

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 福山森林生態—哈盆溪大型無脊椎動物之群聚結構 生產量、及流水下動物相之研究

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫  
計畫編號：NSC89 - 2621 - B - 002 - 033 - A10  
執行期間：89年08月01日至90年07月31日

計畫主持人：楊平世  
共同主持人：謝森和

本成果報告包括以下應繳交之附件：  
赴國外出差或研習心得報告一份  
赴大陸地區出差或研習心得報告一份  
出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份  
國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立台灣大學昆蟲學研究所  
國立自然科學博物館科學教育組

中 華 民 國 九 十 年 十 月 三 十 日

# 福山森林生態—哈盆溪大型無脊椎動物之群聚結構、生產量、及流水下動物相之研究

計畫編號：NSC 89-2621-B-002-033-A10

執行期限：89年08月01日至90年07月31日

主持人：楊平世 國立台灣大學昆蟲學研究所

共同主持人：謝森和 靜宜大學生態學研究所

## 一、中文摘要

本年度研究計畫的目的是探討哈盆溪大型無脊椎動物的群聚結構與功能組成，並就此瞭解溪濱植物相與土地利用的情形對大型無脊椎動物的群聚結構與功能組成之影響。分別在福山植物園與哈盆保留區內，依據溪濱植物相與土地利用的情形，選擇7個採樣站。結果顯示在大型無脊椎動物的群聚結構方面，在本試驗期間共採獲81個種類(taxa)，以蜉蝣目及雙翅目的種類為最多，其次為毛翅目。就個體的百分比組成而言，則以蜉蝣目最優勢，尤其在芒草區的採樣站更高達73%，其中又以*Baetis*屬的數量最多；而雙翅目的數量則次之，佔約總個體數的11-32%，*Prosimulium* sp.為此目中最主要的種類，主要分佈於人工水生植物池下游的採樣站。在功能攝食群的百分比組成方面，以聚集採食者及刮食者的數量為最多，尤其刮食者在芒草區更高達46%，過濾採食者則以在水生植物池下游的幾個採樣站為最多。由試驗結果得知溪濱植物相與土地利用的情形改變大型無脊椎動物的群聚結構與功能組成，這主要可能是因為能量來源與食物結構改變所造成。另外毛翅目的種類雖然多，但在本試驗區內並不是優勢的種類，在本研究中亦有所討論。

**關鍵詞：**群聚結構、功能組成、溪濱植物相、土地利用

## Abstract

Changes in community structure and functional organization of macroinvertebrates were investigated to examine how riparian

vegetation and land use influence macroinvertebrate distribution at 7 sites along the Hapen Creek, which flows through Fushan Forest in northern Taiwan. A modified Surber sampler (area = 50 x 50 cm<sup>2</sup>; mesh size = 250 μm) were used to collect macroinvertebrates. A total of 81 taxa were collected during the sampling period. The taxonomic richness of Ephemeroptera and Diptera were most diverse and Trichoptera was the third diverse group. In general, the values of taxonomic richness decreased downstream. Baetids were the most numerous taxon and accounted for more than 73% of total individuals at site 6 which riparian vegetation was dominated by *Miscanthus* spp. Simuliids were the second numerous taxon and accounted for 13-26% of total individuals at site 3, 4, and 5 which were located at downstream of an impoundment. These three sites were also possessed the highest number of individuals. Among the 7 sampling sites, collector-gatherers and grazers were the most dominant functional feeding groups. Specially, site 6 was dominated by grazers and site 3, 4, and 5 by collector-filterers. These results suggested that riparian vegetation and land use influence macroinvertebrate community structure and functional organization. This may be due to

changes in energy and food sources of macroinvertebrates.

**Keywords:** Community Structure, Functional Organization, Riparian Vegetation, Land Use

## 二、緣由與目的

溪流底棲大型無脊椎動物，如昆蟲類、甲殼類、螺貝類等，是在溪流生態系中最重要組成之一，它們不但個體數與種類數相當的繁多外，在生態系中，它們在物質的循環與能量的流動，也扮演著相當重要的角色，因為它們是此系統中最重要次級生產者，可以作為食物鏈中更高營養階層，如魚類、兩棲類等的食物，也是重要的消費者及分解者，例如取食藻類的植食者、掠食其他動物的捕食者，以及以植物枯落物為食的分解者。所以從生態系功能的觀點而言，底棲大型無脊椎動物是溪流生態系營養結構的主要成員，它們在處理有機物質及促進能量流動占有舉足輕重的角色(Cummins, 1973)。

本計畫屬台灣長期生態研究整合型計畫—福山森林生態系研究子計畫之一，此整合型計畫的目的是探討福山森林生態之結構與功能。而哈盆溪是福山森林生態系中最主要的水域，也是此生態系中能量與物質輸出的最主要路徑。流經福山植物園與哈盆保留區的哈盆溪屬 1-3 級的小型溪流，受陸域環境的影響深遠，因為溪流兩岸的植物相或土地利用會影響溪流生態系中能量的來源與物理環境因子(Vannote et al., 1980)，例如不同植物相會影響進入溪流生態系中，枯落物的質與量，也影響森林對溪流的遮蔽度，進而影響溪流生態系內初級生產者的量(Allan, 1995)。同樣地，人為的改變土地利用情形，也會造成類似的結果。因此本年度研究計畫的目的是瞭解溪流底棲大型無脊椎動物的結構與功能，以建立哈盆溪大型無脊椎動物相的基本資料庫，並作為日後這些大型無脊椎動物生活史、生產量等資料建立之基礎，以及探討植物相或土地利用情形對溪流底棲大型無脊椎動物結構與功能的影響。

## 三、材料與方法

### (一)採樣地點

本研究採樣地點的選擇是依據溪濱植物相及土地利用的情形來決定。分別在福山植物園區內設 4 個採樣站，以及在哈盆保留區內設 3 個採樣站(Fig. 1)。第 1、2 站分別位於 1 號與 2 號集水區下游，第 3 站位於人工水生植物池的下游，此三採樣站屬 2 級河段，兩岸溪濱植物完整，遮蔽程度極高，第 4 站位於 1 號與 2 號集水區的匯流處，因河道較寬，遮蔽程度較差，第 5、6、7 站位於哈盆保留區內，屬 3 級的河段，第 5、7 站位於天然林內，遮蔽程度佳，第 6 站位於芒草區內，遮蔽程度不佳。

### (二)底棲生物樣本採樣

以 Surber samplers (面積  $50 \times 50 \text{ cm}^2$ )，在上述採樣站進行水棲昆蟲之採集；採集位置為在急流河段，每次隨機採集 3 個樣本，每一月在每一站採集一次。在野外將樣本保存於 70% 的酒精中，攜回研究室進行鑑定與分析。

### (三)水質測量

在底棲樣本的採樣同時，也測量溪水的溶氧量(D.O.)、pH 值、導電度(Conductivity)，以及在 3 個穿越線測量水深及流速。

## 四、結果與討論

在物理化學變數方面，水溫有往下游增加的趨勢，導電度、溶氧及 pH 則是在第 3、4、5 站最低，然後再增加(Table 1)，這可能是因為人工水生植物池的池水流入哈盆溪後所造成的影響。一般而言，河寬、水深、流速有往下游增加的趨勢。

在本試驗中一共採獲 81 種(taxa)的底棲大型無脊椎動物(Table 2)，以第 2 站所採獲的種類數最多，為 62 種，第 7 站的種類數最少，只有 35 種(Fig. 2)。其中以蜉蝣目及雙翅目的種類最多，皆為 19 種，其次為毛翅目的 13 種。非昆蟲類有 7 種，但個體數並不多，只以貧毛類(Oligochaeta)的個體數較多。較為特殊的是橈足類(Copepoda)只發現於第 3、4 站。個體數以第 4 站最多，第 3、5 站次之，第 1、7 站最少(Fig. 3)。

在每一採樣站中，個體數最多的種類是蜉蝣目，其次為雙翅目，其他主要的種類為石蠅與鞘翅目幼蟲。

就個體數的百分比組成而言，以蜉蝣目最多，由第 2 站佔所有個體數的 34% 到第 6 站的 73% (Fig. 4)，其次為雙翅目的 9% (第 7 站) 到 32% (第 3、5 站)，再其次為鞘翅目的 22% (第 1 站) 到 2% (第 3、4 站)。在蜉蝣目中以 *Baetis* 屬為最優勢的種類，佔總個體數的 22% (第 1 站) 到 49% (第 6 站)。此屬在本採樣區內有 *Baetis molawinensis*, *Baetis taiwanensis*, 及 *Baetis tatuensis* 三個種類，其在本採樣區內的分佈則以 *Baetis molawinensis* 在第 1、4 站較多，*Baetis taiwanensis* 及 *Baetis tatuensis* 以 5、7 站較多；*Baetiella* sp. 亦為蜉蝣目中優勢的種類，其分佈以第 6 站為最多 (16%)，第 2 站最少 (<1%)。雙翅目以 *Porsimulium* sp. 為最優勢，在第 3、5 站佔全部個體數的 20% 以上；另外在本試驗中將搖蚊 (Chironomidae) 分 4 個亞科或族 (Chironomini, Orthocladinae, Tanyptodinae, 與 Tanytarsini)，所以並不成為優勢的種類，如果將此 4 個亞科或族合併，則搖蚊亦為優勢的種類，尤其在第 1、2 站佔約總個體數的 20%。其他較優勢的種類為鞘翅目的長角泥蟲科 (Elimidae)，分別在第 1、2、7 站佔約總個體數的 10% 左右。毛翅目的種類雖然多，但是其個體數並不多，不足以行成本試驗地區的優勢種類。過去李 (1997, 1998) 曾經調查此試驗區，並指出在生物量方面 Heptageniidae 與 Stenopsychidae 為優勢的種類，但本試驗結果顯示，在個體數方面此兩類並非優勢的種類，至於在生物量方面是否為優勢的種類則值得進一步的探討。

至於在功能攝食群的百分比組成方面，則以聚集採食者及刮食者為最多 (Fig. 5)，分別佔約總個體數的 33-46% 及 28-41%。其次是過濾採食者，以第 3、5 站所佔的百分比為最多 (約 28%)，以 6、7 站最少 (約 5%)。碎食者則有往下游減少的趨勢，由上游的約 7% 往下游減少為約 1%。捕食者則以第 3、4 站為最少，佔約總個體數的 3% 左右，而其他幾站則在 7% 以上。

在聚集採食者與刮食者中，以蜉蝣目的 *Baetis* 屬最為優勢，其次為鞘翅目的 Elimidae 與 Psephenidae。Elimidae 與 Psephenidae 的個體數明顯的在第 1、2 站較其他幾站為多；*Baetis* 屬則主要發生於 3-6 站。過濾採食者以 Simuliidae 及 Tanytarsini 為最優勢，Simuliidae 主要發生於第 3、4、5 站，Tanytarsini 主要發生於第 2 站，Hydropsychidae 及 Stenopsychidae 雖然也發現於每一採樣站，但是它們並不成為優勢的種類。碎食者以 *Amphinemura* sp. 及 *Protonemura* sp. 為最優勢，主要發生於第 3、4 站。捕食者以 *Neoperla* sp. 為最優勢，主要分布於第 5、6、7 站，其次為 Tanyptodinae，主要分布於第 1、2 站。

由本研究的實驗結果得知土地利用的情形，將會影響大型無脊椎動物的群聚結構與功能組成。例如位於人工水生植物池下游的第 3、4 站，其群聚結構與功能組成明顯的不同於水生植物池上游的第 2 站，雖然第 2 站的種類數多於第 3、4 站，但是其個體數確少於第 3、4 站，個體數的增加主要是由於過濾採食者，如 *Prosimulium* sp. 與 *Simulium* sp. 的個體數在這兩採樣站顯著的增加，另外其他的種類也有增加的趨勢，例如 *Baetis* 屬的 3 個種類，以及 *Baetiella* sp. 與 *Oligochaeta* 在這兩採樣站一明顯增加。Richardson and Mackay (1991) 指出在湖泊或池塘流出口的過濾採食者之密度與來自湖泊或池塘懸浮有機顆粒 (seston) 的質與量有顯著地相關，因為這些有機顆粒還包含有浮游生物 (plankton)、高蛋白質的細小有機顆粒、及高濃度的有機碳，這些懸浮有機顆粒比來自溪濱植物的枯落葉有機顆粒含有更高的營養成分，因此可以支持更多的過濾採食者。在本試驗過程中，亦在第 3、4 站採獲浮游生物 (Copepoda)，雖然所採獲的數量並不多，這主要是因為本試驗方法並不是針對採集浮游生物而設計，然而其他的採樣站則無採獲過，顯見在水生植物池的下游確實有浮游生物存在，這可能就是在水生植物池下游，過濾採食者密度增加的主要原因之一。

此外，Mackay and Waters (1986) 與

Lomond and Colbo (2000)發現在湖泊或池塘流出口有高密度的過濾採食者 Hydropsychidae，在本試驗區內有兩種 *Cheumatopsyche* sp.和 *Hydropsyche* sp.，然而本研究並無發現此現象，我們推測這可能是哈盆溪的特殊環境使然，在此試驗期間哈盆溪在春、夏季時為枯水期，分別在3-4月及7月河床乾枯，在第3、4站形成伏流水，而在秋季時卻有颱風的侵襲，這些自然的干擾並不利於 Hydropsychidae 的生存，因為 Hydropsychidae 為一年一世代 (Wiggins, 1996)，頻繁的自然干擾，並無足過的時間讓其完成一個世代。相反地，Simuliidae 的世代短 (Peterson, 1996)，在短時間內足以完成一個世代，當然這只是我們依據在溫帶地區的 Hydropsychidae 與 Simuliidae 的生活史，來對這種現象做一種解釋，至於在亞熱帶的台灣 Hydropsychidae 與 Simuliidae 的生活史是否如溫帶地區一樣，則需進一步做相關之研究。

其他種類的密度也在第3、4站增加，如 *Baetis* 屬的3個種類、*Baetiella* sp.與 *Oligochaeta*，這可能是因為這些來自水生植物池的懸浮有機顆粒，沈澱於河床底部，提供這些聚集採食者高量且高營養品質的食物。

同樣地，溪濱植物相也會影響大型無脊椎動物的群聚結構與功能組成。例如比較第5站與第6站，第6站刮食者的百分比組成大於第5站。根據 River continuum concept (Vannote et al., 1980)指出，功能攝食群的百分比可反應採樣站的能量來源與食物結構。第6站位於芒草區，遮蔽度小，大型無脊椎動物的主要能量來源是來自自營性的有機物質 (autochthonous material)，如藻類，因此第6站刮食者的百分比組成大於第5站。

此外，本年度也發現一些有趣的現象，值得進一步做研究探討。例如 *Baetis molawinensis* 大部分發生於第1-4站，卻很少發生於第5-7站，是生物因子或是非生物因子限制它們的分布？伏流水造成懸浮水中的有機顆粒不連續，這是過濾採食者，如 Hydropsychidae 與 Stenopsychidae，

在本試驗區內個體數量少的原因嗎？

## 五、計畫成果自評

本計畫雖為台灣長期生態研究整合型計畫之一，但實際上今年為第一年之計畫，因此本研究對福山哈盆溪底棲大型無脊椎動物之物種多樣性、群聚結構、功能組成、季節變化與空間變異之了解，皆有顯著的幫助，經詳加整理後必能發表於學術期刊上。而這些資料未來更可作為這些物種建立基本生生物學資料，例如生活史、生產量估計的來源，並作為將來再水質監測上的應用。

## 六、參考文獻

- (1) 李後晶, 1997, 水棲昆蟲族群變動及其能量的估算。52-56 頁。台灣長期生態研究, 86 年度專題研究計畫成果報告。
- (2) 李後晶, 1998, 福山森林生態—水棲昆蟲在哈盆溪之生態功能。18-22 頁。台灣長期生態研究, 87 年度專題研究計畫成果報告。
- (3) Allan, J. D. 1995. Stream Ecology: structure and function of running waters. Chapman & Hall, London.
- (4) Cummins, K. W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. Annu. Rev. Entomol. 18: 183-206.
- (5) Lomond, T. M. and M. H. Colbo. 2000. Variation in lake-outlet Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera communities amongst regions of eastern Newfoundland, Canada. Can. J. Zool. 78: 1536-1534.
- (6) Mackay, R. J. and T. F. Waters. 1986. Effects of small impoundments on hydropsychid caddisfly production in Valley Creek, Minnesota. Ecology 67: 1680-1686.
- (7) Peterson, B. V. 1996. Simuliidae. Pp. 591-634. In: R. W. Merritt and K. W. Cummins (eds.). An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- (8) Richardson, J. S. and R. J. Mackay. 1991. Lake outlets and the distribution of filter

feeders: an assessment of hypotheses.  
OIKOS 62: 370-380.

- (9) Vannote, R. E., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell, and C. E. Cushing. 1980. The reiver continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137.
- (10) Wiggins, G. B. 1996. Trichoptera families. Pp. 309-349. In: R. W. Merritt and K. W. Cummins (eds.). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.

Environmental Variables	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Site 7
Water Temperature (°C)	14.5	13.9	15.9	15.8	16.0	16.0	17.0
Conductivity (μ s/cm)	40.0	33.6	28.5	29.5	32.9	32.1	32.3
Dissolved oxygen (ppm)	10.16	10.80	8.97	9.18	9.77	10.06	9.92
pH	7.45	7.76	6.59	6.87	7.10	7.48	7.20
Stream width (m)	4.0	4.4	3.8	3.9	6.2	5.2	8.8
Stream depth (cm)	10	9	10	18	12	10	16
Current velocity (km/hr)	2.12	1.64	2.93	2.11	2.77	3.77	3.90

Table 2. Macroinvertebrate taxa collected from 7 sites along the Hapen Creek and their relative abundance. \*: <1%; \*\*: 1-5%; \*\*\*: 5-10%; \*\*\*\*: 10-20%; \*\*\*\*\*: >20%

Taxa	Site1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Site 7
<b>Ephemeroptera</b>							
<i>Afronurus floreus</i>	**	**	**	**	*		
<i>Afronurus hyalinus</i>		*			*	*	*
<i>Baetiella bispinosa</i>		*	**	**	**	*	
<i>Baetiella sp.</i>	**	*	***	***	***	****	***
<i>Baetis molawinensis</i>	****	****	****	****	*	*	
<i>Baetis taiwanensis</i>	**	***	***	****	***	****	****
<i>Baetis tatuensis</i>	**	**	****	****	*****	*****	***
<i>Caenis sp.</i>	*	**	*	*	*	*	*
<i>Choroterpes sp.</i>	*	*	**	*	**	**	****
<i>Cincticostella colossa</i>		*					
<i>Eburella brocha</i>						*	*
<i>Electrogena fracta</i>	*	*	*				
<i>Epeorus erratus</i>	***	**	**	**	*	**	*
<i>Ephemerella sauteri</i>	*	*	*	*	*	*	*
<i>Habrophlebiodes tenella</i>			*	*	*		
<i>Isonychia formosana</i>	**	*	*	*		*	
<i>Paraleptophlebia spina</i>	**	*	*				
<i>Rhithrogena ampla</i>	**	*	*	*	*	*	*
<i>Torleya glareosa</i>						*	*
<b>Plecoptera</b>							
<i>Amphinemura sp.</i>	**	**	***	**	**	**	**
<i>Cryptoperla sp.</i>	*						
<i>Gibosia sp.</i>							*
<i>Neoperla sp.</i>	*	**	*	*	**	**	***
<i>Protonemura sp.</i>	*	**	**	**	**	**	
<i>Taeniopterygidae</i>	*	**	*	*	*		
<i>Togoperla sp.</i>	**	*		*	*	*	*
<b>Odonata</b>							
<i>Chlorogomphus sp.</i>		*					
<i>Euphaea formosa</i>	*	*	*	*	*	*	
<i>Mnais sp.</i>		*	*	*			
<i>Sieboldius sp.</i>		*			*		
<i>Stylogomorphus sp.</i>	*		*	*	*	*	
<b>Hemiptera</b>							
<i>Corixidae</i>					*		
<b>Trichoptera</b>							
<i>Anisocentropus sp.</i>		*					
<i>Cheumatopsyche spp.</i>	*	*	*	*	*	*	*
<i>Chimarra sp.</i>			*	*	*		
<i>Glossosoma sp.</i>		*		*	*		
<i>Goera sp.</i>		*	*	*	*		
<i>Goerodes sp.</i>		*					
<i>Hydropsyche spp.</i>	*		*	*	*	*	
<i>Melanotrichia sp.A</i>			*	*			
<i>Melanotrichia sp.B</i>		*					
<i>Plectrocnemia sp.</i>	*	*		*			
<i>Psychomyia sp.</i>		*					
<i>Rhyacophila spp.</i>	*	*	*	*	*	*	*
<i>Stenopsyche sp.</i>	*	*	*	*	*	*	**



Table 1. Continued.

Taxa	Site1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Site 7
Megaloptera							
<i>Parachauliodes continentalis</i>		*	*	*			
<i>Protohermes grandis</i>			*		*		
Coleoptera							
<i>Cyphon sp.</i>	**	**	*	*	*		*
<i>Eubrianax niger</i>	*	*	*		*		*
<i>Hydrophilidae</i>			*		*	*	
<i>Mataeopsephus esakii</i>	***	**	*	*			
<i>Psephenoides sp.</i>	**	***	*	*	*	*	*
<i>Elimidae</i>	****	****	*	*	**	**	****
Diptera							
<i>Antocha sp.</i>	*	*		*	*	**	**
<i>Chironomini</i>	**	**	*	**	*	*	*
<i>Erioptera sp.</i>		*					
<i>Hemerodromia sp.</i>	*	*	*	*	*	*	*
<i>Hesperoconopa sp.</i>					*		
<i>Hexatoma sp.</i>	*	*	*	*	*		*
<i>Limnophila sp.</i>		*					
<i>Limonia sp.</i>	*						
<i>Molophilus sp.</i>		*					
<i>Nymphomyia sp.</i>	**	*	*	*	*	*	**
<i>Orthocladinae</i>	***	***	**	**	**	**	
<i>Probezzia sp.</i>	**	*	*	*	*	*	
<i>Prosimulium spp.</i>	**	**	*****	****	*****	**	**
<i>Roederiodes sp.</i>							
<i>Simulium spp.</i>	*	*	***	**	*	*	
<i>Surgina sp.</i>	**	**	*	*	*	*	**
<i>Tanypodinae</i>	**	**	*	*	*	*	
<i>Tanytarsini</i>	**	****	**	**	**	**	**
<i>Ulomoupha sp.</i>	*	**	*		*	*	**
<i>Wiedemannia sp.</i>	*	*					
Copepoda							
			*	*			
Decapoda							
Brachyura	*						*
Acari							
	*	**	*	*	**	**	**
Gastropoda							
<i>Semisulcospira libertina</i>							**
Platyhelminthes							
	*	*	*	*	*	*	
Nematoda							
		*					
Oligochaeta							
	**	**	***	****	**	**	***

Fig. 1. Location of 7 sampling sites along the Hapen Creek.

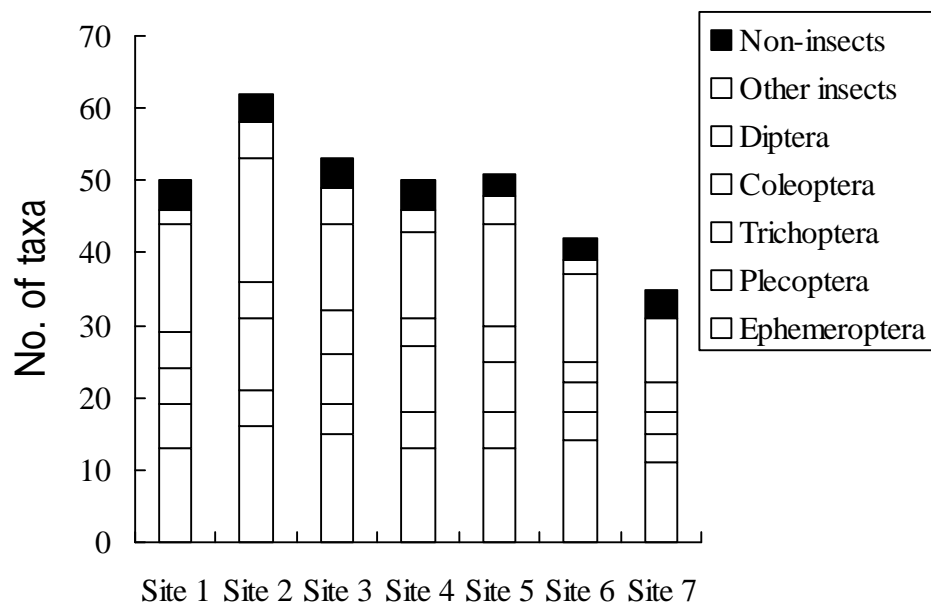


Fig. 2. Number of taxa collected from 7 sampling sites along the Hapen Creek during the sampling period.

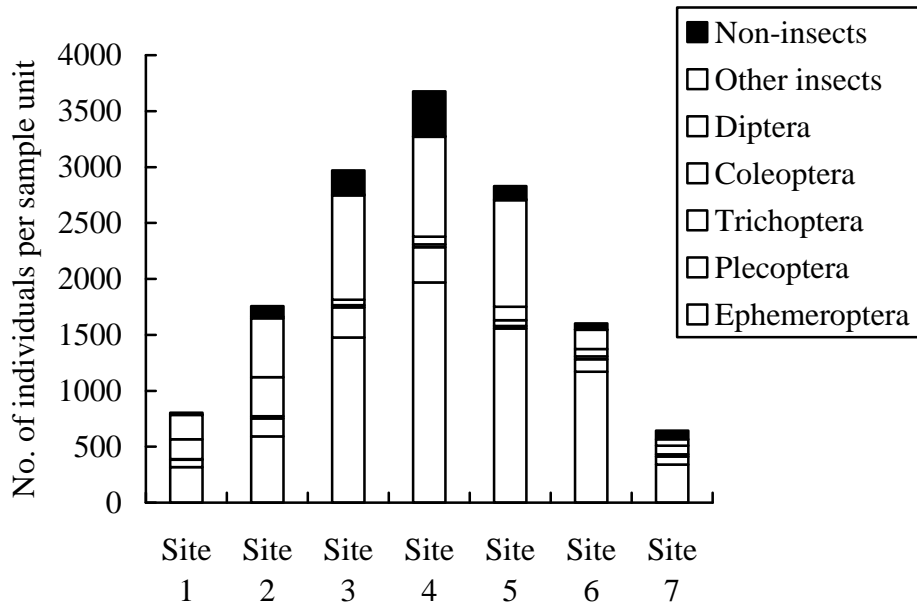


Fig. 3. Number of individuals of each major taxa collected from the 7 sampling sites along the Hapen Creek during the sampling period. Sampling unit = 3 Surber samples.

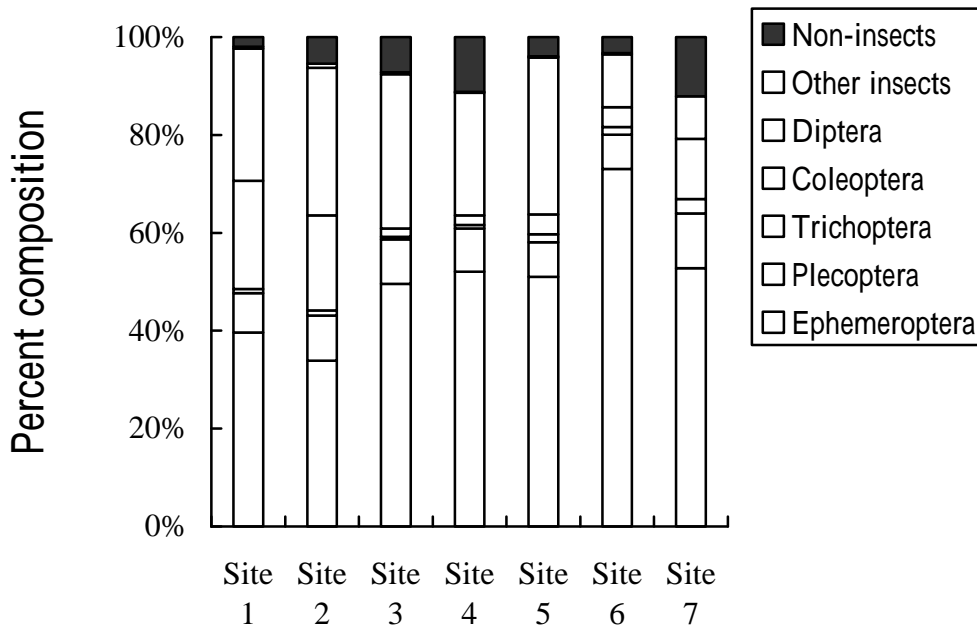


Fig. 4. Percent composition of major taxa at the 7 sampling sites along the Hapen Creek during the sampling period.

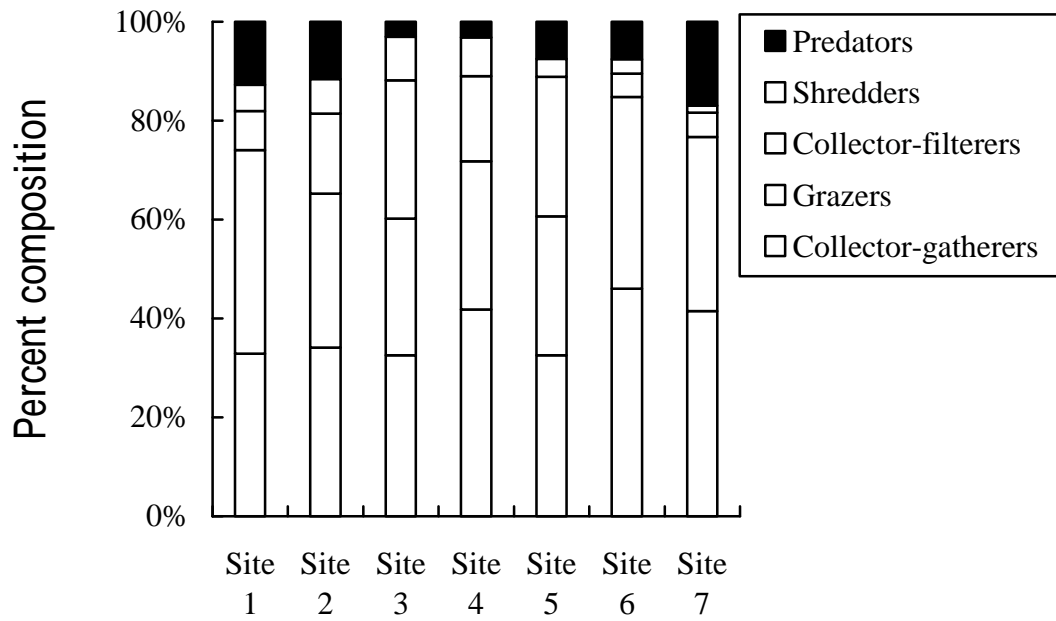


Fig. 5. Percent composition of functional feeding groups at the 7 sampling sites along the Hapen Creek during the sampling period.