瓶)，放置冰桶中攜回實驗室分析其懸浮固體量(suspended solids, SS)、氨氮(NH₃-N)及生化需氧量(biochemical oxygen demand, BOD₅)。水中懸浮固體檢測方法以濾紙濾水後於 103 至 105 °C 乾燥後秤重(NIEA W210.58A)，氨氮以靛酚比色法(NIEA W448.51B)分析，水中生化需氧量在 20 °C 溫培養箱中暗處培養 5 天後測定水樣在此期間氧化水中物質所消耗之溶氧 (NIEA W510.55B)。

將水中溶氧量(DO)、生化需氧量(BOD₅)、懸浮固體(SS)、與氨氮(NH₃-N)等四項水質參數

之濃度值，來計算河川污染指數(river pollution Index, RPI)。再以 RPI 指數評估河川水質污染程度。RPI ≤ 2.0 為未(稍)受污染； $2.0 < RPI \leq 3.1$ 為輕度污染； $3.1 < RPI \leq 6.0$ 為中度污染； $RPI > 6.0$ 為嚴重污染(環保署全國環境水質監測資訊網 2017)。

3.藻種與環境因子資料分析

藻種組成以 PRIMER 6.0 進行植群矩陣群團分析 (hierarchical cluster analysis) 進行分析。藻種與水質因子的影響，以調查所得之各樣點環境因子及藻種，利用 R 程式語言軟體撰寫程式進行多元尺度分析 (multidimensional scaling, MDS)。

結果

一、底棲矽藻藻種與季節變化

在所有的 5 個樣點中共採集鑑定出 38 屬 88 種矽藻種類(表 1)。以磺溪流域而言，各站所調查的藻種中以磺溪上游(St1)藻種最少，只鑑定出 8 屬 12 種矽藻，其中以 *Pinnularia* 屬的藻種居多(表 2)。磺溪中游(St2)共採集鑑定出 24 屬 44 種矽藻，以 *Navicula* 屬的藻種居多。磺溪下游(St3)共採集鑑定出 33 屬 64 種矽藻，也以 *Navicula* 屬的藻種居多，磺溪主流所採集到的藻種數由上游至下游逐漸增加之趨勢。支流清水溪流域的 St4 共採集鑑定出 32 屬 61 種矽藻。西勢溪流域的 St5 共採集鑑定出 32 屬 68 種矽藻，為採集藻種最多的樣點，在 St4 及 St5 以 *Navicula* 屬及 *Nitzschia* 屬的藻種居多。其中 *Achnanthes brevipes*, *Achnantheidium convergens*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Melosira varians*, *Navicula suprinii*, *Nitzschia solita* 等 6 種矽藻分布最廣泛，出現在磺溪

主流及支流各樣站中。而 *Eunotia exigua*, *Eunotia septentrionalis*, *Pinnularia appendiculata*, *Pinnularia subcapitata*, *Pinnularia variarea*, *Hantzschia distinctepunctata*, *Punctastriata linearis*, *Staurosira venter* 及 *Diploneis oblongella* 等 6 屬 9 種矽藻則僅出現在磺溪主流，支流樣站未曾發現。

就季節變化來看，在磺溪主流域三個樣站中藻種數的變化均呈現由春季至冬季逐漸增加的現象(圖 2)。支流清水溪 (St4)以秋、冬季所採得的藻種較多，但西勢溪流域(St5)反而在春季所採得的藻種最多。

二、水質

由各樣點水質分析結果來看(表 2)，磺溪流域三個樣區平均水溫以磺溪上游 St1 最低為 $20.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 而後依序為 St2($21.3\text{ }^{\circ}\text{C}$)及 St3($23.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) 而 2 個支流樣點的平均水溫約 St4($23.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) 與 St5($22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$) 各站的最低水溫出現在 12 月 ($15-17\text{ }^{\circ}\text{C}$) 最高水溫為 7 月 ($26-29\text{ }^{\circ}\text{C}$) 各樣站的導電度以磺溪上游 (St1) 最高平均 $846\mu\text{s}/\text{cm}$ ，而後逐漸降低，支流的 St4($124\mu\text{s}/\text{cm}$) 與 St5($181\mu\text{s}/\text{cm}$) 其電導度均較磺溪主流低。在磺溪主流水體 pH 值介於 3.3-4.8 間，為酸性水體，但支流水體 pH 值的平均值均在 7 至 8 間，屬於中性偏鹼水體。以磺溪流域而言，上游的 St1 導電度及濁度值都比較高，pH 值則有依上游至下游逐漸增加的趨勢。將 5 個樣站水質懸浮固體、生化需氧量(BOD_5)、氨氮及溶氧量換算其河川汙染指數(River Pollution Index, RPI) 來檢測其受汙染之情形，結果發現 5 個樣站的水質 RPI 都在 2 以下，整個磺溪流域水質均處於未(稍)受汙染的情況，僅在磺溪下游(St3)7 月曾出現輕度汙染，該樣站之氨氮濃度 ($0.38\text{mg}/\text{L}$) 也高於其他地區。

討論

一、底棲矽藻組成

將各站調查的藻種進行多元尺度分析，以了解各樣站在不同季節中藻種組成的相似度，其結果可將磺溪流域藻種組成分為 5 群 (similarity=46%, stress0.07)(圖 3)。在磺溪上游(St1)除春季外，其他季節的藻種可以歸為同一群。磺溪中游(St2)及下游(St3)的藻種組成雖然分為兩群，但彼此互有交集，以藻種組成分析的結果來看，磺溪 St2 以及 St3 秋冬季的藻種組成極為相似。而支流清水溪(St4)與西勢溪(St5)的藻種組成則可歸為同一群。

溫泉地區的水質因為化學及物理因子的影響，會形成有別於其他水體的棲地環境(Hynes 1976)，但不同類型的溫泉因水質內含物不同其生物群聚會有所差異(Cantonati 1998)。另外在磺區所排放的酸性水體中，矽藻群聚也會有別於其他區域(Schowe *et al.* 2013)。本研究磺溪主流的上游(St1)因最靠近溫泉源頭其水體因受硫酸鹽及氯化物的影響(陳等 2007)，水中電導度平均值高達 $846\mu\text{s}/\text{cm}$ 且極酸性($\text{pH}3.3\pm 0.4$)。此種特殊環境限制水中生物的種類，可適應該環境的藻種相對減少，以本次調查結果來看僅發現 12 種，其中 *Pinnularia* 為優勢屬，同為磺溪主流的中游(St2)及下游(St3)雖受溫泉影響，但水體 pH 值已提升至 4 以上，且電導度下降，因此藻種數較上游多，在藻種組成也以與上游明顯分群。本次調查有 6 屬 9 種矽藻為只出現在磺溪主流的矽藻，其中 *Eunotia* 屬有 2 種 (*E. exigua*、*E. septentrionalis*)，*Pinnularia* 屬有 3 種 (*P. appendiculata*、*P. biceps* 及 *P. subcapitata*)(圖 4)。研究顯示 *P.*

appendiculata 特別喜好在 $\text{pH}<7$ 的水體環境中生存，而 *P. biceps* 及 *P. subcapitata* 也是酸性水質的常見的藻種(Mills *et al.* 1989)。另一種 *Eunotia exigua* 則為酸性磺區水域的常見種(Schowe 2013)，這些藻種的出現符合磺溪主流酸性水質環境。相對的，在 St4 及 St5 所調查到的 *Navicula* 屬及 *Nitzschia* 屬，多為一般淡水河川中常見的藻種。

二、藻種與環境因子

將各樣站環境因子及藻種數據以 R 程式進行多元尺度分析(multidimensional scaling, MDS)，所得結果見圖 5。環境因子對群聚的影響分析結果顯示，水中溫度、溶氧量、pH 與氨氮濃度對藻種呈現正影響，其中 pH 值對藻種的組成影響最為明顯。水體的導電度值及濁度則是對藻種組成呈現為負影響，導電度值越高所調查到的藻種越少。

磺溪發源於大屯火山群七星山，此地區的水源主要因含有大量的游離酸，屬於酸性硫酸鹽氧化物型水質(陳 1989)，本研究的磺溪主流因受溫泉影響水質呈酸性，上游(St1)在 4 次調查所測得的 pH 值都低於 4，最低測值為 2.74(4 月)，即使是下游 St3 在 12 月所測得的最高 pH 值 5.27 仍為弱酸性。而支流清水溪流域的 St4 水樣 pH 值均介於 6.79-7.36 為中性水質。西勢河流域的 St5 水樣 pH 值在 7.3-8.43 之間，偏弱鹼性水質。在磺溪流域上游的 St1 至下游 St3，隨著其他水源的匯入，pH 隨之增加，相對所調查到的藻種越多。未受溫泉影響的支流樣站 St4 和 St5 所發現的藻種也比磺溪主流多。由於磺溪內含有大量的游離酸與陰陽離子，因此磺溪上之 St1、St2 及 St3 的導電度值均高，尤其上游 St1 的 4 季水樣導電度值均高於其他樣站。因此導電度值最高的 St1 比同

樣為磺溪流域內的樣站所調查到的藻種相對最少。

矽藻長期以來被利用做為水質酸鹼值的指標生物，甚至應用在水質酸化監測上有良好的結果(Buczko 2006; Kwadrans 2007)。在有關酸性水質矽藻群聚研究結果發現，*Eunotia*、*Nitzschia* 及 *Pinnularia* 這 3 屬矽藻為礦區及溫泉地區常見的藻種 (DeNicola 2000; Lu *et al.* 2009; Owen *et al.* 2008)。就本研究的結果來看，各樣站在藻種群聚有明顯的差異，尤其是 St1 與 St4、St5 所調查到的藻種區隔性很高，且 St1 以 *Pinnularia*、*Eunotia* 屬之藻種為優勢，與 St4 和 St5 這兩樣站多為 *Navicula* 屬及 *Nitzschia* 屬的藻種明顯不同。St1 與 St2 和 St3 則是呈現連續性的差異，這是因水中 pH 值的變化，從 St1 至 St3，藻種數隨之增加變化。St4 和 St5 這兩樣站所調查到的藻種則是重疊性很高，顯示這兩個樣站的藻種群聚相似度高。

結 論

本次調查磺溪流域由於位在火山地區，因此在主流的樣站水質偏酸，採集到的底棲矽藻與支流的清水溪及西勢溪明顯不同。由矽藻組成與環境分析的結果來看，*Eunotia* 及 *Pinnularia* 屬可以成為溫泉或礦區酸性水質的指標物種。

致 謝

本文完成感謝經濟部水利署第十河川局(計畫編號: WP102002)的經費支持，河川實驗室同仁在野外工作的協助以及范素瑋博士在統計分析上的協助。謹在此一併致謝。

參考文獻

- 林基烈。1996。臺灣地區碳酸溫泉矽藻之研究。國立中興大學碩士論文。
- 陳肇夏。1989。台灣的溫泉和地熱。地質 9(2) 327-340。
- 陳柏淳、蕭如瑾、趙彥婷。2007。大屯火山區溫泉水質特性及砷污染問題初步探討。臺灣地球科學聯合學術研討會。
- 經濟部水利署第十河川局。2013。磺溪(含支流及河口海域)河川情勢調查計畫期末報告。
- 環保署全國環境水質監測資訊網。2017。
<http://wq.epa.gov.tw/Code/Business/Standard.aspx>
- Buczko, K. 2006. Bryophytic diatoms from Hungary, In: A. Witkowski (ed.) Proceedings of the Eighteenth International Diatom Symposium. Biopress Ltd., Bristol, pp. 1–15.
- Cantonati, M. 1998. Diatom communities of springs in the southern Alps. Diatom Research 13: 201-220.
- Chang, T. P. 1966. A preliminary report on the diatoms of the hot springs of Taiwan. *Taiwania* 12: 47-64.
- Chen, C. H., G. S. Burr and S. B. Lin. 2010. Time of a near Holocene volcanic eruption in the Tatun Volcano Group, northern Taiwan: Evidence from AMS radiocarbon dating of charcoal ash from sediments of the Sungshan Formation in Taipei Basin. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences* 21: 611-614.
- Dell' Uomo, A. and M. Torrisi. 2011. Rheophile Apennine diatoms and their use as bioindicators of water quality. Pages 401-

- 417 in: Seckbach, J and J.P. Kociolek (Eds.) The Diatom World. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology (COLE) Book Series, V.19, Springer, Dordrecht.
- DeNicola, D. M. 2000. A review of diatoms found in highly acidic environments. *Hydrobiologia* 433: 111–122.
- Hynes, H. B. N. 1976. The ecology of running water. 3rd. Liverpool University Press. 555 pp.
- Kelly, M. G. 2003. Short term dynamics of diatoms in an upland stream and implications for monitoring eutrophication. *Environment Pollution* 125: 117–122.
- Kwandrans, J. 2007. Diversity and ecology of benthic diatom communities in relation to acidity, acidification and recovery of lakes and rivers. *Diatom Monographs*, Vol. 9, pp. 1-169.
- Luis, A. T., P. Teixeira, S. F. P. Almeida, L. Ector, J. X. Matos and E. A. F. da Silva. 2009. Impact of acid mine drainage (AMD) on water quality, stream sediments and periphytic diatom communities in the surrounding streams of Aljustrel mining area (Portugal). *Water, Air, and Soil pollution* 200: 147–167.
- Potapova, M. 2011. Patterns of Diatom Distribution In Relation to Salinity. Pages 313-332 in: Seckbach, J and J. P. Kociolek (Eds.) The Diatom World. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology (COLE) Book Series, V.19, Springer, Dordrecht.
- Mills, A. L., D. E. Bell, A. R. Herliky. 1989. Microbes, sediments and acidified water: the importance of biological buffering. In: RAO, S.S. (Ed.). *Acid stress and aquatic microbial interactions*. Boca Raton: CRC Press, p.1-20.
- Mulholland, P. J., J. W. Elwood, A. V. Palumbo and R. J. Stevenson. 1986. Effect of stream acidification on periphyton composition, chlorophyll and productivity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43: 1846–18.
- Quintela A., S. F. P. Almeida, D. Terroso, E. F. D. Silva, V. Forjaz and F. Rocha. 2013. Diatom assemblages of thermal and mineral waters from volcanic environments in São Miguel Island, Azores. *Diatom Research* 28: 407-417.
- Owen, R., R. Renaut and B. Jones. 2008. Geothermal diatoms: a comparative study of floras in hot springs systems of Iceland, New Zealand, and Kenya. *Hydrobiologia* 610: 175–192.
- Rimt, F. 2012. Recent views on river pollution and diatoms. *Hydrobiologia* 683: 1-24.
- Schowe, K. A., J. S. Harding and P. A. Broady. 2013. Diatom community response to an acid mine drainage gradient. *Hydrobiologia* 705: 147-158.
- van Dan, H., A. Mertens and J. Sinkeldam. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherland Journal Aquatic Ecology* 28: 117–133.
- Wu, J. T., B. Babu, C. L. Chou and S. J. Saraswathi. 2011. *Freshwater Diatom Flora of Taiwan*. Biodiversity Research Center, Academia Sinica.

表1 磺溪流域不同季節矽藻的種類數(調查期間2013年4-12月)

Table 1. The diatom species numbers of Huangxi drainage area (from April to October 2013)

Sites	April		July		October		December		Annual total species	
	Genus	Species	Genus	Species	Genus	Species	Genus	Species	Genus	Species
st1	4	4	3	5	3	6	6	10	7	12
st2	9	13	11	16	15	25	21	34	22	44
st3	17	26	20	30	18	34	25	39	32	64
st4	15	30	18	31	22	43	25	42	32	61
st5	30	55	19	36	20	41	16	31	32	68
Total species number of all sites									38	88

表2. 磺溪流域矽藻名錄(調查期間2013年4-12月)

Table 2. Check list of diatom species in Huangxi drainage area (from April to October 2013)

樣站		磺溪上游 (St1)	磺溪中游 (St2)	磺溪下游 (St3)	清水溪 (St4)	西勢溪 (St5)							
座標/海拔(m)		308683	309826	313543	311654	312414							
		2785791	2788941	2791074	2790840	2791983							
		357	81	2	37	33							
種類/調查月份	藻種縮寫	4	7	10	12	4	7	10	12	4	7	10	12
<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh	<i>Achbre</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow	<i>Achexi</i>					✓							✓
<i>Achnanthes japonica</i> Kobayasi	<i>Achjap</i>					✓	✓	✓					✓
<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt	<i>Achsub</i>				✓				✓	✓	✓	✓	✓
<i>Achnanthidium convergens</i> (Kobayasi) Kobayasi	<i>Achiumcon</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	<i>Achiummin</i>					✓	✓	✓					✓
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	<i>Ampped</i>											✓	✓
<i>Amphora</i> sp.	<i>Amphsp</i>												✓
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	<i>Auldis</i>								✓				
<i>Bacillaria paradoxa</i> (O.F. müller) Gmelin	<i>Bacpar</i>					✓			✓			✓	✓
<i>Brachysira brebissonii</i> Ross in Hartley	<i>Brabre</i>					✓			✓				
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	<i>Calsil</i>					✓			✓				✓
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg)	<i>Coceug</i>		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i> (Ehrenberg)	<i>Cocpla</i>					✓	✓		✓			✓	✓
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	<i>Cycmen</i>								✓	✓	✓	✓	✓

表2.(續) 磺溪流域矽藻名錄(調查期間2013年4-12月)

Table 2.(Continue) Check list of diatom species in Huangxi drainage area (from April to October 2013)

樣站		磺溪上游 (St1)	磺溪中游 (St2)	磺溪下游 (St3)	清水溪 (St4)	西勢溪 (St5)
座標/海拔(m)		308683 2785791 357	309826 2788941 81	313543 2791074 2	311654 2790840 37	312414 2791983 33
種類/調查月份	藻種縮寫	4 7 10 12	4 7 10 12	4 7 10 12	4 7 10 12	4 7 10 12
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	<i>Cymtum</i>		✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓
<i>Cymbella novazeelandiana</i> Krammer	<i>Cymnov</i>				✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓
<i>Diadsmis biscutella</i> Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin	<i>Diabis</i>			✓		✓
<i>Diadsmis confervacea</i> Kützing	<i>Diacon</i>			✓		✓
<i>Diploneis oblongella</i> (Nägeli) Cleve-Eular	<i>Dipobl</i>			✓		
<i>Diploneis smithii</i> var. <i>dilatata</i> (H. Peragallo) Terry	<i>Dipsmi</i>		✓		✓	
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann	<i>Encmin</i>			✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓
<i>Encyonopsis leei</i> Krammer	<i>Enclee</i>		✓		✓	✓ ✓
<i>Eolimna minima</i> (Grunow in Van Heurck) Lange-Bertalot in Moser, Lange-Bertalo & Metzeltin	<i>Eolmin</i>				✓	
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson in Kützing) Rabenhorst	<i>Eunexi</i>	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓		
<i>Eunotia septentrionalis</i> Østrup	<i>Eunsep</i>		✓ ✓	✓ ✓ ✓		
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson) Lange-Bertalo & Krammer	<i>Frucra</i>		✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓	
<i>Frustulia quadrisinuata</i> Lange-Bertalot	<i>Fruqua</i>			✓ ✓		✓
<i>Geissleria decussis</i> (Østrup) Lange-Bertalot & Metzeltin	<i>Geidec</i>			✓ ✓		✓
<i>Gomphoneis clevei</i> (Fricke) Gil	<i>Gomcle</i>		✓ ✓		✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓
<i>Gomphonema angugstum</i> Agardh	<i>Gomang</i>			✓		✓
<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing	<i>Gomlag</i>				✓ ✓	
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	<i>Gompar</i>		✓ ✓	✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓
<i>Gomphonema pseudosphaerophorum</i> var. <i>pseudosphaerophorum</i> Kobayasi	<i>Gompse</i>		✓	✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	<i>Gomtrun</i>			✓		✓
<i>Gyrosigma nodiferum</i> (Grunow) Reimer	<i>Gymod</i>			✓	✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓
<i>Hantzschia distinctepunctata</i> (Hustedt) Hustedt in A. Schmidt <i>et al.</i>	<i>Handis</i>			✓ ✓		
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski	<i>Hipcap</i>					✓
<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) Round & Basson	<i>Lemhun</i>			✓	✓ ✓	✓ ✓
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) Mann	<i>Lutgoe</i>			✓	✓	✓
<i>Melosira varians</i> Agardh	<i>Melvar</i>	✓	✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓
<i>Navicula amphiceropsis</i> Lange-Bertalot & Rumrich	<i>Navamp</i>			✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	<i>Navcry</i>		✓ ✓ ✓ ✓	✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	<i>Navgre</i>		✓	✓ ✓ ✓	✓	

表2.(續) 磺溪流域矽藻名錄(調查期間2013年4-12月)

Table 2.(Continue) Check list of diatom species in Huangxi drainage area (from April to October 2013)

樣站		磺溪上游 (St1)	磺溪中游 (St2)	磺溪下游 (St3)	清水溪 (St4)	西勢溪 (St5)
座標/海拔(m)		308683 2785791 357	309826 2788941 81	313543 2791074 2	311654 2790840 37	312414 2791983 33
種類/調查月份	藻種縮寫	4 7 10 12	4 7 10 12	4 7 10 12	4 7 10 12	4 7 10 12
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	<i>Navrad</i>				✓	✓
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	<i>Navrec</i>			✓	✓	✓
<i>Navicula schroeteri</i> Meister	<i>Navsch</i>		✓	✓	✓	✓
<i>Navicula seminuloides</i> Hustedt	<i>Navsem</i>	✓		✓	✓	✓
<i>Navicula subfasciata</i> Pantocsek	<i>Navsub</i>		✓	✓		✓
<i>Navicula suprinii</i> Moser Lange-Bertalot & Metzeltin	<i>Navsup</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Navicula yuraensis</i> Negoro & Gotoh	<i>Navyur</i>		✓		✓	✓
<i>Nitzschia amphibian</i> Grunow	<i>Nitamp</i>					✓
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt	<i>Nitcap</i>				✓	✓
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	<i>Nitcla</i>			✓		✓
<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	<i>Nitinc</i>		✓	✓	✓	✓
<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch	<i>Nitint</i>		✓			✓
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow	<i>Nitfru</i>		✓	✓	✓	✓
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch	<i>Nitgra</i>			✓	✓	✓
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	<i>Nitpal</i>			✓	✓	✓
<i>Nitzschia prolongata</i> var. <i>hoehnkii</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	<i>Nitpro</i>			✓	✓	✓
<i>Nitzschia solita</i> Hustedt	<i>Nitsol</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pinnularia appendiculata</i> (Agardh) Cleve	<i>Pinapp</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pinnularia biceps</i> Gregory	<i>Pinbic</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	<i>Pinbor</i>			✓		✓
<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	<i>Pinsub</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pinnularia variarea</i> Metzeltin & Krammer in Metzeltin & Lange-Bertalot	<i>Pinvar</i>		✓	✓	✓	
<i>Pinnularia virdis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	<i>Pinvir</i>				✓	
<i>Planothidium biporumum</i> (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot	<i>Plabip</i>		✓	✓	✓	✓
<i>Planothidium frequentissimum</i> var. <i>magnum</i> (Straub) Lange-Bertalot	<i>Plafre</i>		✓	✓	✓	✓
<i>Punctastriata linearis</i> Williams & Round	<i>Punlin</i>		✓	✓		
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	<i>Rhoabb</i>		✓	✓	✓	✓
<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) Mann	<i>Selbac</i>		✓		✓	✓
<i>Sellaphora japonica</i> (Kobayasi) Kobayasi	<i>Seljap</i>		✓	✓	✓	✓
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	<i>Selpup</i>		✓	✓		✓

表2.(續) 磺溪流域矽藻名錄(調查期間2013年4-12月)

Table 2.(Continue) Check list of diatom species in Huangxi drainage area (from April to October 2013)

樣站		磺溪上游 (St1)	磺溪中游 (St2)	磺溪下游 (St3)	清水溪 (St4)	西勢溪 (St5)
座標/海拔(m)		308683 2785791 357	309826 2788941 81	313543 2791074 2	311654 2790840 37	312414 2791983 33
種類/調查月份	藻種縮寫	4 7 10 12	4 7 10 12	4 7 10 12	4 7 10 12	4 7 10 12
<i>Seminavis ventricosa</i> Gregory	<i>Semven</i>		✓	✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	<i>Stacon</i>				✓ ✓	✓
<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) Kobayasi in Mayama et al.	<i>Staven</i>			✓		
<i>Surirella angusta</i> Kützing	<i>Surang</i>		✓ ✓ ✓ ✓		✓ ✓	✓ ✓
<i>Surirella linearis</i> var. <i>helvetica</i> (Brun) Meister	<i>Surlin</i>		✓	✓ ✓ ✓	✓	
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	<i>Surrob</i>			✓ ✓		✓ ✓
<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Kützing	<i>Surspl</i>			✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓ ✓
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	<i>Synuln</i>			✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams & Round	<i>Tabfas</i>			✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓
<i>Tryblionella acuminata</i> W. Smith	<i>Tryacu</i>				✓	✓
<i>Tryblionella calida</i> (Grunow) Mann	<i>Trycal</i>				✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓
<i>Tryblionella levidensis</i> W. Smith	<i>Trylev</i>			✓ ✓ ✓	✓	✓ ✓
<i>Ulnaria danica</i> (Kützing) Compère & Bukhiyarova	<i>Uldan</i>			✓	✓	✓
<i>Ulnaria lanceolata</i> (Kützing) Compère	<i>Ulnlan</i>			✓	✓ ✓ ✓ ✓	
38屬88種		7屬12種	24屬44種	33屬64種	32屬61種	32屬68種

表3.磺溪流域各樣站水質因子調查結果(調查期間2013年4-12月)

Table 3.The results of water quality in Huangxi drainage area (from April to October 2013)

樣站	磺溪上游St1		磺溪中游St2		磺溪下游St3		清水溪St4		西勢溪St5	
	Mean±sd	Range	mean±sd	Range	mean±sd	Range	mean±sd	Range	mean±sd	Range
水溫(°C)	20.8±4.1	15.5-27.0	21.3±3.2	17.2-25.6	23.0±4.4	17.3-29.4	23.0±5.8	15.9-31.6	22.6±5.6	8.1-9.9
導電度 (µs/cm)	846±489	201-1438	358±65	277-455	285±27	265-332	124±8	113-135	181±35	147-240
pH	3.3±0.4	2.7-3.7	4.1±0.4	3.6-4.5	4.8±0.3	4.4-5.3	7.1±0.2	6.8-7.4	7.9±0.4	7.3-8.4
濁度 (NTU)	10.9±6.0	4.1-18.9	5.2±1.2	3.9-7.1	3.8±1.2	1.7-4.7	7.1±3.3	3.1-12.1	4.4±2.2	2.3-8.1
懸浮固體 (mg/L)	18.8±10.1	7.2-32.2	9.0±2.0	6.9-12.3	6.6±2.1	3.1-8.2	12.3±5.6	5.5-20.8	7.7±3.8	15.1-28.7
溶氧(mg/L)	8.5±0.8	7.2-9.5	8.8±0.6	8.2-9.7	8.1±1.0	6.4-9.1	8.8±0.8	7.9-9.9	9.0±0.7	4.1-14.0
BOD ₅ (mg/L)	0.53±0.50	0.05-1.27	0.51±0.18	0.35-0.77	0.80±0.29	0.30-0.98	0.75±0.40	0.20-1.16	0.96±0.69	0.30-2.10
NH ₃ -N(mg/L)	0.09±0.03	0.06-0.13	0.07±0.03	0.05-0.12	0.38±0.38	0.08-1.03	0.27±0.37	0.04-0.91	0.11±0.05	0.06-0.19
RPI	1.3±0.3	1.0-1.5	1.0±0.0	1.0-1.0	1.4±0.8	1.0-2.8	1.3±0.3	1.0-1.5	1.0±0.0	1.0-1.0

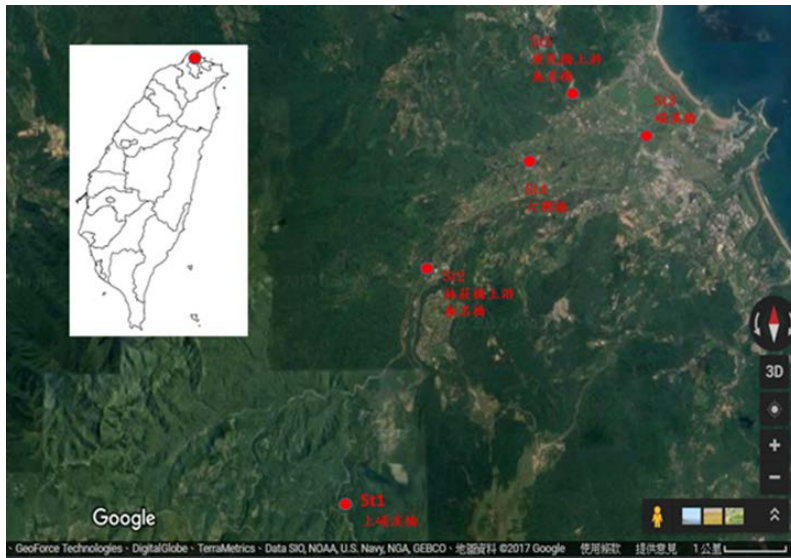


圖1. 磺溪流域各樣站位置圖 (St1磺溪主流上游, St2磺溪主流中游, St3磺溪主流下游, St4 清水溪, St5 西勢溪)。

Fig.1. Location of the study sites in Huangxi drainage area (St1 Huangxi upstream, St2 Huangxi upstream, St3 Huangxi upstream, St4 Chingshui creek, St5 Hishi creek)

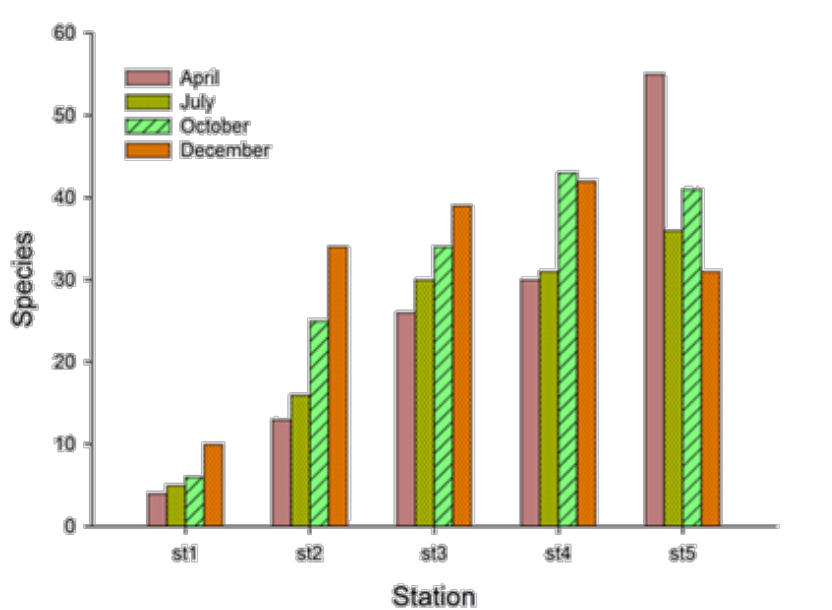


圖2. 磺溪各樣站藻種之季節變化。

Fig. 2. Diatom species numbers in different seasons in Huangxi drainage area.

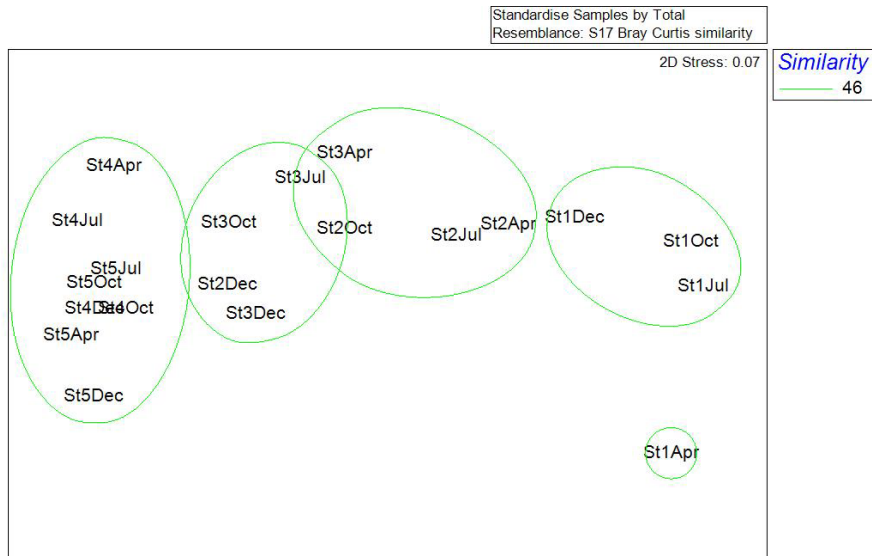


圖3. 磺溪流域樣站藻種群集分析結果。

Fig. 3. The result of cluster analysis of diatom in Huangxi drainage area.

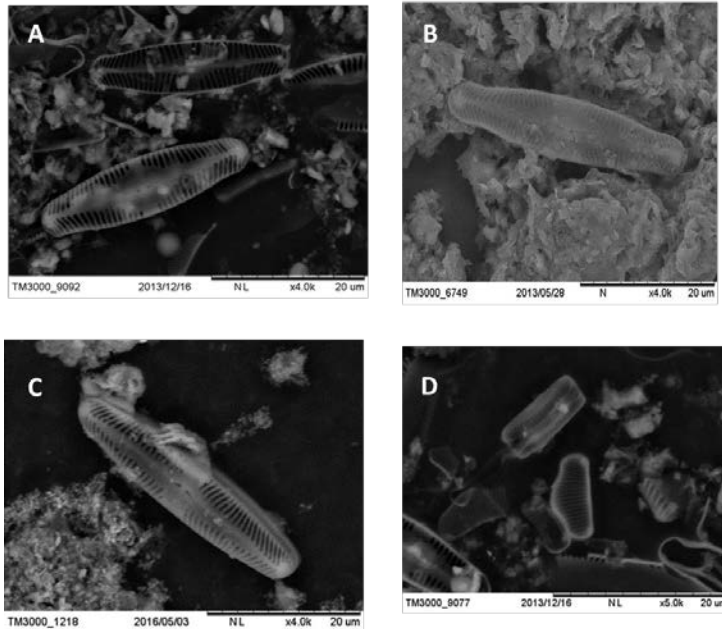


圖4. 磺溪主流的矽藻 (A) *Pinnularia subcapitata* (B) *Pinnularia biceps* (C) *Pinnularia appendiculata* (D) *Eunotia exigua*。

Fig. 4. The diatoms only recorded in Huangxi drainage area. (A) *Pinnularia subcapitata* (B) *Pinnularia biceps* (C) *Pinnularia appendiculata* (D) *Eunotia exigua*.

