

# 台灣櫻花鉤吻鮭胃內含物組成與食餌特性

楊宜勳<sup>1</sup>、廖林彥<sup>2</sup>、小野里坦<sup>3</sup>、黃沂訓<sup>1\*</sup>、楊正澤<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> 國立台灣海洋大學水產養殖學系 20224 基隆市北寧路 2 號

<sup>2</sup> 雪霸國家公園管理處武陵管理站 42495 台中市和平區平等里武陵路 7-10 號

<sup>3</sup> 日本信州大學理學部生物科學科 2904 Niimura, Matsumoto 390-1241, Japan

<sup>4</sup> 國立中興大學昆蟲學系 40227 台中市國光路 250 號

## 摘 要

本研究是在不影響鮭魚存活的前提下，利用催吐法 (stomach pump) 調查台灣櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan & Oshima, 1919) 在野外實際利用昆蟲食餌的情形，分析胃內含物之昆蟲碎片比較各目昆蟲之碎片數量、重量組成，探討鮭魚食性之偏好；另外從消化狀態及食餌能量之變化發展出可評估之指標值，以便客觀分析評估台灣櫻花鉤吻鮭取食後之生理過程來推估其目前調適性之取食行為。本研究以 2006 年胃內含物組成之分析結果分成三個部分：首先為胃內含物組成分析、其次是胃內含物消化指標試驗及第三部分的食餌昆蟲之營養組成分析。胃內含物調查 2006 及 2007 兩年，其中 2006 年水生與陸生昆蟲所佔數量比例是 7:3 而 2007 年則是 3:7；根據 2006 及 2007 年之颱風來襲情形推估，此差異可能與颱風造成之干擾有關，在颱風之後，水生昆蟲被山洪沖走，數量不足，台灣櫻花鉤吻鮭可能以陸生昆蟲作為替代食餌；以 2006 年結果與 1937 年日本上野之調查結果 6:4 之比例而言，水生昆蟲仍是鮭魚的主要食餌。食餌昆蟲各目組成之中，水生昆蟲以蜉蝣目的數量最多，毛翅目次之；陸生昆蟲則是雙翅目居多。消化所需的時間，以體外試驗結果而言，毛翅目需時最長，超過 16 小時，襀翅目次之，所需時間約為 16 小時；蜉蝣目需時最短，約為 14 小時。能量分析結果，水生昆蟲蜉蝣目、襀翅目及毛翅目比較，單隻蟲體所能提供的能量以毛翅目最多，與野外的調查配合，據此推測毛翅目可能是提供鮭魚主要能量的食餌昆蟲。本研究另量測鮭魚食餌體長與體重，以便未來進行鮭魚食餌與能量的實驗時，僅需量測胃內食餌昆蟲體長即可推估鮭魚一日所需的能量，同時也能估計維持鮭魚族群所需的食餌昆蟲族群量。這些研究將有助於鮭魚保育的管理。

**關鍵詞：**台灣櫻花鉤吻鮭、胃含物、消化狀態、昆蟲碎片、食餌。

\*論文聯繫人

Corresponding emails: yshuang@mail.ntou.edu.tw  
jtyang@dragon.nchu.edu.tw

台灣櫻花鉤吻鮭食餌特性 317

## 前 言

台灣櫻花鉤吻鮭, *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan & Oshima, 1919) 由於是陸封型又侷限分佈, 族群密度又低, 已經是名列於國際自然保育聯盟 (IUCN, The International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) 的保育紅皮書中的瀕臨絕種生物 (Yan, 2000), 目前僅分布於台灣大甲溪上游的七家灣溪。世界上鮭鱒魚類大多分布於溫帶地區, 而亞熱帶的台灣出現溫帶物種, 也是證明地球氣候變遷及地殼變動的天然紀念物, 也由於它的稀有性促使政府重視此一物種的存亡, 更是將它視為代表台灣特殊生態的物種之一 (Numachi *et al.*, 1990)。

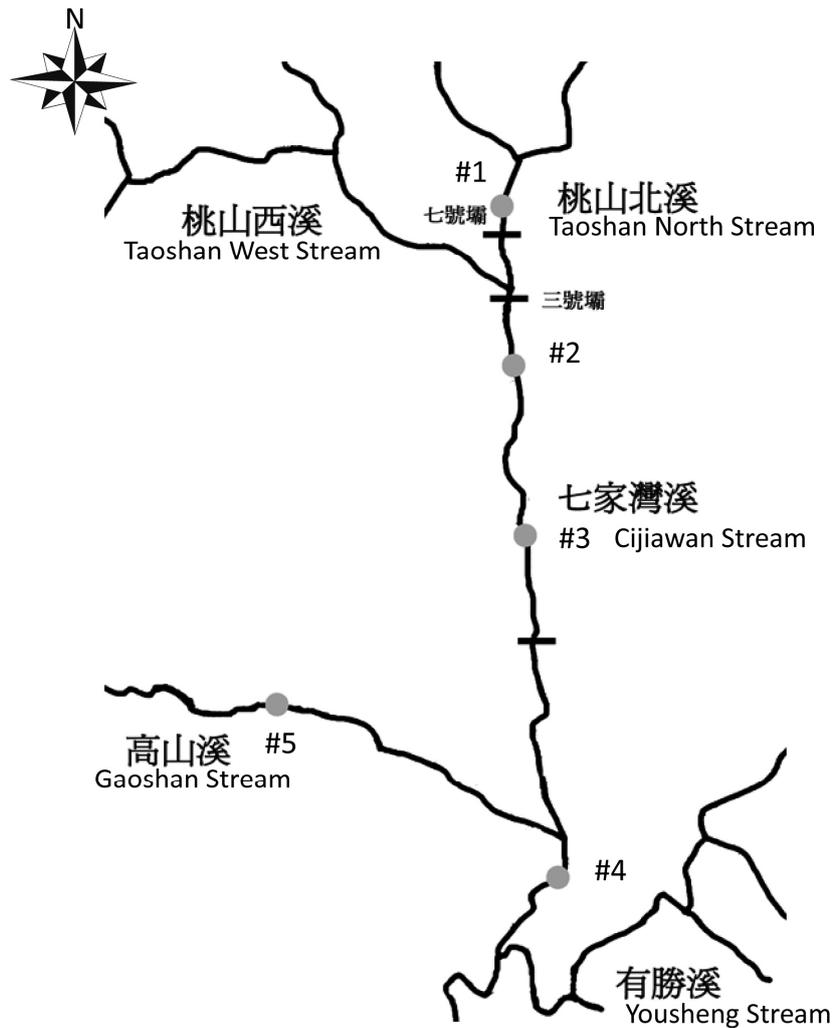
台灣櫻花鉤吻鮭的研究及復育工作早有深入研究 (Hsu *et al.*, 1986; Lin, 1986; Yang *et al.*, 1986; Yu *et al.*, 1987; Numachi *et al.*, 1990; Chen, 1995; Yeh, 1998; Sun, 1999; Leu, 2002; Yu *et al.*, 2005) 足以作為瀕臨絕種生物的範本, 不僅是針對單一物種進行復育及研究, 近來研究範圍還擴大到了整個棲地所有生物群聚及生態系模式分析 (Lin, 2003; Yang, 2005; Tsai, 2006), 在所有的研究中鮭魚食餌部分的研究獨缺直接證據, 僅有 1937 年日本人在司界蘭溪的分析資料 (Ueno, 1937), 目前台灣櫻花鉤吻鮭僅剩下七家灣溪流域中尚有自然族群存活, 對於 1937 年司界蘭溪的溪流環境並沒有留下相關文獻描述, 無從得知今昔差異, 本研究將成為整個生態系研究的最後一塊拼圖。

食性相關的研究上, 從食餌組成開始延伸至取食行為、棲地利用以及生態評估。Hynes 在 1970 指出 Allen 透過胃內含物組成指出溪流魚類以水生昆蟲為主食, 但水生昆蟲缺乏時

會以陸域昆蟲補足, 此一推論被稱呼為 Allen paradox (Hynes, 1970), Waters 更進一步舉出數種不同的食物來源來補足此推論中的不足, 並提出若是水生昆蟲不足時, 魚類會以其他過剩的食餌來補足 (Waters, 1988)。

本研究主要分三大部分來討論: 1. 台灣櫻花鉤吻鮭胃內含物調查; 2. 胃內含物消化指標試驗; 3. 食餌昆蟲營養組成之分析, 以下分別說明之。

1. 台灣櫻花鉤吻鮭胃內含物調查: 分析野生台灣櫻花鉤吻鮭之胃內含物, 了解食餌昆蟲數量組成、重量組成以及不同棲地鮭魚胃內含物組成的差異。
2. 胃內含物消化指標試驗: 從食餌昆蟲消化狀態(digestion state)來分析食餌在鮭魚胃中的消化情況, 藉以了解鮭魚對食餌的利用情形, 並且從食餌的消化時間推斷鮭魚在野外取食的時間, 增加對鮭魚取食行為的瞭解。
3. 食餌昆蟲營養組成: 依目別分類: 蜉蝣目 (Ephemeroptera)、襉翅目 (Plecoptera)、毛翅目 (Trichoptera) 三種幼期完全水生的昆蟲。在昆蟲分類群中, 幼期全部水生的雖然可能還有其他目, 如蜻蛉目。但是常被當作河川水質指標的水生昆蟲, 以此三目皆生活在流水環境, 且經證實可以應用來反映河川環境及水質。因此水生昆蟲學者在環境生態調查時, 以蜉蝣目、襉翅目、毛翅目三目 (EPT) 所採得的科數及個體數為指標, 稱為水生昆蟲指標 (EPT index)。本研究以常用的水生昆蟲指標 (EPT index) 計算其個體數量 (Plafkin *et al.*, 1989)。分別進行粗成分分析, 將粗成分的結果, 結合胃內含物的食餌組成, 從能量的角度解釋鮭魚取食行為, 及食餌可提供的能量是否為影響鮭魚



圖一 雪霸國家公園七家灣溪流域之台灣櫻花鉤吻鮭食餌研究樣區。

Fig. 1. The research area for study the prey characteristics of Taiwan landlocked salmon in Cijiawan stream catchment, Shei-Pa National Park, Taiwan.

選擇的因子之一。

## 材料與方法

### 一、台灣櫻花鉤吻鮭胃內含物調查

本研究以七家灣溪流域之台灣櫻花鉤吻

鮭為實驗材料，調查時共選擇五個樣區（圖一）：桃山北溪 (N24°14'23.6" E121°10'46.8" 海拔 1,891 m)、三號壩 (N24°13'74" E121°10'48.9" 海拔 1,826 m)、觀魚台 (N24°13'27.0" E121°10'53.5" 海拔 1,784 m)、復育中心 (N24°12'46.7" E121°10'57.1" 海拔 1,713

m)、高山溪 (N24°12'57.7" E121°10'47.2" 海拔 1,747 m)，從上至下依序定成一至五號樣區，其中桃山北溪樣區又以七號壩界定上下兩樣點，分別為一號樣點及二號樣點，一號樣點位在桃山登山口以下至七號壩之間，二號樣點在七號壩以下到西溪匯流點。採樣時間及樣區分別為 2006 年 10 月 17~20 日在桃山北溪樣區及 2007 年 11 月 3~8 日於上述五樣區中採樣。

使用電魚器 (Smith-Root LR-24, Smith-Root, Inc., USA) 捕捉野生鮭魚，此法並不會對魚類造成永久性傷害 (Barrett and Grossman, 1988)。

所採集台灣櫻花鉤吻鮭以催吐法 (stomach pump) 取出胃內含物，此法是參考 Giles 在 1980 年所製之催吐器再加以部分修正，所沖洗出的胃內含物則保存於 70% 酒精再進行檢查，篩選時，所有檢出的標本均攝影或拍照，作為鑑定之參考及事後之存證。

## 二、胃內含物消化指標試驗

本試驗所採用之櫻花鉤吻鮭，以雪霸國家公園武陵管理站復育中心 2006 年人工繁殖孵化族群 2005 年級群 (Year class; 月齡: 18 個月)，共 12 隻台灣櫻花鉤吻鮭，平均體長  $21.55 \pm 3.18$  cm，平均體重  $116.47 \pm 62.36$  g。

進行餵食鮭魚之食餌，以 EPT index 為考量，餵食數量分別是蜉蝣目每次約為 1,000 隻，襉翅目約為 100 隻，毛翅目約為 300 隻。餵食後十分鐘以手抄網撈起池中未被捕食之水生昆蟲。第一小時之內分別在 20、30 及 60 分鐘各採樣一次，第二個小時開始每小時採樣一次，持續進行二十四個小時，共計 26 次，依前述方法麻醉、催吐、保存胃內含物，本試驗進行二次重覆。

昆蟲碎片鑑定方法與前述相同，消化狀態

之判別，依時間所呈現的蟲體分離或消化狀態，分成五個可辨識階段：全蟲、全蟲部分破碎、身體部分斷裂、僅頭胸腹、碎片嚴重消化，各階段消化特徵說明如下：

1. 階段一：全蟲，指蟲體剛被取食，足部斷裂三隻以下，蟲體可辨。
2. 階段二：全蟲部分破碎，蟲體上略為破裂，顯示有壓迫或撕裂之痕跡；足部斷裂三隻以上。
3. 階段三：身體部分斷裂，頭部或腹部自蟲體斷裂，但不致完全分離、散落。
4. 階段四：僅存頭胸腹，僅有頭、胸、腹三個部分，殘存在消化碎片中。
5. 階段五：碎片嚴重消化，頭胸腹外骨骼體色模糊、或透明或軟化，明顯已消化。

魚類食餌消化狀態之判別，根據文獻回顧並沒有相關的研究報告，至少應是國內首次發表，因此在研究中設計兩個指數來表示其消化狀態。

各目分別進行個別評比，將消化狀態依上述五個階段判識分級，根據碎片之不同消化階段，給予不同分數 (如表一)，再將各目昆蟲碎片所占百分數，乘以該消化階段之分數，此數值的總和即是消化指數 (Digestion Index, DI)。

$$DI = \sum_{i=1}^5 \frac{N_i}{N} \times i$$

i：消化等級，1 至 5 級

$N_i$ ：第 i 消化等級碎片數

N：碎片總數， $N = \sum N_i$

另一個指數是破碎指數 (Fragmentation index)，破碎度同樣是各目分別計算，將胃內含物中所有碎片數除以胃內含物中的蟲體總數。

$$\text{破碎度(FI)} = \frac{N}{I}$$

表一 台灣櫻花鉤吻鮭食餌消化狀態之分級及其定義

Table 1. The digestion state and definition to the insects prey digested by Taiwan landlocked salmon described by body parts

digestion state	body part	definition of digestion characters
1	A body complete	legs broken less than state 3
	L leg complete	segments complete
2	B partially fragmented	legs broken more than state 3; cerci and central filament or body partial broken and incomplete
3	C head	head + thorax
	D thorax	thorax + abdomen
	E body transparent	abdomen digested and transparent
	M femur-tibia-tarsus	any of femur, tibia and tarsus remained
	N fragment	unrecognized parts
4	F head	head
	G thorax	thorax
	H abdomen	abdomen only
5	I head digested	head broken
	J thorax broken	thorax broken
	K abdomen broken	abdomen digested to mud or transparent

N：碎片總數， $N = \sum Ni$

I：蟲體總數，挑選出碎片中可反映出個體的碎片

### 三、食餌昆蟲之營養成分及熱量分析

#### 水生昆蟲來源

昆蟲樣品採集地點來自七家灣溪於台灣雪霸國家公園管理處台灣櫻花鉤吻鮭復育中心，N24°12'46.7" E121°10'57.1" 海拔 1,713 m 河段，以水網捕捉水生昆蟲，鑑定至目，再放入樣品瓶中，保存於 -20°C 之冷凍庫中。有關水生昆蟲之蟲體成分分析，包括水分、灰分、粗蛋白、粗脂肪及粗纖維等，完全參照 AOAC (1984) 的方法進行測定，並換算熱量。

## 結 果

### 一、台灣櫻花鉤吻鮭胃內含物調查

2006 年在桃山北溪共採集 34 尾鮭魚；2007 年在七家灣溪五個樣區採集鮭魚 58 尾。在 2006 及 2007 年胃內含物中共檢出碎片 1,759 件，可鑑定的碎片有 1,200 件 (表二)。從碎片的數量中，並不能反映出鮭魚所取食的食餌特性，因此以鮭魚個體為單位，從碎片中挑選個體數百分比具有代表性優勢的碎片，以其身體部位，分頭、胸等，來計算胃內含物中鮭魚食餌昆蟲的個體數量。

2006 年催吐調查結果，鮭魚胃內含物中，根據昆蟲的發育期判定棲息環境，分析發現，水生昆蟲佔 71.7%，陸生昆蟲佔 28.3%。昆蟲各目的百分比而言，以蜉蝣目幼期蟲體 44.4% 最多，其次為毛翅目幼蟲 25%，雙翅

表二 2006~2007 年台灣櫻花鉤吻鮭水生昆蟲消化試驗雄性、雌性成魚 (1<sup>+</sup>, 23 月齡) 和幼魚 (0<sup>+</sup>, 11 月齡) 平均體長和胃內含物重量

Table 2. The averaged fork length and the associated weight of stomach content of the matured (1<sup>+</sup>, 23 months) male, female and juvenile (0<sup>+</sup>, 11 months) fish of Taiwan landlocked salmon examined through digestion experiment between 2006 and 2007

Samples from	No. fish	Fork length(cm)	Stomach content weight (mg)
Male	33	21.80 ± 4.32	270.37 ± 339.17
Female	37	21.95 ± 4.32	218.32 ± 372.73
Juvenile	22	14.34 ± 1.56	281.05 ± 296.45

表三 2006 年桃山北溪鮭魚胃內含物碎片數及碎片百分比

Table 3. The fragment number and percentage of insect which the insect fragments appeared in the stomach from the samples of Taoshan N. Stream, 2006

Insect activity and habitat	Insect	Plot 1		Plot 2		
		n. fragment	(%)	n. fragment	(%)	
Aquatic	Ephemeroptera larva	408	57.1	88	18.1	
	Plecoptera larva	4	0.6	1	0.2	
	Trichoptera larva	66	9.2	43	8.9	
	Diptera larva	3	0.4	1	0.2	
	Total	481	67.4	133	27.4	
<u>Terrestrial</u>	Ephemeroptera Adult	2	0.3	1	0.2	
	Plecoptera Adult	0	0.0	0	0.0	
	Trichoptera Adult	1	0.1	1	0.2	
	Diptera adult	52	7.3	44	9.1	
	Hymenoptera	7	1.0	5	1.0	
	Coleoptera	1	0.1	6	1.2	
	Lepidoptera	0	0.0	0	0.0	
	Homoptera	6	0.8	15	3.1	
	Orthoptera	0	0.0	2	0.4	
	Hemiptera	0	0.0	2	0.4	
	Psocoptera	0	0.0	2	0.4	
	Total	69	9.7	78	16.1	
	Other	Stone	6	0.8	0	0.0
		Reef	4	0.6	0	0.0
Isopod		1	0.1	0	0.0	
Underdistinguish		153	21.4	275	56.6	
Total		164	23.0	275	56.6	

目成蟲 16.7% 居第三位；2007 年鮭魚胃內含物中，水生昆蟲佔 35.4%，陸生昆蟲佔 64.6%，

而組成昆蟲百分比，以雙翅目成蟲 53.7% 最多，毛翅目幼蟲 19.1% 次之，襍翅目幼蟲 8.8%

表四 2007 年七家灣溪鮭魚胃內含物碎片數及碎片百分比

Table 4. The piece number and percentage of insect fragments found in the stomach contents of the Taiwan landlocked salmon sampled from Cijiawan Stream, 2007

Insect activity habitat	Sampling station*	1		2		3		4		5	
		no. frag.	(%)	n. frag.	(%)						
Aquatic	Ephemeroptera larva	2	1.9	5	2.4	6	8.3	8	10.5	0	0.0
	Plecoptera larva	12	11.2	20	9.4	1	1.4	1	1.3	6	6.5
	Trichoptera larva	0	0.0	7	3.3	24	33.3	11	14.5	49	53.3
	Total	14	13.1	32	15.1	31	43.1	20	26.3	55	59.8
Terrestrial	Diptera	53	49.5	45	21.2	2	2.8	45	59.2	22	23.9
	Hymenoptera	0	0.0	3	1.4	1	1.4	1	1.3	2	2.2
	Homoptera	2	1.9	2	0.9	1	1.4	2	2.6	1	1.1
	Orthoptera	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.00	1	1.1
	Total	55	51.4	50	23.6	4	5.6	48	63.2	26	28.3
Other	Araneae	0	0.0	4	1.9	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	unclassified	38	35.5	126	59.4	37	51.4	8	10.5	11	12.0

\*Station 1 is Taoshan north Stream; Station 2 is Dam 3; station 3 is fish look-out; station 4 is Eco center; station 5 is Goshan Stream.

第三 (表三及表四)。

## 二、胃內含物消化指標試驗

以 EPT 餵食櫻花鉤吻鮭之後，分時段催吐取出胃含物，檢查各目昆蟲被消化的情形，依時間之變化，求得關係式 (圖二)。蜉蝣目的破碎指數變化不大，可能與蟲體又扁又小，而且體內之內容物少，張力小，不易破碎。然而消化指數變化相關性  $R^2 = 0.5789$ ，相對於體型相近的襀翅目  $R^2 = 0.2538$ ，由數據的分布可見其相關性不是線性相關；而毛翅目的消化指數隨時間而增加，可以和蜉蝣目相比，其關係式的  $R^2 = 0.4082$ ，由上可見消化指數可以用來調查食餌昆蟲在鮭魚胃內被消化的時間。

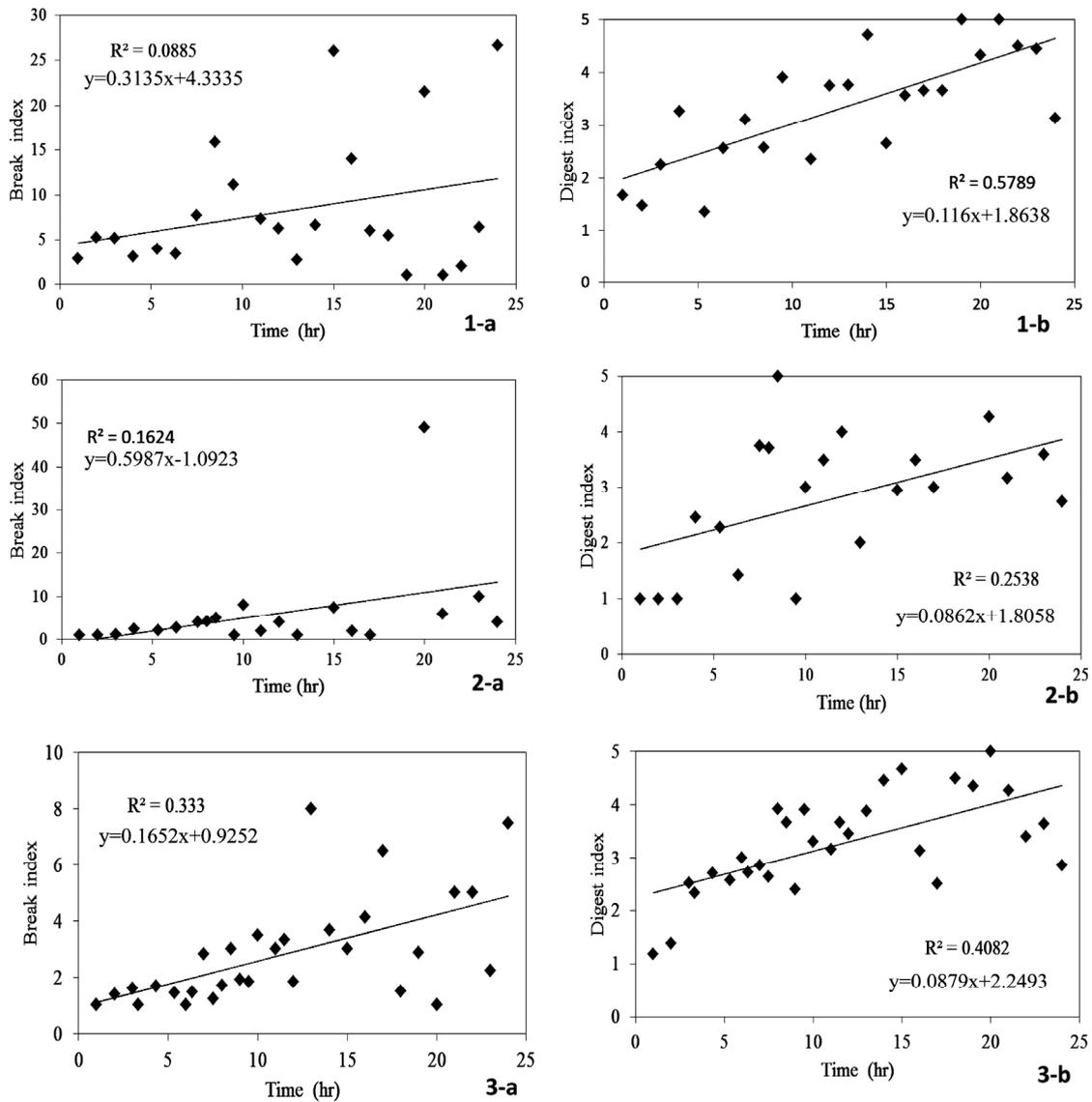
## 三、食餌昆蟲 EPT 各目之營養成分與熱能

經由採自七家灣溪的 EPT 各目水生昆蟲，測量體長、體重，以此數據和各目代表昆

蟲分別測得的營養成分，估計三個月提供的熱量，換算成卡路里數 (表六)。營養組成之含水量以蜉蝣目與毛翅目占最多，粗蛋白占最多的是蜉蝣目 66.8%，而毛翅目 54.2%，襀翅目 44.2%；以粗脂質而言，襀翅目也是最低 13.8%；然而，以估算熱量的卡路里數而言，襀翅目卻是最高 (5,123 卡)，這一點是否與襀翅目主要為肉食性的食物來源有關？尚待深入研究 (表六)。

## 討 論

食性分析可以區分為定量以及定性兩方面，1980 年 Hyslop 把魚類食性分析的方式分為計數法、體積法及重量法，針對不同的食性採用不同分析方法。數量法可以反映魚類的取食特性，體積法與重量法則是可以反映魚類食餌的營養組成。本研究所使用的方式是數量



圖二 水生昆蟲 (1. 蜉蝣目; 2. 襀翅目; 3. 毛翅目) 蟲體破碎度指數 (a) 與消化數指數 (b) 分別與消化過程所需時間之關係。

Fig. 2. The relationship between time and fragmentation index (a) and digestion index (b) of Ephemeroptera (1), Plecoptera (2), Trichoptera (3).

法，因為鮭魚胃內含物中大多是昆蟲碎片，單是在鑑定上即有一定困難，以體積法或重量法來分析破碎的昆蟲碎片，在食性的定性分析上較為常用，如食蟲動物 (Hsu *et al.*, 1986)，

但可能無法反映出實際的食餌重量，故以數量法來定量分析食性較為合適。

本研究兩次野外採樣的時間點都是在台灣櫻花鉤吻鮭繁殖季節，在我們選擇樣區中，

表五 台灣櫻花鉤吻鮭攝入三主要水生昆蟲目，蜉蝣目、襉翅目、毛翅目 24 小時間各項破碎度指數、消化指數變化  
Table 5. Time related values of fragmentation index and digestion index of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera within the 24-hour duration after ingested by Taiwan landlocked salmon

Time (hr)	Ephemeroptera		Plecoptera		Trichoptera	
	frag. index	Digest. index	frag. index	Digest. index	frag. index	Digest. index
1	2.82	1.67	1.00	1.00	1.00	1.18
2	5.24	1.47	1.00	1.00	1.38	1.39
3	5.18	2.25	1.13	1.00	1.60	2.52
4	3.10	3.27	2.46	2.46	1.67	2.70
5	3.92	1.36	2.13	2.27	1.44	2.57
6	3.36	2.56	2.80	1.43	1.46	2.71
7	7.73	3.11	4.00	3.75	1.22	2.64
8	15.84	2.57	5.00	5.00	3.00	3.67
9	11.10	3.92	1.00	1.00	1.83	3.91
10	—	—	8.00	3.00	3.50	3.31
11	7.33	2.35	2.00	3.50	3.00	3.16
12	6.29	3.75	4.00	4.00	1.83	3.45
13	2.71	3.77	1.00	2.00	8.00	3.88
14	6.60	4.71	—	—	3.67	4.45
15	26.00	2.65	7.33	2.95	3.00	4.67
16	14.00	3.57	2.00	3.50	4.13	3.13
17	6.00	3.67	1.00	3.00	6.50	2.50
18	5.50	3.67	—	—	1.50	4.50
19	1.00	5.00	—	—	2.88	4.34
20	21.50	4.34	49.00	4.27	1.00	5.00
21	1.00	5.00	6.00	3.17	5.00	4.27
22	2.00	4.50	—	—	5.00	3.40
23	6.38	4.45	10.00	3.60	2.25	3.64
24	26.67	3.14	4.00	2.75	7.50	2.86

表六 台灣櫻花鉤吻鮭位內容物三主要水生昆蟲目，蜉蝣目、襉翅目、毛翅目體長與體重及營養成分  
Table 6. Total length, weight and the nutritional content of the three major orders (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) of aquatic insects observed from the stomach content of Taiwan landlocked salmon

	Ephemeroptera	Plecoptera	Trichoptera
No. samples	206	7	115
Body length (cm)	13.28 ± 4.95	14.17 ± 4.09	30.49 ± 9.27
Weight (mg)	15.39 ± 105.95	97.14 ± 44.52	294.03 ± 204.34
Moisture (%)	84.8	68.2	81.3
Crud-protein (%)	66.8	44.2	54.2
Crud-lipid (%)	25.4	13.8	12.6
Combusted energy (cal./g)	4,599	5,123	4,396

唯一相同的樣區是一號樣區（桃山北溪），而兩年間胃內含物組成的結果迥異，從水生及陸生

昆蟲的比例來看，2006 年水生昆蟲量（72%）多於陸生昆蟲（28%）；2007 年的結果則剛好

相反 (35% 比 65%)，主要原因可能是 2007 年台中縣武陵地區在颱風期間降雨量均超過 300 mm，大量降雨沖走濱水帶堆積的枯枝落葉有機質以及棲息其中的陸生分解者昆蟲 (如隱翅蟲) 及水生昆蟲族群，尤其可能對七家灣溪的水生昆蟲族群產生了巨大的干擾。本研究在未受颱風侵襲的 2006 年調查，結果水生昆蟲數量應該處於鮭魚族群正常取食的情況，由此可見台灣櫻花鉤吻鮭食餌應該是以水生昆蟲為主要食餌，若水生昆蟲數量不足，如颱風季節，水生昆蟲受洪流衝擊，台灣櫻花鉤吻鮭胃含物中的陸生昆蟲數量百分比增加，可能就在此時以陸生昆蟲為替代性食餌。

另外從研究食餌昆蟲的重量百分比提供基礎資訊，由於胃內含物的昆蟲碎片難以評估重量，因此測量水生昆蟲各目樣本之平均體重來估算食餌昆蟲的重量百分比。研究結果，單隻蟲體以毛翅目最重，平均 294.03 mg，單隻毛翅目體重是蜉蝣目體重 (15.39 mg) 的二十倍，襉翅目的重量居次，單隻襉翅目昆蟲體重約為蜉蝣目蟲體重的六倍。將此結果與 2006 年蟲體數組成百分比數據結合來算生物量 (biomass)，以毛翅目最大，且遠大於蜉蝣目及襉翅目，蜉蝣目次之，襉翅目最少，因此假設台灣櫻花鉤吻鮭捕食的機會相等時，捕食一隻毛翅目昆蟲所獲得的能量會遠大於捕食蜉蝣目及襉翅目昆蟲。若鮭魚在溪流之中取食具特定的選擇性，則應以毛翅目的量最多；但從水生昆蟲 EPT 組成來看，食餌數量並沒有顯著差異。

台灣每年 6~9 月均會有數個颱風侵襲，並對水生昆蟲族群量產生重大影響，族群回復需要很長一段時間，因而致使鮭魚必須尋找其他替代性食餌，大量捕食陸生昆蟲僅是因為環境中水生昆蟲食餌量不足時的策略應用，此一結果也與 Huryn (1996) 以 Allen paradox 推

論生物量的結果相符，該研究是在推估紐西蘭的鱒魚食物中，底棲無脊椎與上層陸生昆蟲的組成之生物量，底棲無脊椎中，水生昆蟲最多，可以達 80% 的食物量，其他 10~20% 則是陸生昆蟲的生物量 (Huryn, 1996)，由此可見，惡劣環境之下，陸生昆蟲也可以是影響鮭魚存活的關鍵。

本研究利用破碎度與消化指數來表示消化狀態，破碎度是以所有可鑑別的碎片量為依據；消化指數則是將可鑑定的碎片分級計算之總和。根據本研究結果，破碎度來判別消化狀態時會在十個小時之內，破碎度與時間呈現緩慢的上升，超過十小時之後，兩者的關係就非線性關係，破碎度呈現劇烈波動，會突然爬升之後又下降，在三個目中皆是如此，由於破碎度是以可鑑定的碎片量來評估，本實驗水生昆蟲的投餵量並不相同，因此若一隻鮭魚食入較多的昆蟲，而其中若有一隻昆蟲破碎的較為嚴重或是蟲體數估算錯誤，都會導致破碎度估算產生嚴重誤差，這就是破碎度用來評估消化時的消化程度上的困難。也就是說，當消化時間延長會有更多難以辨別的碎片，同樣也會影響破碎度估算，因此在本研究分析結果發現，破碎度並不適合用來評估消化程度。相較之下，消化指數會比較適合用來評估消化狀態，消化指數是將每個碎片分級再依各碎片百分比總和，因此可以避免魚體食入過多昆蟲而影響實驗結果。

鮭魚隨機捕捉一隻水生昆蟲，假設單一個體之重量接近的情況，蜉蝣目所能提供的熱量最多。若鮭魚在野外隨機捕捉水生昆蟲的機率與我們採樣的機率相同，根據本研究隨機採樣的結果，野外環境中鮭魚隨機捕捉到的水生昆蟲通常是毛翅目會重於蜉蝣目與襉翅目，因此鮭魚捕食毛翅目昆蟲所獲得的能量，將會分別大於蜉蝣目與襉翅目。目前一般商用虹鱒飼料

中，蛋白質含量約在 42~48%，脂肪含量在 16~24% 之間與本研究結果 EPT 各目測得的粗蛋白及粗脂肪相近 (表六)，蛋白質與脂肪的含量因成長的階段而有所變動 (Hardy, 2002)。而 Lee and Kim 在 2001 的報告中認為，櫻鱒 (*Oncorhynchus masou* Brevoort) 幼魚的蛋白質和能量的需求為 40% 和 21 MJ kg<sup>-1</sup>，即可達到最佳成長。從親緣與台灣櫻花鉤吻鮭相近的櫻鱒來看，不論是蜉蝣目、襉翅目和毛翅目，它所含的蛋白質均高於 40% 是符合蛋白質需求，有利於它的成長。

## 致 謝

本研究感謝雪霸國家公園支持長期調查計畫之部份成果，武陵工作站的長期協助，武陵長期生態模式研究團隊的合作。研究期間幾位助理郭雅惠，劉恆鍵，江東權，陳鳳華與研究生王心浩，陳德浩，林嘉勇，鄭博修的協助，文章整理成文，有湯宇潔，陳采如的全程協助，兩位匿名審查者的建議及英文編輯的修正，都一併在此致謝。

## 引用文獻

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC).** 1984. Official methods of analysis. 14th ed. Washington, DC., USA. 1141 pp.
- Barrett JC, Grossman GD.** 1988. Effects of direct current electrofishing on the mottled sculpin. *N Am J Fish Manage* 8: 112-116.
- Chen HC.** 1995. Design of monitoring system and investigation of water quality in rivers at Wu-Lin Area. Miaoli, Construction and Planning Agency Ministry of the Interior, Shei-Pa National Park Headquarters. 104 pp. (in Chinese)
- Giles N.** 1980. A stomach sampler for use on live fish. *J Fish Biol* 16: 441- 444.
- Hardy RW.** 2002. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: Webster CD. (ed.) *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. CABI, Oxon, 184-202.
- Hsu YL, Chen PH, Chien CY, Wu JL, Chow YS, Chang KH.** 1986. The study of fungi, bacteria and viruses of *Oncorhynchus masou* (Brevoort). 76-year ecological study of the Executive Yuan Council of Agriculture No. 9. Taipei, Council of Agriculture, 18 pp. (in Chinese)
- Hury AD.** 1996. An appraisal of the allen paradox in a new Zealand trout stream. *Limnol Oceanogr* 41: 243-252.
- Hynes HBN.** 1970. The ecology of running waters. Bungay, XXIV, 555 pp.
- Hyslop EJ.** 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *J. Fish Biology* 17: 411-429.
- Lin HJ.** 2003. Effects of nutrients on epiphyton primary productivity in the streams of the Wulin Area. Miaoli, Construction and Planning Agency Ministry of the Interior, Shei-Pa National Park Headquarters. 33 pp. (in Chinese)
- Lin YS.** 1986. Memoir of nature, endangered

- and rare plant/animal species and landscape conservation (II). pp. 21-38. Taipei, Council of Agriculture CAPD Forestry Series. (in Chinese)
- Lue KY.** 2002. Herpetological fauna survey of Shepa National Park- Wulin Area. Miaoli Construction and Planning Agency Ministry of the Interior, Shei-Pa National Park Headquarters. 26 pp. (in Chinese)
- Numachi KI, Kobayashi T, Chang KH, Lin YS.** 1990. Genetic identification and differentiation of the Formosan salmon, *Oncorhynchus masou formosanus*, by restriction analysis of mitochondrial DNA. Bull Inst Zool Acad Sinica 29 (3): 61-72.
- Plafkin JL, Barbour MT, Porter KD, Gross SK, Hughes RM.** 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish. EPA/444/4-89-001. Washington, DC: USA. Environmental Protection Agency. 190 pp.
- Sun YH.** 1999. Chichiawuan Stream Mandarin ducks population ecological surveys (I). Miaoli, Construction and Planning Agency Ministry of the Interior, Shei-Pa National Park Headquarters. 36 pp. (in Chinese)
- Tsai ST.** 2006. Wulin Area long-term ecological research monitoring and the ecosystem model constructing-riparian vegetation study. Miaoli, Construction and Planning Agency Ministry of the Interior, Shei-Pa National Park Headquarters. 60 pp. (in Chinese)
- Ueno M.** 1937. The feeding characteristics and parasites of salmon in Tachia-Shi, central Taiwan. The Journal of the Natural History Society of Taiwan 27 (116): 153-159. (in Japanese)
- Waters TF.** 1988. Fish production-benthos production relationships in trout streams. Pol Arch Hydrobiol 35: 545-561.
- Yan HY.** 2000. Threatened fishes of the world: *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan & Oshima, 1919) (Salmonidae). Environmental Biology of Fishes 57: 314.
- Yang JT.** 2005. Insect fauna survey of Shepa National Park-Wulin Area. Miaoli, Construction and Planning Agency Ministry of the Interior, Shei-Pa National Park Headquarters. 47 pp. (In Chinese)
- Yang PS, Lin YS, Wong KC, Liang SH, Shieh SH, Tzeng CS.** 1986. Aquatic insect fauna and ecological surveys at the Wulin Farm river. 75-year Ecological Study of the Executive Yuan Council of Agriculture No. 1. Taipei, Council of Agriculture 48 pp. (In Chinese)
- Yeh CH.** 1998. An experimental study of channel habitat improvement for Chi-Chia-Wan Creek. Miaoli, Construction and Planning Agency Ministry of the Interior, Shei-Pa National Park Headquarters. 77 pp. (in Chinese)

**Yu SF, Lin YF, Kuan WH, Lin HJ.** 2005. A study of water quality of Wulin area in Sheipa National Park. *Journal of National Park* 15 (1): 45-60. (in Chinese)

**Yu TC, Lai JY, Wong CG, Yang MT.** 1987. Experiment on the breeding of Taiwan landlocked salmon. 76-year Ecological Study of the Executive Yuan Council of Agriculture No. 6. Taipei, Council of Agriculture. 14 pp. (in Chinese)

收件日期：2012年11月5日

接受日期：2012年12月17日

# The Component of Stomach Content and the Characteristic of Prey in Taiwan Landlocked Salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) from Cijiawan Stream, Wuling, Central Taiwan

I-Hsun Yang<sup>1</sup>, Lin-Yan Liao<sup>2</sup>, Onozato Hiroshi<sup>3</sup>, Yii-Shing Huang<sup>1\*</sup>, and Jeng-Tze Yang<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Aquaculture, National Taiwan Ocean University, Keelung 20224, Taiwan

<sup>2</sup> Shei-Pa National Park Headquarters, Taichung 424, Taiwan

<sup>3</sup> Department of Biology, Shinshu University Faculty of Science, Japan

<sup>4</sup> Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung 40227, Taiwan

## ABSTRACT

This study investigated the ecological feeding preference based on the stomach content of Taiwan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus* Jordan & Oshima, 1919). In order to justify the prey value and the environmental significance of those three major aquatic insect Orders observed in the stomach content of this study in 2006, a duplicate 24-hr duration experiment was conducted to investigate the digestion capabilities of mature and juvenile fish fed insect preys with each of the insect order of Ephemeroptera, Plecoptera or Trichoptera. In addition, there were 92 fish samples collected from five stations in Cijiawan Stream and Goshan Stream from 2006 to October 2007. The ratio of aquatic by the terrestrial insects found in the stomach contents was 7:3 in 2006 and was 3:7 in 2007. The cause of the switch to ingest a high proportion of terrestrial insects was probably due to the four consecutive typhoons disturbing the area and which might have flushed most of those aquatic insects away.

**Key words:** *Oncorhynchus masou formosanu*, stomach contents, digestion state, insect fragment, prey