

넙치, *Paralichthys olivaceus* 자어의 기아시 형태변화

명정구 · 김형선 · 김병기 · 김용억*

한국해양연구소 · *부산수산대학교 해양생물학과

1990년 3월 한국해양연구소 수조실에서 넙치 수정란을 부화, 사육시키면서 기아시 넙치자어의 형태 변화 및 생존율에 미치는 영향을 조사하였다.

1. 넙치자어는 부화 5일째부터 먹이를 먹기 시작하였으며, 무급이구는 부화 11일째 100% 사망하였다. 부화 6일째 (1일기아) 먹이를 투여하였던 실험구는 급이구와 마찬가지로 정상적인 성장을 하였으며, 7일째 이후 먹이를 투여한 실험구에서는 부화 13~14일에 100% 사망하였다.
2. 넙치자어는 기아시 전장, 근절높이, 장 높이가 감소 성장하였으며 이중 장의 높이가 가장 크게 감소하였다.
3. 정상과 기아개체 사이의 어체 각 부위에 대한 비율중에서 장 높이/근절 높이(GH/MH)가 가장 큰 변화폭을 나타내었으며, 부화 13일후 정상개체가 0.797, 기아개체는 0.467이었다.
4. 기아상태의 자어는 턱이 뾰족해지며, 쇄골의 아래 끝이 튀어나오고, 장이 가늘게 나타났다.

서 론

넙치, *Paralichthys olivaceus*는 농어亞目, 넙치科에 속하며, 우리나라 전 연안에 분포하고(鄭, 1977), 최근들어 종묘생산 및 양식에 대한 연구가 활발히 진행중인 종이다.

넙치의 초기 생활사에 관한 연구로는 생식선 발달(田中, 1987; 李, 1990)로 부터 채란(田內, 1979), 초기자어에 대한 먹이동물의 사료가치(福所 外, 1985), 초기사육 및 양성(草池·森, 1982)에 이르기 까지 많은 연구보고들이 있으나 기아시의 형태변화나 기아후의 회복에 관한 연구는 없었다.

본 실험은 넙치자어의 기아시 형태변화 및 영양상태를 평가할 수 있는 자료를 축적하기 위하여 1990년 3월 자연산란에 의하여 종묘생산 중인 넙치자어를 대상으로 기아후의 생존율 변화 및 회복 가능성과 형태 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

본 실험은 1990년 3~4월에 걸쳐 한국해양연구소 수조실에서 2차에 걸쳐 실시하였다. 넙치의 수정란은 충무소재 성지실업(주)의 40톤 친어수조에서 자연산란된 것을 운반하여 사용하였다.

수정란은 16°C의 자외선 멸균해수가 담긴 100l 관라이트 수조에 수용하고 미약하게 공기를 공급하면서 부화시켰다. 부화된 자어는 10l 원형 유리수조에 200마리씩을 수용하였으며, 실험사육은 대조구를 포함하여 지수식으로 하고 바다 청소에 따른 보충수 만을 환수시켜 주었다.

급이 실험구는 부화후 2일 부터 영양 강화된 rotifer 및 미립자 인공배합사료를 공급하였으며, 무급이 실험구는 전 실험기간중 먹이를 투여하지 않았다. 또한, 기아상태에서의 회복 가능성을 알아보기 위하여 부화후 3일, 4일, 5일, 6일, 7일, 8일, 9일부터 rotifer 및 미립자사료를 공급하면서 생

존율을 조사하였다.

실험 기간중 수온의 범위는 15~18°C였고, 용존산소량은 6.4~6.8ppm, 염분은 29~30‰ 범위였다.

어체의 각 부위별 측정은 매일 굵이구와 무굵이구에서 자어를 10마리씩 무작위 추출하여 마취제(MS-222)로 마취시킨후 바로 입체현미경으로 어체의 각 부위를 측정하고 스케치하였다(Fig. 1).

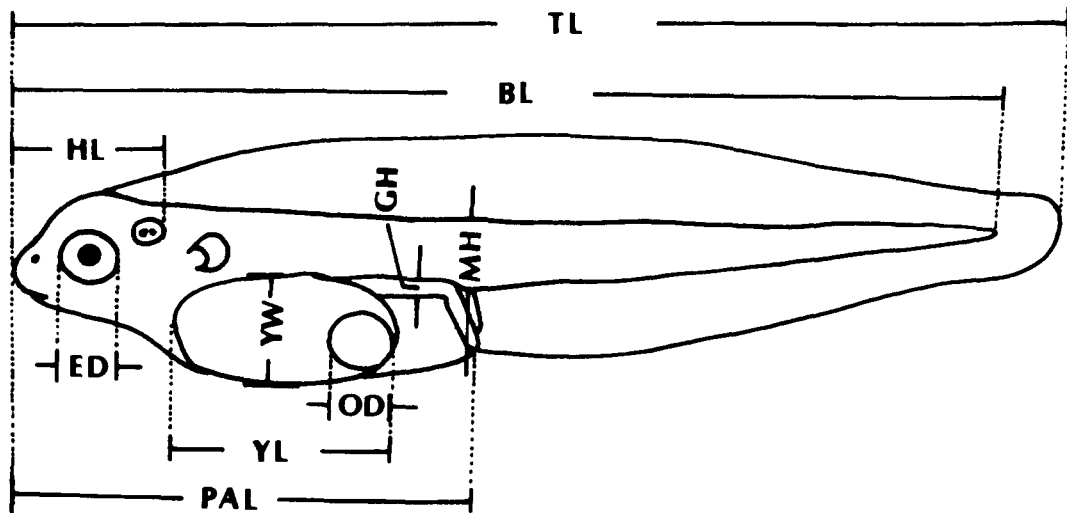


Fig. 1. Dimensions of the larval flounder: ED, eye diameter; HL, head length; PAL, preanal length; YL, yolk length; YW, yolk width; OD, oil globule diameter; GH, gut height; MH, myotome height; BL, body length; TL, total length.

결 과

1. 대조구와 기아구의 생존율

넙치자어가 먹이를 먹기 시작한 부화후 5일째를 기준으로 1일부터 6일 기아실험구까지의 실험결과 중 1일, 2일, 6일 기아구(이하 무굵이구)와 대조구의 생존율 변화는 Fig. 2에 나타내었다.

난황을 가지고 있는 부화후 3일까지는 전 실험구에서 100%의 생존율을 보였으며, 입을 열고 먹이를 먹기 시작하는 4, 5일째 부터 각 실험구에서 사망개체가 출현하기 시작하였다. 6일 기아구에서는 4~5일째 대량폐사가 일어나 32%의 생존율을 나타내었으나 이는 기아에 의한 사망은 아니었다. 6일이후 부터 9일까지는 생존율의 변화가 거의 없었으며 10일째부터 사망개체수가 증가하여 부화후 13~14일째 대조구와 1일 기아구는 생존율이 각각 20%, 15.5%로 안정되었으나, 2일 기아구부터 6일 기아구까지는 11~14일 사이에 100% 사망하였다.

2. 기아시 어체 각 부위의 성장

기아시의 형태적 변화를 알아보기 위하여 굵이구와 무굵이구의 전장(TL), 항문체장(PAL), 안경

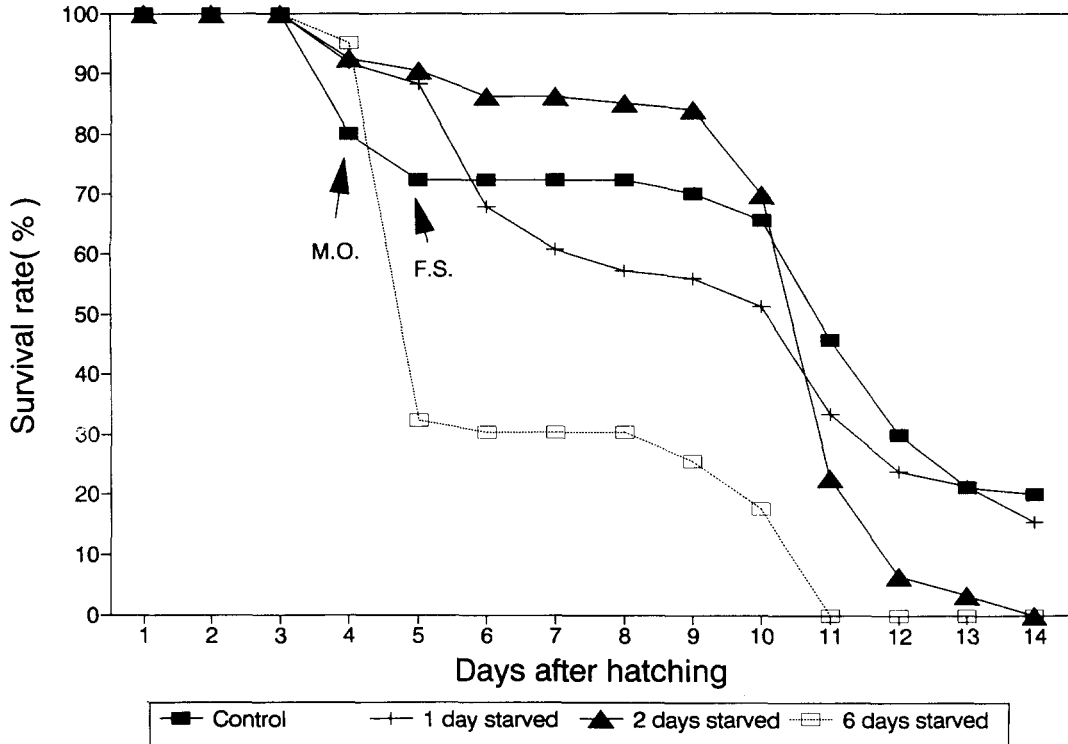


Fig. 2. Survival curves for unfed and fed larvae after hatching (MO; mouth open, FS; feeding start).

(ED), 근절높이(MH), 장 높이(GH), 난황의 길이(YL)와 폭(YW) 및 유구(油球) 직경(OD)에 대한 변화는 Fig. 3, 4, 5에 나타내었다.

부화직후 자어의 전장은 평균 2.39mm(이하 평균값)였고, 1일후 2.74mm, 3일후 3.06mm로 빠른 성장을 보였으며 먹이를 먹기 시작한 4~5일째부터 조금 느린 성장을 보였다. 부화 6일째(먹이를 먹기 시작한 1일후)부터 굵이구와 무굵이구가 성장의 차이를 나타내기 시작하여 부화후 13일째 굵이구가 전장 4.38mm로 성장한 반면, 무굵이구는 전장 3.38mm로 먹이를 먹기 시작한 때보다 오히려 줄어든 경향을 나타내었다(Fig. 3).

항문체장(PAL)은 부화직후 1.24mm로 나타났으며, 항문은 몸의 거의 중앙에 위치하고 있었으며 성장함에 따라 조금씩 앞쪽으로 이동하는 경향을 나타내었다. 굵이구와 무굵이구에 있어서의 항문체장의 성장변화는 전장에 비하여 그다지 크지 않으며 무굵이구는 13일째 1.40mm로 굵이구의 1.85mm에 비하여 조금 짧았다(Fig. 3).

안경(ED)은 부화직후부터 부화 6일째까지는 굵이구 및 무굵이구에서 0.20~0.23mm 범위로 그다지 큰 차이를 나타내지 않았으나 그이후 부화 13일째에 굵이구는 0.30mm로 성장하였으나, 무굵이구는 0.21mm로 부화직후때와 거의 비슷한 크기를 나타내었다.

근절높이(MH) 역시 안경과 비슷한 경향을 나타내어 부화 13일째 굵이구는 0.21mm, 무굵이구는 0.13mm로 차이를 나타내었다(Fig. 3).

장의 높이(GH)는 부화직후 0.06mm였으나 부화 5일째 먹이를 먹기 시작하는 시기부터 성장이 빨라져 부화 7일째에는 굵이구가 0.11mm, 무굵이구가 0.10mm로 비슷한 성장을 나타내다가 그이후

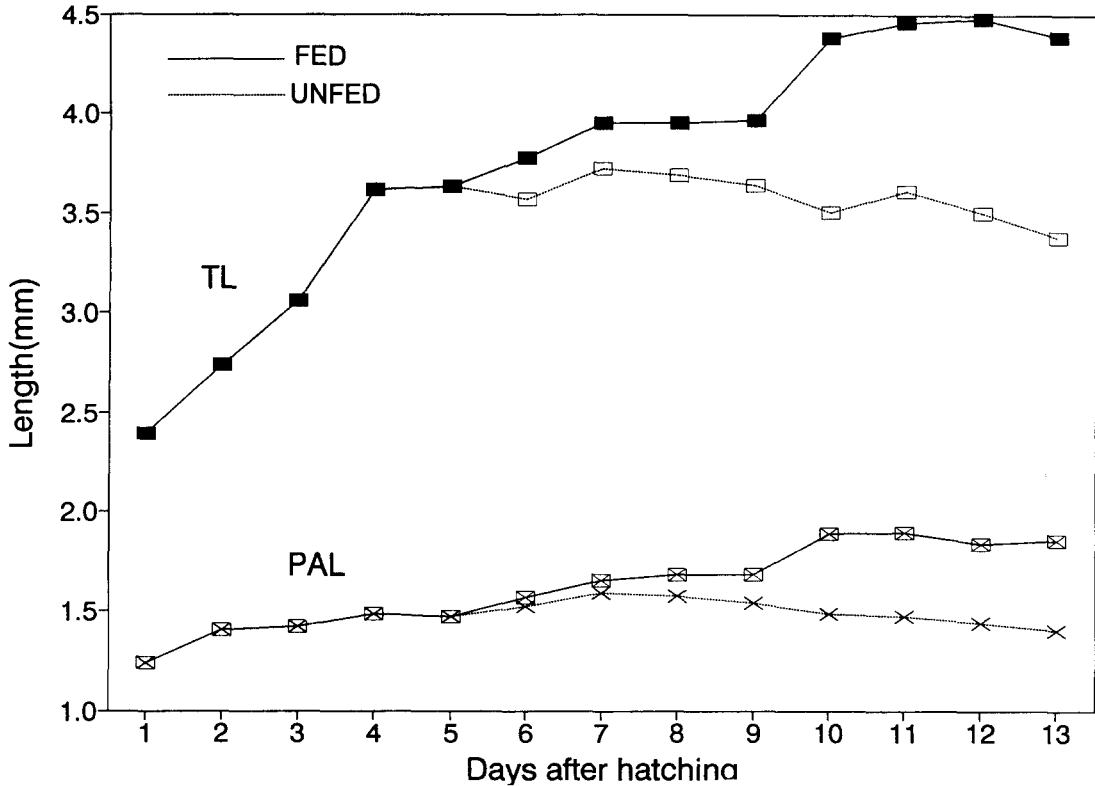


Fig. 3. Changes in metric characters of unfed, compared with fed larvae of flounder; TL, total length; BL, body length; PAL, preanal length.

무급이구의 장 높이는 줄어들기 시작하여 부화 13일째에는 0.06mm로 급이구의 0.17mm와 큰 차이를 나타내었다(Fig. 3).

난황은 부화직후 길이가 1.04mm, 폭이 0.74mm로 타원형의 모양이었으나, 자어기 동안 빠른 속도로 흡수되어 급이구, 무급이구 모두 6일째 완전히 흡수되었다. 유구는 직경이 부화직후 0.18mm였으며 급이구 및 무급이구 모두 부화후 6일까지 거의 느린 속도로 흡수되다가 난황의 흡수가 끝난 6일 이후부터 빠른 속도로 흡수되어 7일째 소실되었다(Fig. 4).

이들 급 각부위중 급이구와 무급이구의 형태차이를 알아보기 위하여 체장(BL), 장 높이, 근절높이에 대한 비율을 조사한 결과는 Fig. 6, 7에 나타내었다.

근절높이/체장(MH/BL)은 부화직후 0.063이었고 부화 4일째 0.045로 길이 성장이 빠른 경향을 나타내었다. 그후 부화 7일후까지는 거의 변화가 없었으며 10일후부터 급이구는 0.048~0.050, 무급이구는 0.043~0.042로 급이구에서 조금 높게 유지되었으나 큰 변화는 없었다.

장 높이/체장(GH/BL)은 부화직후 0.023이었으나 부화 8일째부터 무급이구에서 감소하는 경향을 나타내어 부화 13일째 0.020이 되었고, 급이구는 먹이를 먹기 시작한 5일째부터 꾸준히 증가하여 부화 13일째에는 0.039로 무급이구의 약 2배에 달하였다(Fig. 6).

기아시 큰폭의 변화를 보인 장 높이(GH)와 비교적 변화가 없었던 근절높이(MH)의 비율값은 Fig. 7에서 보는 바와 같이 부화직후부터 4일까지는 0.371~0.383 범위를 유지하였으나, 그후 매우

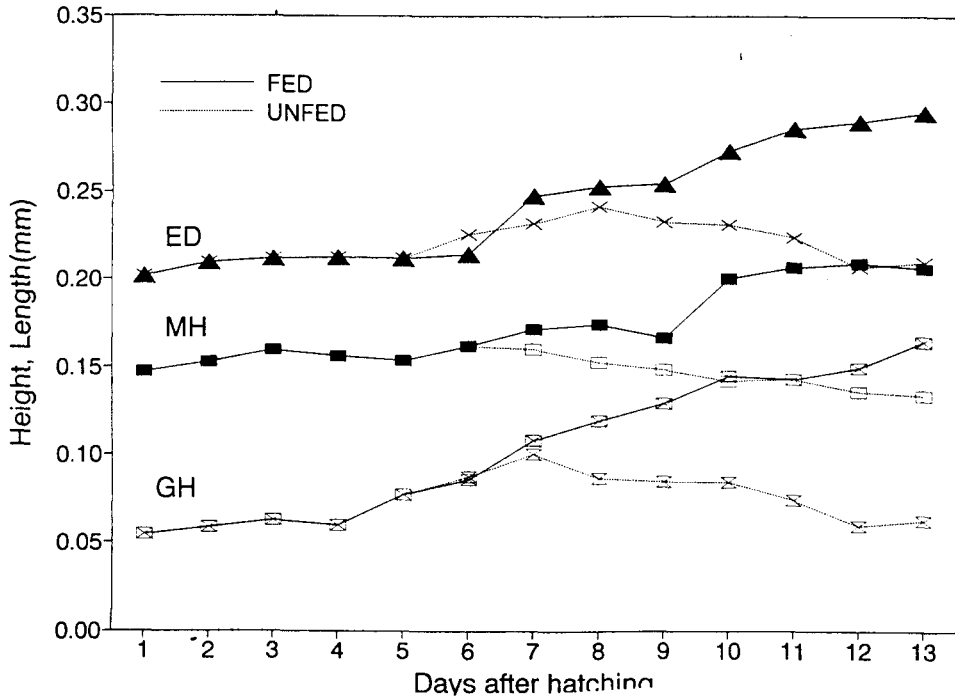


Fig. 4. Changes in metric characters of unfed, compared with fed larvae of flounder; ED, eye diameter; MH, myotome height; GH, gut height.

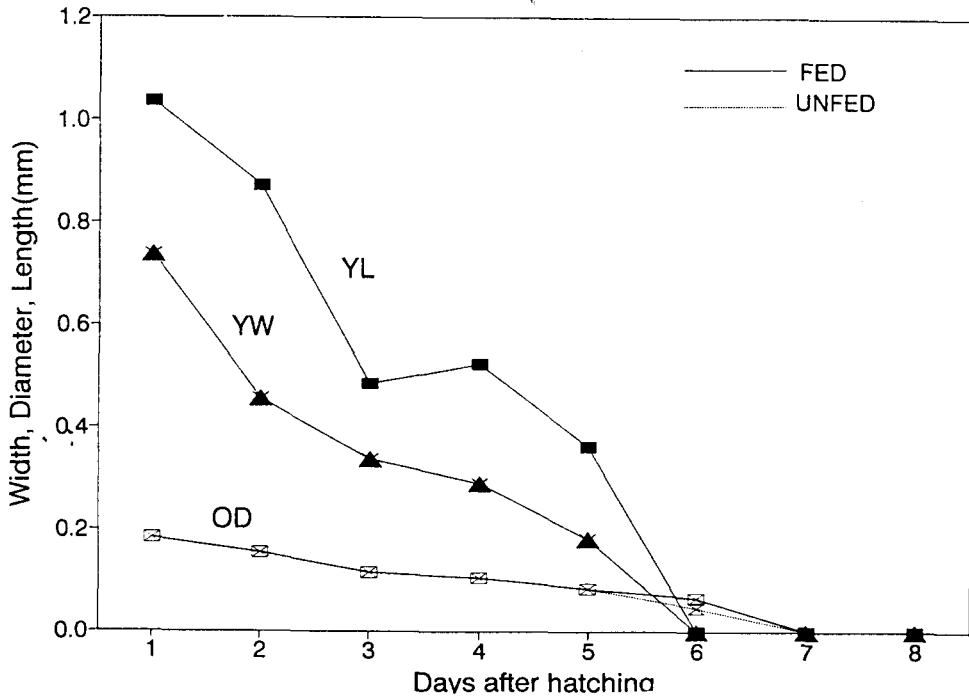


Fig. 5. Changes in metric characters of unfed, compared with fed larvae of flounder; YL, yolk length; YW, yolk width; OD, oil globule diameter.

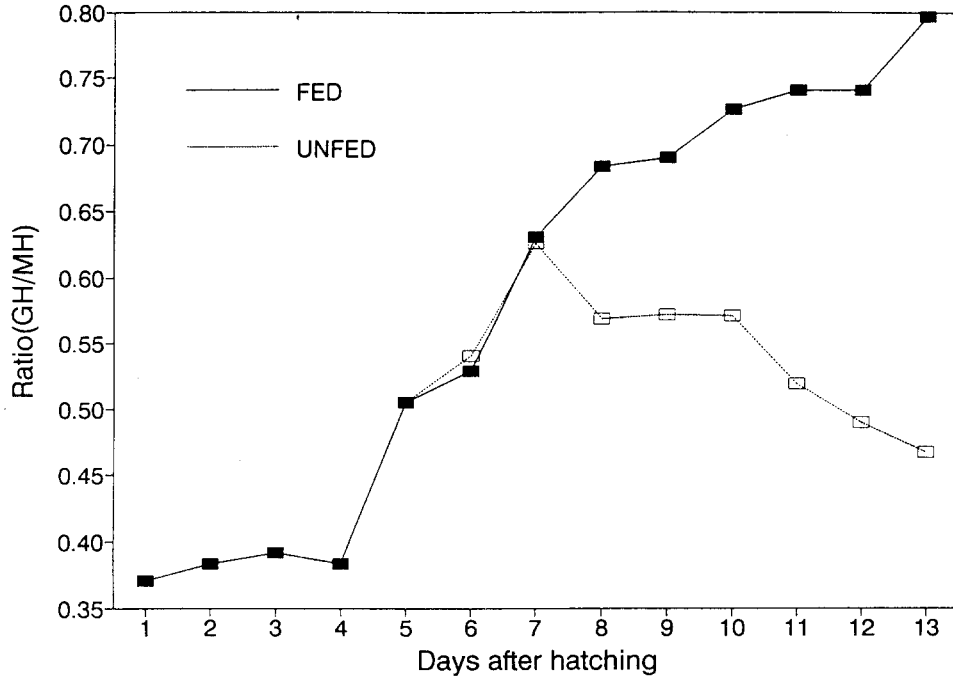


Fig. 6. Ratio of metric characters hatching and feeding stage of unfed, compared with larvae of flounder; GH, gut height; MH, myotome height.

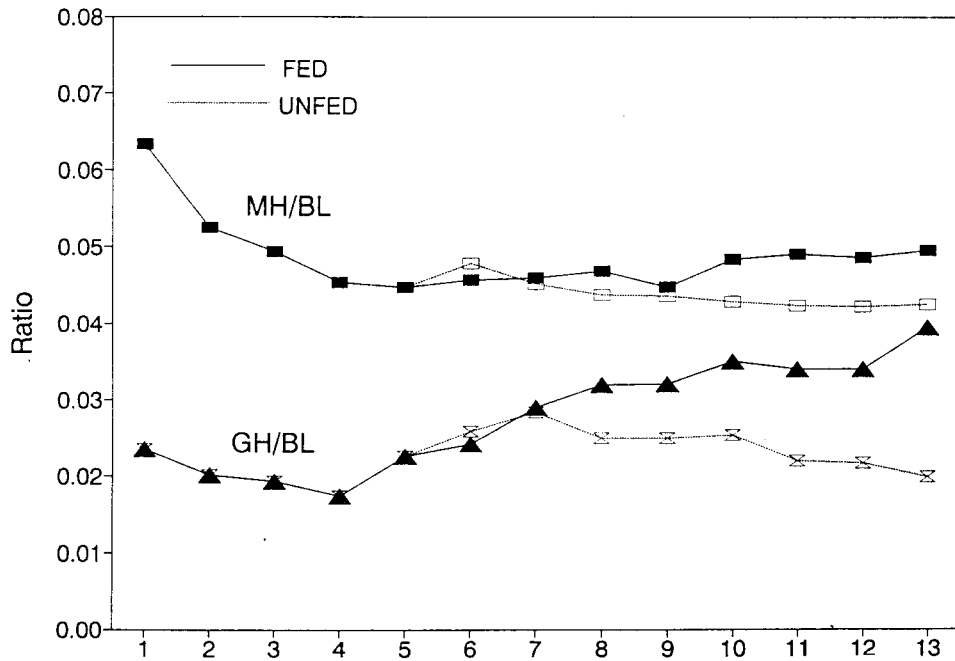


Fig. 7. Ratio of metric characters hatching and feeding stage of unfed, compared with fed larvae of flounder; MH, myotome height: BL, body length, GH, gut height.

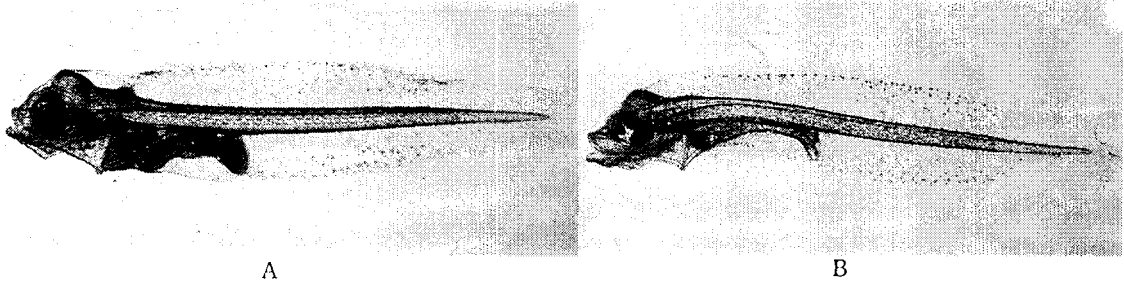


Fig. 8. Fed (A) and unfed larvae (B) of *Paralichthys olivaceus* at 11 days after hatching.

빠른 증가를 보여 7일째에는 굵이구 및 부굵이구가 각각 0.631, 0.626으로 비슷한 감소를 보였다. 이후 굵이구는 계속적인 증가를 보여 부화 13일째에 0.797이었고, 부굵이구는 감소하여 부화13일째에 0.467을 나타내었다.

3. 정상개체와 기아개체의 형태적 특징

기아구와 대조구에서 2차 사망이 시작되는 부화 10~12일경 정상 발육개체와 기아 개체는 외부 형태나 색소포의 특징으로는 넙치의 전형적인 특징을 나타내고 있었다. 단 기아 개체는 점차 장이 가늘어지고 주둥이가 앞으로 돌출되어 뾰족해지며 쇠골(鎖骨)의 아래 끝이 튀어나오는 특징을 보여 머리의 경사가 그다지 크지 않고 장도 잘 발달된 정상 개체와 구별할 수 있었다.

고찰

해산어의 초기 생활사에 있어서의 생존율은 외부 환경적 요인과 어미로부터 물려받은 내부요인에 의하여 크게 영향을 받으며 (Hunter, 1981), 형태적으로 큰 변화를 수반하는 변태 시기에 높은 폐사율을 나타낸다고 알려져있다 (May, 1974; 田中, 1972).

넙치 자어는 부화직후 참돔이나 돌돔(福原, 1969; 福所, 1975) 부화자어처럼 눈과 항문이 발달되지 않은 상태에서 난황을 위쪽으로하여 수면에 거꾸로 떠 있으며, 입이 열리고 먹이를 먹기 시작하는 시기까지 빠른 성장을 보이는 것은 참돔(明 등, 1990)과 일치하고 있었다.

어류의 초기 부화자어가 기아에 견디는 시간은 종이나 환경에 따라 달라지며 (May, 1971; McGurk, 1984; Bagarinao, 1986) 참돔처럼 1일 이상 기아를 견디지 못하는 종도 있는가하면 (明 등, 1990) *Coregonus laraetus*와 같이 2~3주동안의 긴 기아상태도 견디는 종도 있다 (Dabrowski et al., 1986).

넙치 자어의 기아 상태에서는 회복력을 알기위한 실험 결과 대조구가 먹이를 먹기 시작한 후 1일간 (만 24간) 기아후 먹이를 투여한 실험구에서는 굵이구와 마찬가지로 부화 13일후 생존율이 15.5%로 나타났고 2일간 기아구 부터는 전 실험구간에서 부화후 11~14일사이에 100% 사망하므로써, 넙치의 경우 치명적 기아 즉, PNR(point-of-no return)에 이르는 시기는 수온 15~18°C 범위에서 부화후 6~7일사이(섭이 개시 후 1~2일)에 존재한다고 볼 수 있다. 이 시기는 예비 실험 결과(수온 22°C 전후에선 부화후 4~5일)와 참돔의 예(明 등, 1990)로 미루어 수온이 높을수록 빨라질 것으로 생각된다.

어류의 자어는 PNR이 지난 개체도 사망에 이르기까지의 일정 기간동안은 생존이 가능하고 넙치의

경우 이미 PNR이 지난 2일이상 기아구의 자어들도 약 일주일이상 생존해 있었다. 따라서 자연 상태에서 네트로 채집되는 자어를 대상으로 초기 생활사에 있어서의 생태나 자원을 파악하고자 할때에는 표본 처리시 자어의 영양 상태를 고려한 수정이 요구된다.

넙치의 몸 부위중 자어의 영양 상태를 쉽게 파악할 수 있는 것으로는 장의 높이와 근절높이의 비값으로 나타나 *Platichthys flesus*, *Gadus morhua* (Yin and Blaxter, 1986)나 참돔(明 등, 1990)과도 일치하였다. 그러나 이같은 몸부위의 측정치로서 자어의 영양 상태를 판단하기 위해서는 수온, 먹이의 질이나 밀도등 환경 차이에 의한 중별 기초 자료를 추적하여야 하겠다.

인 용 문 헌

- Bagarinao, T. 1986. Yolk resorption, onset of feeding and survival potential of larvae of three tropical marine fish species reared in the hatchery. *Mar. biol.* 91: 449-459.
- Dabowski K., Takashima F. and C. Strussmann. 1986. Does recovery growth occurs in larval fish (short paper). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 52 (10): p. 189.
- 福原修. 1969. 마타이의卵發生と初期における形態の變異についての觀察, 水産増殖, 17(2): 71-76.
- 福所邦彦. 1975. 이스타이稚仔魚飼育指標としての斑紋の形成. 魚雜, 22(1): 23-30.
- 福所邦彦·岡内正曲·田中 秀樹·S.I. Wahyuni·P. Kraisingdecha·渡辺 武. 1985. 테트라셀미스에서培養した시오미즈토팜시스의히라메仔魚에對する餌料價値. 養殖研報, 7: 29-36.
- Hunter, J. R. 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In: *Marine fish larvae*: pp. 34-77. Ed. by R. Lasker. Seattle Washinton Grant Program.
- 鄭文基. 1977. 韓國魚圖譜. 一志社, 서울, 727p.
- 李榮敦. 1990. 넙치, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel)의 性分化와 生殖巢發達. 釜山水産大學校 博士學位論文: 1-37p.
- 草刈宗晴·森泰雄. 1982. 히라메의飼育에關する研究一 I. 稚魚期の生殖と成長に及ぼす水溫の影響. 北水試月報, 39: 305-319.
- May, R. C. 1971. Effect of delayed initial feeding on larvae of the grunion, *Leuresthes tenuis* (Ayres). *Fish. Bull.* 69 (2): 411-425.
- _____, 1974. Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. In: *The early life history of fish*: pp. 3-19. Ed. by J. H. S. Blaxter. New York: Springer Verlag.
- McGurk, M. D. 1984. Effects of delayed feeing and temperature on the age of irreversible starvation and on the rates of growth and mortality of Pacific herring larvae. *Mar. Biol.* 84: 13-26.
- 明正永·金鍾萬·金容億. 1990. 참돔, *Pagrus major*, 仔魚의 饑餓時 形態變化. 韓魚誌, 2(2): 138-148.
- 田中秀樹. 1987. 히라메와生殖腺의性分化過程. 養殖研報, 11: 7-20.
- 田中 克. 1972. 仔魚의消化系の構造と機能に關する研究一IV. 攝餌にともなう腸前部および中部上皮層の變化と脂肪の吸收. 魚雜 19(1): 15-25.
- 田内大. 1979. 天然히라메親魚からの採卵について一 I. 採卵適期について. 神水試業績, 79(5): 51-53.
- Yin, M. C. and J. H. S. Blaxter. 1986. Morphological changes during grow and starvation of larval cod (*Gadus morhua* L.) and flounder (*Platichthys flesus* L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 104: 215-228.

**Morphological changes during starvation of larvae of
left eye flounder, *Paralichthys olivaceus***

Jung-Goo Myoung, Hyung Sun Kim, Pyong Ki Kim and Yong Uk Kim*

Korean Ocean Research and Development Institute Ansan, Kyonggi-do 425-600, Korea

*Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan, Nam-gu, Pusan, 608-737, Korea

The influence of starvation on morphological change and survival rate of the left eye flounder larvae was examined at the KORDI laboratories in March, 1990.

1. The larvae of left eye flounder began to feed on rotifers in 5 days after hatching. In case of non-feeding, all of the larvae died in 11 days after hatching. The larvae which fed 1 day after the normal first feeding schedule grew normally but 100% of the larvae died in 14 days when the feeding was delayed for 2 days after hatching.
2. With the exhaustion of the yolk, the total length, body length, myotome height and gut height of unfed larvae decreased. Gut height is the most decreased dimensions while starving.
3. The ratio of gut height to myotome height in unfed larvae has declined most rapidly compared to other dimensions during the starvation. At 13 days after hatching, the ratios of these between fed and unfed larvae were 0.797 and 0.467, respectively.
4. The morphology of starving larvae were characterized as sharpened jaw, projected edge of lower part of clavicle and slender gut.