

影響溪流水水化學的因子

◎林業試驗所集水區經營組·陸象豫 ◎中興大學森林系·劉瓊霖

水的分子式為 H_2O ，其性質是一定的，但是水是很好的溶劑，隨著溶解物質種類與量的不同，水的化學性質也有所改變；因而我們將水中的pH值、離子濃度(主要為 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 NO_3^- 等離子)、電導度(Conductivity)等含量之多寡所反應出的特性，稱之為水化學。影響集水區生物地質化學循環(Biogeochemistry cycle)的因子很多，包括礦質化作用、土壤、水文、植物、氣候、生物與人為干擾等，這些因素又直接或間接地影響溪流的水化學特性，因此溪流的水化學特性可作為反應森林經營的指標。

影響溪流水化學的因子可分為：

一、流量(Discharge)

溪流水的離子含量與溪流流量有顯著的相關性。懸浮質、 K^+ 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 等含量與溪流流量成正相關性，亦即豐水期濃度高，枯水期則濃度低；而 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 等離子濃度則呈負相關，且濃度隨流量的增加顯著地降低。然而何以會有如此兩極的反應，主要是稀釋與淋溶兩種作用的結果。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 等離子主要源自土壤風化、分解以及降水，暴雨時溪水增加，濃度因而被稀釋而降低。流量增加， K^+ 濃度亦增加，多為水分



樹冠層及地被植物對離子的吸收與釋放，為改變森林集水區雨水化學性質的第一場所(陸象豫 攝)

經過植物體發生的淋溶作用；而 NH_4^+ 、 NO_3^- 濃度上升，則是表土與枯枝落葉層被淋溶作用帶出的結果。此外，溪流水的電導度與所有離子濃度均是往下游遞增，這種現象與溶質累加及污染源增加有關。

二、大氣沈降(Atmosphere deposition)

包括濕沈降與乾沈降兩大類。濕沈降乃由空中下降的雨、雪、霧或雹等，或稱之為降水(Precipitation)；乾沈降為在晴朗的日子，從空中降下來的落塵等物質。空氣中的水氣遇二氧化碳，會形成弱酸性的碳酸，再加上空氣中源自火山爆發噴出之硫化物、動植物分解釋出的有機酸、硫化氫與氮化物等酸性物質，致使降水多屬酸性。而大量使用石化燃料所產生一氧化碳、氯化氫、二氧化硫、氮氧化物及有機酸及懸浮固體物，更增加了大氣中的酸性物質。大氣沈降降至水體，則會直接增加 SO_4^{2-} 與 NO_3^- 等離子濃度，而降至集水區則會影響水文過程中的化學反應，間接地影響水化學成分。



水溫高、流速緩的溪流有利於藻類繁衍，溪流水多屬不清澈(陸象豫 攝)

三、土壤與地質(Soil and geological formation)

諸如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 、等離子主要源自母岩與土壤的風化，因此若集水區地質屬於頁岩、板岩等風化的岩層，則溪流水中此等離子含量通常較高。此外若土壤中微生物活動頻繁，呼吸作用旺盛，則 NH_4^+ 與 NO_3^- 釋放量會較高，溪流水中此等離子的濃度亦較高。

四、植被(Vegetative cover)

降水接觸到植物體後，其所含的氮素一部分會被植物吸收，而植物體內或外部的 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等離子會被淋溶出，使原來呈酸性的雨水轉變為含營養鹽高接近中性的溶液，故認為有森林中和雨水酸性的作用。然而地表植被對水質最大的利基，在於其提供一有利的入滲環境，使降入有植被覆蓋的降水多能入滲至土壤層，進而發揮過濾淨化與離子交換作用，故源自森林集水區的溪水多屬清澈。



土壤、岩石為決定溪流水化學特性的最主要因子(陸象豫 攝)



PH值、溶氧量、水溫等因子可在取樣點直接量測(陸象豫 攝)

五、溫度(Temperature)

溫度為影響生態系運作的主要環境因子，無論在生物活動與生長、水化學特性、土壤結構的化育、土壤通氣性的高低、有機質分解的速率、以及生物的物候現象均扮演重要的角色。溪流水的水化學特性會受立地環境溫度的影響而改變。然而溫度對水化學性質影響最顯著者為水中的溶氧量以及水中植物光合作用的速度，溫度升高溶氧量降低，進而成為水生動植物生長的限制因子，並改變溪流水的水化學特性。

六、人為活動(Human activities)

人為活動對溪流水水化學的影響較上述其他因子為大，其中以伐木、養殖、開墾、聚落的影響最為顯著。砍伐林木將減少

植物體的離子交換作用，同時擾動地表，通常會造成懸浮質與電導度的增加。養殖與開墾常伴隨著肥料、農藥與飼料的施用，這些非源自自然的額外養分通常僅有少部分被作物、牲畜或水產養殖物吸收，大部分都隨逕流進入水體，影響水質甚鉅。而肥料、農藥、飼料以及養殖物的排泄物多含有大量的氮與磷，此二者乃為造成水體優養化(Eutrophication)的主要元素。人類聚落多會產生民生污水，污水中通常磷的含量甚高(多來自清潔劑)，且可能有大腸菌、重金屬等有害健康的物質。

溪流水為台灣主要的水資源，其水質的良窳直接影響人民生活。在台灣水資源供應因降雨量及分佈改變而日益嚴峻的今日，如何減少因水質惡化而無法利用的水，或改善水質以增加利用率，實為當務之急。☣