

도루묵, *Arctoscopus japonicus*의 산란용 조림초 개발

양재형 · 이성일* · 배봉성 · 차형기 · 윤상철 · 전영열 · 김종빈 · 장대수¹
국립수산과학원 동해수산연구소 자원환경과, ¹국립수산과학원 자원연구과

Development of artificial spawning seaweeds of the sandfish, *Arctoscopus japonicus*

Jae Hyeong YANG, Sung Il LEE*, Bong Seong BAE, Hyung Kee CHA¹, Sang Chul YOON,
Young Yull CHUN, Jong Bin KIM and Dae Soo CHANG¹

Fisheries Resources and Environment Division, East Sea Fisheries Research Institute,
NFRDI, Gangneung 210 - 861, Korea

¹Fisheries Resources Research Division, NFRDI, Busan 619 - 705, Korea

To develop the artificial spawning seaweeds of the sandfish, *Arctoscopus japonicus*, the effects by the material type of artificial spawning seaweeds were investigated at Dongsan port in Gangwon - do from December 2006 to March 2007. *Sargassum fulvellum*, *S. horneri*, rope and net were used as materials for artificial spawning seaweeds, and the most effective thing among them was *S. fulvellum*. *A. japonicus* began to attach the egg mass to artificial spawning seaweeds when sea temperature dropped below 10 °C in December, spawned heavily when it was around 8 °C in January, and completed the behavior when it started to increase over 10 °C in February. The hatching period of eggs was estimated to be about 60 days. The middle position in artificial spawning seaweed had the highest number of egg masses and the diameter of the egg mass ranged from 25mm to 62mm. Based on the result for the effects, the artificial spawning seaweeds of *A. japonicus* were developed and it is possible to use them to form seaweed forests or spawning grounds of other species.

Key words : Sandfish, *Arctoscopus japonicus*, Artificial spawning seaweeds

서 론

감소된 수산자원을 조성하기 위한 방안으로
인공어초 설치 및 해중림 조성 사업 등이 추진되

고 있다. 즉, 연안어장에 인공적인 구조물을 설
치하여 수산생물의 서식과 산란, 성육에 적합한
자연환경을 조성해 줌으로써 연안 정착성 어종

*Corresponding author: silee@nfrdi.go.kr, Tel: 82-33-660-8524, Fax: 82-33-661-8513

은 물론 근해 회유성 어종까지 유집할 수 있도록 하여 그들의 먹이생물과 휴식의 장소를 제공할 뿐만 아니라 산란의 장소로서도 중요한 역할을 할 수 있다(Ahn et al., 1999). 특히 도루묵과 같이 해조류에 난을 부착시키는 어종에 있어서 훼손된 산란장을 복원하고 조성하기 위해서는 산란용 조립초 개발과 같은 연구가 필요할 것이다.

인공어초에 관한 연구를 살펴보면, 인공어초 효과조사(Brock and Norris, 1989; Ahn and Kim, 2000; Park et al., 2003), 인공어초 주변의 군집구조(Fitzhardinge and Bailey - Brock, 1989; Baynes and Smant, 1989; Fukunaga and Bailey - Brock, 2008; Choi, 2008), 인공어초의 경제적 효과(Lee et al., 1998; Ryu and Jeong, 2000), 인공어초해역의 집어효과 조사(Ahn et al., 1999) 등 국내외적으로 많은 연구가 진행되었다. 그리고 산란을 위한 어초에 관한 연구로는 명태 산란용 어초 연구(Wolfert et al., 1975), 어류 산란용 인공어초 개발(Kikuchi, 2002), 도루묵 인공산란기질의 내구성에 관한 연구(Mori et al., 2003) 등이 수행되었다.

도루묵, 퐁치 등과 같은 어종은 산란기가 되면 연안으로 회유하여 모자반과 같은 해조류에 알을 부착하여 산란한다. 특히, 도루묵은 겨울철이면 산란을 위하여 수심 2-10m의 얇은 연안으로 이동하여 해조류 줄기에 둥근 알 덩어리를 붙인다(NFRDI, 2004; Myoung et al., 2002). 그러나 우리나라 동해연안은 최근 해안 개발, 오폐수 유입으로 인한 부영양화와 갯녹음 현상 등에 의해 해조류가 감소되어 도루묵의 산란장이 크게 훼손된 상태이다. 이로 인하여 산란기에 난을 부착시킬 장소를 제대로 찾지 못하여 수중에 그대로 산란함으로써 해안가에 난이 떠밀려오는 경우가 많아 도루묵의 산란 및 부화율을 높이기 위한 대책이 시급하다. 따라서 도루묵 자원회복을 위해서는 효율적인 자원조성 전략이 필요한데, 이를 위해서는 무엇보다 우선 도루묵 산란장을 복원시키기 위한 인공산란장을 조성하여 산란시기에 친어가 회유할 수 있도록 함으로써 도루묵의 재생산력을

극대화시킬 수 있는 방안을 모색해야 한다.

본 연구에서는 도루묵 산란장 조성을 통한 재생산력 극대화를 위해 산란용 조립초를 개발하고자 기질별 난 부착 효과조사를 수행하였고, 도루묵 난 부착과정을 통해 산란특성을 규명하였다.

재료 및 방법

Fig. 1은 도루묵 산란용 조립초 효과조사를 위해 제작된 시설물로, 기본 구성은 해조류(*Sargassum fulvellum*, *S. horneri*), 로프(PP 3strand ϕ 12mm), 그물(PE ϕ 3mm, mesh size 60mm) 등과 같은 부착기질을 높이 1.5m의 로프(PP 3strand ϕ 20mm)에 일정한 간격으로 부착하고, 상측에는 부자(PVC ϕ 200mm)를 달아 로프가 수중에서 수직으로 설 수 있도록 하였으며, 하측에는 새클을 달아 산란용 구조물 설치대(Concrete ϕ 1m \times H 100mm)와 연결하였다.

도루묵 산란용 조립초에 가장 효과적인 부착기질을 알아보기 위해 자연기질로 해조류인 모자반(*S. fulvellum*)과 켈생이모자반(*S. horneri*)을 사용하였고, 인공기질로는 로프(Rope), 그물(Net)을 사용하여 총 4종에 대한 기질별 효과조

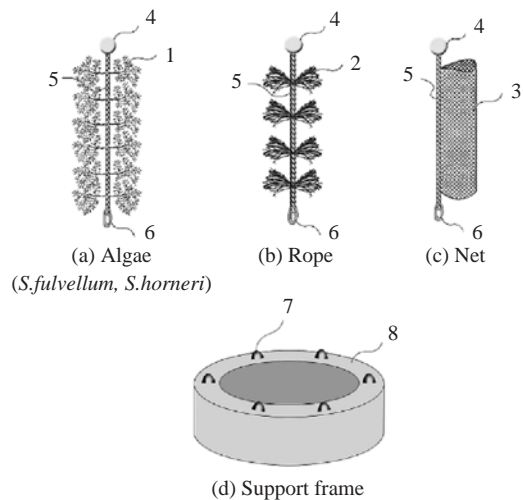


Fig. 1. Structure of artificial spawning seaweeds of *Arctoscopus japonicus*. 1, Algae; 2, Rope; 3, Net; 4, Float; 5, Connecting rope with materials used as artificial seaweeds; 6, Shackle; 7, Ring; 8, Support frame.

사를 수행하였다. 산란용 조립초는 기질별로 각각 3개씩 설치하여 총 12개를 설치하였고, 산란용 조립초 1개당 부착기질은 2줄씩 매달았다.

산란용 조립초의 기질별 효과조사를 위해 주요 산란장인 강원도 양양군 동산항에 제작된 시설물을 설치하였으며 Fig. 2는 조사해역을 나타낸다. 도루묵이 산란을 위해 연안으로 회유하는 시기인 2006년 12월부터 2007년 3월까지 기상악화시를 제외하고 약 1주일 간격으로 산란용 조립초에 부착된 난괴수, 부착위치 및 크기 등을 조사하였다.

산란용 조립초에 부착된 난괴수 및 부착상태 조사를 위해 Fig. 3과 같이 잠수부가 직접 수중 비디오카메라(PD-150, Sony)와 수중디지털카메라(400D, Canon)를 사용하여 촬영하였고, 부착된 난괴수와 난괴 직경은 잠수부가 수중에서 직접 계수 및 측정하였으며, 환경특성을 파악하고자 수온을 측정하였다. 산란용 조립초 기질별 부착효과의 차이 여부를 알아보기 위해 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 각 기질마다 부착된 난괴수의 차이 여부를 알아보기 위해 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 그리고 위치별 난괴 부착상태를 파악하기 위해 부착위치를 바닥에서부터 하부(Bottom, 60cm 미만), 중부(Middle, 60-120cm), 상부(Top, 120cm 이상)로 구분하여 난괴수를 조사하였다.

도루묵 산란장 조성을 위해 조립초의 기질별 효과조사 결과를 바탕으로 산란장의 환경 특성을 고려하여 2가지 형태의 산란용 조립초를 개발하였다. 첫 번째는 수평식 형태로 설치대, 목재, 모자반으로 구성되어 모자반을 목재에 일정한 간격으로 이식하고, 설치대에 홈을 파서 그 목재를 홈에 수평식으로 끼우는 형태이다. 두 번째는 수직식 형태로 설치대, 로프, 부자, 새클 그리고 부착기질(해조류, 로프, 그물 등)로 구성되어 부착기질을 로프에 일정한 간격으로 부착하고, 부자로 로프를 수직으로 설 수 있도록 하여 새클로 설치대에 연결시키는 형태이다.

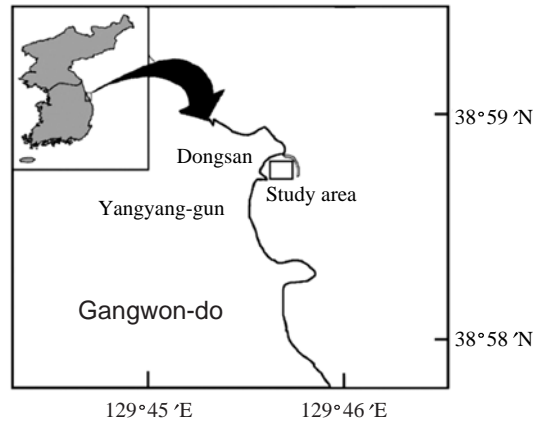


Fig. 2. Map showing the study area of the effects of artificial spawning seaweeds of *A. japonicus*.

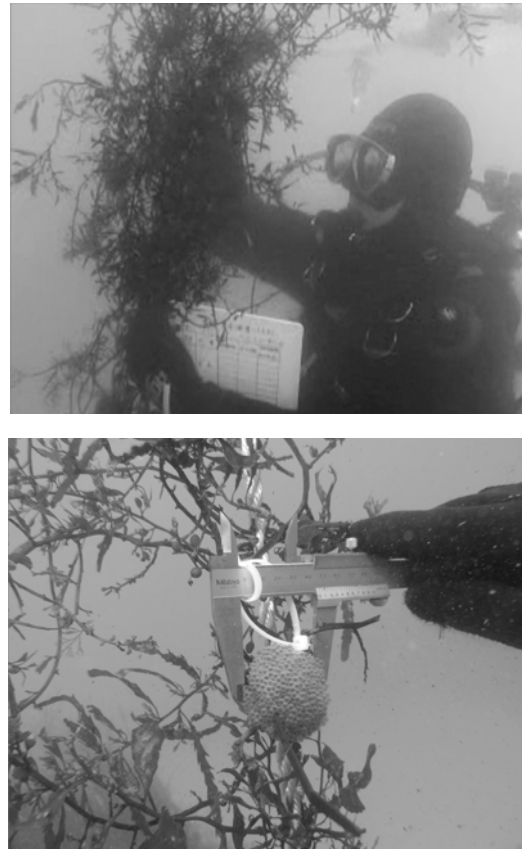


Fig. 3. Photograph showing measurement methods of the number(upper) and the diameter(lower) of egg masses of *A. japonicus* by diver survey.

결 과

산란용 조립초에 부착된 도루묵의 난괴는 Fig. 4와 같이 모두 둥근 형태로 강한 점착성을 띠며 부착되어 있었다. 기질별 부착상태를 조사한 결과는 Table 1과 같고, 12월 10일 이전까지는 모든 기질에서 부착된 난괴가 없는 것으로 나타났다. 모자반(*S. fulvellum*)은 12월 11일부터 난괴가 부착되기 시작하여 이듬해 1월 12일에 103 egg masses/line으로 크게 증가하였고, 2월 8일에 115 egg masses/line으로 가장 많은 난괴가 부착되었으며, 2월 22일에는 90 egg masses/line으로 점차 감소하였다. 팽생이모자반(*S. horneri*)은 12월 27

일부터 난괴가 부착되기 시작하여 이듬해 1월 12일에서 2월 8일까지 4 egg masses/line으로 가장 많은 부착을 보였고, 2월 22일에 3 egg masses/line으로 감소하여 3월 17일부터는 부착된 난괴가 없는 것으로 나타났다. 로프와 그물에서도 12월 11일부터 난괴가 부착되기 시작하여 이듬해 1월 12일에서 30일 사이에 4 egg masses/line으로 가장 많이 부착되었으며, 2월 8일에 2-3 egg masses/line으로 감소하여 3월 17일부터는 부착된 난괴가 없는 것으로 나타났다. Table 2는 기질별 부착효과의 차이 여부를 알아보기 위해 실시한 분산분석(ANOVA) 결과를 나

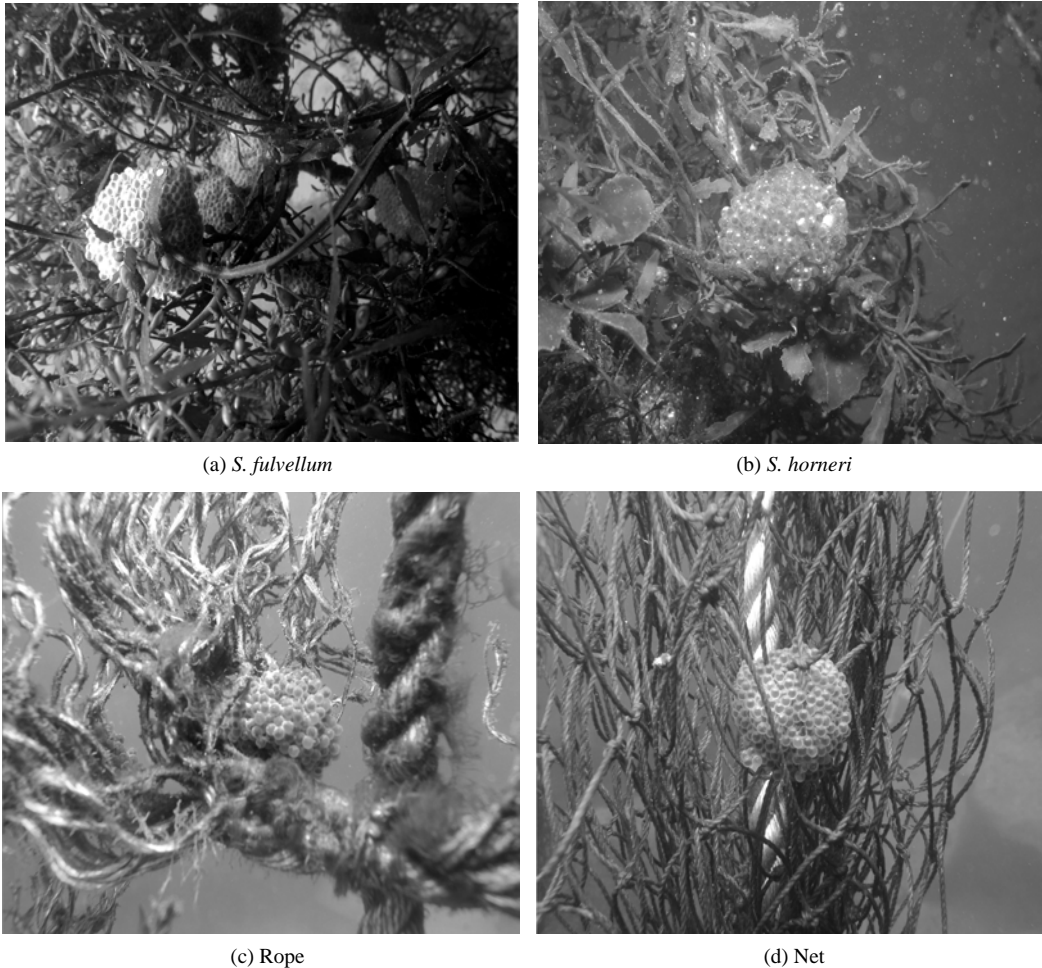


Fig. 4. Photograph showing of egg masses of *A. japonicus* attached by the material type of artificial spawning seaweeds.

Table 1. The number of egg masses of *A. japonicus* attached by the material type of artificial spawning seaweeds

Date	Total number of egg masses				Number of egg masses/line				
	<i>S. fulvellum</i>	<i>S. horneri</i>	Rope	Net	<i>S. fulvellum</i>	<i>S. horneri</i>	Rope	Net	
2006	12.11	19	-	1	1	3	-	< 1	< 1
	12.20	27	-	-	-	5	-	-	-
	12.27	52	2	-	2	9	< 1	-	-
2007	1.04	52	2	-	2	9	< 1	-	< 1
	1.12	620	24	23	13	103	4	4	2
	1.17	620	24	23	13	103	4	4	2
	1.23	618	24	21	22	103	4	4	4
	1.30	618	24	21	22	103	4	4	4
	2.08	690	24	13	16	115	4	2	3
	2.22	540	19	11	16	90	3	2	3
	3.17	134	-	-	-	32	-	-	-

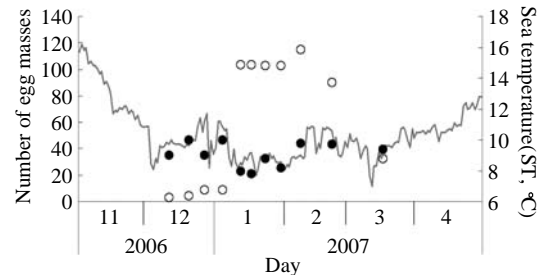
Table 2. The results of ANOVA-test for the number of egg masses of *A. japonicus* attached by the material type of artificial spawning seaweeds

Material type	Mean ± SD
<i>S. fulvellum</i>	61.4 ± 48.7 ^b
<i>S. horneri</i>	3.0 ± 1.7 ^a
Rope	2.7 ± 1.4 ^a
Net	2.0 ± 1.4 ^a

Values(mean ± SD) with different letters are significantly different(P < 0.05).

타낸다. 기질별 효과조사에서 모자반(*S. fulvellum*)에 가장 많은 난피가 부착되어 산란용 조립초 기질로서 가장 효과적인 것으로 나타났고(P < 0.05), 다음으로 팽생이모자반(*S. horneri*), 로프, 그물 순이었으나 이들간에는 큰 차이가 없었다.

수온에 따른 도루묵 난피의 부착상태를 알아보기 위해 산란용 조립초가 시설된 동산항의 수온분포를 조사한 결과는 Fig. 5에 나타내었고, 난피가 가장 많이 부착된 모자반(*S. fulvellum*)의 부착 난피수와 수온과의 관계를 살펴보았다. 난피가 부착되기 시작한 12월의 수온은 9 - 10°C이었고, 부착된 난피가 급격히 증가하는 이듬해 1월 12일의 수온은 8°C이었으며, 2월에 수온이 다시 9°C 이상으로 상승하자 부착된 난피수가 감소하기 시작하였다. 또한, 난피가 부착되는 전후시기의 수온변화를 알아보기 위해 인근어장인 주문진 해역에 대한 연안정기관측자료를 사용하여 그 수온변화를 Fig. 5에 나타내었다. 난피가 부착



○ : Number of egg masses ● : ST in the coast of Dongsan
— : ST in the coast of Jumunjin

Fig. 5. Daily changes in the number of egg masses of *A. japonicus* attached to *S. fulvellum* and sea temperature (ST) from November 2006 to April 2007.

되기 이전에는 수온이 점차 하강해 오고 있었으나 10°C 이상을 나타내었고, 부착된 난피수가 감소하는 2월 이후부터는 수온이 점차 상승하면서 10°C 이상을 나타내었다. 따라서 수온과 부착된 난피수와의 관계는 음의 상관관계($r = -0.495$)를 나타내었다. 그리고 도루묵은 겨울철에 수온이 10°C 이하로 하강하면서 산란하기 시작하여 난을 부착시키고, 일정기간 후 점차 수온이 10°C 이상으로 상승하면서 부착된 난피수가 점차 감소하는 것으로 보아 일찍 산란된 난들은 일정기간 경과 후 부화되는 것으로 생각된다. 본 연구에서 모자반(*S. fulvellum*)에 부착된 난피수가 급증하는 시기가 1월 12일이고, 급감하는 시기가 3월 17일로 조사되어 산란 후 약 60일 정도가 지나면 난이 부화되는 것으로 추정된다.

산란용 조립초에 부착된 난피의 부착상태를 알아보기 위해 가장 많은 난피가 부착된 모자반 (*S. fulvellum*)을 대상으로 위치를 상, 중, 하로 구분하여 부착된 난피수를 확인한 결과는 Fig. 6과 같다. 난피가 하부(Bottom, 60cm 미만)에 10.3%, 중부(Middle, 60 - 120cm)에 72.4%, 그리고 상부(Top, 120cm 이상)에 17.2%가 부착되어 중간위치에 가장 많이 부착된 것으로 나타났다.

Fig. 7은 산란용 조립초에 부착된 난피의 직경 조성을 나타낸다. 난피의 직경 범위는 25 - 62mm이었으며, 주 모드는 직경45mm이었다.

이상의 결과를 종합해 보면, 도루묵 산란장 조

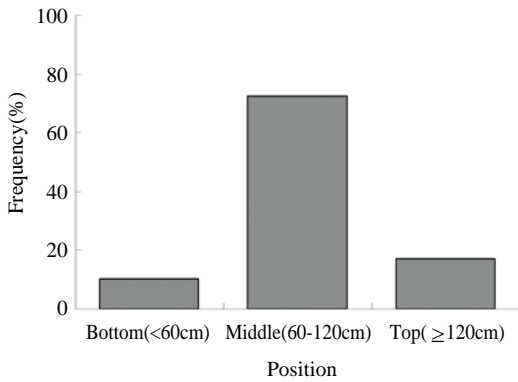


Fig. 6. Composition by position of egg masses of *A. japonicus* attached to *S. fulvellum*.

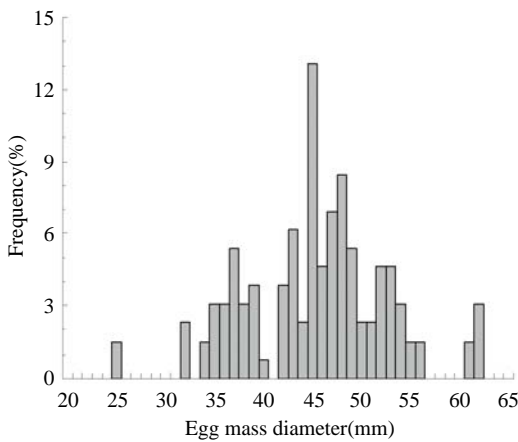


Fig. 7. Size frequency distribution of egg mass diameter of *A. japonicus* attached to *S. fulvellum*.

성을 위한 산란용 조립초 기질로서는 자연기질인 모자반(*S. fulvellum*)이 가장 효과적이었고, 시설물의 중간위치(60 - 120cm)에 가장 많이 부착되었다. 그러나 도루묵의 난은 강한 점착성을 띠고 있어 난의 부착율을 높일 수 있다면 인공기질로서도 좋은 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 산란용 조립초 효과조사 결과를 바탕으로 산란장을 조성하고자 하는 해역의 해저 상태 및 기질별 특성을 고려하여 Fig. 8과 같이 수평식과 수직식 형태의 산란용 조립초를 개발하였다.

수평식 형태는 목재(L 50cm × W 2cm × H 2cm)에 모자반(*S. fulvellum*)을 일정한 간격으로 이식하고, 설치대(L 50cm × W 30cm × H 10cm)에 홈(L 50cm × W 2cm × H 3cm)을 파서 모자반(*S. fulvellum*)을 이식한 목재를 홈에 수평식으로 끼우는 방식이다. 이 방법은 자연 모자반(*S. fulvellum*)만을 사용하고, 도루묵 산란장에 있어 모자반(*S. fulvellum*)이 부분적으로 훼손된 곳에 사용함으로써 이식된 모자반(*S. fulvellum*)에 의

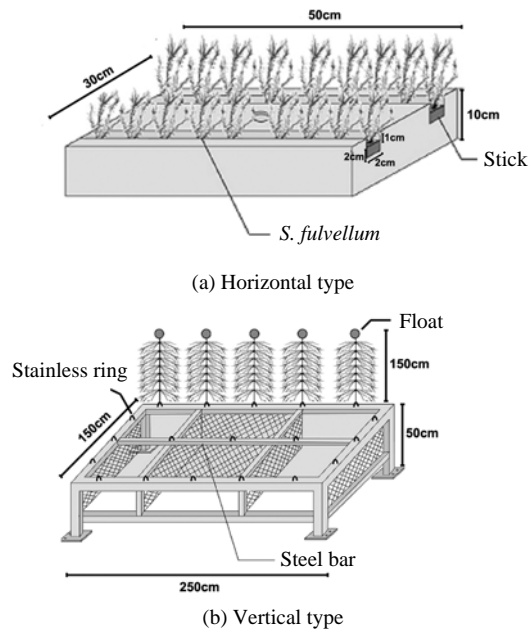


Fig. 8. Drawing of artificial seaweeds developed for spawning of *A. japonicus*.

해 자연적으로 해중립이 조성될 수 있다는 장점이 있다.

수직식 형태는 기질별 효과조사에서 사용한 구조물과 유사한 형태인데, 해조류, 로프, 그물 등과 같은 부착기질을 높이 1.5m의 로프에 일정한 간격으로 부착하고, 상측에는 부자를 달아 로프가 수중에서 수직으로 설 수 있도록 하며, 하측에는 새끼를 달아 설치대(L 250cm × W 150cm × H 50cm)와 연결하였다. 이 방법은 부자에 의해 부착기질을 수직으로 세울 수 있어 도루묵 난괴를 부착할 수 있는 기질이면 어떠한 것도 사용할 수 있고, 수평식보다는 면적당 많은 조립초를 시설할 수 있어 해조류가 완전히 훼손되어 산란장 역할을 제대로 못하는 곳이나 해류 및 조류의 움직임이 다소 심한 곳에 용이하게 사용할 수 있다는 장점이 있다.

최근 갯녹음 현상 등에 의해 해조류가 크게 감소하여 모자반(*S. fulvellum*)과 같은 자연기질만으로 도루묵 산란장을 조성하는 데에는 한계가 있다. 따라서 보다 효과적인 도루묵 산란장 조성을 위해서는 자연기질 개발과 더불어 자연친화적이면서 난의 부착율이 높고 내구성이 뛰어난 인공산란기질에 대한 개발 연구가 추진되어야 할 것으로 생각된다.

고 찰

최근 동해안에서는 갯녹음 현상 등으로 인해 해조류들이 과거에 비해 현저하게 줄어들었다(NFRDI, 2007a). 해조류는 도루묵의 자연산란장으로 알려져 있어(Mori et al., 2003) 이러한 감소는 도루묵의 재생산에 악영향을 미칠 것으로 생각된다. 따라서 도루묵의 재생산력을 높이기 위해서는 산란장 조성이 무엇보다 시급하며, 본 연구에서 수행된 결과는 훼손된 산란장을 복원시켜 이들의 재생산력을 극대화할 수 있는 효율적인 방안을 모색하기 위한 것으로 도루묵 산란용 조립초를 개발한 것이다.

도루묵 산란용 조립초에 효과적인 부착기질

을 알아보기 위한 기질별 난괴 부착상태를 조사한 결과, 모자반(*S. fulvellum*)이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 모자반(*S. fulvellum*)이 도루묵 산란용 조립초로서 가장 효과적인 이유는 다음과 같은 사항 때문인 것으로 생각된다. 모자반(*S. fulvellum*)은 크기가 1-2m까지 자라는 대형 해조류로서 하나의 뿌리에서 한 개의 긴 가지를 갖고, 여러 방향으로 줄기를 뻗어 그 줄기에는 잎과 기포가 있다(NFRDI, 2007b). 특히, 줄기로부터 난형 또는 타원형의 기포가 있어 수중에서도 똑바로 서 있을 수 있고, 끈적끈적한 물질을 분비한다(KORDI, 2004). 따라서 모자반(*S. fulvellum*)의 생김새가 소나무와 비슷한 형태를 띠고 있어 도루묵과 같은 산란생태를 가진 어종들이 난을 부착시키기가 용이하고, 해류나 조류의 움직임을 적절히 억제하여 부착된 난들이 부화할 때까지 장기간 고정상태를 유지할 수 있는 것으로 보인다. 그러나 본 연구결과에서 같은 모자반과(Family Sargassaceae)에 속하는 팽생이모자반(*S. horneri*)은 도루묵 산란용 조립초로서 별로 효과적이지 못한 것으로 나타났는데, 이는 팽생이모자반(*S. horneri*)의 크기가 1-5m까지 되는 대형 해조류로 가지로부터 뻗는 줄기의 분포 간격이 모자반(*S. fulvellum*)보다 넓고 파도에 약하기 때문에(NFRDI, 2007b), 너울이 심한 동해에서는 난의 부착성이 떨어지는 것으로 추측된다. 또한, 도루묵의 난괴가 부착된 위치를 살펴보면, 대부분이 바닥으로부터 60-120cm되는 위치에 부착하여 5m까지 자라는 대형 팽생이모자반(*S. horneri*)보다 모자반(*S. fulvellum*)이 더 적합한 것으로 생각된다. 그러나 Mori et al.(2003)은 일본 북해도 토마코마이항 내에 도루묵 산란장 조성을 위해 팽생이모자반(*S. horneri*)과 팔뚝뿔모자반(*Cystoseira hakodatensis*) 형태의 인공 산란용 조립초를 설치하였다. 따라서 도루묵 산란장 조성을 위한 기질로는 해조류 중에서 모자반류가 가장 효과적인 것으로 생각되나, 해역의 해양특성에 따라 그리고 그 환경에 따른 모자반류의 생

태적 특성에 따라 그 효과가 다른 것으로 생각되므로, 이에 대해서는 대상해역의 해양특성 및 모자반류의 생태특성에 대한 보다 종합적인 연구를 통해 규명되어야 할 것이다.

수온 변화에 따른 도루묵 난파의 부착상태를 살펴보면, 겨울철 수온이 10°C 이하로 하강하기 시작하는 시기에 난파가 부착되기 시작하여 8°C 내외가 되면 집중 산란을 하고 수온이 다시 10°C 이상으로 상승하게 되면 산란을 마치는 것으로 나타났다. 또한 부착된 난파가 급증하는 시기와 급감하는 시기를 고려하면 난이 부화하는데 걸리는 기간은 약 60일 정도로 추정된다. Chung (1977)에 의하면 도루묵의 산란수온은 6-10.5°C이고, Myoung et al.(1989)은 실험실에서 사육한 도루묵이 수정 후 65일만에 부화하는 것으로 보고하고 있어 본 연구결과와 유사하였다.

산란용 조립초에 부착된 난파의 직경범위는 25-62mm로 주 모드는 45mm이었는데, 일본 북해도 연안 도루묵의 난파크기는 3-5cm로 알려져 있어(Mori et al., 2003) 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

본 연구에서는 산란용 조립초 기질별 효과조사를 바탕으로 산란장의 해저상태 및 기질별 특성에 따라 2가지 형태의 산란용 조립초를 개발하였다. 여기서 개발된 산란용 조립초는 사용되는 기질에 따라 도루묵 뿐만 아니라 다른 어종의 산란장 조성 및 해중립 조성을 위해서도 사용가능할 것이다. 일본에서는 이미 도루묵 산란장 조성을 위해 자연 모자반류와 유사한 형태의 인공산란기질을 만들어 사용하고 있으며, 이에 대한 내구성 연구까지 수행되었다(Mori et al., 2003). 현재 우리나라에서는 해조류가 크게 훼손되었으므로 산란장 조성을 통해 감소된 도루묵 자원을 회복시키기 위해서는 인공산란기질에 대한 개발 연구도 향후 수행되어야 할 것이다. 그러나 인공산란기질에 의한 산란장 조성은 또 다른 해양환경 훼손이나 생태계 파괴 등을 야기시킬 수 있으므로 이에 대해서는 충분한 검토가 이루어져야 한다.

결 론

도루묵 산란용 조립초를 개발하기 위해 기질별 효과조사를 강원도 양양군 동산항에서 2006년 11월부터 2007년 3월까지 수행하였다. 부착기질로 모자반(*S. fulvellum*), 팽생이모자반(*S. horneri*), 로프(Rope), 그물(Net)을 사용하였으며, 이 중에서 모자반(*S. fulvellum*)에 최대 115 egg masses/line으로 가장 많은 난파가 부착되었고, 그 외 기질에서는 최대 4 egg masses/line의 난파가 부착되어 도루묵 산란용 조립초 기질로서 모자반(*S. fulvellum*)이 가장 효과적이었다. 도루묵은 12월에 수온이 10°C 이하로 하강하기 시작하는 시기에 난파를 부착하기 시작하여 8°C 내외가 되면 집중 산란을 하고, 2월에 수온이 다시 10°C 이상으로 상승하면서 산란을 마치는 것으로 나타났다. 그리고 난이 부화하는데 걸리는 기간은 약 60일 정도로 추정되었다. 난파는 산란용 조립초의 중간위치(60-120cm)에 가장 많이 부착하였으며, 부착된 난파의 직경 범위는 25-62mm이었다. 기질별 효과조사를 바탕으로 산란장의 해저상태 및 기질별 특성에 따라 수평식과 수직식 형태의 도루묵 산란용 조립초를 개발하였으며, 여기서 개발된 산란용 조립초는 사용되는 기질에 따라 도루묵 뿐만 아니라 다른 어종의 산란장 조성이나 해중립 조성에도 사용가능할 것이다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원(수산자원회복 프로그램 운영 사업, RP-2009-FR-028)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Ahn, Y.W., H.K. Rho, S.J. Kim, D.G. Jeung and M.K. Kim, 1999. Studies on the improvement of the fish gathering effect of artificial fish reefs in the coastal area of Cheju Island. Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 11(1), 59-68.

- Ahn, Y.W. and J.T. Kim, 2000. Studies on the product efficiency of artificial reefs in the coastal area Jeju Island. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 24, 27 – 35.
- Baynes, T.W. and A.M. Smant, 1989. Effect of current on the sessile benthic community structure of an artificial reef. Bulletin of Marine Science, 44, 545 – 566.
- Brock, R.E. and J.H. Norris, 1989. An analysis of the efficacy of four artificial reef designs in tropical waters. Bulletin of marine science, 44, 934 – 941.
- Choi, C.G., 2008. Marine communities around artificial reefs located in Ikata, Shikoku, Japan. J. Kor. Fish. Soc., 41(3), 208 – 214.
- Chung, M.G., 1977. The fishes of Korea. Il-Ji Sa Publishing Co., Seoul, pp. 376.
- Fitzhardinge, R.C. and J.H. Bailey-Brock, 1989. Colonization of artificial reef materials by corals and other sessile organism. Bulletin of Marine Science, 44, 567 – 579.
- Fukunaga, A. and J.H. Bailey-Brock, 2008. Benthic infaunal communities around two artificial reefs in Mamala Bay, Oahu, Hawaii. Marine Environmental Research, 65, 250 – 263.
- Kikuchi, S., 2002. Fish-spawning reef planted with artificial seaweeds thereon. Artificial reef patents of Japan, A01K 61. pp. 28.
- KORDI(Korea Ocean Research and Development Institute), 2004. The encyclopaedia of fish and seafood. Ⅳ. Algae, fishes and sea animals etc. Goryeo press, pp. 19.
- Lee, S.W., J.G. Ryu and J.W. Hwang, 1998. A study on the economic effects of artificial reefs-In case of Suwoo-do artificial reefs-. J. Fish. Business Administration, 29(2), 177 – 197.
- Mori, N., T. Ito and T. Kishi, 2003. Study on durability of artificial spawning bad in the real sea field. Monthly report of Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 598, pp.18 – 25.
- Myoung, J.G., J.M. Kim and Y.U. Kim, 1989. Egg development and morphology of sandfish, *Arctoscopus japonicus* larvae and juveniles reared in the laboratory. J. Kor. Fish. Soc., 22(3), 129 – 137.
- Myoung, J.G., B.I. Kim, S.M. Lee and G.B. Jeon, 2002. The sea fishes of Korea. Darakwon Press, Seoul, pp. 196.
- NFRDI(National Fisheries Research and Development Institute), 2004. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea. 2nd ed. Hangeul Press, Busan, pp. 210.
- NFRDI(National Fisheries Research and Development Institute), 2007a. A study on construction of seaweed forest in the east sea. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, pp. 197.
- NFRDI(National Fisheries Research and Development Institute), 2007b. Illustrated ecological book of marine algae in the East Sea. Dain Communications, Busan, pp. 165.
- Park, H.H., J.K. Shin, J.O. Kim, S.Y. Park, H.S. Kim, D.H. Lim, Y.C. Park, S.H. Cho, S.H. Hong, J.W. Lee and B.G. Ahn, 2003. An effect on fisheries resource enhancement of hollow jumbo structure and a search for artificial reefs by side scan sonar in the Western sea of Korea. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 39(3), 230 – 238.
- Ryu, J.G. and M.S. Jeong, 2000. A study on the economic appraisals of artificial reefs. Ocean Policy Research, 15(2), 1 – 27.
- Wolfert, D.R., W.N. Busch and C.T. Baker, 1975. Predation by fish on walleye eggs on a spawning reef in western Lake Erie, 1969 – 71. Ohio J. Sci., 75(3), 118 – 125.

2009년 7월 22일 접수

2009년 8월 19일 1차 수정

2009년 10월 1일 2차 수정

2009년 10월 5일 수리