

복섬, *Takifugu niphobles*의 산란기 및 비산란기에 따른 성적이형 비교

김동수* · 길현우** · 이태호* · 박인석†
(*부경대학교 · **한국해양대학교)

Comparative Analysis of Sexual Dimorphism Between Spawning Season and Non-Spawning Season in the Grass Puffer, *Takifugu niphobles*

Dong Soo KIM* · Hyun Woo GIL** · Tae Ho LEE* · In-Seok PARK†
(*Pukyong National University · **Korea Maritime and Ocean University)

Abstract

A closely associated set of characteristics was analyzed using both classical and truss dimensions to discriminate sexual dimorphism between spawning season and non spawning season in grass puffer, *Takifugu niphobles*. In non-spawning season, 1×10/Ls of classical dimension was significantly different between male and female ($P<0.05$). In spawning season, 1×9/Ls and 1×10/Ls of classical dimension, 3×8/Ls, 3×9/Ls, 3×10/Ls, 4×8/Ls, 4×9/Ls and 8×9/Ls of truss dimension and 7×9/HL of head part dimension were significantly different between male and female ($P<0.05$). The results of this study may be useful as basic information of other fish species to compare the change of sexual dimorphism between spawning season and non spawning season.

Key words : Classical dimension, Grass puffer, Sexual dimorphism, *Takifugu niphobles*, Truss dimension

I. 서론

현재까지 종(species) 간이나 집단(population) 내에서의 형태학적 차이는 전반적인 체형 혹은 특이한 해부적 형태에 의해 파악되고 비교되고 있다(Strauss and Bond, 1990; Park et al., 2001a). 특정 부위의 개수를 파악하는 계수형질(meristic characteristics, countable)과는 달리, 계측형질(morphometric characteristics)은 measured 특성으로 어체에서 mm 길이 단위로 측정할 수 있다. 비록 어류 체형에 대한 계측형질의 파악은 환경적으로 야기된 변이로 인해 형질자체가 변할 수 있어 제

한적일 수 있으나, 어류 체형은 전적으로 유전적 요인에 의해 결정된다(Taylor and McPhail, 1985; Currens et al., 1989; Park et al., 2001b). 어류를 대상으로 한 계측형질 파악은 기본적으로 3가지의 연구 측면에서 시도 되고 있다. 첫째, 성(sex)과 종에서의 구별 및 불확실한 잡종(hybrid)과 같은 미확인 종의 확인; 둘째, 집단과 종에서의 형태 변이 양상 구명; 마지막으로 생물계통적 연관관계의 확인 및 분류이다(Strauss, 1986; Taylor et al., 1986; Neff, 1987; Lee and Kim, 1990; Park et al., 2001b).

복섬(*Takifugu niphobles*)은 복어목, 참복과에 속

† Corresponding author : 051-410-4321, E-mail, ispark@kmou.ac.kr

하며, 우리나라의 동해, 서해와 남해, 일본 중부 이남, 중국이남 및 대만등지에 분포한다(Oh et al., 2000; Kato et al., 2010). 우리나라 연안해역에 서식하는 참복과에 속하는 어류는 주로 강하구 및 연안역에 서식하고, 산란기에는 내만의 조간대에 몰려와 바위 틈새에 알을 낳는 특성을 가지며, 특히 복섬은 복어류 중 가장 작은 어종에 속한다(Oh et al., 2000; Kato et al., 2010). 또한 복섬은 성적 성숙이 빨라 자손세대(generation time)가 짧으므로 실험동물로 매우 적합하다.

복섬의 겉모양은 졸복(*T. pardalis*)과 비슷하나 등쪽과 배 부분에 잔가시가 있고 암녹색 바탕에 연한 흰색의 작은 반점들이 많이 흩어져 있으며, 배쪽은 흰색이다(Kim et al., 2007). Ryu et al. (2003)은 경남 통영산 복섬의 월별, 부위별 독성을 보고한 바 있으나, 월별 또는 계절(산란기 및 비산란기)변화에 따른 복섬의 외형 변화 및 암수 성적이형에 대해 알려져 있지 않다.

따라서, 본 연구에서는 실험동물로 적합한 복섬의 산란기 및 비산란기의 계측형질을 통한 암수 성적이형의 발생여부를 확인할 수 있으며, 차후 유사 어류로 알려져 있는 졸복과의 외형 비교 연구에도 기초자료로 활용될 수 있으리라 사료된다.

II. 재료 및 방법

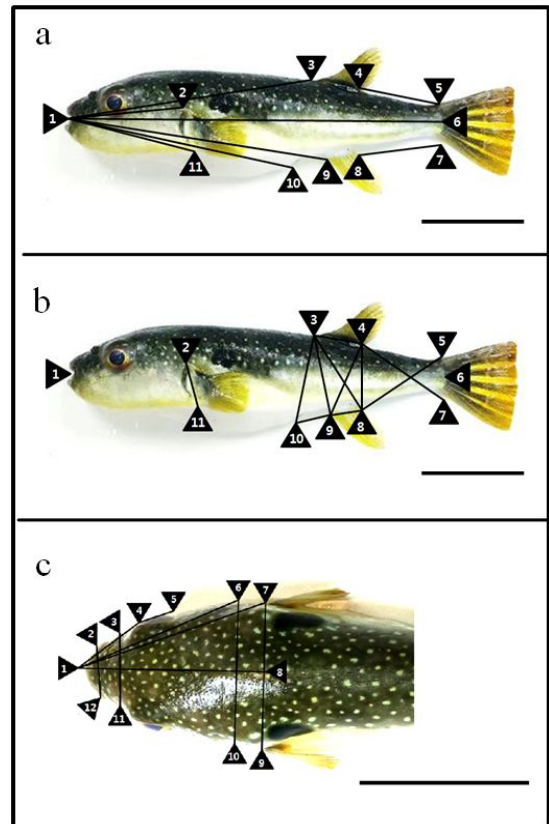
복섬(*Takifugu niphobles*)은 산란기(2015년 6월)와 비산란기(2016년 1월)로 두 차례에 걸쳐 낚시와 통발로 채집한 후, 연구실에서 사육·관리하였다. 수송 후 실험시까지 15일 동안 사육했으며 사육시 사육수조의 평균 수온(2015년 6월: 25±0.5°C; 2016년 1월: 18±0.5°C)으로 유지하였으며, 용존산소는 5.0 ml/l 이상, pH는 6.8~7.6으로 유지하였다. 실험 시작시까지 먹이로 낚시용 미끼로 쓰이는 냉동 새우를 공급하였다.

복섬은 실험 시작 3일 전부터 먹이 공급을 중단하였으며, 실험 시작 이틀 전에 10% 중성포르

말린을 통해 고정하였다. 표본 고정 1일 후, 생식소 검사를 통해 성별을 구별·분리하였다. 위 과정은 2015년 7월과 2016년 2월에 각각 실시하였으며, 복섬의 암수 성체는 각 180마리씩 표본하였다.

계측형질은 Park et al. (2004)의 연구에서 사용한 classical dimension, truss dimension과 head part dimension을 적용하였다.

[Fig. 1]에서와 같이 복섬 외형에 기준한 각 계측형질을 digital vernier caliper (Mitutoyo, Japan)로, 복섬의 측면과 머리부분 배면에서 mm 단위



[Fig. 1] Morphometric measurements between each landmarks of grass puffer, *Takifugu niphobles* used in this study. (a) classical dimension, (b) truss dimension, (c) head part dimension. Scale bars indicate 3 cm.

<Table 1> Dimension of body shape for grass puffer, *Takifugu niphobles* (refer to [Fig. 1])

Classical dimension (Fig. 1-a)	
Standard length (SL)	1×6
Most anterior extension of the head - Origin of pectoral fin	1×2
Most anterior extension of the head - Origin of dorsal fin	1×3
Most anterior extension of the head - Origin of anal fin	1×9
Most anterior extension of the head - Cloaca	1×10
Insertion of dorsal fin - Origin of pelvic fin	4×5
Insertion of pelvic fin - Insertion of dorsal fin	7×8
Truss dimension (Fig. 1-b)	
Origin of pectoral fin - Insertion of pectoral fin	2×11
Origin of dorsal fin - Insertion of dorsal fin	3×4
Origin of dorsal fin - Insertion of anal fin	3×8
Origin of dorsal fin - Origin of anal fin	3×9
Origin of dorsal fin - Cloaca	3×10
Insertion of dorsal fin - Insertion of pelvic fin	4×7
Insertion of dorsal fin - Insertion of anal fin	4×8
Insertion of dorsal fin - Origin of anal fin	4×9
Origin of pelvic fin - Insertion of pelvic fin	5×7
Origin of pelvic fin - Insertion of anal fin	5×8
Insertion of anal fin - Origin of anal fin	8×9
Origin of anal fin - Cloaca	9×10
Head part dimension (Fig. 1-c)	
Head length	1×8
Most anterior extension of the head - Nostrils	1×3
Most anterior extension of the head - Eye	1×4
Most anterior extension of the head - Posterior end of supraoccipital	1×6
Most anterior extension of the head - Pectoral fin	1×7
Arc of snout	2×12
Distance of nostrils	3×11
Eye length	4×5
Head depth	6×10
Distance of pectoral fin	7×9

까지 측정하였다. 계측형질은 [Fig. 1] 및 <Table 1>과 같이 27가지 계측형질 항목들에 걸쳐 파악하였으며, 모든 형질은 direct distance로 나타내었다.

복섬 암·수 성체에서 측정된 classical dimension 과 truss dimension은 체장(Ls)에 대한 상대치(%)로서 분석하였으며, head part dimension은 두장(HL)에 대한 상대치(%)로 분석하였다(Park et al.,

2001b; 박 등, 2004). 각 parameter에 대하여 유의성 검증을 위해 student's t-test를 실시하였으며, 통계자료의 유의성 파악을 위해 P-value를 0.05수준에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

본 실험에서 사용된 복섬(*Takifugu niphobles*) 암·수의 평균 전장 및 두장은 각각 130.4±19.5 mm (♂), 131.7±18.4 mm (♀), 30.4±4.9 mm (♂) 및 31.9±5.1 mm(♀) 이었다.

Classical dimension을 사용하여 복섬 암·수에서의 전장에 대하여 산란기 및 비산란기별 각 계측형질과 이들의 비교 결과는 <Table 2>와 같다. 비산란기에 복섬 수컷이 암컷에 비해 1×10/Ls의 비율이 크게 나타났다가(P<0.05). 산란기에는 복섬 수컷이 암컷에 비해 1×10/Ls외에 1×9/Ls의 비율도

<Table 2> Classical dimension results of spawning season and non spawning season in male grass puffer, *Takifugu niphobles* and female grass puffer*

Morphometric measurement	Male (%)	Female (%)	t-test
Non spawning season			
1×2/Ls	33.7±1.87	34.5±1.66	NS
1×3/Ls	68.2±3.43	68.9±5.34	NS
1×9/Ls	68.3±2.10	69.8±4.54	NS
1×10/Ls	69.3±2.97	64.3±3.10	*
4×5/Ls	22.7±1.26	22.5±2.08	NS
7×8/Ls	23.5±1.22	22.8±1.70	NS
Spawning season			
1×2/Ls	32.9±1.99	33.7±1.39	NS
1×3/Ls	69.2±2.80	67.5±1.37	NS
1×9/Ls	69.0±2.32	65.8±1.71	*
1×10/Ls	63.2±2.63	58.2±3.86	*
4×5/Ls	22.4±2.33	21.4±2.53	NS
7×8/Ls	23.0±1.66	23.8±1.41	NS

*The values are means±SD (n=180). In each row the means with the same superscript letter are not significantly different (P>0.05). Refer to the landmarks in [Fig. 1] and <Table 1>.

크게 나타났다($P<0.05$).

비산란기에 복섬 암·수의 $1\times 10/Ls$ 의 비율이 산란기가 되면서 감소하는 경향이 나타났으며 ($P<0.05$), $1\times 9/Ls$ 의 경우, 수컷은 산란기와 비산란기에 따른 증감이 나타나지 않았으나 암컷에서는 산란기가 가까워지면서 감소하는 경향이 나타났다($P<0.05$). 아울러, 암컷의 $1\times 3/Ls$, $4\times 5/Ls$ 의 비율이 산란기가 가까워지면서 감소하는 현상이 나타났으나($P<0.05$), 수컷에서는 이러한 현상이 나타나지 않았다($P>0.05$).

Classical dimension은 현재까지 30년 이상에 걸쳐 대부분의 어체 계측형질 연구에 사용되고 있으며, 어체의 길이, 체폭 및 체고 파악에 필요한 형질에 집중되고 있으며, 머리 및 꼬리부위를 포함하는 어체 앞뒤의 체측을 기준으로 하여 주로 연구되고 있다(Strauss and Bond, 1990; Park et al., 2001a). 본 연구 결과, 복섬 수컷은 암컷에 비해 classical dimension, 체측을 기준으로 한 어체 길이 측정항목들에서 큰 수치를 보였으며, 암컷의 classical dimension의 수치는 산란기보다 비산란기에서 더 크게 나타났다.

Truss dimension을 사용하여 복섬 암·수에서의 전장에 대하여 산란기 및 비산란기별 각 계측형질과 이들의 비교결과는 <Table 3>과 같다. 비산란기의 복섬 암·수간 각 계측형질 차이가 유의하게 나타나지 않았으나($P>0.05$), 산란기에서는 복섬 암·수간 계측형질의 차이가 6개의 truss dimension에서 나타났다. 산란기의 복섬 수컷이 동일시기의 암컷에 비해 $3\times 8/Ls$, $3\times 9/Ls$, $3\times 10/Ls$, $4\times 8/Ls$, $4\times 9/Ls$ 및 $8\times 9/Ls$ 의 비율이 크게 나타났다($P<0.05$).

산란기와 비산란기에 따른 복섬 수컷의 truss dimension 변화 경향은 classical dimension의 경향과는 대조적으로 나타났다. 비산란기에 복섬 수컷의 $3\times 8/Ls$, $3\times 9/Ls$, $3\times 10/Ls$, $4\times 8/Ls$, $4\times 9/Ls$ 및 $8\times 9/Ls$ 의 비율이 산란기가 되면서 증가하는 경향이 나타났다($P<0.05$). 반면, 암컷의 truss dimension 변화경향은 classical dimension의 경향과 유사하게

나타났다. 비산란기에 복섬 수컷의 $2\times 11/Ls$, $3\times 4/Ls$, $3\times 8/Ls$, $3\times 9/Ls$, $3\times 10/Ls$, $4\times 9/Ls$ 및 $8\times 9/Ls$ 의 비율이 산란기가 되면서 증가하는 경향이 나타났다($P<0.05$).

Head part dimension을 사용하여 복섬 암·수에서의 두장에 대하여 산란기 및 비산란기별 각 계측형질과 이들의 비교결과는 <Table 4>와 같다. 비산란기의 복섬 암·수간 각 계측형질 차이가 유의하게 나타나지 않았으나($P>0.05$), 산란기에서는 복섬 암·수간 계측형질의 차이가 $7\times 9/HL$ 에서 나타났다. $1\times 6/HL$, $1\times 7/HL$, $2\times 12/HL$ 및 $6\times 10/HL$ 의

<Table 3> Truss dimension results of spawning season and non spawning season in male grass puffer, *Takifugu niphobles* and female grass puffer*

Morphometric measurement	Male (%)	Female (%)	t-test
Non spawning season			
$2\times 11/Ls$	8.4±0.67	8.3±0.89	NS
$3\times 4/Ls$	10.1±1.02	10.5±0.77	NS
$3\times 8/Ls$	19.2±1.95	19.6±2.75	NS
$3\times 9/Ls$	19.7±1.94	20.8±2.24	NS
$3\times 10/Ls$	21.7±2.39	22.9±2.86	NS
$4\times 7/Ls$	24.6±2.43	23.9±1.97	NS
$4\times 8/Ls$	13.0±1.32	13.6±1.42	NS
$4\times 9/Ls$	18.9±2.06	19.1±2.82	NS
$5\times 7/Ls$	8.1±0.70	7.9±0.72	NS
$5\times 8/Ls$	26.2±1.96	25.7±3.09	NS
$8\times 9/Ls$	8.2±0.94	8.4±0.66	NS
$9\times 10/Ls$	5.3±0.92	5.2±1.18	NS
Spawning season			
$2\times 11/Ls$	8.6±1.05	7.5±1.58	NS
$3\times 4/Ls$	10.6±1.22	9.6±0.99	NS
$3\times 8/Ls$	21.9±1.15	17.8±2.17	*
$3\times 9/Ls$	21.8±1.10	17.4±1.80	*
$3\times 10/Ls$	24.3±2.05	19.8±2.40	*
$4\times 7/Ls$	25.2±1.84	24.4±1.33	NS
$4\times 8/Ls$	16.4±1.73	13.2±3.00	*
$4\times 9/Ls$	21.1±2.50	16.1±3.80	*
$5\times 7/Ls$	7.4±0.80	6.9±1.31	NS
$5\times 8/Ls$	26.0±1.72	25.2±0.64	NS
$8\times 9/Ls$	9.5±0.60	6.9±0.84	*
$9\times 10/Ls$	5.5±1.57	4.1±1.23	NS

*The values are means±SD (n=180). In each row the means with the same superscript letter are not significantly different ($P>0.05$). Refer to the landmarks in [Fig. 1] and <Table 1>.

<Table 4> Head part dimension results of spawning season and non spawning season in male grass puffer, *Takifugu niphobles* and female grass puffer*

Morphometric measurement	Male (%)	Female (%)	t-test
<i>Non spawning season</i>			
1×3/HL	26.4±2.76	26.8±3.31	NS
1×4/HL	41.1±5.04	42.8±4.78	NS
1×6/HL	91.7±4.59	93.8±4.53	NS
1×7/HL	100.1±4.71	102.4±3.96	NS
2×11/HL	30.8±3.92	32.6±3.41	*
3×10/HL	22.9±3.56	23.9±2.56	NS
4×5/HL	25.2±4.71	24.7±5.40	NS
6×9/HL	67.4±3.73	66.2±3.43	*
7×8/HL	70.4±4.39	70.2±4.17	NS
<i>Spawning season</i>			
1×3/HL	25.4±2.56	26.3±1.81	NS
1×4/HL	42.8±3.14	42.2±2.58	NS
1×6/HL	100.0±3.47	98.5±3.93	NS
1×7/HL	102.3±3.64	103.5±1.46	NS
2×11/HL	32.9±3.63	33.6±2.19	NS
3×10/HL	22.5±4.55	23.9±2.44	NS
4×5/HL	23.7±3.73	24.5±3.97	NS
6×9/HL	69.7±4.32	70.1±3.64	NS
7×8/HL	70.7±1.48	74.2±1.68	*

*The values are means±SD (n=180). In each row the means with the same superscript letter are not significantly different (P>0.05). Refer to the landmarks in Fig. 1 and Table 1.

비율이 산란기가 되면서 암·수 모두 증가하는 경향이 나타났다(P<0.05). 암컷의 7×9/HL 비율은 산란기가 되면서 증가한 반면(P<0.05), 수컷의 비율은 증가하지 않았다(P>0.05).

Truss dimension은 어체를 기능적인 단위로 구분하여 부분적인 외형을 조사하는 계측형질 파악의 한 방법으로서, classical dimension으로 계측형질 파악시 미비한 수직형 계측형질을 보완하게끔, 어체형과 어체 윤곽을 교차형으로 계측하며 network형식으로 어체 계측형질을 파악한다(Park et al., 2001a; Kim et al., 2008). Head part dimension을 포함한 truss dimension은 Park et al. (2001b)의 연구에도 적용되었다. 버들치

(*Rhynchocypris oxycephalus*)에서 기아와 포식시의 계측형질 파악에 truss dimension이 적용되었으며, 기아와 포식 실험시 몸통 부위 및 몸통 뒷 부위에서부터 꼬리 부위까지가 변화하였는데, 버들치 서식환경 차이에 따른 상이한 먹이 공급 여부를 파악할 수 있다(Park et al., 2001b). 본 연구에서도 Park et al.(2001b)의 연구와 유사한 부위에서 변화가 관찰되었다. 복섬 수컷이 암컷에 비해 어체 몸통과 연결되는 꼬리 중간 부위에서 높은 체고 및 이와 연관된 외형과 뒷지느러미의 너비가 더 긴 외형이 나타났다. 이는 Park et al.(2001b)의 연구와 달리 서식환경의 차이보다는 암·수간의 산란기 및 비산란기에 따른 생활사의 차이가 있음을 유추할 수 있다. 그러므로, 복섬 암·수의 생활패턴 연구가 차후 연구에 반드시 필요할 것이다.

Park et al.(2001a)는 수컷 어랭놀래기의 등지느러미의 앞부분 spine 길이가 암컷에 비해 길게 나타났다고 보고한 바 있다. 아울러, 이 형질은 계절에 상관없이 암·수간 차이가 나타났으며 별도의 측정없이 육안으로도 쉽게 확인가능한 형질이라고 보고하였다. 본 연구결과, 복섬은 classical dimension의 1×10/Ls이 산란기와 비산란기에 상관없이 암·수간 차이를 구별할 수 있는 형질이며, 산란기가 되면서 몸통 뒤에서 꼬리부위까지의 truss dimension에서 암·수간 차이가 나타났다. 아울러, 암·수간 차이를 보인 모든 계측형질에서 산란기인 5월에 계측형질의 증감현상이 나타났다. 즉, 산란기가 가까지면서 암컷의 classical dimension 비율이 감소하고, 수컷과 암컷의 truss dimension 비율이 각각 증가 및 감소하면서 암·수간 계측형질 차이가 나타났다. 이는 어랭놀래기의 성적이형을 연구한 Park et al.(2001a)의 결과와는 그 특성에 차이가 있다. 그러나 산란기와 비산란기별 여타 어종의 계측형질 연구가 현재까지 진행된 바 없어, 본 연구 결과에 대한 기존 연구간의 유사성 및 차별성을 비교할 수 없었다. 따라서, 본 연구는 산란기와 비산란기에 따른 어

류의 계측형질 변화 연구에 중요한 기초자료로 제공될 것이다.

감사의 글

본 논문을 세심하게 지적 · 교람하여, 본 논문의 질을 향상 시켜준 익명의 심사자님들께 감사드립니다. 본 연구는 현행법(실험동물에 관한 법률, 식품의약품안전처 시행령)과 한국해양대학교의 연구 윤리수칙을 준수하였습니다.

References

Currens, K. P. · Sharpe, C. S. · Hjort, R. · Schreck, C. B. & Li, H. W.(1989). Effect of different feeding regimes on the morphometrics of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawtscha*) and rainbow trout (*O. mykiss*). *Copeia*. 3, 689~695.

Kato, A · Maeno Y. & Hirose S.(2010). Brief migration of the grass puffer, *Takifugu niphobles*. *Ichthyol. Res.* 57, 298~304.

Kim, J. H. · Son, K. T. · Mok, J. S. · Oh, E. K. · Hwang, H. J. · Yu, H. S. & Lee, H. J.(2007). Toxicity of the puffer fish, *Takifugu pardalis* (Jolbok) and *T. niphobles* (Bokseom) from coastal area of Korea. *Korea J. Fish. Aqu. Sci.* 40, 269~275.

Kim, Y. J. · Zhang, C. I. · Park, I. -S. · Na, J. H. & Olin, P.(2008). Sexual dimorphism in morphometric characteristics of Korean chub, *Zacco koreanus*. *J. Eco. Field Biol.* 31, 107~113.

Oh, S. H. · Han, K. H. · Kim, Y. M. · Jung, H.

H. · Shin, S. S. & Kim, Y. U.(2000). Spawning behavior and early life history of grass puffer, *Takifugu niphobles* (Jordan et Snyder) (Teleostei : Tetraodontidae). *Korean J. Ichthyol.* 12, 236~243.

Park, I. -S. · Im, J. H. · Ryu, D. K. · Nam, Y. K. & Kim, D. S.(2001b). Effect of starvation on morphometric changes in *Rhynchocypris oxycephalus* (Sauvage and Dabry). *Appl. Ichthyol.* 17, 277~281.

Park, I. -S · Im, J. H. & Hur, J. W.(2004). Morphometric characteristics of catfish (Siluridae) in Korea. *Korean J. Ichthyol.* 16, 223~228.

Park, I. -S. · Zhang, C. I. & Lee, Y. D.(2001a). Sexual dimorphism in morphometric characteristics of cocktail wrasse. *J. Fish Biol.* 58, 1746~1749.

Ryu, C. H. · Kim, D. G. · Kim, J. H. · Jang, J. H. & Lee, J. S.(2003). Toxicity of the grass puffer, *Takifugu niphobles*. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 32, 986~990.

Strauss, R. E. & Bond, C. E.(1990). Taxonomic methods, morphology. In: Schreck CB, Moyle PB (eds), *Methods for Fish Biology*. Amer. Fish. Soc., Bethesda, Maryland, pp. 125~130.

Taylor, E. B. & McPhail, J. D.(1985). Variation in burst and prolonged swimming performance among British Columbia populations of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aqu. Sci.* 42, 2029~2033.

-
- Received : 10 January, 2017
 - Revised : 02 February, 2017
 - Accepted : 09 February, 2017