

計畫名稱：湖山水庫水域生態食物網模式之建構

英文名稱：A Trophic model for Hushan Reservoir

計畫編號：250

全程計畫期間：96 年 5 月 1 日至 101 年 12 月 31 日

本年計畫期間：98 年 1 月 1 日至 98 年 12 月 31 日

計畫主持人：李麗華

一、摘要

為使食物網模式建構更加完整精確，本年度增加有機通量調查，並將所獲得的數值進行食物網模式建構，讓建構出來的模式能更貼近野外實際的狀況。梅林流域的北勢坑溪及匯流口樣區分成兩個食性階層，土地公坑溪樣區則有三個食性階層。清水區流域樣區與梅林流域樣區域相較之下有較多的生物種類，因此食物網絡也較為複雜。桶頭樣區有三個食性階層，瑞草橋樣區則有四個食性階層。目前已初步架構出各樣區內的食物網能流圖，但是進一步的食物網網絡分析及能量流等仍待更深入的探討。

Abstract

In order to make the food web model be constructed more completely and accurately, we increase the survey of flux of organic matter this year, the parameters be used to building food web model. We expect the model should be more closed to the real state of field. At tributaries of Meilin Creek drainage area, Beishihkeng stream study area and Hueiliou stream node study area have 2 trophic levels, and Tudigong stream has 3 trophic levels. Chingshui Creek drainage area has more species and complex food webs than Meilin Creek drainage area, Tongtou Bridge study area has 3 trophic levels and Rueicao Bridge study area has 4 trophic levels. At present, we already preliminary constructed food web's flow diagrams for above-mentioned study areas, but the further network analysis and energy flow must be research and discussion in the future.

關鍵詞：營養模式、能量收支平衡、食物網

二、計畫目的

將兩溪流生態系（清水溪及梅林溪）利用生物間的食性關係變化與個體能量收支平衡原理，建構出生態系食物網模式，並以生態系的觀點，來瞭解水庫內

兩河川生態系的基本構造與功能。未來可做為比較水庫工程前後期河川生態構造與功能改變的工具。

三、重要工作項目及實施方法

1. 以食性區分建立各樣區內生物類群種類。
2. 調查各樣區藻類基礎生產量。
3. 蒐集各樣區內生物類群之食性組成、單位攝食量等相關參數資料。
4. 各樣區有機物通量調查
5. 以 ECOPATH 電腦軟體程式將相關參數進行食物網模式初步的架構。

四、結果與討論

1. 有機通量

本研究調查時間為 2008 年 12 月進行至 2009 年 11 月，所收集的有機碎屑蓄存量資料記載如表 1。將每個測站各月平均後，可看出所有測站各粒徑級的碎屑含量百分比依序為 FBOM>CBOM>FPOM，各測站的有機碎屑蓄存以底層蓄積的細顆粒為主要來源（圖 1）。

各月份之間的有機碎屑變化量如圖 2 至圖 4，從整體趨勢可看出各測站的 CBOM 多集中在 11 月至隔年 1 月、2 月之際，且分析樣本碎屑種類亦多為枯枝落葉，應與季節有關。而各測站的 FPOM 則在夏季有較高的量，應與夏季水流量大且水體濁度高有關。

而在各測站間，平均的碎屑現存量（表 1）為桶頭橋（319.44 DW g/m²）>瑞草橋（187.19 DW g/m²）>土地公坑溪（167.38 DW g/m²）>匯流口（116.97 DW g/m²）>北勢坑溪（32.89 DW g/m²），顯示較高流速的清水溪二測站（0.35~0.51 m/s）擁有較高的有機碎屑蓄積量，然而相較之下流速較低的梅林溪三測站（0.07~0.15 m/s）有機碎屑蓄積量反而較少，與低流速可能導致較多碎屑沉積的認知不符，其原因可能是在清水溪二測站採樣時，僅採取靠近河道兩側，相較於河道中央流速較小，所以可蓄存較多的有機碎屑。

梅林溪三測站方面，位於水庫範圍內的土地公坑溪碎屑現存量較庫區外的匯流口及北勢坑溪為高，主要因素為周遭工程干擾，進而導致有機碎屑量的增加。

2. 食物網模式建構

建構 Ecopath 所需之基本參數輸入包括：各分類群的生物量 (Biomass, B)、單位生產量 (Production/Biomass ratio, P/B)、單位攝食量 (Consumption/Biomass ratio, Q/B) 以及生態效率值 (Ecological efficiency, EE)，以上四項基本參數可容許有一參數未知，並輔以生物間的食性組成 (Diet compositions)；一般 EE 值由模式自行估計。

各類群的生物量皆為實地調查所得；而除了藻類之外，其餘的單位生產量、單位攝食量以及生物間的食性組成則參考相關文獻研究以及 Fishbase 資料庫所得。

未避免模式過於複雜，故本研究以食性及生態區位 (Niche) 將物種分為附生藻 (Periphyton)、非掠食性水棲昆蟲 (Omnivorous insects)、掠食性水棲昆蟲 (Carnivorous insects)、蝦類 (Shrimps)、蟹類 (Crabs)、植食性魚類 (Herbivorous fish) 以及雜食性魚類 (Omnivorous fish) 等七個類群，並加入本年度調查所得有機碎屑量 (Detritus) 以利模式的正確建構，其中各分類群之包含物種如表 1 所述。而各樣區的食物網能流分別如下：

(一) 梅林溪-北勢坑溪樣區

本樣區食大約分成二個營養階層 (見圖 5)，第一層主要為基礎生產者的附生藻以及有機碎屑。第二階層則為非掠食性水棲昆蟲、蝦類、蟹類、植食性魚類以及雜食性魚類。

(二) 梅林溪-匯流口樣區

本樣區物種數少，能流圖更顯簡略 (見圖 6)，第一層主要為基礎生產者的附生藻以及有機碎屑。第二階層則為食藻性及有機碎屑之蝦類、植食性以及雜食性魚類。

(三) 梅林溪-土地公坑溪樣區

本樣區缺少植食性的魚類類群，而從能流圖大致可分成三個營養階層 (見圖 7)，第一層主要為基礎生產者的附生藻及有機碎屑。第二階層則為食藻性及有機碎屑之蝦、蟹類以及非掠食性水棲昆蟲。第三階層為掠食性水棲昆蟲以及雜食性魚類。

(四) 清水溪-桶頭橋樣區

清水區流域樣區與梅林溪流域樣區域相較之下有較多的生物種類，因此食物網絡也較為複雜。桶頭橋樣區缺少蟹類類群，而大約分成三個營養階層 (見圖

8)。第一層主要為基礎生產者的附生藻以及有機碎屑。第二階層則為蝦類、非掠食性水棲昆蟲以及植食性魚類。第三層則為掠食性水棲昆蟲以及雜食性魚類。

(五) 清水溪-瑞草橋樣區

瑞草橋樣區與桶頭橋樣區相似，大約分成四個階層（見圖 9）。第一層主要為基礎生產者的附生藻以及有機碎屑。第二階層則為蝦類、非掠食性水棲昆蟲以及植食性魚類。第三層則為掠食性水棲昆蟲以及雜食性魚類。

五、結論

本研究在此次報告中新加入的碎屑參數，是自行從 97 年 11 月至 98 年 12 月約一年所做的碎屑現存量調查，不再是由 Ecopath 程式自行估計，有助於建構出更符合野外實際狀況的食物網絡。研究中亦將具有相似食性及生態區位之物種歸併為一類，以達到簡化複雜的食物網能流圖為目標。本研究目前已初步架構出各樣區內的食物網能流圖，但是進一步的食物網網絡分析及能量流等仍待更深入的探討，除可與臺灣其他河川的做比較驗證，並待水庫完成後與水庫生態系進行比較參考。另外清水溪流域，未來將建置攔河堰，屆時對溪流生態系內生物的影響也將可利食物網模式來進行比較。

六、參考文獻

1. 李麗華 2003 野柳灣生態系模式建構與時空動態模擬。國立中興大學碩士論文。58 頁。
2. 林幸助、邵廣昭、吳聲海、馬堪津、高文媛、陳義雄、黃將修、劉莉蓮 2005 蘭陽溪流流域與河口生態系食物網的動態鏈結-九四年期末報告。中央研究院生物多樣性研究中心。325 頁。
3. 林幸助、吳聲海、官文惠、邵廣昭、施習德、孫元勳、郭美華、彭宗仁、曾晴賢、楊正澤、葉文斌、葉昭憲、蔡尚惠 2006 武陵地區長期生態監測暨生態模式建立-九五期中報告。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
4. 戴孝勳 2005 大鵬灣生態系食物網模式之建構分析與蚵架移除效應模擬。國立中興大學碩士論文。67 頁。
5. Belgrano A, Scharler UM, Dunne J, Ulanowicz RE (2005) Aquatic food webs : An ecosystem approach. Oxford University Press Inc.
6. Christensen V, Walters CJ, Pauly D (2005) Ecopath with ecosim : A user's guide

UBC Fisheries center & ICLARM.

7. Fulton EA, Smith AD, Johnson CR (2003) Effect of complexity on marine ecosystem models. *Mar Ecol Prog Ser* 253:1-16.
8. Lin HJ, Dai XX, Shao KT, Su HM, Lo WT, Hsieh HL, Fang LS, Hung JJ (2006) Trophic structure and functioning in a eutrophic and poorly flushed lagoon in southwestern Taiwan. *Marine Environmental Research* 62:61-68.
9. Lin HJ, Shao KT, Kuo SR, Hsien HL, Wong SL, Chen IM, Lo WT, Hung JJ (1999) A trophic model of sandy barrier lagoon at Chiku in southwestern Taiwan. *Estuar Coast Shelf Sci* 48:575-588.
10. Wolff M (1994) A trophic model for Tongoy Bay—a system exposed to suspended scallop culture (northern Chile). *J Exp Mar Boil Ecol* 182: 149-168.

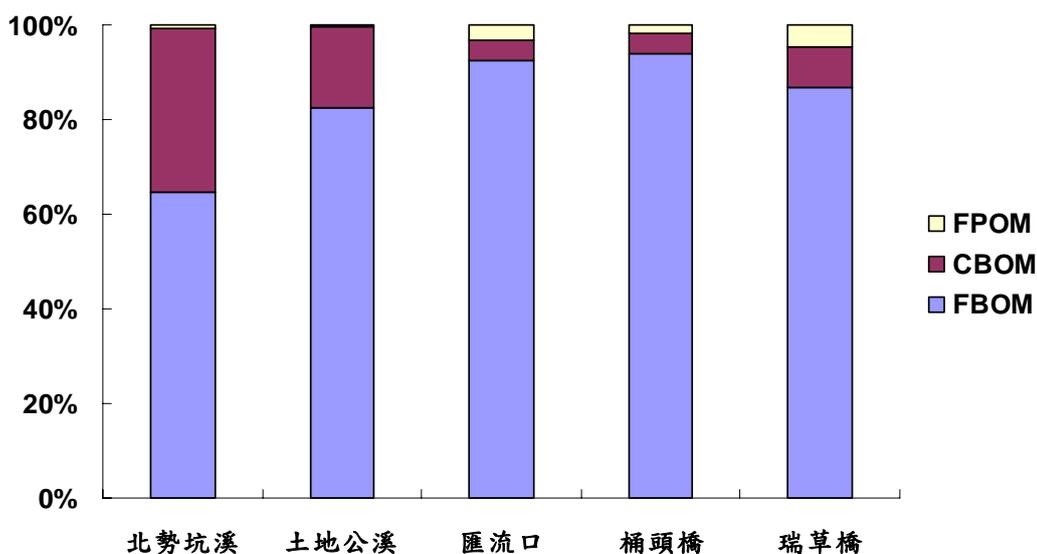


圖 1. 五測站各粒徑級的碎屑含量百分比圖。

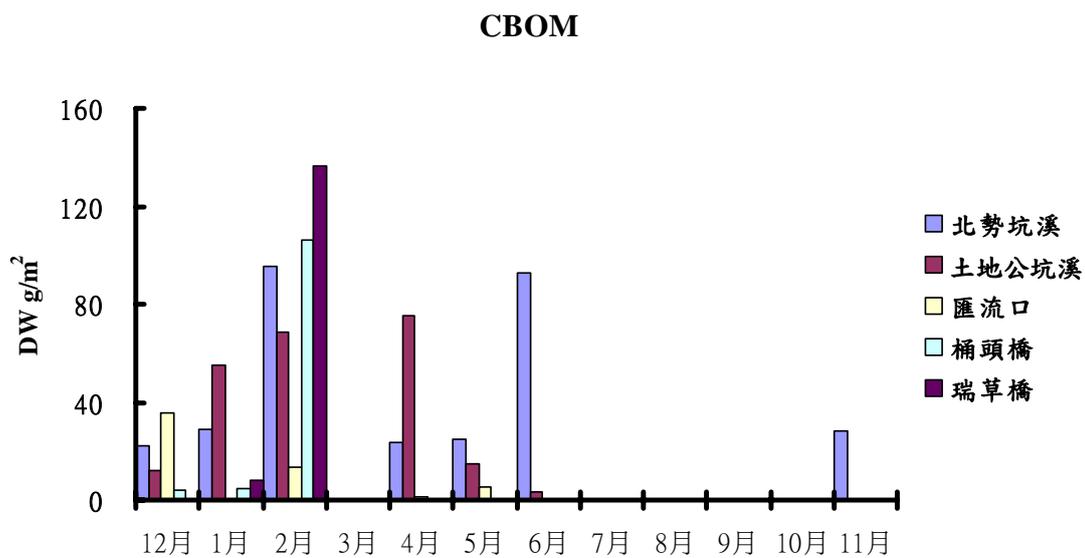


圖 2. 五測站各月份的 CBOM 變化。

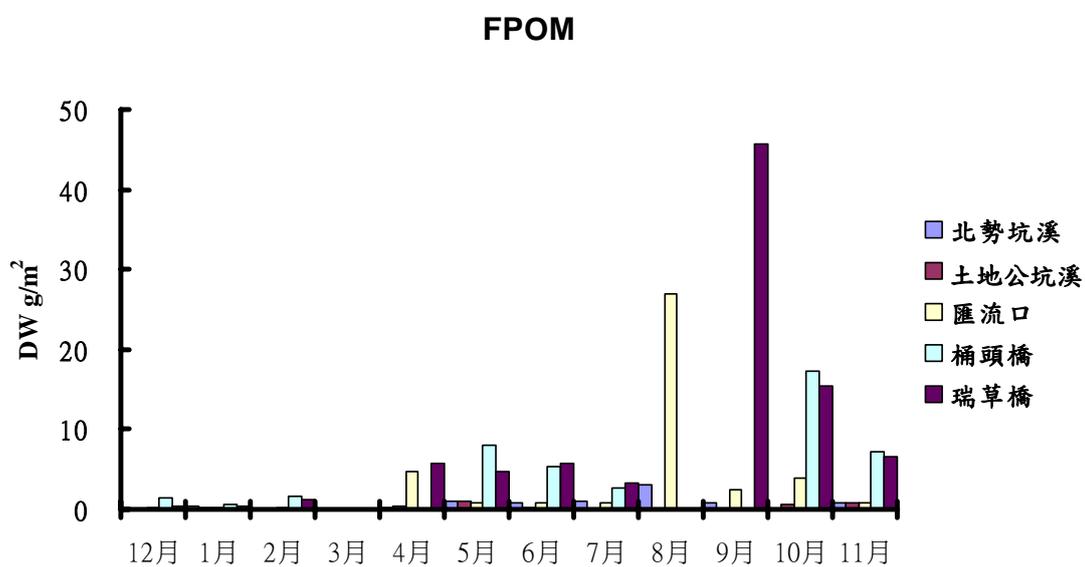


圖 3. 五測站各月份的 FPOM 變化。

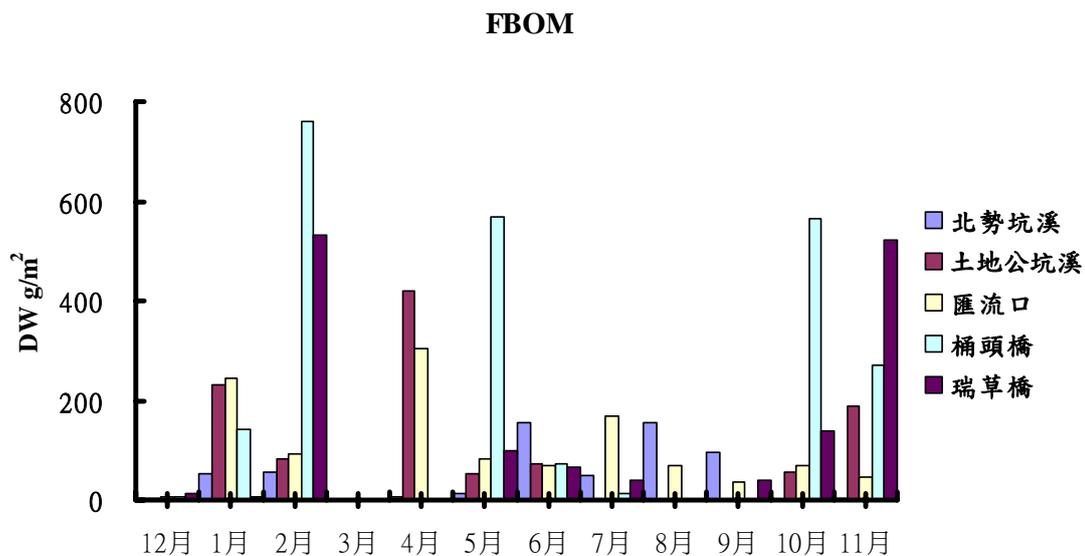


圖 4. 五測站各月份的 FBOM 變化。

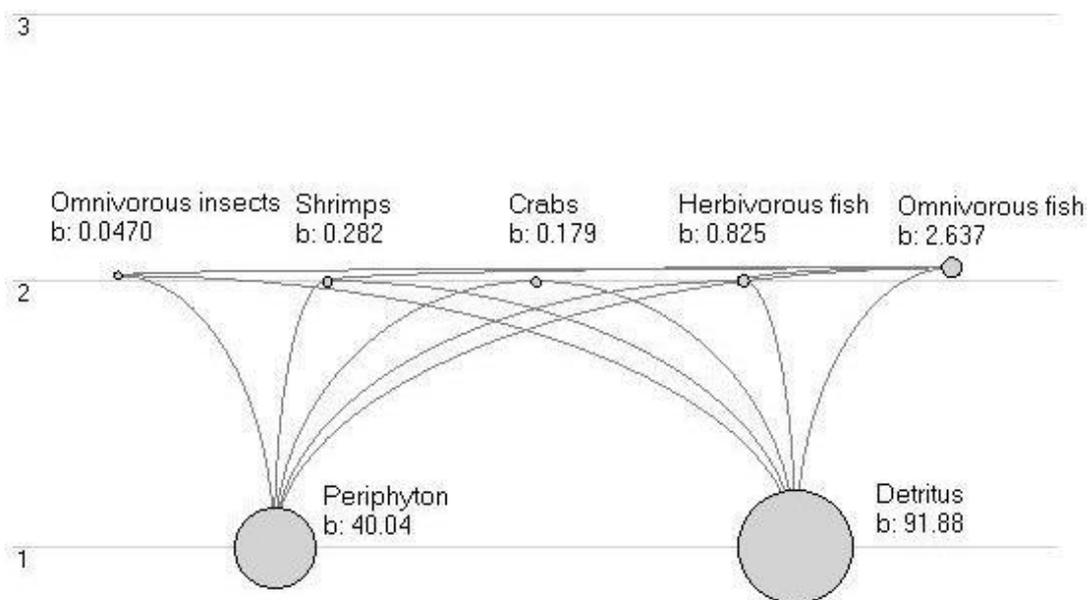


圖 5. 北勢坑溪樣區食物網能流圖。

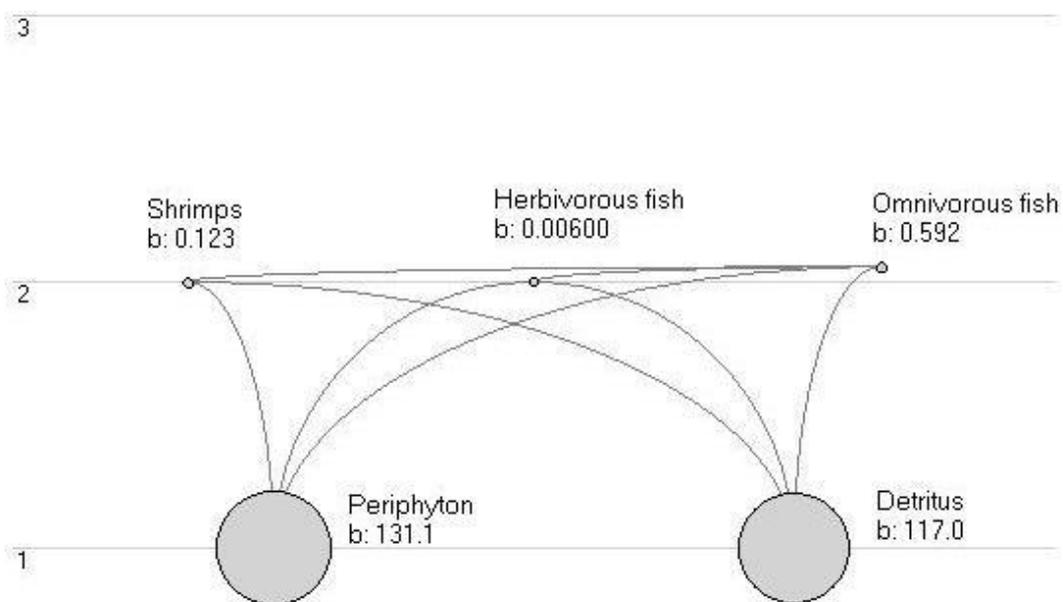


圖 6. 匯流口樣區食物網能流圖。

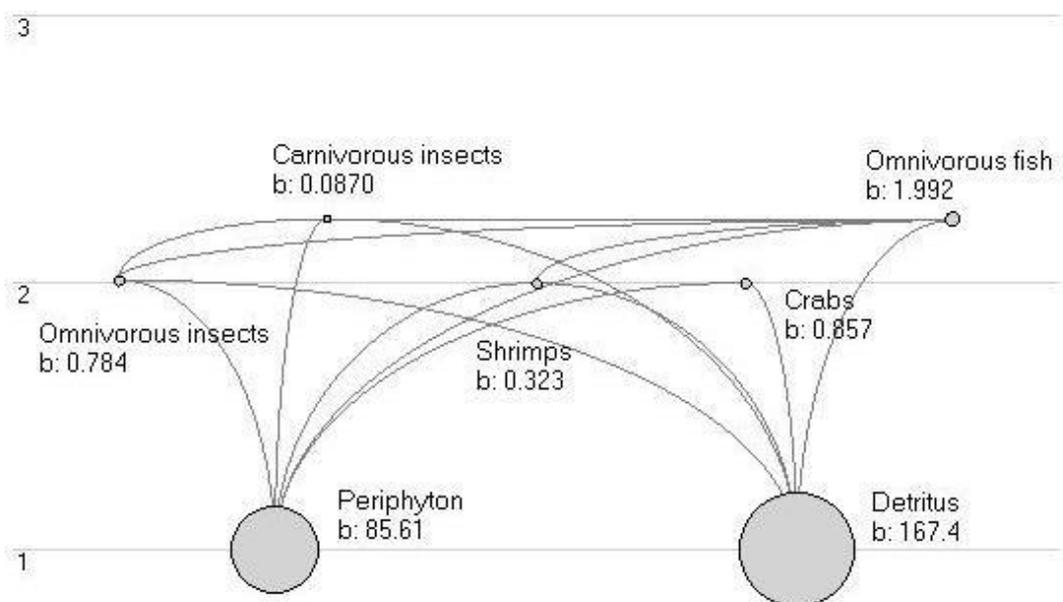


圖 7. 土地公溪樣區食物網能流圖。

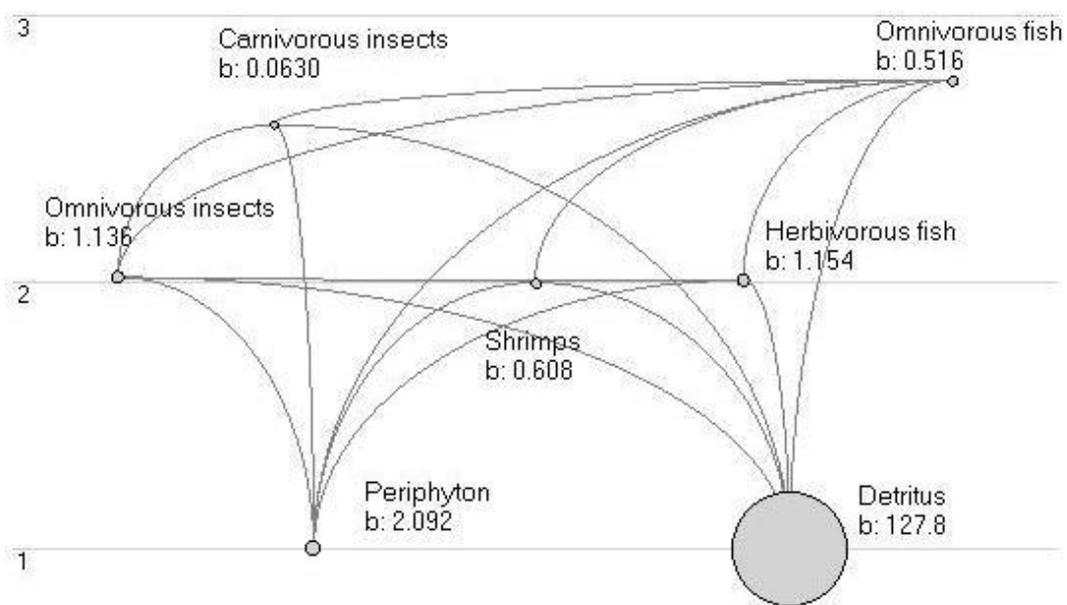


圖 8. 桶頭橋樣區食物網能流圖。

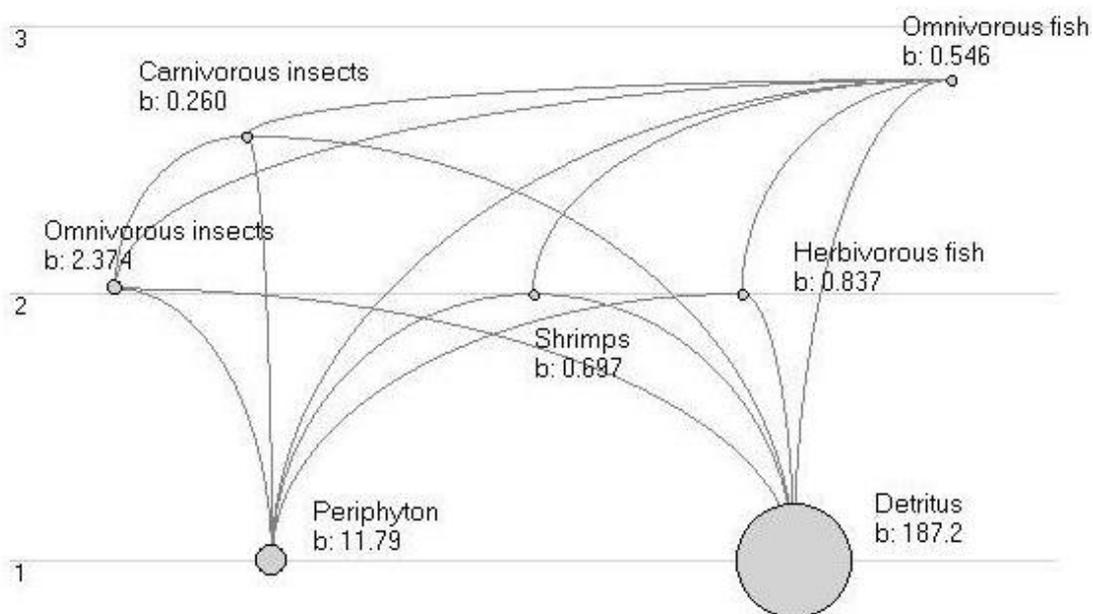


圖 9. 瑞草橋樣區食物網能流圖。

表 1. 五測站 97 年 12 月至 98 年 11 月系統內部蓄計量

地點	日期	系統內部蓄積量(DW g/m ²)			
		CBOM	FPOM	FBOM	碎屑現存量
北勢坑溪	2008 年 12 月	22.13	0.03	3.83	25.99
	2009 年 1 月	28.84	0.40	52.55	81.79
	2009 年 2 月	95.59	0.06	56.07	151.72
	2009 年 3 月	—	—	—	—
	2009 年 4 月	23.60	0.27	7.32	31.19
	2009 年 5 月	24.87	0.95	12.79	38.61
	2009 年 6 月	92.61	0.79	156.00	249.40
	2009 年 7 月	0.00	1.01	50.45	51.46
	2009 年 8 月	0.00	3.04	156.00	159.04
	2009 年 9 月	0.00	0.75	95.94	96.69
	2009 年 10 月	—	—	—	—
	2009 年 11 月	28.41	0.84	3.64	32.89
	平均	31.60	0.82	59.46	91.88
土地公溪	2008 年 12 月	12.11	0.06	2.96	15.14
	2009 年 1 月	54.82	0.13	232.57	287.52
	2009 年 2 月	68.67	0.05	84.11	152.83
	2009 年 3 月	—	—	—	—
	2009 年 4 月	75.44	0.41	421.25	497.10
	2009 年 5 月	15.10	1.01	52.46	68.57
	2009 年 6 月	3.24	0.29	71.28	74.80
	2009 年 7 月	—	—	—	—
	2009 年 8 月	—	—	—	—
	2009 年 9 月	—	—	—	—
	2009 年 10 月	0.00	0.55	54.93	55.48
	2009 年 11 月	0.00	0.74	186.88	187.62
	平均	28.67	0.41	138.31	167.38

備註：北勢坑溪、土地公溪 2009 年 3 月雨勢過大無法採樣調查；北勢坑溪 2009 年 10 月施工無法進入；土地公溪 7、8、9 月施工無法進入，且實驗地點遭受干擾。

(續)表 1. 五測站 2008 年 12 月至 2009 年 11 月系統內部蓄計量

地點	日期	系統內部蓄積量(DW g/m ²)			
		CBOM	FPOM	FBOM	碎屑現存量
匯流口	2008 年 12 月	35.33	0.17	8.02	43.52
	2009 年 1 月	0.00	0.29	243.28	243.56
	2009 年 2 月	13.77	0.13	93.86	107.76
	2009 年 3 月	—	—	—	—
	2009 年 4 月	1.47	4.69	304.32	310.47
	2009 年 5 月	5.10	0.86	82.07	88.03
	2009 年 6 月	0.00	0.78	68.26	69.04
	2009 年 7 月	0.00	0.88	167.90	168.78
	2009 年 8 月	0.00	26.88	68.26	95.14
	2009 年 9 月	0.00	2.54	37.66	40.20
	2009 年 10 月	0.00	3.82	69.18	73.00
	2009 年 11 月	0.00	0.76	46.40	47.16
	平均	5.06	3.80	108.11	116.97
桶頭橋	2008 年 12 月	3.77	1.52	7.37	12.65
	2009 年 1 月	4.46	0.53	140.61	145.59
	2009 年 2 月	106.11	1.56	760.02	867.69
	2009 年 3 月	—	—	—	—
	2009 年 4 月	—	—	—	—
	2009 年 5 月	0.00	8.12	567.51	575.64
	2009 年 6 月	0.00	5.30	71.87	77.18
	2009 年 7 月	0.00	2.78	11.65	14.42
	2009 年 8 月	—	—	—	—
	2009 年 9 月	—	—	—	—
	2009 年 10 月	0.00	17.24	565.26	582.50
	2009 年 11 月	0.00	7.16	272.67	279.83
	平均	14.29	5.53	299.62	319.44

備註：匯流口 3 月以及桶頭橋 3、4 月雨勢過大無法採樣調查；桶頭橋 8、9 月因颱風效應造成河床週遭泥濘，導致採樣困難。

(續)表 1. 五測站 2008 年 12 月至 2009 年 11 月系統內部蓄計量

地點	日期	系統內部蓄積量(DW g/m ²)			
		CBOM	FPOM	FBOM	碎屑現存量
瑞草橋	2008 年 12 月	0.09	0.42	14.31	14.83
	2009 年 1 月	8.09	0.45	8.11	16.64
	2009 年 2 月	136.20	1.15	533.05	670.40
	2009 年 3 月	—	—	—	—
	2009 年 4 月	—	5.76	—	—
	2009 年 5 月	0.00	4.68	97.82	102.50
	2009 年 6 月	0.00	5.73	64.50	70.23
	2009 年 7 月	0.00	3.35	38.35	41.70
	2009 年 8 月	—	—	—	—
	2009 年 9 月	0.00	45.60	39.58	85.18
	2009 年 10 月	0.00	15.38	139.40	154.77
	2009 年 11 月	0.00	6.53	521.94	528.47
	平均		16.04	8.90	161.89

備註：瑞草橋 3 月雨勢過大無法採樣調查，8 月因颱風效應造成河床週遭泥濘，導致採樣困難。

表 2. 各物種所歸屬之類群

分類群	類群中所包含之物種
蝦類	長臂蝦科的粗糙沼蝦、大和沼蝦、臺灣沼蝦；匙指蝦科的多齒新米蝦以及擬多齒米蝦。
蟹類	溪蟹科的拉氏清溪蟹以及黃綠澤蟹
非掠食性水棲空蟲	毛翅目的指石蠶科及網石蠶科；蜉蝣目的蜉蝣科、小蜉蝣科、四節蜉蝣科、花鰓蜉蝣科、扁蜉蝣科以及姬蜉蝣科；鞘翅目的長腳泥蟲科、扁泥蟲科及圓花蚤科；雙翅目的蚋科和搖蚊科；鱗翅目的螟蛾科。
掠食性水棲空蟲	廣翅目的石蛉科；積翅目的石蠅科；雙翅目的大蚊科、流虻科及鷓虻科。
植食性魚類	平鰭鰍科的臺灣間爬岩鰍、臺灣纓口鰍以及埔里中華爬岩鰍；鯉科的鮰魚、高身小鰮魴以及臺灣石鰮。
雜食性魚類	鯉科的臺灣馬口魚以及粗首鱨；鰕虎科的明潭吻鰕虎、南台吻鰕虎、短吻紅斑吻鰕虎；鮭科的短臀鮭。