

방류 연어, *Oncorhynchus keta* 치어의 해양 먹이선택성

권오남 · 김주경* · 윤문근* · 김두호* · 홍관의†

(강릉원주대학교 동해안생명과학연구소 · ** 한국수산자원관리공단 양양연어사업소)

Marine Prey Selectivity of Released Juvenile Chum Salmon (*Oncorhynchus keta*) During arly Marine Migration in Korean Waters

O-Nam KWON · Ju-Kyoung KIM* · Moon-Geun YOON* · Doo-Ho KIM* · Kwan-Eui HONG†

(Gangneung-Wonju National University · **Marine biology Center for Research and Education)

Abstract

We investigated the feeding ecology of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during the critical early life stage prey selectivity of juvenile chum salmon during early marine migration in Korean waters at spring 2011. Salmon juveniles and zooplanktons were collected to draw with 20 m×5 m gill net and 300 μm mesh zooplankton net at each station on 11th-13th April n 2011. Collected zooplanktons were classified to 5 Phylum, 6 Class, 9 Order 17 Species in this study. Almost 76.4-100% species were classified to Phylum Arthropoda, dominant species was a species out of *Hyperia galba* of Order Amphipoda, *Acartia* spp and *Paracalanus parvus* of Order Calanoida. Collected salmon juveniles were grew up to average 4.7-5.4 cm fork length and average 1.0-1.5 g wet weight in whole station. Fish stomach content (mg/salmon) was heavier to 97.4, 82.4 and 63.2 mg wet weight/salmon in ST 2, 3, 4 than 20.4, 18.9 mg/salmon of ST 1, 5, because there are fish (sand eel, *Hypoptychus dybowskii*) and Krill (*Euphausia*) as prey in salmon stomach in ST 2, 3, 4. And ST 2, 3, 4 and 5 were dominated by Amphipoda as *Hyperia galba*, *Themisto japonica* and *Gammarus* sp., but ST 1 was dominated by copepod, because of absence of Amphipoda in the station. Therefore small Amphipoda as *Hyperia galba* was good prey for just released salmon juvenile in nature.

Key words : Chum salmon, Released juvenile, Prey selection, *Oncorhynchus keta*

I. 서론

연어(*Oncorhynchus keta*; chum salmon)는 매년 가을(주 소상시기 10월-11월)이면 강원도 고성 북천, 양양 남대천을 비롯하여 삼척 오십천과 울진 태화강 등의 하천에 소상하여 산란하는 소하성어 종이다. 우리나라는 연어의 생산량 증대를 위해 자연산란 보다는 인공부화를 통한 자원증대 사업

을 추진하고 있다. 부화장에서 채란된 알은 수정 후 자연수온에서 약 55일이 경과하면 부화하게 되며, 약 3개월 동안 실내 사육 후 하천으로 방류한다. 이때 방류된 연어 치어들은 가랑이체장이 4-7 cm로 하천에서 1-2개월 서식하는 과정에서 은화(smolting)가 진행된 후 바다로 내려간다.

하천에서 연어는 수서곤충을 비롯한 육상곤충까지 먹이로 섭취하여 성장하는데(Busby, 1991;

† Corresponding author : 033-670-1611, kehong@fira.go.kr

Busby and Barnhart, 1995; Kang et al., 2007), 최근 북태평양소하성어류위원회(North Pacific Anadromous Fish Commission: NPAFC)에서는 연어의 자원량 파악을 위하여 대량 폐사가 발생하는 초기생활사 시기의 영양학적 관계, 섭이 및 성장에 관한 보고서를 발간하였다(NPAFC, 2012). Karpenko and Koval (2012)는 연어의 종별로 먹이 섭취 경향을 일일 시간대별로 살펴보았다. 이들은 우리나라로 회유하는 연어는 주간 (09:00- 17:00)에는 연체동물의 일종인 익족류 Oikopleura를 가장 많이 섭취하는 것으로 보고하였지만 야간(21:00-05:00)에는 낮 시간대에 7-30% 만을 차지하던 Amphipoda의 일종인 Hyperiididae의 비율이 40%에서 60% 이상을 높아지는 것으로 보고하였다. Watanabe et al.(2002)에 의하면 연어는 해양에서 종류와 양적으로 가장 많은 copepod를 05:00에 약 30%를 차지할 뿐 다른 시간대에는 거의 섭취하지 않는 것으로 나타났다. 그러나 1999년 같은 방식의 연구 결과에서는 06:00에서 09:00까지 절식으로 판단되는 공복이 확인되었으며, 대부분이 익족류가 위 내용물로 확인되었다. 이 결과를 보았을 때는 연어 치어는 선호하는 먹이는 있지만, 서식하는 표층부에 있는 종류에 많이 의존하고 있는 것을 알 수 있다. 동물플랑크톤은 주야간 수직연동이동을 하고 주간과 야간에 상층으로 이동해서 올라오는 종류들이 다르다(Russell, 1925). Karpenko and Koval (2012)과 Russell (1925)의 두 연구를 비교해 보면, 연어 치어는 주야간 수직 이동하는 동물플랑크톤을 쫓아서 수직연동운동을 하는 것이 아니라 표층부의 플랑크톤의 종조성이 바뀌는 것에 따라서 일주기 섭식 패턴이 변하는 것을 알 수 있다. 그리고 Kang et al. (2007)을 바탕으로 해양으로 진출한 연어 치어는 주간에 krill shrimp인 Euphausiacea 일부를 제외하고는 95% 이상 Amphipoda의 일종인 Hyperiididae를 섭취하였었던 것으로 보고하였다.

결국 연어치어가 서식하는 해역의 동물플랑크톤에 의해 치어 위 내용물은 많은 변화를 가져

올 뿐만 아니라 주야간 섭식 패턴이 다른 것을 확인하였기 때문에 국내 방류 연어치어의 섭식 경향과 기호 먹이 조성을 확인하고 방류 연어치어의 섭식상태를 확인할 필요가 있다. 따라서 본 방류 연어의 추적조사에서는 연어 치어가 포획된 지역에서의 동식물플랑크톤 조성과 동일지역 연어치어의 섭식먹이를 위 내용물로 확인하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구지역 및 연어치어 채집

연어의 위내용물 조사를 위하여 2011년 4월 11~13일 동안 동해안의 5개 정점에서 연안자망과 동물플랑크톤 조사를 실시하였다(Fig. 1). 수심 4-8 m로 한국수산자원관리공단 양양연어사업소에서 자체 제작한 길이 20 m, 폭 5 m의 연안 자망을 이용하여 수심 4-8m의 연안을 2노트의 속도로 20분간 예인하여 연어치어를 포획하였다. 포획한 연어는 선상에서 10% 포르말린 용액에 담은 후 본 사업소 실험실로 옮긴 후, 현미경 분석 시까지 실험실 서늘한 그늘에 보관하였다.

2. 동물플랑크톤 채집

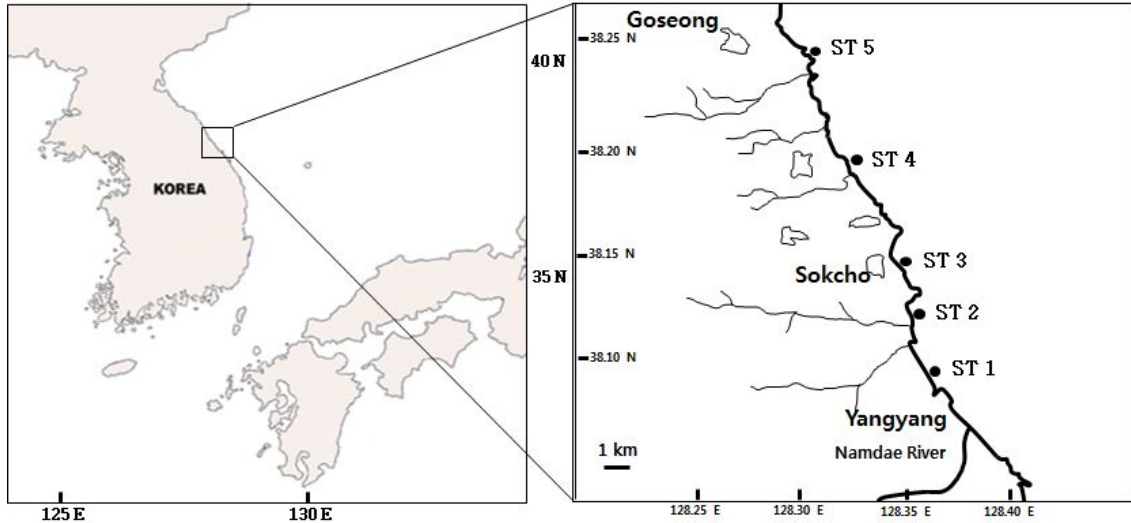
동물플랑크톤 채집은 망목이 200 um인 Norpac 네트를 이용하였으며, 수심 3 m 정도에서 2노트의 속도로 5 분 간 수평예인하여 채집하였다. 채집된 물량은 47.17톤으로 계산되었으며, 채집된 플랑크톤을 계수하여 톤당 동물플랑크톤 개체수(ind./ton)로 계산하여 나타내었다. 계수는 입체현미경(Olympus SZ51)으로 plankton counting chamber를 이용하여 10-40배율로 관찰하였다. 동물플랑크톤의 분석은 Yamaji (1979)와 Yoo (1995)에 따라 분류 및 동정하였다.

3. 연어 치어 위 내용물 검경

채집된 연어 치어는 10% 포르말린에 1차 고정

후 본 사업소로 돌아온 후 70% 알코올로 교체하여 2차 고정하였다. 채집된 연어 치어는 각 지점별 10마리 이하 지점은 전체를 분석하였으며, 모든 채집된 연어 치어는 0.01 g과 0.1 cm까지 측정하였다. 10마리를 초과하는 경우에는 10 마리

씩 표본병에서 빼내어 70% 알코올에 담가진 상태에서 위를 적출하였다. 적출된 위는 핀셋과 가위를 이용하여 위 내용물을 분리하고, 피펫으로 8 mL 유리병에 옮겨 담아서 현미경 검경 때까지 상온에서 보관하였다.



[Fig. 1] Geographic location of the sampling station in the study

먹이생물은 입체현미경(Leica L2, USA)으로 6.7-40배율에서 검경하였으며, 분류키에 따라 목(order) 단위로 구분하여 분류하였다. 그리고 유리병에 담긴 적출된 위내용물은 0.1 mg까지 습중량을 측정하였다(Precia, Swiss). 위 내용물 중 동물플랑크톤은 Yamaji (1979)와 Yoo (1995), 육상곤충은 Yoon (1988), 어류는 Kim (2005)의 방법에 따라 분류 및 동정하였다.

III. 결 과

조사 시기에 채집된 동물플랑크톤은 <Table 1>에 나타내었다. ST 1에서는 총개체수 8 개체/톤으로 가장 적은 양의 동물플랑크톤이 관찰되었고, ST 4와 5에서는 각각 124 개체/톤과 277 개체/톤으로 많은 양이 관찰되었다. 전체 채집 기간 동안 채집된 플랑크톤은 5 Phylum 6 Class

9 Order 17 Species로 조사되었다. ST 1에서는 *Paracalanus parvus*가 2 개체/톤으로 우점하였고, ST 2에서는 *Acartia omorii*가 9 개체/톤으로 우점하였다. ST 3과 4에서는 *Paracalanus parvus*가 각각 6 개체/톤 및 49 개체/톤으로 우점하였다. 또한 ST 5에서는 Amphipoda 목의 *Hyperia galba*가 113 개체/톤으로 우점한 것으로 조사되었다. 출현한 개체수를 기준으로 Class Maxillopoda (subclass Copepoda)가 가장 많이 출현하였으며, 다음으로는 Class Malacostraca (Order Amphipoda)이었다. Annelida, Chaetognata 및 Decapoda는 개체 크기는 크지만 출현한 개체수는 총 4개체 이하였으며 특히 ST 5에서는 전혀 출현하지 않았다(Fig. 2).

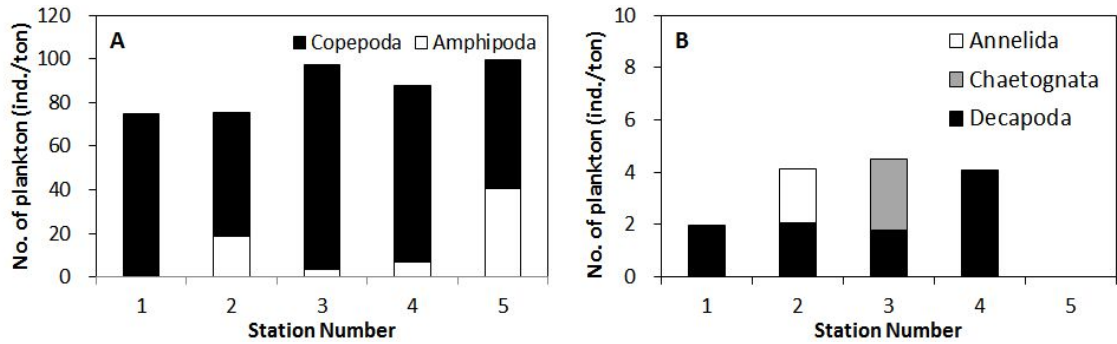
포획된 연어치어의 정점별 가랑이체장과 체중은 [Fig. 3]에 나타내었다. 지점별 유의적인 차이는 없었으며 가랑이체장은 4.7-5.4 cm, 습중량은

<Table 1> The lists of zooplankton collected at the sampling stations on 11th-13th April, 2011 (individuals/ton)

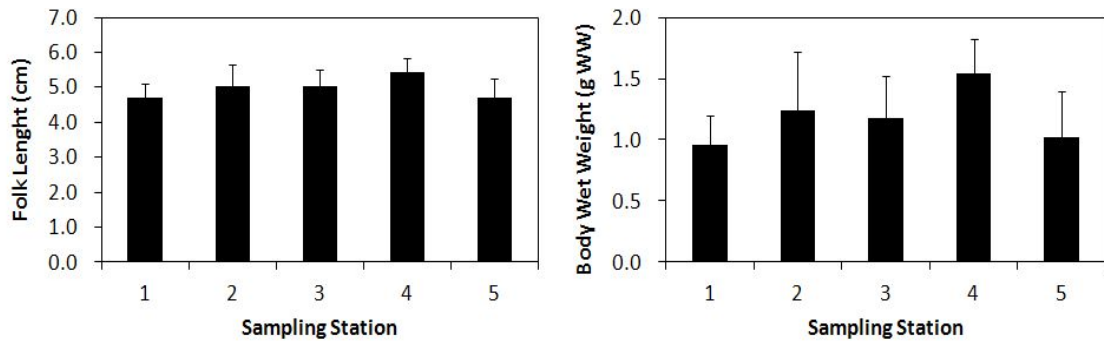
Classification		Station				
		ST. 1	ST. 2	ST. 3	ST. 4	ST. 5
Phylum	ARTHROPODA					
Class	Malacostraca					
Order	Amphipoda					
Family	Hyperidae					
	<i>Hyperia galba</i>		6	2	8	113
Order	Decapoda					
	<i>Anomura nauplius</i>	2	2		4	
Class	Maxillopoda					
Order	Calanoida					
Family	Acartiidae					
	<i>Acartia omorii</i>	1	9	4	33	48
	<i>Acartia negligens</i>	1	2		8	24
Family	Calanidae					
	<i>Calanus sinicus</i>	1			2	15
Family	Temoridae					
	<i>Eurytemora pacifica</i>		1		2	3
Family	Paracalanidae					
	<i>Paracalanus parvus</i>	2	6	6	49	48
Family	Clausocalanidae					
	<i>Pseudocalanus minutus</i>				1	10
	<i>Pseudocalanus newmani</i>				3	2
Family	Tortanidae					
	<i>Tortanus discaudata</i>			2		
Order	Cyclopoida					
Family	Corycaeidae					
	<i>Corycaeus affinis</i>	1			1	10
Family	Oithonidae					
	<i>Oithona similis</i>			3		2
Order	Harpacticoida					
	Unknown Harpacticoid				1	1
Others Phylum ¹⁾			6			2
Others species ²⁾					12	
Total individuals (ton)		8	34	16	124	277
Number of species		6	8	5	15	14

1) Other Phylum were Chordata (ST 2) , Annelida (ST 2) and Cnidaria (ST 5).

2) Others species were 11 *Evadne* sp. of Class Branchiopoda and 1 *Oncaea* sp. of Order Poecilostomatoida in Class Maxillopoda on ST 4



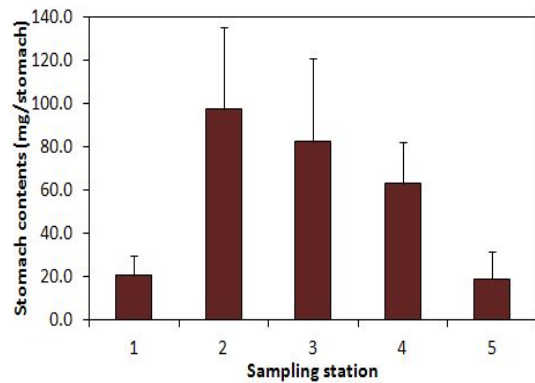
[Fig. 2] Number of zooplankton (inds./ton) collected at the sampling station on 11th-13th April, 2011. A indicated smaller plankton than approximately 2 mm. B indicated larger plankton than approximately 2 mm



[Fig. 3] Fork length (cm) and body weight (g Wet weight/salmon) of chum salmon, *Oncorhynchus keta* juvenile collected at the sampling station on 11th-13th April, 2011.

1.0-1.5 g의 범위 내에서 측정되었다. 연어치어의 위내용물 증량은 [Fig. 4]에 나타내었다. ST 1과 5에서는 20.4±9.50 mg/stomach과 18.9±12.50 mg/stomach으로 낮은 위내용물 증량을 보였다. 하지만 ST 2, 3 및 4에서는 63.2-97.4 mg/salmon의 범위로 높은 위내용물 증량으로 조사되었다.

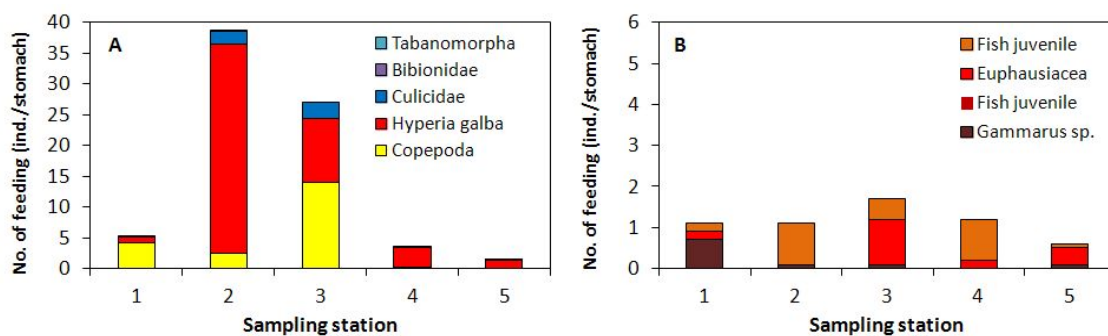
연어 치어의 위내용물 중의 개체수를 기준으로 [Fig. 5]와 <Table 2>에 나타내었다. ST 1의 연어치어는 평균 6.5 개체/stomach로 Copepoda가 60.9%, *Hyperia galba*가 13.0%를 차지하였다. ST 2에서는 평균 39.9 개체/stomach로 84.6%를 *Hyperia galba*가 차지하였고, ST 3에서는 평균 19.8 개체/stomach로 *Hyperia galba*가 64.0%, Copepoda가 25.0%를 차지하였다. ST 4는 평균 4.8 개체



[Fig. 4] Wet weight (mg/stomach) of stomach contents (mg/salmon's stomach) of chum salmon, *Oncorhynchus keta* collected at 11-13 April, 2011.

<Table 2> Stomach contents (ind./stomach) of chum salmon, *Oncorhynchus keta* juvenile collected at 11th-13th April, 2011 (% of total collected zoo-plankton)

Classificaiton		Station				
		1	2	3	4	5
Phylum	Arthropoda					
Class	Maxillopoda					
Subclass	Branchiopoda					
Suborder	Copepoda	4.2 (60.9)	2.4 (6.0)	5.0 (25.0)	0.3 (6.1)	0.1 (3.8)
Class	Malacostraca					
Order	Amphipoda					
	<i>Gammarus</i> sp.	0.7 (10.1)	0.1 (0.2)			0.1 (3.8)
	<i>Themisto japonica</i>		0.2 (0.5)			
	<i>Hyperia galba</i>	0.9 (13.0)	34.0 (84.6)	12.8 (64.0)	3.2 (65.3)	1.2 (46.2)
Order	Euphausiacea	0.2 (2.9)		1.0 (5.0)	0.2 (4.1)	0.4 (15.4)
Class	Insecta					
Order	Diptera					
Family	Culicidae	0.3 (4.3)	2.1 (5.2)		0.1 (2.0)	0.1 (3.8)
Family	Bibionidae		0.1 (0.2)			0.1 (3.8)
Phylum	Chordata					
Order	Osteichthyes					
	Fish juvenile	0.2 (2.9)	1.0 (2.5)	1.0 (5.0)	1.0 (20.4)	0.1 (3.8)
Total individuals (ind./stomach)		6.5	39.9	19.8	4.8	2.1
Number of Species		6	7	4	5	7



[Fig. 5] Stomach contents (ind./stomach) of chum salmon, *Oncorhynchus keta* juvenile collected at 11th-13th April, 2011. A indicated smaller plankton than approximately 2 mm. B indicated larger plankton than approximately 2 mm.

/stomach를 섭취하였으며, 65.3%를 *Hyperia galba*가 차지하였지만, 어류치어가 20.4%로 많은 부분 차지하였다. 그리고 ST 5에서는 *Hyperia galba*가 46.2%를 차지하였고, Euphausiacea가 15.4%로 많은 부분 차지하였지만 총 위내용물 중 개체수는 평균 2.1마리로 매우 적은 양이었다.

IV. 고찰

어류 식성은 해양의 분포하는 동물플랑크톤의 종류와 시, 공간적 분포에 많은 영향을 받는다. 먹이생물로서 에너지원(原)으로써 가장 좋은 것은 어류와 오징어이지만 움직임이 빠르기 때문에 포식이 어렵지만 한 마리를 섭취해도 만족하게 된다. 그래서 포식 가능했던 연어 치어의 개체가 수적으로 많지 않기 때문에 공복의 개체 빈도가 늘어나는 특징을 보인다. 하지만 에너지 수준을 한 단계만 낮춘다면, 먹이의 종류는 요각류, 단각류, 난바다곤쟁이류가 된다(Klovach, 2003). 심해어들은 24시간 섭취활동을 하지만(Watanabe et al., 2002), 연어를 포함한 대부분의 어류는 모두 시력을 이용하여 섭이하는 생물로 낮 시간에 많은 량의 먹이를 섭취하고 빛이 적거나 없는 야간에는 섭식활동을 하지 않는다(Armstrong et al., 2003; Yamamoto et al., 2004). 그리고 특히 연어과어류의 봄철 치어들은 주로 표층에서 섭취활동을 하기 때문에 표층의 플랑크톤 구성에 따라 섭식 먹이생물이 다르게 나타난다(Kaga et al., 2012).

본 연구의 조사시기인 4월은 ST 1에서 최북단 ST 5까지 큰 차이 없이 Arthropoda 門(Phylum)이 98.1%의 출현종과 91.0%의 출현개체수를 보였다. 그리고 그 중에 요각류가 주를 이루는 Maxillopoda 綱(Class)이 74.1%의 출현종과 73.7%의 출현개체수를 차지하였다(Table 1). 하지만 ST 1에서의 Maxillopoda 綱의 출현 동물플랑크톤이 가장 높은 83.3%를 보였다. 이 綱에는 요각류가

대부분으로 특히 Calanoida 目과 Cyclopoida 目과 같은 제1악각(annetena)의 발달로 유영력이 뛰어난 종류들이 속한다.

포획된 연어 치어의 위 내용물을 살펴보면 ST 1과 5에서 위내용물 중량이 각각 20.4 ± 9.50 mg/stomach과 18.9 ± 12.50 mg/stomach으로 적은 중량으로 확인되었다. 하지만 ST 2, 3 및 4에서는 63-97.4 mg/salmon의 범위에서 비슷하게 조사되었다. 주로 큰 연어 치어에서 Fig. 4와 같이 대형 플랑크톤에 속하는 어류(양미리, *Hypoptichus dybowskii*)와 난바다곤쟁이(Euphausiacea)를 섭취했을 때로 확인되었다. 4월 연구기간동안 포획된 연어치어는 Fig. 2에서와 같이 가랑이체장(FL)이 5.0 ± 0.31 cm, 중량이 1.2 ± 0.23 g으로 확인되어 조사지점에 따른 크기 차이는 없었다. 이 작은 크기의 연어 치어가 양미리, 난바다곤쟁이를 섭취한 것은 연어 치어가 이들을 포획하고 섭취하기 좋은 긴 막대형태 생물의 포획 지역 내 유무에 따른 것이지 다른 이유는 판단하기 힘들다.

그리고 본 연구에서는 Amphipoda 目的 *Hyperia galba*, *Themisto japonica* 그리고 *Gammarus* sp.를 주로 섭취하는 것으로 조사되었다. 하지만, ST 1에서는 60%, ST 3에서는 25.0%를 Copepoda 亞目的 요각류를 주로 섭취하였는데, 이 두 개 지점은 *H. galba*와 같은 Amphipoda 目的 출현량도 적었지만, 요각류를 포함한 절대적인 동물플랑크톤의 양이 적어서(16 ind./ton 이하) 요각류에 대한 섭식 비율이 높아졌던 것으로 판단된다. 하지만, ST 2, 4, 5에서는 ST 4에서 어류와 ST 5에서 Euphausiacea 目的 섭취가 많아서 비율이 낮아졌지만, *H. galba*와 같은 Amphipoda 目的이 위내용물의 65.4-85.3%를 차지하였다.

단각류와 요각류의 주야간 수직회유 경향은 정반대로 단각류는 주간에 표층으로 이동하고, 요각류는 심해로 이동하는 경향을 보인다(Watanabe et al., 2002; Baumgartner et al., 2011). 이로 인해서 왕연어의 경우 요각류는 전혀 중요한 먹이자원이 아니라고 Busby and Barnhart (1995)는 보고

하였다. 이와 같은 경향과 함께 본 연구조사에서는 채집시간이 오전 10시부터 오후 3시였던 것을 감안하면 Amphipoda 목의 *H. galba*의 섭취가 많았던 것이 설명이 된다. 그리고 Reimers et al. (1979)는 64-103 mm (FL)의 chinook salmon은 입을 벌렸을 때 요각류의 spiny antennae가 반대 방향이기 때문에 *Corophium spinicorne*와 같은 단각류들의 섭취가 힘들다고 하였는데, 이것은 대부분의 종류에 공통되는 것으로 본 해양 조사에서 출현한 Calanoida 목과 Cyclopoida 목의 요각류도 마찬가지라고 판단된다. 결국 spiny antennae도 없고 영양적으로도 요각류와 비슷한(Percy, 1979; Guisande and Harris, 1995) Amphipoda 목에 속하는 *H. galba*가 2011년 4월 방류된 연어에게 적당한 먹이었다고 판단된다. 또한 DHA, EPA와 같은 HUFA 함량이 높은 요각류, 단각류 및 난바다곤쟁이를 주로 섭취하는 것은 먹이의 bio-indicator로써 매우 유익한 현상이라 할 수 있다(Bevan et al., 2012).

Busby and Barnhart (1995)는 치어기 해양에서 diptera 목의 포식이 많았는데 Kang et al. (2007)과 Busby (1991) 에서와 같이 하천 및 기수역에서 Diptera 목이 현저히 많은 것을 보았을 때, 수 표면에서 비행하는 Diptera 목의 곤충을 먹어오던 습관에 익숙해져 있는 것으로 보인다. 그러나 본 연구에서와 같이 방류 후 해양으로 진출하였을 때, Amphipoda 목을 선호하는 것으로 바뀌는 것과 같이 지역과 종이 다르기는 하지만 봄에서 여름을 지나면서 연어 치어는 성장하면서 먹이 전환시기를 갖게 된다(Larson, 1987; Salmunovich, 1987).

결국 단편적인 한 시기에 행해지는 섭식생태에 대한 면밀한 조사도 매우 중요하지만, 추후 성장 과정에서 해양에서의 연어치어의 섭식생태에 대한 내용이 보다 구체적으로 연구되어야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- Armstrong, J. L. · Boldt J. L. · Cross A. D. · Moss J. H. · Davis N. D. · Myers K. W. · Walker R. V. · Beauchamp D. A. and Halderson L. J.(2003) Glovec research: food habits and feeding patterns of gulf of Alaska juvenile pink salmon, Jan 2003 Gulf of Alaska SI Meeting Posters, 1.
- Baumgartner, Mark F. · Lysiak Nadine S. · Schuman Carrie, Urban-Rich Juanita and Wenzel Frederick W.(2011) Diel vertical migration behavior of *Calanus finmarchicus* and its influence on right and sei whale occurrence, Marine Ecology Progress Series, 423, 167~184.
- Bevan, Daniel P. · Dower John F. · Trudel Marc and Mazumder Asit(2012) Spatial variability in lipid content and fatty acid profiles of macrozooplankton from coastal british Columbia, Canada, NPAFC Technical Report, 8, 88.
- Busby, Morgan S.(1991) The abundance of epidenthic and planktonic macro fauna and feeding habits of juvenile fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in the Mattole River estuary/lagoon, Humboldt County, California. Master Thesis, Humboldt State University, Arcata, California, USA.
- Busby, Morgan S. and Barnhart Roger A.(1995) Potential food sources and feeding ecology of juvenile fall chinook salmon in california's mattole river lagoon, Calif Fish and Game, 81, 133~146.
- Guisande, Cástor and Harris Roger(1995) Effect of total organic content of eggs on hatching success and nauplia survival in the copepod *Calanus helgolandicus*, Limnology and Oceanography, 40, 476~482.
- Kaga, Toshiki · Sato Shunpei · Azumaya Tomonori · Davis Nancy and Fukuwaka Masa-aki(2012) Lipid content of immature chum salmon (*Oncorhynchus keta*) affected by ping salmon (*O. gorbuscha*) abundance in the central Bering sea, NPAFC Technical Report, 8, 87.
- Kang, Sukyung · Yang Hyun, Lee Chae Sung and Choi Seung Ho(2007) Stomach contents of Chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fingerlings in Namdae stream, Journal of Korean Society and

- Oceanography, 12, 89~93.
- Karpenko, Vladimir I. and Koval Maxim V.(2012) Feeding strategies and trends of pink and chum salmon growth in the marine Kamchatka waters, NPAFC Technical Report, 8, 82~86.
- Kim, Ik Su(2005) Illustrated book of Korean fishes, Kyohaksa, Seoul, 615.
- Klovach, N. V.(2003) Ecological consequences of massive hatchery of chum salmon, Moscow. VNIRO Publ, 164 (in Russian).
- Larson, Jame P.(1987) Utilization of the Redwood Creek estuary, Humboldt County, California by juvenile salmonids. Master thesis, Humboldt State University, Arcata, California, USA.
- Percy, Jonathan A.(1979) Seasonal changes in organic composition and caloric content of an Arctic marine amphipod, *Onisimus (=Boeckosimus) affinis* H. J. Hansen, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 40, 183~192.
- Reimers, P. E. · Nicholas J. W. · Bottom D. L. · Downey T. W. · Maciolda K. M. · Rodgers J. D. and Miller B. A.(1979) Coastal salmon ecology project, fish research project, annual progress report, AFC-76-3, Oregon Department of Fish and Wildlife, Portland, Oregon, USA.
- Salamunovich, Timothy J.(1987) Fish food habits and their interrelationships in lower Redwood Creek, Humboldt County, California, Master thesis, Humboldt State University, Arcata, California, USA.
- Watanabe, Hikaru · Kawaguchi Kouichi and Hayashi Amane(2002) Feeding habits of juvenile surface-migratory myctophid fishes (family Myctophidae) in the Kuroshio region of the western North Pacific, Marine Ecology Progress Series, 236, 263~272.
- Yamaji, Isamu(1979) Illustrations of the marine plankton of Japan, Hoikusha Publishing, Tokyo, 537.
- Yamamoto, Masayuki · Makino Hiroyasu · Kobayashi Jun-ichiro and Tominaga Osamu(2004) Food organism and feeding habits of larval and juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* at Ohama beach in Hiuchi-Nada, the central Seto inland sea, Japanese Fisheries Science, 70, 1098~1105.
- Yoo, Kwang Il(1995) Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 35 Marine zooplankton, A State Textbook, Seoul, 415.
- Yoon, Ill Byong(1988) Illustrated encyclopedia of fauna flora of Korea, Vol. 30 Aquatic insects. A State Textbook, Seoul, 840.
-
- 논문접수일 : 2013년 11월 26일
 - 심사완료일 : 1차 - 2014년 01월 27일
2차 - 2014년 04월 10일
 - 게재확정일 : 2014년 04월 11일