

## 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 자치어의 소화기관 형태 발달

한경호<sup>†</sup> · 김관석 · 이성훈

전남대학교 수산해양대학 양식생물학전공

### Morphological Studies on the Digestive Tracts of the Larvae and Juveniles of the Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Kyeong-Ho Han<sup>†</sup>, Kwan-Seok Kim and Sung-Hoon Lee

Aquaculture Program, College of Fisheries and Ocean Sciences, Chonnam National University,  
Chonnam 550-749, Korea

**ABSTRACT** : Morphological changes on digestive tract were observed using Flounder, *Paralichthys olivaceus* to elucidate the early developmental processes. Hatched larvae, (2.50±0.14 mm in total length: TL) has not opened its mouth and anus. The digestive tract showed linear tubular form from mouth to anus extending along with yolk. On 7~8 days from hatching, the post-larvae, (5.05±0.40 mm TL) has developed digestive tract and activated for feeding. The digestive tract expanded into dorsal side, joined to intestine, and the stomach began to develop. The digestive tract was divided into an anterior and posterior region, and began to differentiate. In the post-larvae (6.50±0.25 mm TL) on 13~14 days from hatching, the digestive tract twisted one cycle in the anterior region, the area was expanded. The digestive tract was completely differentiated into oesophagus, anterior intestine, middle intestine, posterior intestine and arranges fundamental structure. In the embryo (12.40±0.55 mm TL) after 30 days from hatching, stomach became large and could be distinguished from cardia and pyloric parts apparently. The digestive tract developed similar with that of adult flounder showing clear division of stomach, anterior intestine, middle intestine, posterior intestine and rectum. In the embryo (16.15±0.85 mm TL) after 40 days from hatching, esophagus, pyloric part, anterior intestine, middle intestine, and rectum have largely expanded, and thus the morphological features are somewhat different with those of post-larvae flounder.

**Key words** : *Paralichthys olivaceus*, Flounder, Digestive tract, Larvae, Juvenile.

요 약 : 넙치 자치어의 초기 발육단계에 따른 소화관의 형태 발달과정을 관찰한 결과, 부화 직후의 전기 자어는 평균 전장 2.50±0.14 mm(n=20)로 입과 항문이 아직 열려 있지 않았고, 소화관은 배체와 난황 사이에 원시 소화관의 형태로 거의 직선상으로 식도에서 항문이 생길 부분까지 길게 신장되어 있는 형태였다. 부화 후 7~8일째 후기 자어는 평균 전장 5.05±0.40 mm(n=20)로 소화관이 발달하여 먹이의 섭취활동이 활발하였으며, 소화관은 배쪽으로 팽창하여 장과 연결되어 위가 발달하기 시작하였고, 소화관의 전반부와 후반부가 구별되어 소화기관이 분화하기 시작하였다. 부화 후 13~14일째 후기 자어는 전장이 6.50±0.25 mm(n=20)였고, 소화관은 앞부분에서부터 1회전되어 회전부분의 면적이 넓어져 있었으며, 소화관이 식도, 전장, 중장, 후장으로 완전히 분화되면서 소화관의 기본적인 구조가 확립되었다. 부화 후 30일째 개체는 전장 12.40±0.55 mm(n=20)로 위는 비대하여 분문부와 유문부가 뚜렷하게 구별되었고, 소화관은 위, 전장, 중장, 후장 및 직장이 명확하게 구분되어 치어기로 이행하여 성어와 유사한 구조로 발달하였다. 부화 후 40일째 치어는 전장이 16.15±0.85 mm(n=20)로 소화관 형태는 식도부, 유문부, 장의 전장, 중장, 직장이 크게 팽창되어 상대적으로 후기 자어의 소화관 형태와는 다소 차이가 있었다.

## 서 론

넙치, *Paralichthys olivaceus*(Temminck et Schlegel)는 가자미목(Pleuronectiformes), 넙치과(Paralichthyidae), 넙치屬(*Paralichthys*)에 속하는 어류로, 우리나라의 전 연안, 사할린과 일본 연근해, 발해만, 동중국해에 널리 분포한다(정, 1998; 김 등, 2001).

<sup>†</sup> 교신저자: 전남 여수시 둔덕동 산 96-1, 전남대학교 수산해양대학 양식생물학전공, (우) 550-749, (전) +82-61-659-3163, (팩) +82-61-655-0244, E-mail: aqua05@chonnam.ac.kr

일반적으로 어류의 소화관은 성장에 필요한 영양분의 소화 흡수를 담당하는 매우 중요한 기관이며, 초기 발육 단계인 자어에서 치어로 이행되는 시기에 형태적, 생리적 변화 중 내부 영양에서 외부 영양으로 영양원의 전환 및 섭취와 관련된 소화기관의 발달은 자치어의 생존과 성장에 크게 영향을 미치게 된다. 그러므로 특정 어류를 대상으로 한 양식 산업화의 초기 단계에서는 대량 종묘의 확보를 위해 그 어종의 초기 발육 등의 기초적인 연구가 수행되어야 하며, 이를 토대로 종묘 생산과 양성 시기 및 양식 시설 형태 등을 결정할 수 있게 된다.

어류의 소화관 발달에 관한 연구는 넙치(Yasunaga, 1972), 줄복, *Takifugu pardalis*(한과 조, 2003), 자주복, *Takifugu rubripes*(김 등, 2003)에서 이루어져 왔으며, 특히 넙치는 난 발생 과정 및 자치어의 형태 발달(한과 김, 1997), 치어기의 형태 및 근연종과의 비교(神山, 1974) 자치어의 골격 발달(한과 김, 1998) 등이 보고되어 왔다. 그러나 국내에서는 넙치의 소화기관에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 이 연구는 넙치의 초기생활사를 밝히는 일환으로 자치어의 발육 단계에 따른 소화기관 형태 발달에 대하여 연구하였다.

## 재료 및 방법

이 연구는 2000년 5월 전남대학교 수산해양대학 어류학 실험실에서 성숙한 어미 넙치 암·수를 각각 10마리씩 건조법으로 인공 수정하였으며, 수정란에서 부화한 자어들을 사육하여 넙치 자치어의 발육단계에 따른 소화기관 형태 발달 과정을 관찰하였다. 실험 중 수온과 염분은 T-S meter로 1일 1회 측정된 결과, 수온 범위는 19.0~23.6°C(평균, 21.5°C)였으며, 염분은 32.4~33.2‰(평균, 32.7‰)이었다.

부화한 자어의 사육 중 먹이는 부화 후 2일째부터 15일까지 rotifer(*Brachionus plicatilis*)를 주었고, 10일부터 30일까지 brine shrimp(*Artemia* spp.), 20일부터 40일까지 copepoda(*Tigriopus japonicus*), 30일부터 60일까지 양어용 배합 사료 및 바지락(*Ruditapes philippinarum*) 육질을 순차적으로 공급하면서 사육하였다.

자치어의 발육단계에 따른 소화관 발달과정의 관찰을 위하여 부화 직후부터 부화 후 40일째까지 각 단계별로 개체를 5% 중성 포르말린에 고정된 후 어체를 직접 해부하여 관찰

하였으며, 어체의 각 부위는 입체해부현미경(Olympus SZ-40)과 만능투영기(Nikon V-12B)를 사용하여 0.01 mm까지 측정, 관찰하였다.

자치어의 형태 발달 단계는 Russell(1976)에 따라 전기 자어, 후기 자어 및 치어기로 구분하였고, 자치어의 외부 형태는 한과 김(1997)에 따랐다.

## 결 과

### 1. 성장

실험기간 동안 사육한 넙치 자·치어의 성장을 조사한 결과, 부화 직후 자어의 평균 전장은 2.50±0.14 mm(n=20)였고, 실험 종료 시점인 40일째 치어기의 평균 전장은 16.15±0.55 mm(n=20)였다(Fig. 1).

### 2. 전기 자어

부화 직후의 전기 자어는 전장 2.50±0.14 mm(n=20)로 입과 항문이 아직 열리지 않았고, 큰 난황(yolk)을 가지고 있었으며, 유구(oil globule)는 난황의 뒷 부분에 위치하고 있었다. 소화관은 배체와 난황 사이에 원시 소화관의 형태로 거의 직선상으로 식도(esophagus)에서 항문이 생길 부분까지 길게 신장되어 있는 형태였으며, 난황과 배체의 배쪽 사이에는 장(gut)이 형성되어 있었다(Fig. 2A).

부화 후 2일째의 전기 자어는 전장 3.40±0.15 mm(n=20)로 난황은 거의 흡수되고, 유구는 앞쪽으로 이동되어 소화관에 연결되어 있으며, 항문이 열려 창자 부분이 발달하기 시

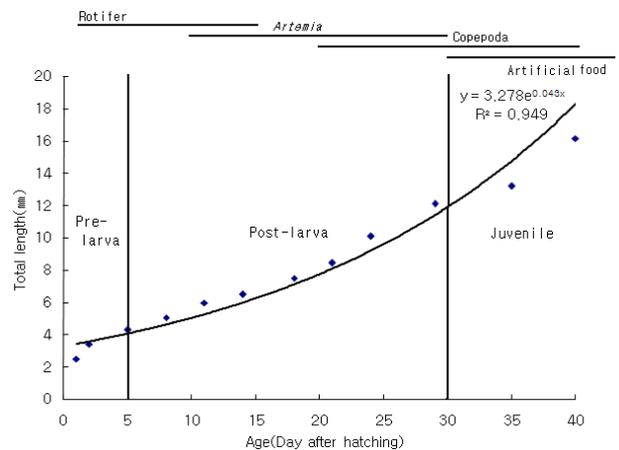


Fig. 1. Increase of total length(mm) in *Paralichthys olivaceus*.

작하였다(Fig. 2B).

### 3. 후기 자어

부화 후 5일째의 후기 자어는 전장  $4.30 \pm 0.40$  mm(n=20)로 난황과 유구는 완전하게 흡수되어 입이 열려 있었고, 심장과 식도 아래쪽에 간 발달되어 있었다. 항문의 위치는 부화 직후의 자어보다는 앞으로 이동하여 몸 중앙보다 앞쪽에 위치하였으며, 직선적인 소화관의 상피 중앙부에 폭이 넓은 주름이 형성되어 있었다(Fig. 2C).

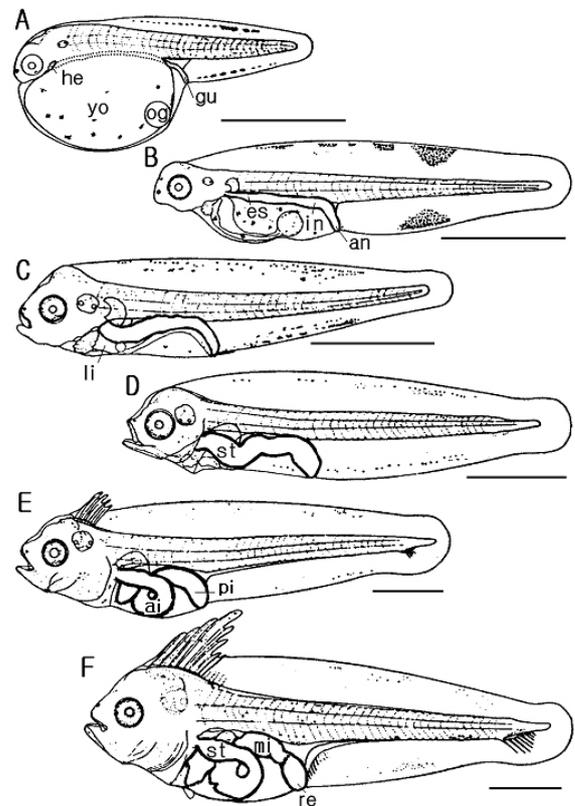
부화 후 7~8일째 후기 자어는 전장  $5.05 \pm 0.40$  mm(n=20)로 소화관이 발달하여 먹이의 섭취활동이 활발하였으며, 소화관은 배쪽으로 팽창하여 장과 연결되어 위(stomach)가 발달하기 시작하였고, 소화관의 전반부와 후반부가 구별되어 소화기관이 분화하기 시작하였다(Fig. 2D).

부화 후 13~14일째 후기 자어는 전장이  $6.50 \pm 0.25$  mm(n=20)였고, 형태적으로 등지느러미 앞쪽에 3~5개의 줄기가 돌기 모양으로 분화하였으며, 소화관의 중장(middle intestine)이 될 부분이 배 쪽으로 꼬이기 시작하면서 소화관은 앞부분에서부터 1회전 되었으며, 회전 부분의 면적이 넓어져 있었다. 소화관이 식도, 전장(anterior intestine), 중장, 후장(posterior intestine)으로 완전히 분화되면서 소화관의 기본적인 구조가 확립되었다(Fig. 2E).

부화 후 17~18일째 후기 자어는 전장  $7.50 \pm 0.35$  mm(n=20)로 오른쪽 눈이 왼쪽으로 조금씩 이동하는 변태 전기에 해당되며, 체고가 높아지고, 몸은 현저하게 측편되어 있었다. 이 시기의 후기 자어는 어체의 성장과 함께 소화관이 전체적으로 발달되었고, 소화관의 전장과 중장 부분에 주름이 생기면서 팽만되어 있었고, 항문 앞쪽에 직장이 발달되어 소화관이 팽창하기 시작하였다(Fig. 2F).

부화 후 20일째 후기 자어는 전장  $8.35 \pm 0.20$  mm(n=20)로 몸은 높이가 현저하게 높아지고, 측편되어 있으며, 간이 현저하게 커진다. 소화관의 전반부는 잘룩하게 되며, 장의 후반부는 약간의 주름을 형성한 구조로 발달하였다(Fig. 3A).

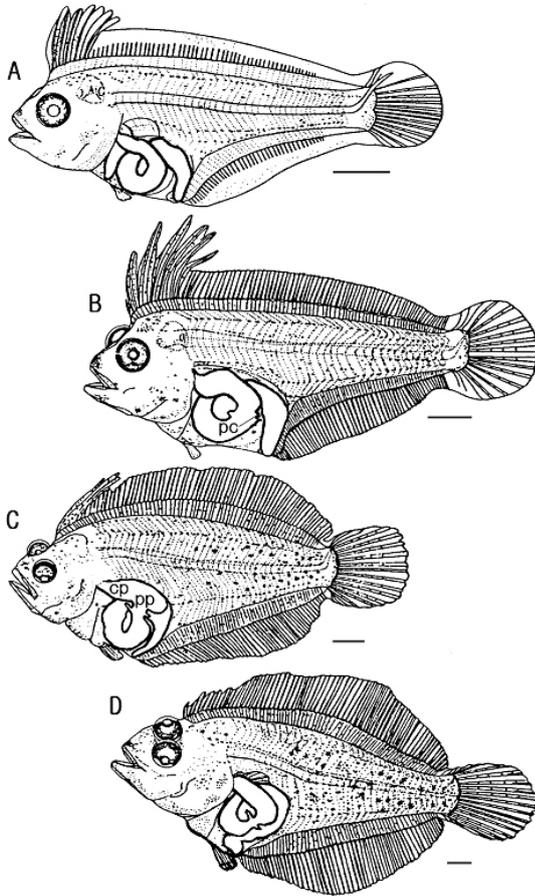
부화 후 25일째 후기 자어는 전장  $10.70 \pm 0.60$  mm(n=20)로 형태적으로 몸은 좌우 상칭을 상실하여 오른쪽 눈이 머리의 등쪽으로 이동하여 변태 중기에 달하여 있었다. 소화관의 전반부인 전장 부분에서 작은 나뭇가지 모양의 유문수(pyloric caeca)가 2~3개 형성되어 있어서 식도, 위, 유문수의 구별이 명확하게 되었고, 전체적으로 소화관이 팽창하여 크기가



**Fig. 2.** Larvae developmental stages of *Paralichthys olivaceus* reared in the laboratory. A: 2.50 mm in total length (TL), newly-hatched larva; B: 3.40 mm in TL, 2 days after hatching; C: 4.30 mm in TL, 5 days after hatching; D: 5.05 mm in TL, 7~8 days after hatching; E: 6.50 mm in TL, 13~14 days after hatching; F: 7.50 mm in TL, 18 days after hatching. ai: anterior intestine; an: anus; es: esophagus; gu: gut; he: heart; in: intestine; li: liver; mi: middle intestine; og: oil globule; pi: posterior intestine; re: return; st: stomach; yo: yolk. Scale bars indicate 1.00 mm.

증가하였다(Fig. 3B).

부화 후 30일째 개체는 전장  $12.40 \pm 0.55$  mm(n=20)로 형태적으로 오른쪽 눈은 머리의 등쪽 전방으로 이동되어 있었고, 머리는 약간 비뚤어진 모양을 하고 있어 변태 후기에 속하였으며, 모든 지느러미 줄기는 정수에 달하였다. 위는 비대하여 분문부(cardiac portion)와 유문부(pyloric portion)가 뚜렷하게 구별되었고, 소화관은 위, 전장, 중장, 후장 및 직장이 명확하게 구분되어 치어기로 이행하여 성어와 유사한 구조로 발달하였다(Fig. 3C).



**Fig. 3.** Larvae and juveniles developmental stages of *Paralichthys olivaceus* reared in the laboratory. A: 8.35 mm in TL, 20 days after hatching; B: 10.70 mm TL, 25 days after hatching; C: 12.40 mm in TL, 30 days after hatching; D: 16.15 mm in TL, 40 days after hatching. cp: cardiac portion; pc: pyloric caeca; pp: pyloric portion. Scale bars indicate 1.0 mm.

#### 4. 치어기

부화 후 40일째 치어는 전장이  $16.15 \pm 0.85$  mm(n=20)로 항문의 위치는 후기 자어에 비하여 몸의 앞쪽으로 이동되었고, 소화관 형태는 식도부, 유문부, 장의 전장, 중장, 직장이 크게 팽창되어 상대적으로 후기 자어의 소화관 형태와는 다소 차이가 있었다. 유문수는 4개가 분화되었고, 소화관의 길이도 길어지면서 장이 1회전 되고, 직장의 바로 앞쪽에서 굴곡되었다(Fig. 3D).

#### 고찰

어류의 소화기관 발달은 난발생 과정, 자치어의 형태 발달과 매우 밀접한 관계를 가지고 있으며, 생태적인 특성에 따라 각 어종별로 종 특이적인 발달과정을 거치게 된다(岩井과 塚原, 1975).

경골어류의 소화기관 형성과정은 크게 2단계의 분화기로 구분하며, 그 첫 단계는 기본구조를 확립하는 난황 흡수 말기까지이며, 다음은 위선이 완성되고 유문수가 분화하는 시기, 즉 치어기로 이행되기 직전까지이다(田中, 1971).

또한, 부화 직후 자어의 소화계 분화 정도는 종에 따라 차이가 있지만, 기본적으로 2개의 유형으로 구분된다(岩井과 塚原, 1975). 즉, 부착란에서 부화하는 종들은 부화 시에 소화계의 기본 구조가 거의 확립되는 형에 속하며, 주로 부유성 난을 산란하는 어종에서 부화되는 종은 미분화된 형에 속하는데, 넙치의 경우는 참돔(*Pagrus major*), 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 멸치(*Engraulis japonicus*), 방어(*Seriola quinqueradiata*) 및 돌가자미(*Kareius bicoloratus*) 등과 함께 부유성 난을 산란하는 어종이었다(정, 1998).

넙치의 소화관은 일반적인 부유성 난의 특성을 지닌 어류와 마찬가지로 부화 직후까지 별다른 분화가 진행되지 않아 소화능력을 갖추지 않은 직선상의 형태를 유지하다가 자치어의 형태 발달과 유사한 단계적 변화를 거치면서 먹이를 섭취하기 전 입과 항문이 열리고, 난황이 어느 정도 소모되었을 때 장이 한번 회전하는 특징을 보였다.

난황이 완전히 흡수된 부화 후 5일째의 후기 자어는 식도, 전장, 중장, 직장의 순으로 소화관의 기본적인 구조가 확립되고, 본격적인 먹이를 섭취하기 시작하면서 소화관의 형태 분화가 일어났다. 그 후 자어가 성장함에 따라 주로 소화관의 각 부분별 팽창과 굴곡이 생기면서 형태 발달이 이루어지고, 치어기로 이행되는 시기에는 성어와 유사한 형태의 소화관으로 발달하였는데, 이러한 결과는 넙치의 먹이 섭취와도 관련이 있었다.

넙치의 위는 분문부와 유문부가 형성되어 있고, 성어의 경우 장이 1회전 되어 있으며, 직장의 앞부분이 굴곡되어져 있는 형태를 취하고 있는데, 이러한 특징은 식성이 육식성으로서 초식성인 잉어(*Cyprinus carpio*), 초어(*Ctenopharyngodon idellus*) 등과 같은 어류에 비해서 소화관의 길이가 짧은 편에 속하기 때문으로 판단된다. 또한, 넙치 자어의 소화관은 돌류와 마찬가지로 입에서부터 항문까지의 길이가 짧은 회

전골곡형(田中, 1969a, b)에 속하였다.

일반적으로 경골어류에서는 후기 자어에서 치어기로 이행되는 과정에서 유문수가 형성되는 것으로 보고(田中, 1972a, b)되어 있는데, 넙치의 경우는 부화후 25일째인 평균 전장 10.70 mm의 후기 자어에서 소화관의 전장부분에 작은 나뭇가지 모양의 유문수가 2~3개 형성되었다. 그러나, 졸복(한과 조, 2003)과 자주복(김 등, 2003)의 경우는 유문수가 형성되지 않았는데, 이렇게 유문수가 형성되지 않은 어류들은 치어기의 먹이 전환기가 다소 늦을 것으로 생각된다.

넙치 치어의 소화관 형태는 식도부, 유문부, 장의 전장, 중장, 직장이 크게 팽창되어 후기 자어에서 명확하게 구별되는 것과는 상대적이었다. 그러므로 어린 자치어의 소화기관의 발달과정은 종에 따라서 차이가 매우 심하고, 같은 종에서도 발육단계에 따라 차이가 있으므로 종묘 생산을 시도할 때에는 환경요인(수온, 빛, 용존산소, 수질, 영양조건 등)과 함께 종 별로 소화기관의 발달 단계를 파악하여 먹이 생물을 공급하여야 효과적인 관리와 사육이 이루어질 것으로 생각된다.

#### 인용문헌

- Russell FS (1976) The eggs and planktonic stages of British marine fish. Academic Press Inc London, 524.
- Yasunaga Y (1972) The development of the digestive gland of the plaice larva, *Paralichthys olivaceus*. Bull Tokai Region Fish Res Lab 69:75-78.
- 김봉원 · 나오수 · 박창범 · 고환봉 · 강법세 · 최영찬 · 이영돈 (2003) 자주복(*Takifugu rubripes*)의 소화관 발달. 발생과 생식. 7:29-34.
- 김용익 · 명정구 · 김영섭 · 한경호 · 강충배 · 김진구 (2001) 한국해산어류도감. 도서출판 한글. 382.
- 정문기 (1998) 한국어도보. 일지사. 서울. 727.
- 한경호 · 김용익 (1997) 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 초기생활사에 관한 연구. I. 난발생과정 및 자치어의 형태 발달. 여수수산대학교 논문집 11(2):105-117.
- 한경호 · 김용익 (1998) 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 초기생활사에 관한 연구. II. 자치어의 골격발달. 여수수산대학교 논문집 13:1047-1056.
- 한경호 · 조재권 (2003) 졸복, *Takifugu pardalis* 자치어의 소화기관 형태발달. 여수대학교 자연과학연구원 기초과학연구소 논문집 5:181-189.
- 田中 克 (1969a) 仔魚の消化系の構造と機能に關する研究-I 前期仔魚の消化系 發達. 魚類學雜誌 16:1-8.
- 田中 克 (1969b) 仔魚の消化系の構造と機能に關する研究-II 攝餌開始時の仔魚の消化系の特徴. 魚類學雜誌 16:41-49.
- 田中 克 (1971) 仔魚の消化系の構造と機能に關する研究-III 後期仔魚の消化系の發達. 魚類學雜誌 18:164-174.
- 田中 克 (1972a) 仔魚の消化系の構造と機能に關する研究-IV 攝餌となら腸前部および中部上皮の變化と脂肪の吸收. 魚類學雜誌 19:15-25.
- 田中 克 (1972b) 仔魚の消化系の構造と機能に關する研究-V 後部腸管上皮の變化と蛋白質の攝取. 魚類學雜誌 19:172-180.
- 岩井 保 · 塚原 博 (1975) 稚魚の攝餌と發育. 日本水産學會編 恒星社厚生閣 122.
- 沖山宗雄 (1974) ヒラメの初期生活使に 關する研究 II. 稚魚期の形態および近縁種との比較. 日水研報告 25:39-61.