

# 부착기질의 형태 및 수심에 따른 갑오징어(*Sepia esculenta*) 난의 산란분포

최석진 · 김동욱\* · 배종일\*\* · 황성일†

씨캠(소장) · \*씨캠(연구원) · \*\*수중생태기술연구소(소장) · †수중생태기술연구소(대표)

## Distribution of Golden Cuttlefish(*Sepia esculenta*) Eggs According to Changes in Water Depth

Sok-Jin CHOI · Dong-Uk KIM\* · Jong-Il BAI\*\* · Sung-Il HWANG†

Seacam(research director) · \*Seacam(researcher) · \*\*Underwater ecology institute(research director) ·

†Underwater ecology institute(CEO)

### Abstract

The study investigated the spawning characteristics of golden cuttlefish and their correlation with the marine environment, focusing on attachment substrate and water depth. The spawning season for golden cuttlefish was observed to span from late March to early July. Analysis revealed no significant differences in the marine environment during this period, nor in spawning characteristics based on attachment substrate type. However, a notable variation was observed in the number of eggs attached across different water depths, with the highest attachment recorded in depth order St. B>St. A>St. C. Notably, the contrast ratio between trap and underwater color in sea areas St. A, B and St. C was found to be 2.9 : 1 and 1.6 : 1, indicating a direct influence of underwater contrast ratio on cuttlefish spawning behavior due to water depth variations. These findings highlight the impact of water depth changes on the spawning distribution of cuttlefish, suggesting the preference for spawning activities in depths not exceeding 18m. Therefore, it is recommended to install egg-attachment facilities within sea areas falling within this depth range to optimize cuttlefish spawning success.

**Key words:** *Sepia esculenta*, Golden cuttlefish, Water depth

## I. 서론

갑오징어(*Sepia esculenta*, Golden cuttlefish)는 갑오징어과(Sepiidae) 갑오징어속에 속하는 두족류이며, 우리나라, 일본, 동중국해, 아시아지역의 수온 15~25 °C, 수심 10~150 m의 모래질 바닥에 서식하는 연안 저서성 어종, 겨울 동안에 깊은 곳에서 서식하다 수온이 상승하면 산란을 위해 연안으로 올라온다(Okutani, 1991). 초봄에서 초여름

까지 산란기에는 내만 등의 연안 쪽으로 회유하여 수심 2~10 m 전후에 서식하는 잘피 등의 부착기질에 난을 부착하여 산란한다(Okutani, 1995).

산란된 난은 복숭아 모양이고 길이 16~21 mm, 너비 12~14 mm의 크기이다. 산란수는 2,000~2,500개(난크기 14~21 mm, 수정란 장경 5mm, 단경 4 mm)이고, 산란 후, 부화 소요시간은 17~25 °C에서 25~47일이며 산란이 완료된 개체는 폐사하고 수명은 1년이다(Kubodera, 1991).

† Corresponding author : 064-644-7605, watereco@naver.com

우리나라 연안에서 산란된 갑오징어 난은 조업기간 중 통발 등 어구에 부착된 채로 확인되나, 조업시설 철거 시 수정란이 부착된 채로 육상에서 폐기되고 있다.

갑오징어는 소비자 선호도가 높고 고부가가치 생물로서, 2007년부터 지속적으로 생산량이 증가하고 있는 어종임에도 불구하고, 우리나라에서 산란된 난과 서식장의 환경 및 보호와 관련한 연구는 찾아보기 어렵다. 일본의 경우, 갑오징어 자원증대를 목적으로 갑오징어 난의 인공부착 재료에 대해 시험하였고(Sano, 2006), 오징어 통발을 이용한 산란시험(Noda et al., 2005 a; Noda et al., 2005 b; Noda et al., 2005 c) 결과를 보고하였다.

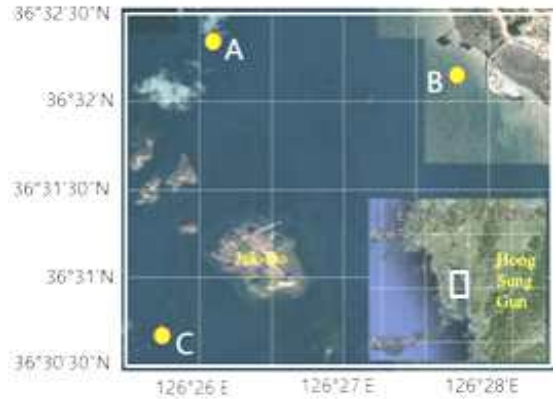
본 연구는 갑오징어의 난이 부착되는 부착기질의 형태와 수심 변화에 따른 산란분포를 조사하여 분석함으로써 갑오징어 자원의 회복과 생산량 증대를 위한 서식지 조성과 해양생태계를 보전할 수 있는 산란환경을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 산란장 해양환경 측정 및 수질평가

해양환경 측정은 2023년 5월과 7월에 충청남도 홍성군 천수만 죽도 지역에서 조사지역의 산란장을 대표할 수 있는 3개소의 위치를 선정하여 실시하였다([Fig. 1]). 해양수질환경 측정은 각각의 조사지역에서 표층수와 저층수를 Niskin Sampler를 이용하여 채수하였다. 시료 채취 시 현장관측이 가능한 수온, 염분, 수소이온농도(pH), 용존산소(Dissolved Oxygen; DO), 포화도는 다항목 수질 측정기(YSI-Pro Quatro, JB INST. Korea)를 이용하여 현장에서 계속하였다.

투명도는 투명도판을 사용하여 측정하였고, 그 외 수질항목인 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 총질소(T-N), 총인(T-P), 엽록소-a(Chlorophyll a),



[Fig. 1] Location of Jukdo waters in Cheonsu Bay, Hongseong-gun, Korea.

COD, SPM, NO<sub>2</sub>-H, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, 부유물질(SS)은 「해양환경공정시험기준 (해양수산부 고시 제2023-4호, 2023.8.1. 개정 고시)」에 준하여 분석하였다. 현장조사 결과를 바탕으로 수질평가등급(WQI)을 산출하였다.

### 2. 지역 수심, 저질조사 및 갑오징어 산란시설 설치 모니터링

갑오징어의 산란장으로 선정된 홍성군 천수만 죽도 지역에 대하여 위치에 따라 St. A, St. B, St. C 3개 조사지역으로 선정하였다. 각 조사지역에서는 산란용 시설물의 설치가 예상되는 지역을 포함하여 150 ha씩 총 450ha를 다중빔 수심측량(MBES) 조사를 실시하였다. 수심측량 조사는 각 조사지역의 수심을 20m 간격, 30m 간격으로 추출한 자료를 바탕으로 수심을 시각화한 수심분포도를 작성하였다. 또한, 조사지역별 3정점을 채취하여 저질조사를 실시하는 한편, 해저면의 경사도는 멀티빔 수심측량 결과를 1 m 구분자료로 생성한 후, 100 m 거리에 높이 5 m인 5%를 기준으로 계산하여 산정하였다.

<Table 1>에는 해양수질 환경측정 및 산란시설물 설치지역의 위치와 측정된 수심정보를 나타내었다.

<Table 1> Location and water depth of marine environment measurement and spawning facility installation areas

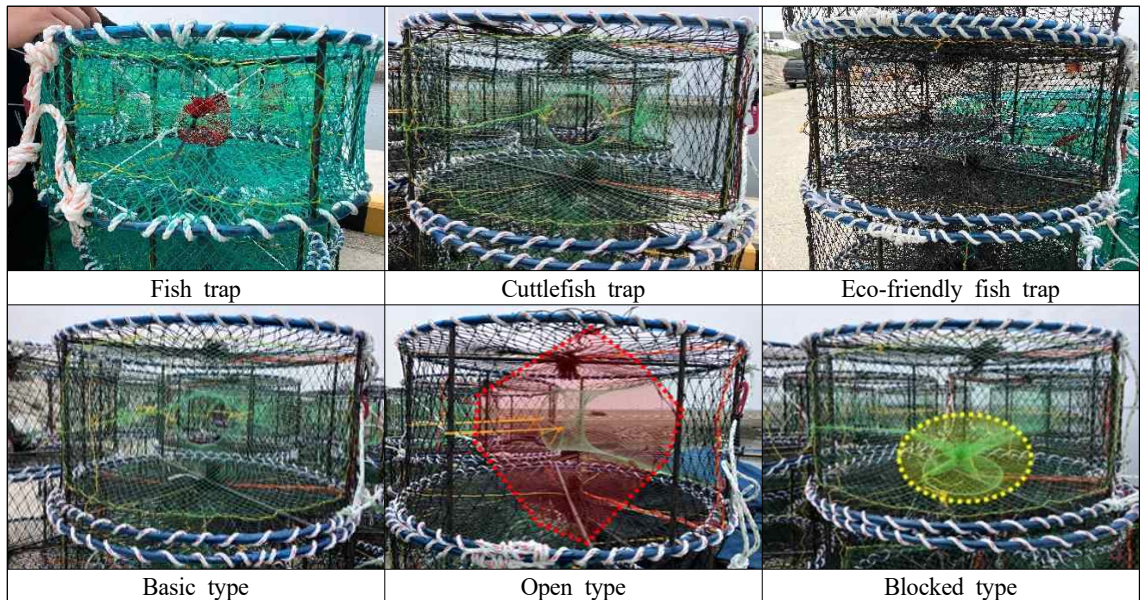
Station	Lat.(N)	Long.(E)	Depth(m)				
			1 <sup>st</sup> (31.Mar.)	2 <sup>nd</sup> (14.Jun.)	3 <sup>rd</sup> (30.Jun.)	4 <sup>th</sup> (11.Jul.)	5 <sup>th</sup> (28.Jul.)
A	36° 32.345'N	126° 26.118'E	17.2	15.5	16.7	14.9	14.9
B	36° 32.150'N	126° 27.752'E	14.9	13.7	13.9	10.3	10.3
C	36° 30.676'N	126° 25.793'E	19.3	18.1	19.1	18.3	18.3

\*Lat.: Latitude, Long.:Longitude

조사지역 3개 정점에 갑오징어 난 부착을 위한 산란시설물을 설치하였다. 갑오징어 산란시설물은 잡어통발(Fish trap; 570 $\phi$ ×108 mm), 갑오징어 통발(Cuttlefish trap; 700 $\phi$ ×300 mm), 친환경통발(Eco-friendly fish trap; 700 $\phi$ ×300 mm)의 3가지 종류와 각각의 산란시설물에 대하여 기본형(Basic type, 시판제품), 뚫린형(Open type, 어류 소통가능형), 막힌형(Blocked type, 내부진입 불가형) 형태로 나누어, 조사지역 St. A, St. B 및 St. C 3개소의 정점 위치에 각 정점당 150개씩 3개 설치하였다(<Table 1>). 조사지역에 설치된 산란시설물로 사용된 통발 종류 및 형태별 사진을 나타내었다

([Fig. 2]).

산란시설물은 갑오징어 난 부착 현황과 난 발달 상태를 조사하기 위해 설치 후 약 15일 간격으로 5회 모니터링을 실시하였다. 모니터링 조사는 잠수사가 해중으로 잠수하여 각 정점별, 통발 종류별, 형태별(총 9가지+친환경 1가지) 산란시설물의 부착기질 및 부착란을 사진 촬영하였으며, 항목당 5~10개의 시설물을 촬영하여 난 부착 현황을 파악하였다. 1회 조사 당, 각 정점에서 시설 종류, 형태별 5~10개의 시설물을 촬영하였으며, 촬영 후 시설물에서 30개 내외의 갑오징어 난을 채집하여 발달정도를 관찰하였다.



[Fig. 2] Photos by type and type of trap installations installed in the surveyed sea area.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 산란장 해양환경 및 수질평가지수(WQI)

조사지역 및 산란시설물 조성지역의 5월 (<Table 2>) 및 7월의 해양수질환경 측정 결과 (<Table 3>)는 다음과 같다. 조사정점 지역 수온 (Temperature)은 5월 표층 19.7~20.8 °C (평균 20.1±0.61), 저층 19.0~20.3 °C (평균 19.7±0.65)로 조사되었으며, 7월 표층 25.2~26.1 °C (평균 25.6±0.47), 저층 23.9~24.2 °C (평균 24.0±0.15)로 정점 및 표-저층간의 수온차는 거의 없었다. 염분 (Salinity)은 5월 표층 31.36~32.49 psu (평균 32.11±0.65), 저층 32.10~33.13 psu (평균 32.46±0.58)으로 조사되었으며, 7월 표층 29.97~30.26 psu (평균 30.16±0.16), 저층 30.40~30.46 psu (평균 30.42±0.03)로 수온값 변화와 같이 정점별, 표층, 저층간 유의적인 차가 없었다.

조사정점 주변의 수소이온농도(pH)는 5월 표층 8.07~8.12(평균 8.09±0.03), 저층 8.09~8.17(평균 8.14±0.04)였으며, 7월 표층 8.03~8.21(평균 8.12±0.09), 저층 7.86~8.01(평균 7.92±0.08)로 해역 수질환경기준과 생활환경기준인 6.5~8.5 기준에 만족되었다. 용존산소(DO) 농도는 5월 표층 6.9~8.93 mg/L (평균 7.99±1.02), 저층 7.95~8.92 mg/L (평균 8.54±0.52)였고, 7월 표층 8.37~10.32 mg/L (평균 9.12±1.05), 저층 5.62~6.87 mg/L (평균 6.31±0.63)였다. 용존산소포화도는 5월 표층 91.6~119.9% (평균 106.4±14.2), 저층 104.3~117.9% (평균 113.0±7.6)였다. 7월 표층 120.7~149.2% (평균 132.2±15.0), 저층 79.3~97.5% (평균 89.3±9.2)였다. 7월 St. B의 저층을 제외한 모든 정점에서 수질평가지수 항목의 지역별 기준 값인 저층 용존산소 포화도를 90% 이상이었다.

<Table 2> Measurement results of general marine water quality items in the survey area (May)

Station	Water layer	Temp. (°C)	Sal. (psu)	pH	DO (mg/L)	DO (%)	COD (mg/L)	Chl-a (µg/L)	Trans. (m)
A	Surface	19.8	32.47	8.08	6.91	91.6	2.43	16.30	2.7
	Bottom	19.7	32.16	8.16	8.92	117.9	1.59	1.19	
B	Surface	20.8	31.36	8.07	8.93	119.9	2.43	15.36	3.4
	Bottom	20.3	32.10	8.17	8.75	116.8	1.63	4.32	
C	Surface	19.7	32.49	8.12	8.14	107.8	2.15	18.96	3.0
	Bottom	19.0	33.13	8.09	7.95	104.3	1.79	4.15	

<Table 3> Measurement results of general marine water quality items in the survey area (July)

Station	Water layer	Temp. (°C)	Sal. (psu)	pH	DO (mg/L)	DO (%)	COD (mg/L)	Chl-a (µg/ℓ)	Trans. (m)
A	Surface	26.1	29.97	8.12	8.66	126.8	3.41	15.95	1.0
	Bottom	24.2	30.41	8.01	6.87	97.5	2.53	13.94	
B	Surface	25.4	30.26	8.21	10.32	149.2	2.33	15.21	1.8
	Bottom	23.9	30.40	7.86	5.62	79.3	2.17	14.73	
C	Surface	25.2	30.24	8.03	8.37	120.7	1.93	12.88	1.5
	Bottom	24.0	30.46	7.88	6.43	91.0	2.25	9.26	

<Table 4> Measurement results of general marine water quality items in the survey area (May)

Item Station	Trans.(m)		Bottom DO-S(%)		Surface Chl-a(μg/L)		Surface DIN(μg/L)		Surface DIP(μg/L)		WQI	
	Value	Score	Value	Score	Value	Score	Value	Score	Value	Score		
A	2.7	1	117.9	1	16.3	5	33.99	1	4.11	1	32	II
B	3.4	1	116.8	1	15.36	5	32.84	1	2.83	1	32	II
C	3.0	1	104.3	1	18.96	5	32.76	1	4.40	1	32	II

<Table 5> Measurement results of general marine water quality items in the survey area (July)

Item Station	Trans.(m)		Bottom DO-S(%)		Surface Chl-a(μg/L)		Surface DIN(μg/L)		Surface DIP(μg/L)		WQI	
	Value	Score	Value	Score	Value	Score	Value	Score	Value	Score		
A	1.0	1	97.5	1	15.95	5	127.83	1	46.65	5	40	III
B	1.8	1	79.3	3	15.22	5	50.94	1	52.08	5	60	V
C	1.5	1	91.0	1	12.88	5	63.70	1	45.79	5	40	III

화학적산소요구량(COD) 조사결과, 5월 표층 2.15~2.43 mg/L (평균 2.33±0.16), 저층 1.59~1.79 mg/L (평균 1.67±0.11)였다. 7월 표층 1.93~3.41 mg/L (평균 2.56±0.77), 저층 2.17~2.53 mg/L (평균 2.32±0.19)였다. 조사정점 주변의 클로로필a 농도는 5월 표층 15.36~18.96 μg/L (평균 16.87±1.87), 저층 1.19~4.32 μg/L (평균 3.22±1.76)였고, 8월 표층 12.88~15.95 μg/L (평균 14.68±1.60), 저층 9.26~14.73 μg/L (평균 12.64±2.95)였다. 서해 중부의 수질평가지수 항목 기준과 비교하면 모든 정점에서 기준인 2.2 μg/L 보다 높게 나타났다. 연안의 투명도는 계절적으로 하절기에 높고, 동절기에 낮게 나타나는 경향이 있는데 조사정점 주변의 투명도 관측 결과 모든 정점에서 서남 해역의 수질평가지수 항목의 기준값 1m 이상으로 나타났다.

조사지역의 해양수질 일반항목 결과를 바탕으로 조사정점의 해양수질 수질평가지수(WQI) 항목별 점수를 계산하였다. 조사지역 주변 3개 정점의 수질평가지수는 5월 St. A, St. B 및 St. C 3개소 모두 32점으로 각각 동일한 II 등급 좋음으로 조사되었고(<Table 4>), 7월에는 St. A, St. C는

40점으로 III 등급인 보통, St. B는 60점으로 V 등급인 아주 나쁨으로 평가되었다(<Table 5>).

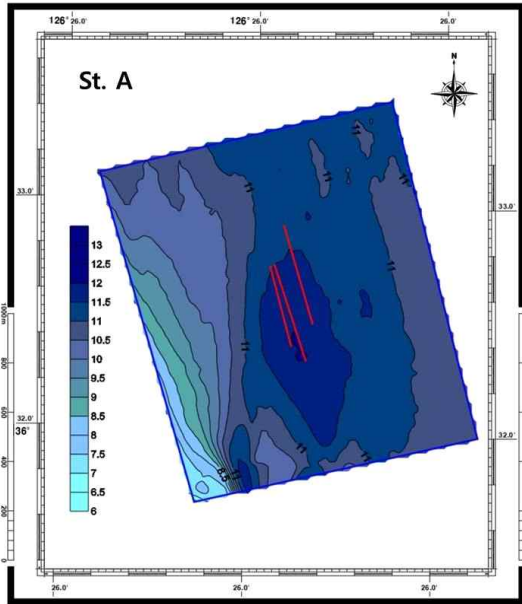
## 2. 조사지역의 수심 경사도 및 저질분포

조사지역의 수심분포 및 저질조사를 바탕으로 수심분포를 시각화하여 도면상에 나타냈다. 도면상에 나타낸 빨강색 선은 산란시설물의 설치 위치이다.

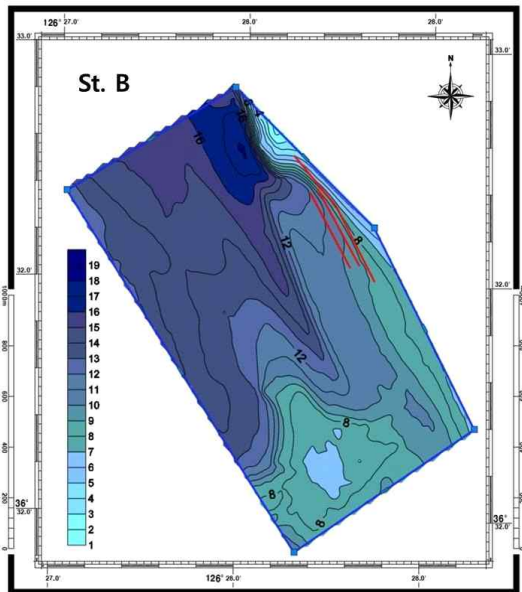
St. A 구역의 수심분포를 살펴보면 남서측에서 DL(-) 4.1 m 로 가장 낮은 수심을 보였다.

중앙부근에서 DL(-) 11.8 m로 가장 깊은 수심대가 확인되어 남서측에서 낮아지는 지형으로 이루어진 것으로 나타났다. 해저면의 경사도는 St. A 구역에서 경사가 확인되지 않아 5% 미만으로 나타났고, 저질조사 결과 저질분포는 주로 실트 점토질 우세로 확인되었다([Fig. 3]).

St. B 구역의 수심분포 조사결과 북동측에서 DL(-) 0.3 m 로 가장 낮은 수심을 보였고, 전반적으로 평탄한 지형을 이루고 있으나, 북동측 등심선이 복잡한 부근에서 DL(-) 18.0 m로 가장 깊은 수심으로 수심차가 급격한 부분을 확인할 수 있었다. 해저면의 경사도는 북동측 수심의 변화가



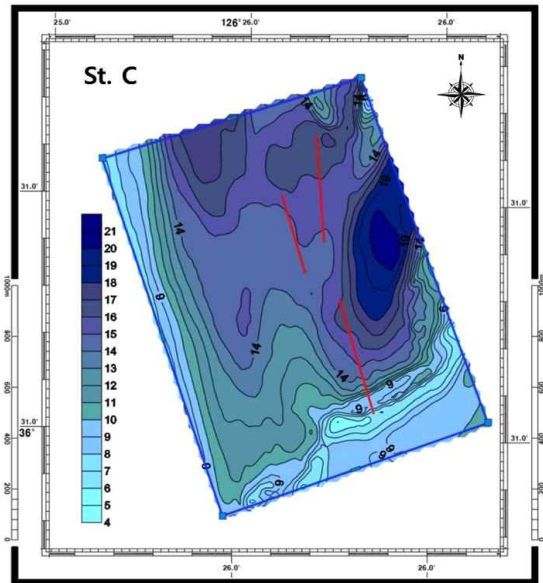
[Fig. 3] Seafloor survey results visualized based on water depth of the surveyed sea area in St. A(Red line indicates of fish trap installation.).



[Fig. 4] Seafloor survey results visualized based on water depth and bottom quality survey of the surveyed sea area in St. B.

큰 부근에서 5% 초과 경사도를 보이며 저질은 주로 실트 점토질이 우세하였고, 북동 부근에는 자갈우세 지역도 확인되었다([Fig. 4]).

St. C 구역의 수심 분포 조사결과 북동측에서 DL(-) 3.8 m 로 가장 낮은 수심을 보였고, 동측 중앙부근에서 DL(-) 20.5 m로 가장 깊은 수심대가 확인되었다. 하부 구역은 수심의 편차로 인하여 북동측, 동측, 남측에서 복잡한 등심 선이 나타났다. 해저면의 경사도는 북동쪽 및 동측 일부 5% 초과 경사도 지역이 존재하며, 저질은 주로 실트 점토질이 우세하나 북동쪽 일부 암반지대가 있는 것으로 확인되었다([Fig. 5]).



[Fig. 5] Seafloor survey results visualized based on water depth and bottom quality survey of the surveyed sea area in St. C.

### 3. 산란 설치물의 종류 및 형태별 갑오징어 부착란 수와 분포비율

갑오징어 부착란 수 및 난의 발달 상태를 조사하기 위해 산란 설치물 시설 후 3개 정점별, 친환경 통발 포함 3가지 종류별 및 3가지 형태별로 약 15일 간격으로 5회 조사한 모니터링 결과를

나타내었다(<Table 6>). 모니터링은 실험구(190개)에서 진행하였다. 각 조사지역에 설치된 산란 설치물의 종류 및 형태별로 조사된 갑오징어 부착란의 전체 개수는 112,353개였다. 갑오징어 부착란 수는 St. B에서 갑오징어 통발과 잡어 통발 기본형에서 각각 13,143개, 12,523개였다. 조사시기에 따른 갑오징어 난의 부착은 1차에서 시작하여 2차와 3차로 갈수록 증가하여 3회차 6월30일 조사에서 48,532개로 가장 많았다. 특히 St. C에서는 3,530개로 가장 적은 난이 부착되었으며, 친환경통발에서는 부착란이 관찰되지 않았다.

갑오징어 부착란의 누적 수를 갑오징어와 잡어 통발로 구분하고 지역별 및 조사시기별로 정리하여 나타내었다([Fig. 6]). 갑오징어 부착란수는 St. B의 갑오징어 통발 기본형과 잡어통발 기본형에

서 각각 13,143개, 12,523개를 나타내어 가장 많이 부착하였다.

St. C에서는 갑오징어 통발은 기본형, 오픈형 및 막힌형 모두 난의 부착이 없었고, 잡어통발의 경우 막힌형 3,024개를 제외하고 기본형은 부착란 수가 없었고 뿔린형은 454개의 부착란 수를 보였다.

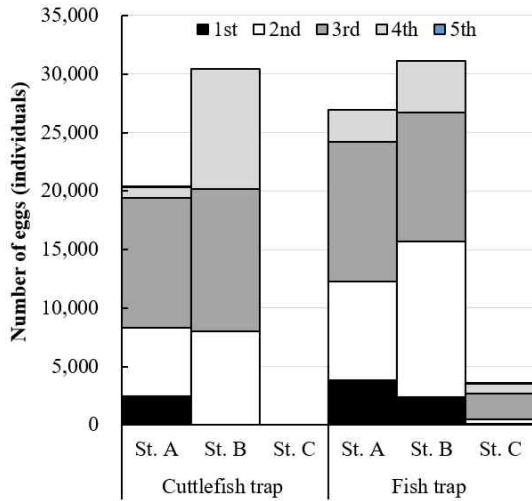
부착란이 관찰되지 않은 친환경 통발을 제외하고 갑오징어와 잡어통발의 부착란 누적 수를 지역별, 형태별 및 조사시기별 결과는 [Fig. 7]과 같다. 갑오징어 부착란의 수를 설치 지역, 조사시기 및 산란 시설물 종류와 형태별 종합하면 St. B 지역에서 갑오징어 통발 또는 잡어통발 기본형에서 난의 부착효율이 가장 좋았다.

<Table 6> Monitoring results of cuttlefish eggs by type of spawning installations in the surveyed sea area

Station	Trap	Type	Survey					Total
			1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	
			(31.Mar.)	(14.Jun.)	(30.Jun.)	(11.Jul.)	(28.Jul.)	
A	Cuttlefish trap	Basic	606	2,798	3,180	0	3	6,587
		Open	0	1,330	1,960	0	0	3,290
		Blocked	1,824	1,776	5,964	902	7	10,473
	Fish trap	Basic	1,526	2,992	3,736	588	0	8,842
		Open	1,315	2,824	3,384	498	0	8,021
		Blocked	1,008	2,586	4,832	1,617	0	10,043
B	Cuttlefish trap	Basic	0	2,644	6,084	4,415	0	13,143
		Open	0	2,710	2,618	2,806	0	8,134
		Blocked	0	2,624	3,492	3,076	0	9,192
	Fish trap	Basic	1,296	5,302	4,776	1,149	0	12,523
		Open	932	4,914	2,996	912	0	9,754
		Blocked	156	3,084	3,256	2,325	0	8,821
C	Cuttlefish trap	Basic	0	0	0	0	0	0
		Open	0	0	0	0	0	0
		Blocked	0	0	0	0	0	0
	Fish trap	Basic	0	0	52	0	0	52
		Open	82	372	0	0	0	454
		Blocked	0	0	2,202	802	20	3,024
Total			8,745	35,956	48,532	19,090	30	112,353

\*Golden cuttlefish eggs were not observed at any survey time in eco-friendly fish trap.

부착기질의 형태 및 수심에 따른 갑오징어(*Sepia esculenta*) 난의 산란분포



[Fig. 6] Cumulative number of spawning by type of spawning facility, installation sea area, and survey period of attached eggs.

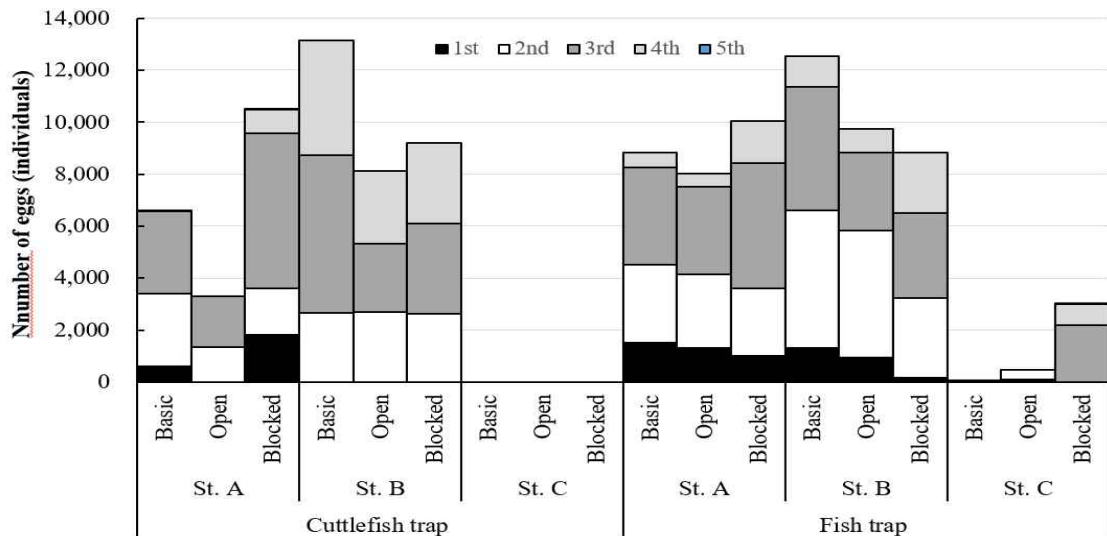
다음으로 St. A 지역에서 갑오징어 통발 또는 잡어통발 막힌형에서 난의 부착효율이 가장 좋은 것으로 나타났다.

모니터링된 부착란 수를 시설물 위치, 종류 및 형태별 최적의 조건을 파악하기 위해 조사기간동

안 부착란 수를 정점별, 종류 및 형태별 부착 비율로 정리하였다(<Table 7>). 설치 정점에 따라 부착율은 St. B에서 54.8%, 다음으로 St. A가 42%, St. C가 3.14%를 나타냈다. 통발 종류별 부착율은 잡어 통발에서 54.77%로 최대값을 보였으며, 갑오징어 통발은 45.23%, 친환경통발은 부착란이 확인되지 않았다.

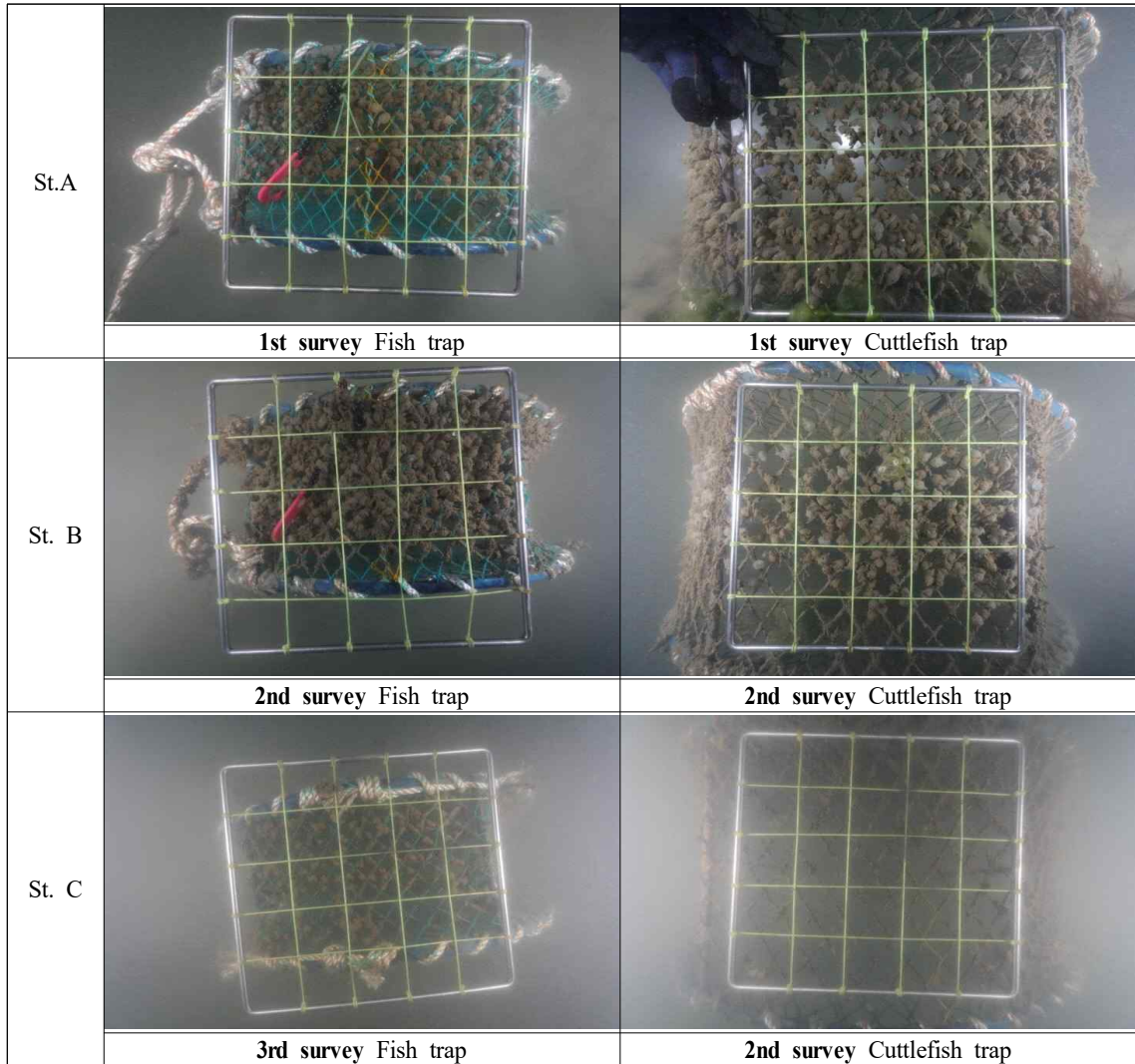
<Table 7> Attachment rate of attached orchids by installation sea area, and type of spawning facility

Spawn attachment rate (%)		
Station	A	42.06%
	B	54.80%
	C	3.14%
Trap	Cuttlefish trap	45.23%
	Fish trap	54.77%
	Eco-friendly fish trap	None
Type	Basic	36.62%
	Open	26.39%
	Blocked	36.98%



[Fig. 7] Cumulative number of attached eggs by survey period according to the type of spawning facility, installation sea area, and facility type.





[Fig. 8] Underwater photos of traps placed in each station of sea area.

통발 형태는 막힌형이 36.98%로 가장 높았고 다음으로 기본형과 오픈형이 각각 36.62%, 26.39%였다. 조사기간 동안 산란 설치물에 부착된 갑오징어 부착란을 채집하여 발달정도를 관찰하였고, 부화율은 발생량 대비 미발달 난을 제외한 값으로 계산하였다. 부착란의 평균 부화율은 St. A에서 91.7%, St. B에서 91.7%, St. C에서 98.3%로 각 지역 전체 평균 부화율은 93.9%로 나타났다.

#### IV. 결론

조사시기에 따른 갑오징어 부착란 수는 2차와 3차 조사시기로 갈수록 증가하다가, 3차에서 4차로 갈수록 감소하였고 5차 조사기간 중에는 거의 발견되지 않았다. 부착란의 분포를 토대로 갑오징어 시기별 산란시기를 추정하면, 산란이 빠른 개체는 3월에 시작하여 6월말까지 증가하고, 7월 초순이 되면 산란이 종료되는 것으로 나타났다.

Okutani (1995)는 갑오징어의 산란은 초봄에서 초여름까지 내만 등의 연안 수심 2~10m 전후의 부착 기질에 산란하는 것으로 보고하여, 본 연구의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과를 토대로 갑오징어의 산란시기를 고려한 산란 시설물의 설치는 늦어도 3월초에는 완료되어야 하고, 주요 관리기간은 5~7월이 최적기로 판단된다. 다만 Okutani (1995)는 일본 지역의 연구인 점을 고려하면, 지역 환경이 다른 한국 남해와 서해 내만에서의 갑오징어 주요 산란기는 약간의 시기적 차이를 가질 수 있는 것으로 사료된다.

산란기간에 영향을 주는 요인을 검토하기 위해 5월과 7월의 수온, 염분의 변화를 살펴보면, 각 정점의 수온은 5월 표층 19.7~20.8 °C, 저층 19.0~20.3 °C였고, 7월 표층 25.2~26.1 °C, 저층 23.9~24.2 °C로 각 정점 간의 표·저층의 수온차는 거의 없었다. 염분 역시 5월 표층 31.36~32.49 psu, 저층 32.10~33.13 psu였고, 7월 표층 29.97~30.26 psu, 저층 30.40~30.46 psu로 수온과 같이 정점 및 표·저층간 염분 차이는 없는 것으로 나타났다. 즉, 수온, 염분 변화를 기준으로 산란장의 환경을 살펴보면 5월 기준 저층 19 °C 전후, 7월 기준 저층 24 °C 전후로, 정점별 저층의 수온차가 5 °C 정도 차이남에도 불구하고 산란이 지속된 것으로 볼 때 5월과 7월의 수온차 또는 염분차는 갑오징어의 산란지를 정하는 주요인은 아닌 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 본 연구에서 조사한 조사정점의 해양수질 평가지수(WQI) 값이 5월 II등급으로 정점별로 동일하고, 7월 정점별로 III 등급과 IV등급으로 평가지수가 다른 경우에서도 산란이 지속적으로 이루어진 결과로 확인할 수 있었다(<Tables 4, 5, 6>).

한편 갑오징어 난이 부착한 시설물 종류 중에서 갑오징어 통발이 상대적으로 부착 효율이 좋았고, 형태별로는 기본형이 우수한 부착란 수를 보인 것으로 확인되었다. 이는 갑오징어의 산란이 해양환경인자 보다는 부착기질의 종류와 형태의 차이가 영향을 미치는 것을 의미한다. 통발을

갑오징어 난부착용 시설로 활용하는 경우, 기본형은 통발입구가 열려 있어, 설치 기간 동안 통발 내부로 들어와 어획되는 유령어업이 진행되고, 통발 내에서 어류가 사망하여 부패할 경우, 별불가사리 등의 집어효과 및 부착란 섭식으로 갑오징어 난의 생존, 부화에 방해할 줄 수 있는 것으로 모니터링되었다. 통발의 유령어업에 대해서는 이미 많은 연구에서도 지적되고 있어(Kaiser et al., 1996; Humborstad et al., 2003; Pawson, 2003; Reville and Dunlin, 2003; Ayaz et al., 2006; Baeta et al., 2009), 어획의 효과를 갖는 통발을 부착기질로 사용하는 것은 바람직하지 않은 것으로 판단된다. 또한 뚫린형의 경우, 수산생물이 은신처로 이용하는 경우가 잦아 갑오징어 산란에 방해할 줄 수 있다. 본 연구에서 기본형과 막힌형이 36%로 동일한 결과를 나타낸 점을 고려하면, 막힌형의 통발 어구를 산란 시설물로 이용하는 것이 난의 부착율에 영향을 미치지 않으면서 유령어업 방지 효과를 낼 수 있는 것으로 판단된다(<Table 7>). 다만 친환경 통발의 경우, 부착란 수이 관찰되지 않았는데, 이는 친환경 통발의 재료가 생분해성 PBAT (Polybutylene adipate-co-terephthalate) 원료를 일정비율로 블렌딩하여 사용함으로써 일반 합성섬유로 사용되는 재질에 비해 망지의 유연성이 높은 특성과 섬유표면의 거친 정도가 난부착에 영향을 미치는 것으로 사료된다(Kim et al., 2018).

본 연구에서 조사된 각 정점의 갑오징어 산란 개수는 St. A 보다 St. B에 설치된 시설물에서 가장 많은 부착란이 확인되었고, St. C의 경우, 갑오징어의 난은 거의 발견되지 않았다([Fig. 6]). 이와 같은 결과를 조사정점의 수심분포조사 결과와 비교하면, St. A 지역은 4.1~11.8 m로 경사도 5% 미만으로 확인되고, St. B 지역은 0.3~18 m로 일부 5% 초과 경사도가 보이는 반면, St. C는 3.8~20.5 m로 일부 5% 초과 경사도를 보였다([Figs 3, 4, 5]). 즉, 산란된 부착란 수는 경사도 5% 미만의 완만한 경사를 갖는 5~18 m 수심대

에서 산란량이 많고, 경사가 급하고, 수심 18 m 이상인 지역에서는 산란이 이루어지지 않은 것으로 파악된다. 또한 산란지역에서 채집된 난의 발달 결과를 고려하면, 18m 보다 낮은 이심의 St. A와 St. B에서는 수차례 산란이 이루어지는 것이 확인되므로, 갑오징어의 난부착시설 역시 수심 18 m를 기준으로 낮은 수심대에 설치하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

특히 산란 수심은 광의 투과율에 영향을 주는 인자로서 어군 탐지기와 조획 시험에서 추정된 오징어의 중요한 조획 층으로 사료되는 수심 60~80m의 수중 조도는 광원 출력별 평균  $3.0 \times 10^{-2} \sim 3.4 \times 10^{-2}lx$ 에서 분포하는 것으로 보고되어있다(Choi and Arakawa, 2001). 갑오징어는 광에 매우 민감하게 반응하는데, 일반적으로 주간에는 암초 지역에 머물다가 일몰 시부터 일출 시까지는 활발하게 먹이활동을 하는 것으로 알려져 있고(Denton and Gilpin-Brown, 1961), 본 연구에서 갑오징어 산란 수심 범위는 최대 18m를 넘지 않고 있는 점을 고려할 때, 특정 광환경이 갑오징어의 산란에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 갑오징어를 포함한 두족류의 시각은 추상체가 없고 간상체만 갖는 것으로 보고되어 있어(Hara and Hara, 1976), 색채보다는 부착기질과 주변환경과의 대비가 산란시설물의 시인성에 영향을 미치는 것으로 판단된다(Miyagi, 2001).

본 연구의 St. A, St. B 및 St. C에 설치된 통발을 촬영한 수중사진(Fig. 8)을 기준으로 통발과 수중색의 명암비를 Adobe Color 그래디언트 추출프로그램을 사용하여 계산하였다. 정점별 명암비를 살펴보면 St. A와 St. B의 경우, 각각 2.93 : 1 및 2.9 : 1로 나타나 수중에서 통발의 모양이 선명하게 주변 수질과 대비되는 반면, St. C 지역의 촬영사진의 경우, 1.63 : 1로 미세한 부유물질이 존재하여 명확하게 구분되지 않는 것으로 확인되었다.

이러한 결과를 종합하면 수심에 따른 부착란 수는 St. B > St. A > St. C의 순으로 많았고, St.

A가 4.1~11.8 m로 St. B 0.3~18 m의 수심에 비해 낮았으며, 수심에 따른 설치 통발과 수중색의 명암비는 St. A, St. B가 St. C보다 높았던 점으로부터 고찰하면 갑오징어의 산란은 해양환경 및 시설물 형태 인자보다는 부착기질과 수심조건 또는 수심에 따른 수중의 명암비가 갑오징어의 시각에 직접적인 영향을 주어 산란시설물을 구별, 확인함으로써 산란으로 연결되는 것으로 판단된다. Noda et Al., (2005) 역시 통발에 산란기질을 색채별로 설치하여 조업현장에서 부착란 수를 조사한 결과, 설치위치나 통발형태에 따른 차이는 없으나, 부착기질의 색 차이에 따른 부착란의 대소를 확인할 수 있는 것으로 보고한 점은 본 연구 결과와도 일맥상통하는 것으로 볼 수 있다. 다만 수중의 색채 변화와 갑오징어의 시각특성에 관한 연구는 부족한 것이 현실이므로, 수중 색채와 색의 대비(Color contrast)와 관련한 추가적 실험 및 분석을 통해 갑오징어의 산란에 영향을 미치는 환경인자에 대한 심층적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## References

- Ayaz A, Acarli D, Altinagac U, Ozekinci U, Kara A and Ozen A(2006). Ghost fishing by monofilament and multifilament gillnets in Izmir bay, Turkey. Fisheries Research 79(3), 267~271.  
<http://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.03.029>
- Baeta F, Costa MJ and Cabral H(2009). Trammel nets' ghost fishing off the Portuguese central coast. Fisheries Research 98, 33~39.  
<http://doi.org/10.1016/j.fishres.2009.03.00>
- Choi SJ and Arakawa H(2001). Relationship between the catch of squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP, according to the jigging depth of hooks and underwater illumination in squid jigging boat. J Korean Fish Soc, 34, 624~631.
- Denton EJ and Gilpin-Brown JB(1961). The effect of light on the buoyancy of the cuttlefish. J Mar Bio Ass UK 41, 343~350.
- Hara T and Hara R(1976). Distribution of rhodopsin

- and retinochrome in the *Squid Retina*. J. General Physiology. 67, 791~805.
- Humborstad O, Løkkeborg S, Hareide N and Furevik D(2003). Catches of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in deepwater ghost-fishing gillnets on the Norwegian continental slope. Fisheries Research 64, 163~170.  
[http://doi.org/10.1016/s0165-7836\(03\)00215-7](http://doi.org/10.1016/s0165-7836(03)00215-7)
- Kaiser M, Bullimore B, Newman P, Lock K and Gilbert S(1996). Catches in 'ghost fishing' set nets. Marine Ecology Progress Series 145, 11~16.  
<http://doi.org/10.3354/meps145011>
- Kim SH, Kim PK, Jeong SJ, Bae JH, Lim JH and Oh WS(2018). Fishing performance of a coastal drift net in accordance with materials of the environmentally-friendly biodegradable net twine, J Korean Soc Fish Ocean Technol, 54(2), 97~106.  
<http://dx.doi.org/10.3796/KSFOT>.
- Kubodera T(1991). Squid. In: From production to consumption. Seizando Press. Tokyo, Japan, 33~60
- Miyagi M(2001). Research on the visual function of fish and its application to net fishing methods. Ph.D. Tokyo Univ.
- Noda S and Koga H(2005a). The shape of cuttlefish cage and its fishing actual condition in the genkai coast, Saga Prefecture. Bulletin of Saga Prefectural Genkai Fisheries Research and Development Center. 3, 17~19.
- Noda S, Noguchi H and Koga H(2005b) Experiment of spawning attachment of cuttlefish *Sepia esculenta* by using cuttlefish cage - I. Saga Prefecture. Bulletin of Saga Prefectural Genkai Fisheries Research and Development Center. 3, 21~24.
- Noda S, Noguchi H and Koga H(2005c). Experiment of spawning attachment of cuttlefish *Sepia esculenta* by using cuttlefish cage - II. Saga Prefecture. Bulletin of Saga Prefectural Genkai Fisheries Research and Development Center. 3, 25~30.
- Okutani T(1991). Squid. In: From production to consumption. Seizando Press. Tokyo, Japan, 3~29.
- Okutani T(1995). Cuttlefish and squid of the world in color. National cooperative association of squid processors 185.
- Pawson M(2003). The catching capacity of lost static fishing gears: Introduction. Fisheries Research 64, 101~105.  
[http://doi.org/10.1016/s0165-7836\(03\)00208-x](http://doi.org/10.1016/s0165-7836(03)00208-x)
- Revell AS and Dunlin G(2003). The fishing capacity of gillnets lost on wrecks and on open ground in UK coastal waters. Fisheries Research 64, 107~113.  
[http://doi.org/10.1016/s0165-7836\(03\)00209-1](http://doi.org/10.1016/s0165-7836(03)00209-1)
- Sano J(2006). Research on resource increase of *Sepia esculenta*. Bulletin of Fukuoka Fisheries and Marine Technology Research Center. 16, 51~62.

- 
- Received : 20 June, 2024
  - Revised : 26 July, 2024
  - Accepted : 01 August, 2024