

민어 종보존 및 양식기술연구

이선식, 이요신, 진우영

I. 서론

민어(*Miichthys miiuy*)는 농어목 (Order Perciformes) 민어과(Family Sciaenidae) 민어속(Genus *Miichthys*)에 속하며, 우리나라 서남해, 동중국해, 남중국해, 일본(남부 홋카이도,



남부해)에 널리 분포한다. 우리나라에는 13개종의 민어과 어류가 서식하고 있으며 일부 소형어도 있지만 대부분 중형어 이상이며 특히 민어는 다른 어종에 비해 큰 편에 속한다.

민어의 서식장소는 수심 40~120 m의 빨바닥이며 낮에는 바다속 깊은 곳에 있다가 밤이 되면 수면 가까이 이동하는 습성이 있다. 새우, 게, 어류 등 저서성 동물을 먹고 살며 90cm 이상으로 성장한다. 체형은 원통형으로 약간 측편형이며 전체적으로 흑회색을 띠며 배쪽으로 갈수록 옅어진다. 위턱과 아래턱 모두 송곳니가 발달하였고 아래턱에는 4개의 구멍이 나있는 것이 특징이다.

민어는 회유종으로 겨울철에는 수온이 높은 제주도 남방해역에서 월동한 후 봄철에 수온의 상승과 함께 북서방향으로 회유하기 시작하여 여름철에 주로 서해안의 인천 덕적도 등지에서 산란하는 것으로 알려져 있으며, 산란기는 7~9월의 여름철로서 남쪽이 빠르고 북쪽일수록 늦다. 예전에는 여름이면 인천 앞바다에 민어 파시가 형성되었으며, 일제 강점기부터 1970년까지는 많은 양의 인천 민어가 일본으로 수출되었을 정도로 자원량이 풍부하였다. 하지만 연안어장의 오염 및 어구·어법의 발달로 인한 남획으로 인천 연안에서는 민어를 찾아보기 힘든 실정에 이르렀다. 1991년까지는 등락을 반복하다가 이후에는 감소 추세를 보여 1984년에는 274톤이었던 어획량이 2019년에는 2톤밖에 어획되지 않았다(그림 1).

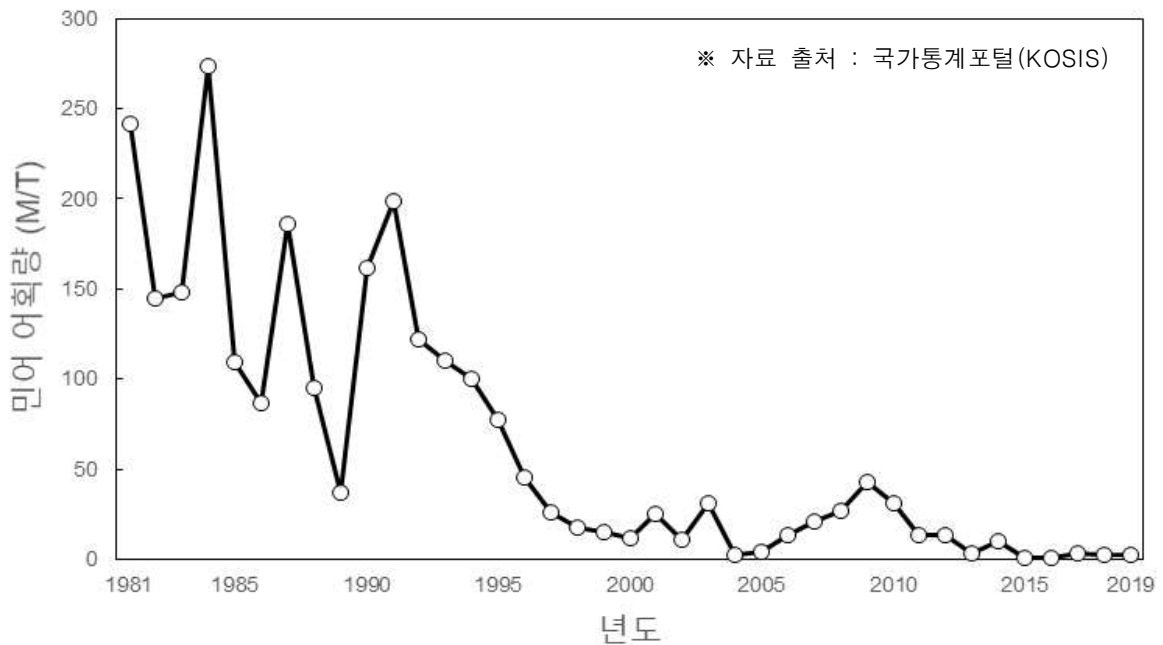


그림 1. 인천해역 연도별 민어 어획량

또한, 우리 연구소에서는 방류 후 육성 관리한 민어 친어에 대해 수정란을 확보하고자 하는 시도가 있었으나 안정적으로 확보하지 못하고 있는 실정이다(표 1).

표 1. 민어 시험연구 방류 실적(2007~2014년)

(단위 : 만마리)

총합계	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2014년
51.6	1.0	18.0	5.0	5.0	5.0	17.6

따라서, 본연구는 인천해역 고유 품종이었으나 최근 환경변화 및 남획으로 인해 자원량이 현저히 낮아진 민어에 대하여 환경조절을 통해 산란을 유도하고 민어 자어의 난황·유구 흡수율, 개구율, 입크기 측정을 통해 첫 먹이 공급시기를 파악하여 부화초기 자어의 생존율을 향상시키기 위한 안정적인 종자생산 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 친어 관리 및 수정란 생산

(1) 사육수조

민어 수정란 생산을 위한 친어 관리 수조는 영흥화력본부 냉각수활용 어패류 양식장 어류생산동 원형수조(지름 7.0 m, 수심 1.2 m) 1개를 활용하였다(표 2).

표 2. 민어 친어 사육수조 사용 현황

규격	수조모양	수조수	수심	수조당수량 (톤)	총수량 (톤)
Φ 7.0 m	원형	1	1.2 m	46.16	46.16

(2) 친어 관리 수정란 생산 유도

만 5~6세어 친어를 수용하였으며 자연산란 유도를 위하여 자연수온이 25℃가 되는 2020년 8월 27일부터 가온을 시작하여 사육수온이 28~29℃가 되도록 유지하였다.

(3) 수정란 수거 및 수조 입식

수정란 수거를 위해 해질 무렵인 오후 5시 경에 수거망을 설치하고 산란 확인 후 수정란의 손상을 막기 위해 밤 11시경에 1차 수거하여 산란량을 확인한 후 관리 수조로 옮기고, 아침 8시경 2차 수거하여 5L 비이커에 담아 분리부성란의 특성을 이용하여 사란을 분리해내고 세척 후 사육수조에 입식하였다.

2. 민어 자어의 전장 · 난황 · 유구 · 입크기 변화 관찰

(1) 전장

민어 자어 입식수조에서 10마리씩 채집한 후 만능투영기로 전장(Total length)을 측정하였다.

(2) 난황 및 유구 크기 측정

자어 입식수조에서 10마리씩 채집한 후 입체현미경으로 난황 및 유구 장경, 단경을 측정하여 Blaxter and Hempel (1963)의 방법으로 용적을 계산하였다.

- 난황용적(mm^3) = $\frac{\pi}{6}(ab^2 - cd^2)$

- 유구 용적(mm^3) = $\frac{\pi}{6}cd^2$

(Y_n : 난황 부피, O_n : 유구 부피, a : 난황장경, b : 난황단경, c: 유구장경, d : 유구단경)

또한, Makino et al (1995)의 방법으로 난황 및 유구의 일간흡수도를 계산하였다.

- 일간난황흡수도(mm^3) = $\frac{Y_n - Y_{n+d}}{d}$

- 일간유구흡수도(mm^3) = $\frac{O_n - O_{n+d}}{d}$

(n : 개시시 일자, d : 경과일자)

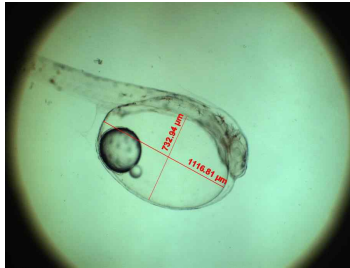
(3) 개구율 및 입크기 측정

자어 입식수조에서 10마리씩 채집한 후 입체현미경으로 상악장크기를 측정한 후 Shirota (1970)의 방법으로 아래식으로 입크기를 추정하였다.

- $d = \sqrt{2} \times UJL$

(d : 입크기, UJL: Upper Jaw Length, 상악장 길이)

또한, 실질적으로 예상 가능한 먹이생물의 섭이 크기 추정을 위하여 입크기의 50%와 75% 크기를 계산하였다.



난황 크기 측정



유구 크기 측정



입 크기 측정

그림 2. 민어 자어의 난황, 유구, 입크기 측정

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 친어 관리 및 수정란 생산

(1) 친어 사육 환경

민어 사육환경은 수온 13.2~29.0℃, 용존산소 4.78~8.22 mg L⁻¹, pH 6.68~8.06, 염분 27.43~31.53 ‰을 유지하였다(그림 3).

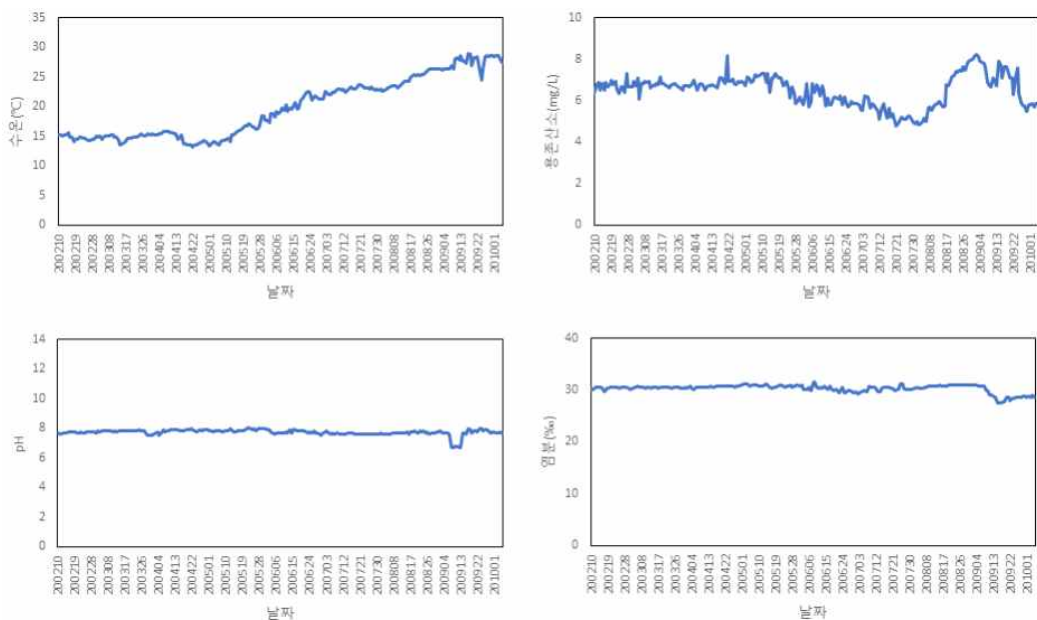


그림 3. 민어 친어 사육 환경

(2) 수온 관리를 통한 산란 유도

자연산란 유도를 위하여 자연수온이 25℃가 되는 8월 27일부터 가온을 실시하였다. 10월 5일까지 가온하였으며 가온 기간동안 자연수온은 21.3~25.6℃(평균 23.6℃)였으며, 가온수온은 22.6~29.0℃(평균 26.1℃)를 유지하였다(그림 4). 28~29℃ 고온자극에는 산란하였으나, 24℃로 낮추는 저온자극에서는 산란하지 않았으며, 다시 28℃로 고온자극을 주어도 산란하지 않았다.

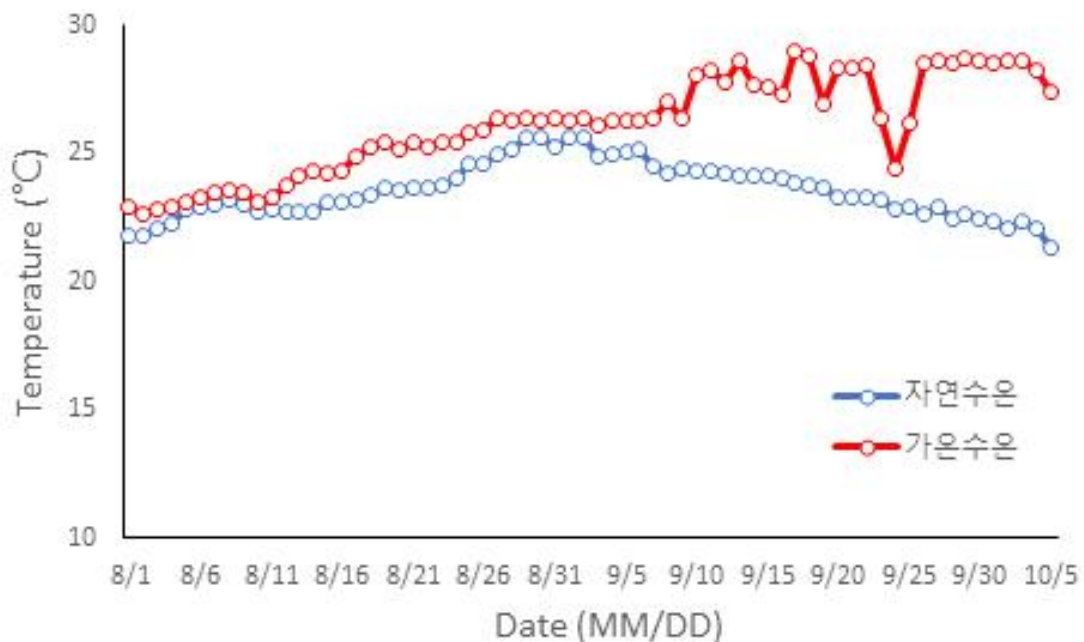


그림 4. 민어 수정란 생산을 위한 친어 수온 관리

(3) 수정란 생산 및 수조 입식

가온을 시작한 날부터 야간에 울기 시작하였으며, 9월 15일부터 소량의 수정란이 관찰되었다. 9월 15일에 200 cc의 수정란을 수거하였으나, 사란의 비율이 90%나 차지하여 모두 폐기 처리하였다. 이를 뒤인 9월 17일에 수거된 700 cc 중 수정란은 300 cc 정도로 수정란 : 사란 비율은 4 : 6의 비율로 어패류양식장 원형 수조(φ 7.0 × 1.2m, 46톤)에 입식하였다. 또한, 9월 20일에는 수거된 400 cc 중 수정란은 300 cc 정도로 수정란과 사란 비율은 9 : 1로 난질이 가장 양호하였으며

어패류양식장 원형수조에 입식하였다. 9월 22일에도 수거된 450 cc 중 수정란은 150 cc로 수정란과 사란 비율은 1 : 2였으며, 수정란은 9월 20일에 입식한 원형 수조에 함께 입식하였다(그림 5).

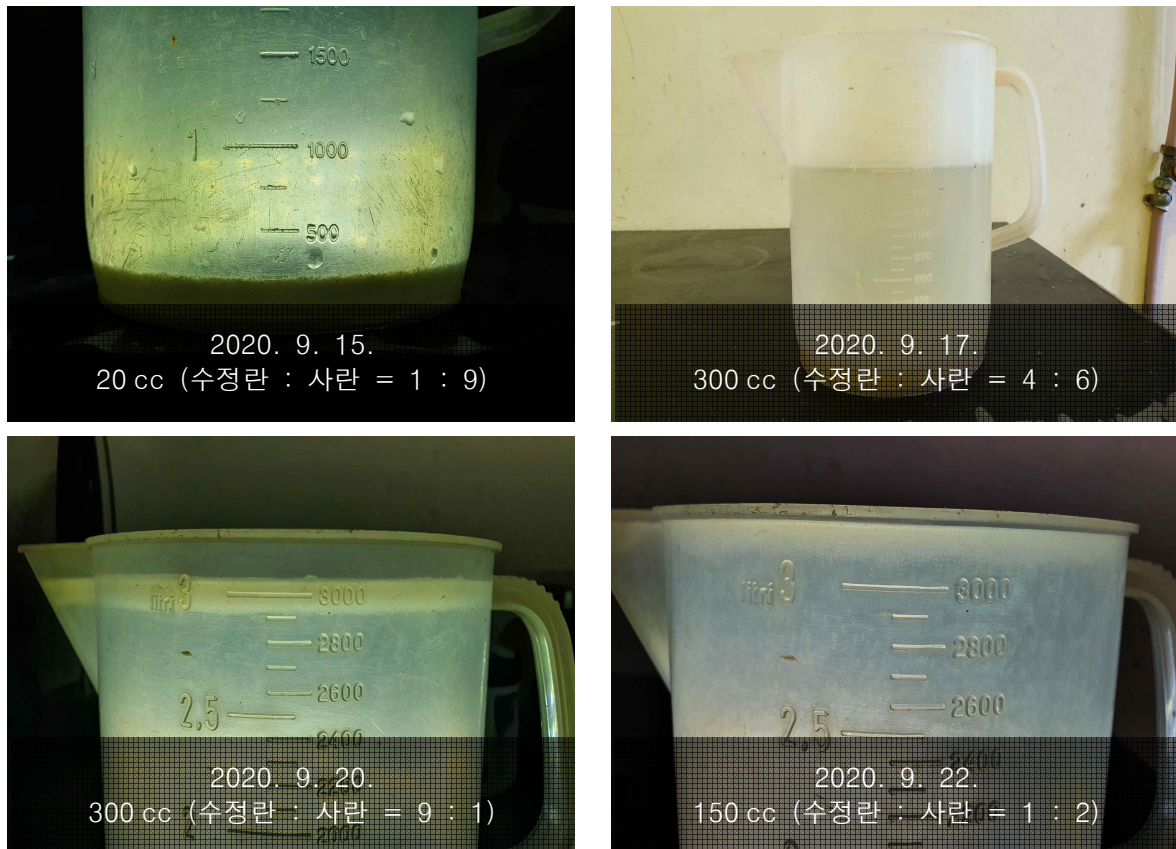


그림 5. 일자별 민어 수정란 수거량

2. 민어 자어의 전장 · 난황 · 유구 · 입크기 변화 관찰

(1) 전장(Total length) 변화

부화직후 전장은 2.605 ± 0.124 mm였으며, 부화후 12시간에 3.455 ± 0.083 mm로 급격히 증가했으나, 난황·유구가 흡수되는 내부영양단계인 부화후 156시간까지는 전장 크기 변화가 미비하였다(그림 6).

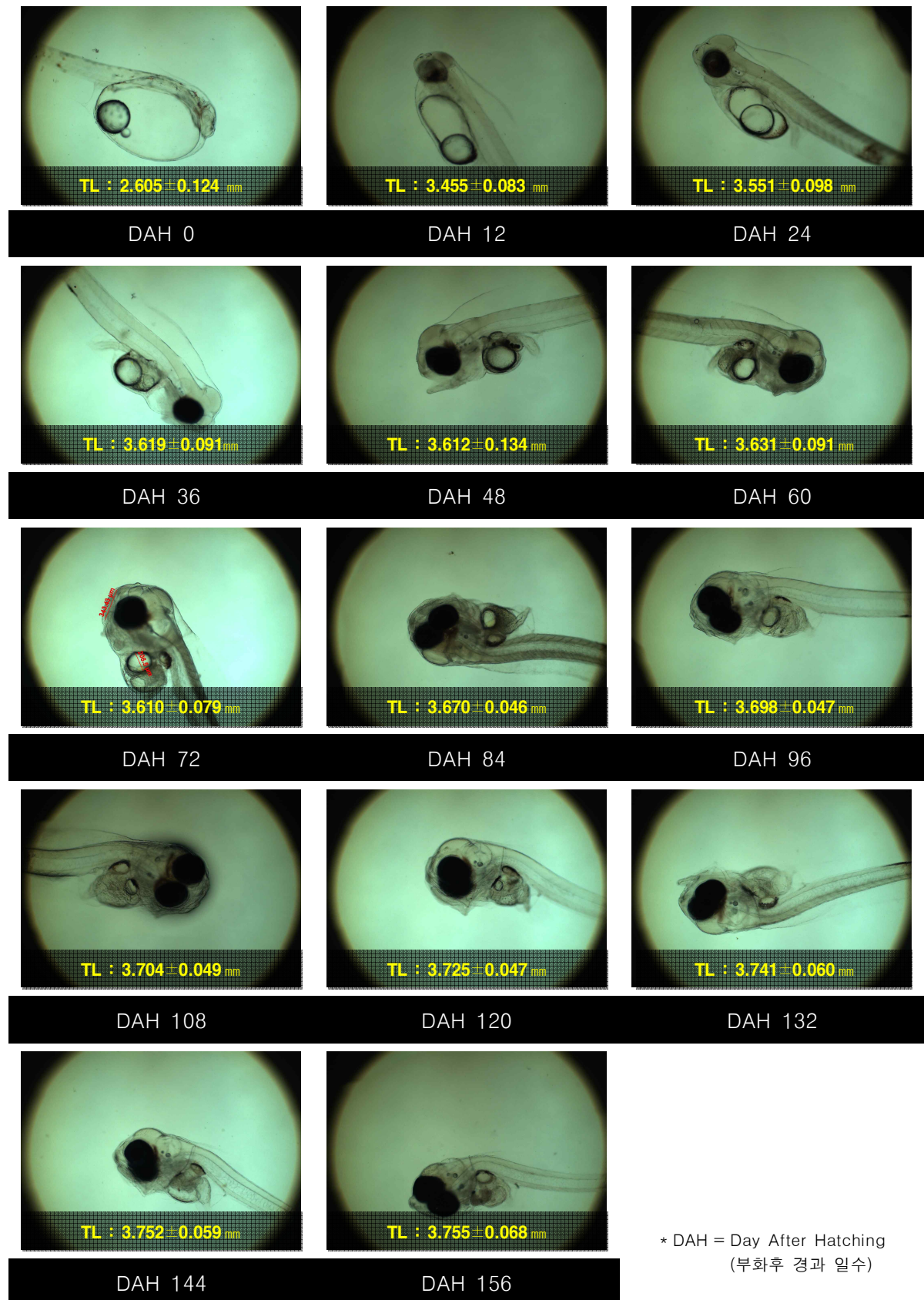


그림 6. 부화후 시간별 민어 자어 전장 및 외형 관찰

(2) 난황과 유구 크기 변화

부화 직후 난황(Yolk sac) 용적은 $0.3091 \pm 0.0783 \text{ mm}^3$ 였으며, 부화후 12시간에는 $0.0604 \pm 0.0212 \text{ mm}^3$ 로 가장 큰 폭인 약 80%의 소실율을 보였으며, 이후 서서히 감소하여 부화후 72시간 이내에 난황이 완전히 소실되었다(표 3, 그림 7).

표 3. 부화후 시간별 민어 자어의 난황 장·단경 크기, 용적, 소실율 변화(n = 10)

부화후 경과 시간	장경(mm)	단경(mm)	용적(mm^3)
0	1.084 ± 0.033	0.758 ± 0.082	0.3091 ± 0.0783
12	0.779 ± 0.038	0.422 ± 0.058	0.0604 ± 0.0212
24	0.705 ± 0.069	0.359 ± 0.057	0.0348 ± 0.0177
36	0.405 ± 0.029	0.345 ± 0.032	0.0151 ± 0.0046
48	0.481 ± 0.082	0.308 ± 0.044	0.0130 ± 0.0065
60	0.308 ± 0.026	0.274 ± 0.020	0.0066 ± 0.0022

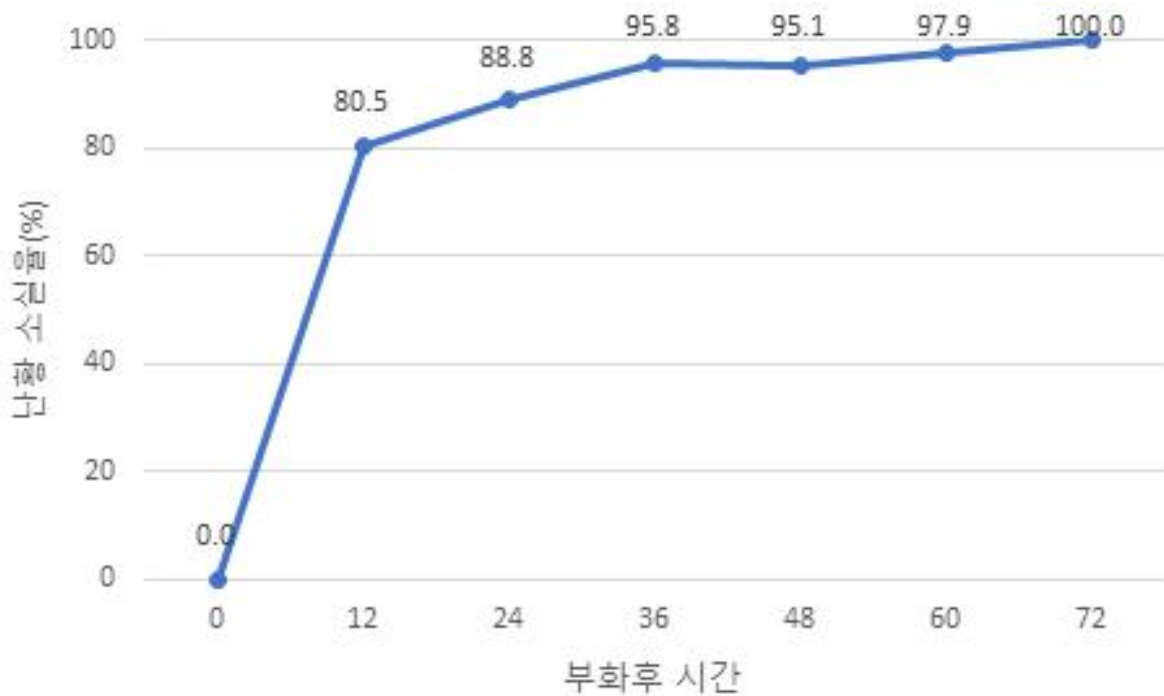


그림 7. 부화후 시간별 민어 자어의 난황 소실율 변화

부화 직후 유구(Oil globule) 용적은 $0.0214 \pm 0.0030 \text{ mm}^3$ 였으며 부화후 12시간에는 $0.0148 \pm 0.0046 \text{ mm}^3$ 로 소실을 30%로 가장 크게 소실되었으며, 부화후 48시간까지 절반이 소실되었고, 부화후 132시간 이내에 유구가 완전히 소실되었다(표 4, 그림 8).

표 4. 부화후 시간별 민어 자어의 유구 장·단경 크기, 용적, 소실을 변화(n = 10)

부화후 경과 시간	장경(mm)	단경(mm)	용적(mm^3)
0	0.359 ± 0.020	0.336 ± 0.020	0.0214 ± 0.0030
12	0.312 ± 0.038	0.282 ± 0.022	0.0148 ± 0.0046
24	0.318 ± 0.022	0.293 ± 0.021	0.0143 ± 0.0028
36	0.309 ± 0.033	0.263 ± 0.027	0.0114 ± 0.0034
48	0.298 ± 0.014	0.255 ± 0.031	0.0103 ± 0.0024
60	0.253 ± 0.021	0.206 ± 0.023	0.0056 ± 0.0010
72	0.237 ± 0.028	0.200 ± 0.022	0.0050 ± 0.0016
84	0.216 ± 0.019	0.176 ± 0.016	0.0036 ± 0.0010
96	0.195 ± 0.026	0.158 ± 0.025	0.0027 ± 0.0011
108	0.157 ± 0.012	0.139 ± 0.011	0.0016 ± 0.0003
120	0.137 ± 0.032	0.107 ± 0.017	0.0009 ± 0.0005
132	0.077 ± 0.015	0.066 ± 0.012	0.0002 ± 0.0001

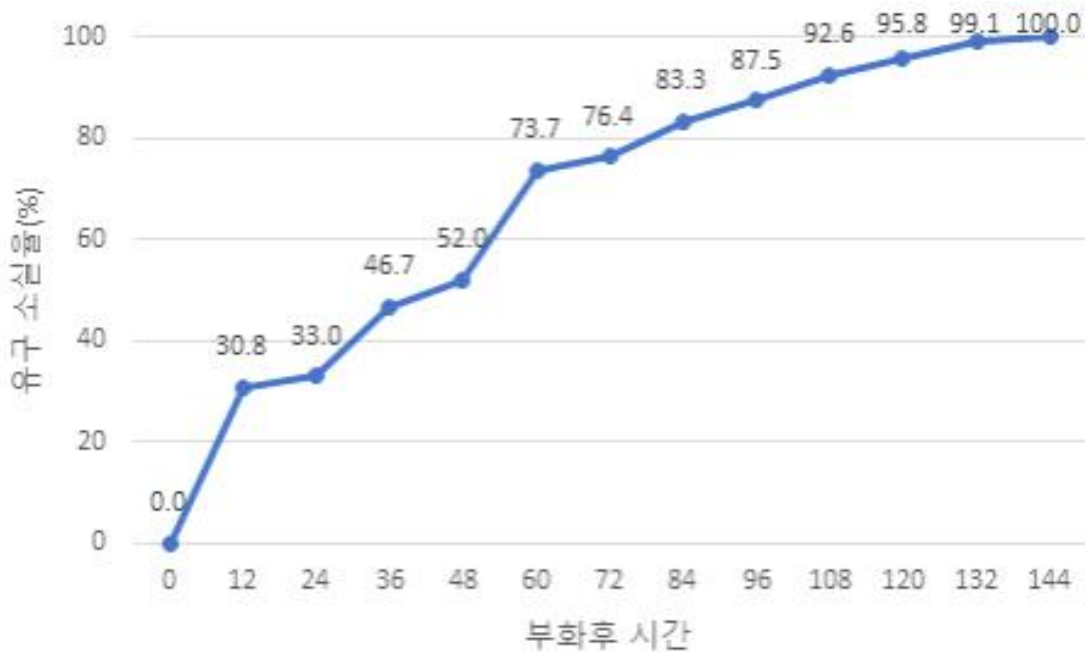


그림 8. 부화후 시간별 민어 자어의 유구 소실을 변화

(3) 개구율 및 입크기 측정

부화후 36시간에 전체 중 40%가 개구되었고 부화후 48시간 후에 100% 개구되었으므로, 전체 개체수 중 80% 이상 개구된 시점은 36~48시간 범위인 것으로 보이며, 이 시간대에는 안색소도 침적되어 외부 먹이를 탐색할 수 있는 능력이 생긴다고 할 수 있다. 또한, 상악장 길이를 통한 입크기 추정 결과 개구각 90° 인 100% 구경은 부화후 36시간에 0.321mm였으며, 개구각 45° 인 50% 구경은 0.161 mm로 나타났는데, 첫먹이로 공급하는 로티퍼의 크기는 0.150~0.250 mm이므로, 개구하자마자 로티퍼를 급이하는 것에는 아무런 문제가 되지 않을 것으로 사료된다(표 5).

대부분의 해산어류는 부화후 난황 흡수가 완료되기 이전까지 개구, 안색소 침적 및 소화관 등의 기능이 갖추어 지면서 외부 영양섭취를 하게 된다(Umeda and Ochiai, 1975; O' Connell, 1976; Moser et al., 1984). 난황 흡수기 동안의 개구, 안색소 침적, 외부 영양섭취 개시 시기는 종에 따라 다른데, 일반적으로 안색소 침적후부터 난황이 완전히 흡수되기까지는 일정한 시간 간격이 존재하고, 자어는 이 기간동안 첫 먹이를 섭취함으로써 생존이 가능하게 된다(Theilacker and Dorsey, 1980; Kosutarak and Watanabe, 1984; Klungsoyr et al., 1989). 하지만, Avila and Juario (1987)은 자어가 개구되어 비록 외부 영양섭취를 할 수 있는 기능이 갖추어졌더라도 실질적으로 먹이를 섭취하는 시기는 이보다 늦다고 보고하였다. 붕바리의 경우 소화관에서 로티퍼가 발견된 시간은 개구된 지 26시간 후였으며, 이는 99% 이상의 난황 및 유구가 흡수된 때와 일치하였다(이와 허, 1997). 또한, 자어가 섭이하지 않는 시기에 로티퍼를 너무 일찍 공급하게 되면, 로티퍼가 영양 강화제를 체내에서 이용하게 되면서 자칫 영양가 낮은 로티퍼를 자어가 섭이하게 되어 영양 불균형에 의한 성장 저하 또는 폐사가 발생할 우려가 있다.

따라서, 민어 개구시간은 36~48시간이지만 첫 먹이인 로티퍼를 공급하는 시기는 난황이 거의 소멸되는 60~72시간(부화후 3일) 이내라고 사료된다.

표 5. 부화후 시간별 민어 자어의 입 크기 변화(n=10)

부화후 시간	개구율 (%)	상악장길이 (mm)	입크기 (d)	70% 입크기 (0.7d)	50% 입크기 (0.5d)
36	40	0.227±0.050	0.321	0.225	0.161
48	100	0.302±0.015	0.427	0.299	0.213
60	100	0.323±0.023	0.457	0.320	0.228
72	100	0.364±0.037	0.515	0.360	0.257
84	100	0.391±0.018	0.523	0.366	0.262
96	100	0.381±0.026	0.539	0.377	0.270
108	100	0.395±0.036	0.548	0.384	0.274
120	100	0.389±0.032	0.551	0.386	0.275
132	100	0.401±0.027	0.567	0.397	0.283

한편, 개구직후부터 부화후 6일차까지 자어의 전장(x)과 상악장 길이(y)과의 관계는 $y = 0.8205x - 2.6508$ ($R^2=0.7941$)의 식으로 표시되었고(그림 9), 자어의 부화후 시간(x)과 상악장 길이(y)과의 관계는 $y = 0.126 \ln(x) - 0.1955$ ($R^2=0.8942$)로 나타내었다(그림 10).

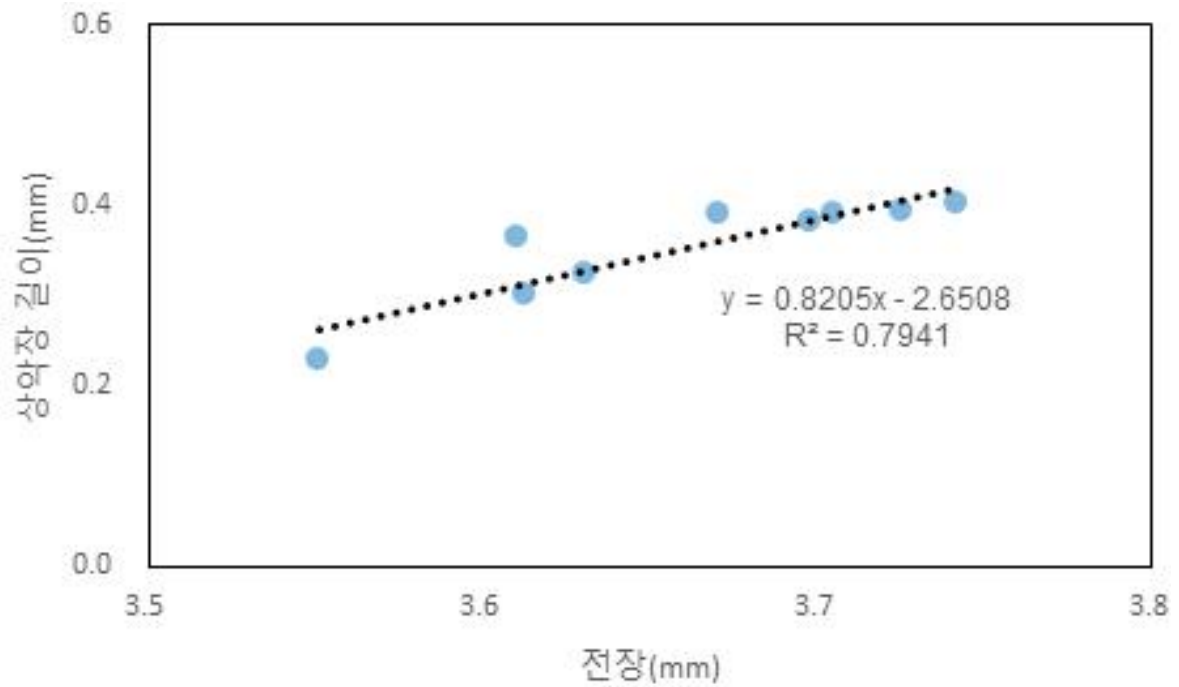


그림 9. 민어 자어의 전장과 상악장 길이와의 관계

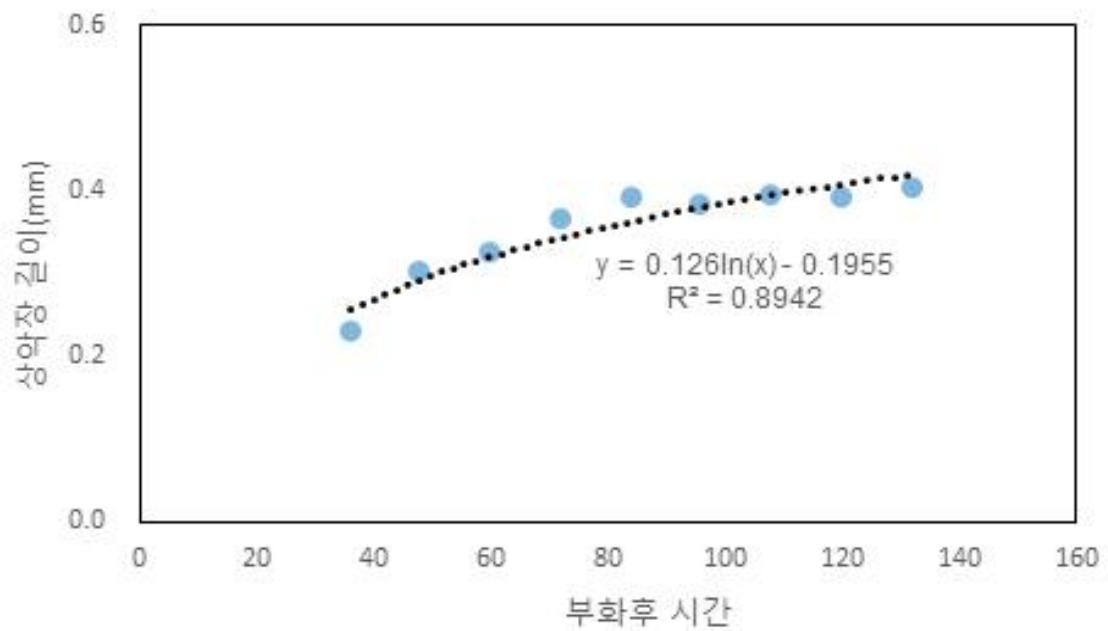


그림 10. 민어 자어의 부화후 시간과 상악장 길이와의 관계

3. 민어 자어 사육 관리

부화후 3일차부터 1일 1회 영양강화한 로티퍼를 10개체/mL 밀도로 민어 사육 수조에 공급하였으나, 로티퍼를 섭이하지 않았다. 유구가 완전히 흡수된 부화후 108시간(4일) 이후에는 자어의 움직임이 둔해지면서 활력이 저하되었다가 부화후 8일차에 전량 폐사하였다.

민어 자어를 현미경으로 관찰 결과, 상·하악장 기형과 부레가 잘 형성되지 않은 개체들이 다량 관찰되는 것으로 보아 턱기형으로 인해 먹이인 로티퍼를 섭이하지 못하고, 부레 미형성으로 인해 수중에서 활발하게 수영하지 못하게 된 것이 폐사 원인이라고 생각된다(그림 11).

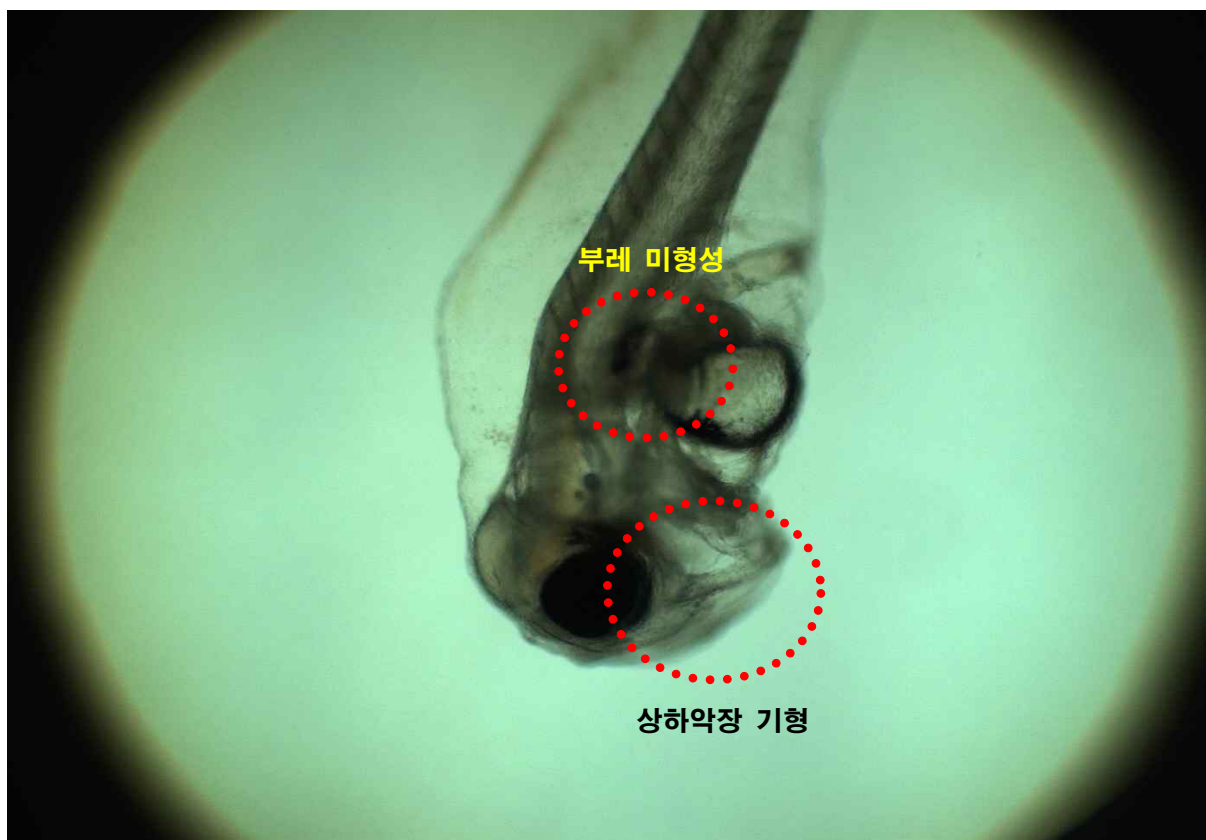


그림 11. 민어 자어의 상하악장 기형 및 부레 미형성

IV. 요 약

1. 환경(수온) 조절을 통해 민어 수정란 확보를 위한 산란 유도를 실시하고, 민어 자어의 난황·유구 흡수율, 개구율, 구경을 측정하고 첫 먹이공급 시기를 파악하여 안정적인 종자생산 기술 개발을 목적으로 하였다.
2. 민어 친어는 1일 1회 먹이(EP사료, 냉동새우 등)를 공급하였고, 수온 13.2~29.0℃, 용존산소 4.78~8.22 mg L⁻¹, pH 6.68~8.06, 염분(psu) 27.43~31.53의 환경에서 관리하였다.
3. 수온 자극에 의한 산란유도를 위하여 고온, 저온 자극을 실시하였으며, **고온(28℃) 자극**에서 4차례에 걸쳐 **수정란 확보**하였고 사란 비율이 높아 난질이 좋지 않아서 효율적인 친어 관리 방안 모색이 필요하다.
4. 민어 자어 전장은 부화직후부터 12시간까지는 급격히 증가하였으나, 내부영양 단계인 156시간까지는 크기 변화가 미비하였다.
5. 민어 자어 난황은 부화후 12시간까지 80%까지 큰 폭으로 소실되었으며, 부화후 72시간 이내에 완전히 소실되었고 유구는 난황에 비해서 완만히 소실되었으며, 132시간 이내에 완전히 소실되었다.
6. 민어 자어 개구율은 부화후 36시간에 40%, 48시간 후에 100%를 보였고, 안색소도 침적되었으며, 상악장 길이를 통한 50~100% 구경 추정치는 0.161~0.321 mm이므로, 첫먹이로 공급하는 로티퍼(0.15~0.25 mm)를 급이하는 것에는 아무런 문제가 되지 않을 것으로 사료된다.
7. 개구직후부터 부화후 6일차까지 자어의 전장(x)과 상악장 길이(y)과의 관계는 $y = 0.8205x - 2.6508$ ($R^2=0.7941$)의 식으로 표시되었고, 자어의 부화후 시간(x)과 상악장 길이(y)과의 관계는 $y = 0.126 \ln(x) - 0.1955$ ($R^2=0.8942$)로 나타났다.
8. 민어 자어의 개구시간은 36~48시간이지만 첫 먹이인 로티퍼를 공급하는 시기는 난황이 거의 소멸되는 **60~72시간(부화후 3일) 이내가 적당하다고** 사료된다.

V. 참고문헌

- Avila EM and Juario JV. 1987. Yolk and oil globule utilization and developmental morphology of the digestive tract epithelium in larval rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch), Aquaculture, 65: 319-331.
- Blanxter, JHS and G. Hempel, 1963. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.) J. Cons. Int. Explor. Mer., 28: 211-244.
- Klungsoyr J, Tilseth S, Wilhelmsen S, Falk-Petersen S and Sargent JR. 1989. Fatty acid composition as an indicator of food intake in cod larvae *Gadus morhua* from Lofoten, northern Norway. Marine Biology, 102: 183-188.
- Kosutarak P and Watanabe T. 1984. Growth and survival of newly hatched larvae of seabass, *Lates calcarifer*, in starved condition. In: Report of Thailand and Japan Joint Coastal Aquaculture Research Project, No. 1: 81-82.
- Makino N, Uchiyama M, Iwanami S, Yohyama T and Tanaka M. 1995. Differentiation and development of the swimbladder in larvae of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 61, 143-150.
- Moser HG, Richards WJ, Cohen DM, Fahay MP, Kendall AW and Richardson SL (Eds.), 1984. Ontogeny and systematics of fishes. 760pp. Spec. Publ., No. 1. American Society of Ichthyologists and Herpetologists.
- O'Connell CP. 1976. Histological criteria for diagnosing the starving condition in early post yolk sac larvae of the northern anchovy, *Engraulis mordax* Girard. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 25, 385-312.

Shirota A. 1970. Studies on the mouth size of fish larvae. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 36: 353-368.

Theilacker GH and Korse K. 1980. Larval fish diversity, a summary of laboratory and field research. In: Workshop on the effects of environmental variation on the survival of larval pelagic fishes, *G. sharp* (Rapp), UNESCO IOC Workshop Report, 28: 105-142.

Umeda S and Ochiai A. 1975. On the histological structure and function of digestive organs of the fed and starved larvae of the yellowtail, *Seriola quinqueradia*. Jap. J. Ichthyol., 21: 213-219.

이창규, 허성범. 1997. 붉바리(*Epinephelus akaara*) 자어의 난황 흡수 및 첫 먹이 섭취시기와 관련한 생존 특성. 한국양식학회지. 10(4): 473-483.