J. Kor. Soc. Fish. Tech., 45(3), 151 - 156, 2009
DOI:10.3796/KSFT.2009.45.3.151

FISHERIES TECHNOLOGY
www.fishtech.or.kr

예인식 심해용 비디오카메라를 이용한 대게의 서식밀도 추정

안희춘[1] · 이경훈* · 배재현 · 배봉성[1] · 신종근[2]
국립수산과학원 수산공학과, [1]동해수산연구소 자원환경과, [2]국립수산과학원 연구기획과

Estimation of the distribution density of snow crab, *Chionoecetes opilio* using a deep-sea underwater camera system attached on a towing sledge

Heui-Chun AN[1], Kyoung-Hoon LEE*, Jae-Hyun BAE, Bong-Seong BAE[1] and Jong-Keun SHIN[2]
Fisheries Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea
[1]Fisheries Resources & Environment Division, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangneung 210 - 703, Korea
[2]Research & Development Planning Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea

This study shows that the distribution density of snow crab, *Chionoecetes opilio*, was estimated using an underwater video monitoring system attached on the towing sledge. The field experiments were carried out at the coastal waters around Chuksan, East Sea, where ranged from 110 to 130m depth during September and October 2007. The sledge was towed for 40 minutes and the towing speed was controlled between 1.5 to 1.7 knot and each research areas were calculated to multiply towed distance by the detection width of the video monitoring system(1.2m), and then, distribution density of snow crab in each observations were estimated as a counted number of crab per 1,000m^2. The result shows that their survey, taken between two months, reflected similar results during survey period, and the maximum and mean distribution densities in September estimated to be 77.0(number/1,000m^2) and 19.9, respectively, and those of October were 36.0 and 21.8, respectively.

Key words : Snow crab, Distribution density, Sledge, Underwater video camera

서 론

우리나라 동해안의 특산품으로 유명한 대게 (*Chionoecetes opilio*)는 한국 동해, 오호츠크해, 베링해, 북태평양 및 북대서양의 북아메리카 대

*Corresponding author: khlee71@nfrdi.go.kr, Tel:82-51-720-2571, Fax:82-51-720-2586

륙 측에 많이 서식하고 있는 것으로 알려져 있으며, 우리나라 동해에서는 수심 100 - 500m에 주로 서식하고 있다. 우리나라에서는 연근해 자망에 의한 대게 생산량이 90% 이상을 차지하고 있으나(NFRDI, 2005), 일본에서는 통발로 어획하고 있으며 일부는 저인망에 의해 어획되고 있다. 최근에는 2천톤 이상의 높은 어획고로 동해안 어업의 대표적인 소득원이 되고 있는 대게에 관한 연구는 해역별 크기 및 성숙에 관한 생리적인 측면(Lim et al., 2000, Jadamec et al., 1999)과 자원관리형 어업을 위한 망목선택성 연구(Park et al., 2003), 예인식 광학기법을 이용하여 대게의 서식밀도(Watanabe et al., 2001) 추정 그리고 트롤 어구에 대한 도피행동(Fujita et al., 2006) 등 국내외적으로 다양한 연구가 진행되어 왔다.

본 연구는 우리나라의 주요 연근해 어업에서 사용하고 있는 어구의 어획효율을 구명하기 위한 선행연구로서, 해저에 분포하고 이동성이 적은 대게를 대상으로 심해용 카메라가 장착되어 있는 예인식 관찰시스템(Sledge)을 이용하여 서식하는 해역의 분포밀도를 추정하였다.

재료 및 방법

대게의 서식밀도 조사는 경상북도 축산 - 죽변 인근해역의 수심 110 - 130m되는 어장을 중심으로 실시하였으며, 주 조업시기(12월 - 익년 4월경)에는 조업해역에 집중적으로 부설된 자망어구로 인하여 해상시험이 불가능하였으며, 2007년 9월과 10월에 걸쳐 국립수산과학원 동해수산연구소 탐구5호(R/V 262G/T)를 이용하여 해상시험을 실시하였다(Fig. 1).

조사예인체는 Fig. 1과 같이 남북 방향으로 설정된 조사라인에서 1.5 - 1.7knots를 유지하면서 평균 40분간 예인하며 촬영하였다. 추가적으로, 예인체에 의한 해저저질의 영향을 파악하고 조사해역에 분포하고 있는 대게의 분포밀도 추정에 대한 조사라인의 공간통계적인 신뢰도를 검토하기 위하여 예인체를 남북 방향으로 예인한 후 동서 방향으로 예인하였다.

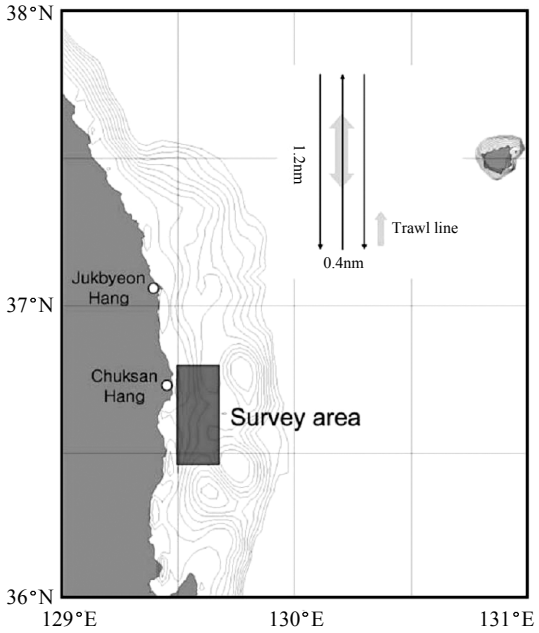

Fig. 1. Survey area in the eastern coastal waters of Korea.

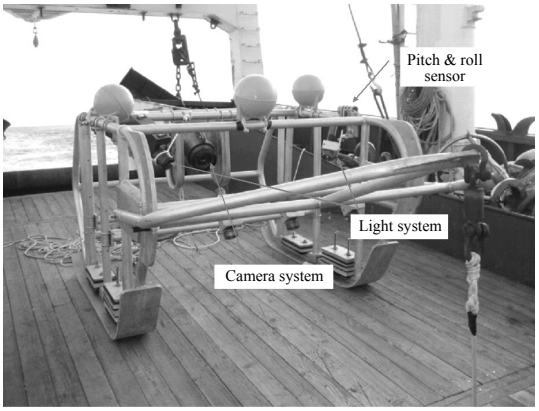

Fig. 2. Photograph of the video monitoring system on a towed sledge.

본 조사에 사용된 예인식 관찰시스템은 Fig. 2와 같이 알루미늄 재질의 썰매형 예인체(L192 × W155 ×H110cm, Width of towed plate: 20cm)에 수심 1,000m까지 운용이 가능한 스테인레스제 내압 하우징에 각각 수중비디오카메라(HDR-HC3, Sony)와 조명용 광원(High Intensity Discharge

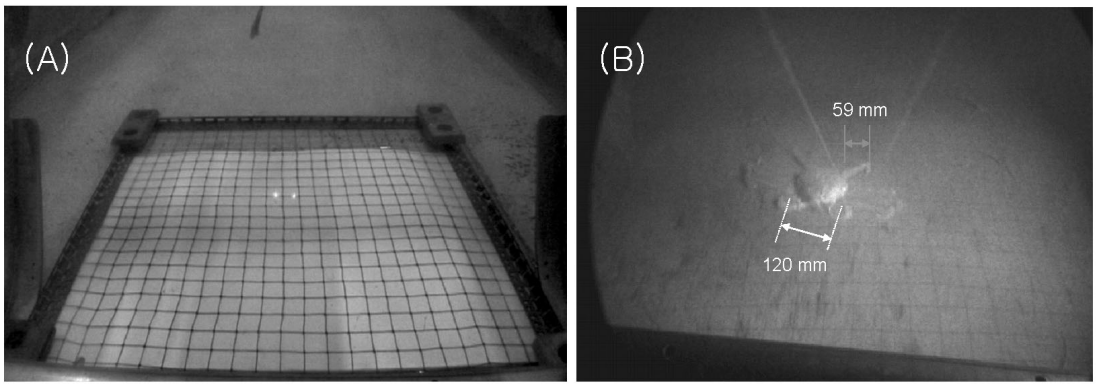

Fig. 3. Calibration picture in seawater tank(in air, A) and Snow crab captured to overlay by underwater video camera(in water, B).

Lamp, DC12V - 35W, 150W)을 설치하여 관찰하였으며, 조사해역에서 최적의 촬영각도를 고려하여 해상실험을 완료한 후, 국립수산과학원 수산공학수조동에 설치되어있는 해수수조(L500 ×W300 ×H150cm)에서 Fig. 3(A)와 같이 공기중 노출된 상태에서 예인체와 일정간격으로 구성된 교정판을 설치하였다. 이 때, 비디오카메라가 내장되어있는 내압 하우징에 레이져포인터(LP - 5000, 3M)를 일정간격으로 설치하여 공기중 및 수중에서의 교정판 규격과 비교하여 탐지영역범위를 결정하였으며, 예인체에 경각센서(DST pitch&roll, Star-Oddi)를 부착하여 시간에 따른 수심, 수온 및 경사각도 등의 정보로부터 예인상태의 안정성 확인 및 예인시간당 영상판독에서 관찰 가능시간을 기준으로 신뢰구간영역(q)을 산출하고, 관찰면적(m^2, 예인거리 × 탐지범위)에 대한 발견미수로 조사해역의 분포밀도를 추정하였다.

그리고, 조사 초기에는 예인체 앞쪽에 다이니마로프(ϕ8mm)를 수심에 따라 60 - 100m 연결하고 조사선의 트롤 예인용 와이어로프(ϕ20mm)에 연결하여 예인하였다. 이 때, 파랑이나 선속의 변화 등의 영향에 의해 발생될 수 있는 예인체의 동요를 억제하고, 유실어망이나 침전 해양쓰레기 등이 예인체에 걸려 로프가 파단되거나 안정성이 저하되는 문제를 해결하기 위하여 일정 간격으로 부이(ϕ250mm)를 부착하여 예인하였다. 조사해역의 수심에 따른 예인줄의 길이는 해저생물을 관찰할 수 있는 시야를 확보하면서 예인시스템이 해저에 착지된 상태로 안정적으로 예인될 수 있는 수심별 적정 예인줄 길이를 파악하기 위하여 일정범위에 센서(DST pitch& roll, Star-Oddi)를 부착하였다. 이 결과를 토대로 조사해역(수심 110 - 130m)인 경우 예인줄 길이를 수심의 약 2배로 설정하여 일정 선속을 유지하면서 해저에 분포하는 대게를 관찰하였다.

결과 및 고찰

예인식 관찰시스템을 이용하여 총 40여회에 걸쳐 분포밀도를 조사하였으나, 끌줄이 해저에 닿거나 투기된 해양쓰레기와 주변 저인망어선의 조업에 의한 영향으로 해저생물의 탐지가 불가능하였던 경우가 빈번하여 자료의 분석에는 9월에 9회, 10월에 8회의 자료만을 대상으로 분석하였다.

관찰면적과 출현한 대게의 미수, 대게의 분포밀도를 9월과 10월로 구분하여 각각 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 그리고, 이 결과를 토대로 조사해역의 정점별 대게의 분포밀도를 Fig. 3과 같이 나타내었다.

본 조사에서 예인면적은 1076.3 - 3586.8m^2 범위였으며, 출현한 대게는 10 - 179마리로 나타났

Table 1. Density of snow crab in the survey sites estimated by underwater video monitoring system on a towed sledge in September, 2007

September	Sep_1	Sep_2	Sep_3	Sep_4	Sep_5	Sep_6	Sep_7	Sep_8	Sep_9*	Avg.
Mean Depth(m)	123	120	115	122	117	118	119	120	120	119.3
Measured Area(m^2)	1507.1	1564.7	3069.7	1753.5	2528.7	2861.4	3586.8	1285.6	2325.3	2275.9
Measured Counts	13	26	109	35	11	18	12	10	179	45.9
Density(No./1,000m^2)	8.6	16.6	35.5	20.0	4.3	6.3	3.3	7.8	77.0	19.9

※towed in east-west direction(*)

Table 2. Density of snow crab in the survey sites estimated by underwater video monitoring system on a towed sledge in October, 2007

October	Oct_1	Oct_2	Oct_3	Oct_4	Oct_5	Oct_6	Oct_7	Oct_8	Avg.
Mean Depth(m)	114	123	121	122	126	123	124	124	122.1
Measured Area(m^2)	2394.7	1076.3	1321.0	1882.5	2417.3	1235.3	1527.6	2047.3	1737.7
Measured Counts	82	22	10	27	87	38	17	41	40.5
Density(No./1,000m^2)	34.2	20.4	7.6	14.3	36.0	30.8	11.1	20.0	21.8

※towed in east-west direction(*)

다. 조사해역에서 대게의 최대 분포밀도는 9월의 경우 울진 주변연안에서 77.0(number/1,000m^2)을 나타내었고, 평균 분포밀도는 19.9(number/1,000m^2)로 추정되었으며, 10월의 경우 최대 분포밀도는 축산항 남쪽연안에서 36.0(number /1,000m^2)로 나타났으며, 평균 분포밀도는 21.8(number/1,000m^2)로 추정되었다. 조사해역에서의 대게의 서식밀도는 조사정점에 따라 차이가 큰 것으로 나타났으나, 9월과 10월의 평균 분포밀도는 큰 차이를 보이지 않았다.

또한, 대게의 공간적인 분포해역에 대한 조사라인의 신뢰영역을 검토하기 위하여 남북방향과 동서방향의 분포결과를 비교한 결과, 9월에는 남북방향(7.8)보다 동서방향(77.0)이 약 10배 가량 높은 밀도분포를 나타내었으며, 10월에는 약 2배가량 동서방향이 높게 나타났다. 본 연구방법과 동일한 예인식 수중카메라기법에 의한 일본 Oki 섬 인근해역에서 조사한 결과(Watanabe et al, 2001)에서도 대게의 분포밀도를 1 - 10(number/1,000m^2)으로 보고하고 있는데, 이러한 원인으로 조사해역의 서식수심과 자원의 풍도에 따라 차이가 있으며 모니터링조사대상인 대게의 경우 분포밀도를 추정하는 방법으로 예인식 수중카메라기법은 유용하다는 것으로 판단된다. 또한, 해저면에 서식하는 대게의 분포형태는 일정수심에 대해서도 불규칙적인 분포를 나타내고 있으므로 이동성이 적은 대게를 대상으로 하는 분포밀도조사에서는 생태지리적인 접근방법과 신뢰도 높은 조사라인의 공간통계적 접근방법을 고려한 조사방법의 검토가 필요한 것으로 사료된다.

본 조사해역의 저층 생태계 환경은 부드러운 뻘로 형성되어 있었으며, 거미불가사리(*Ophioplocus japonicus*)와 해조류, 새우류 등이 다수 출현하였으며 넙치류와 같은 어류도 확인되었다. 저장된 동영상을 이용한 영상판독에서는 예인체의 접근(자극)에 대한 대게의 행동반응이 빈번하지 않은 것으로 보아, 그다지 민감한 움직임은 보이지 않았으며, 조사선의 예인속도를 1.5knots보다 낮게 할 경우 조종성능이 저하되어 바람에 의해 조사선박이 밀리는 현상이 자주 발생하여 저속으로 안정적인 예인이 어려웠으며, 예인속도가 2.0knots보다 빠른 경우에는 정지화상의 분해능이 낮아, 출현한 대게의 암수구별이 어려웠다. 따라서, 본 조사에서는 최적의 실험조건을 고려할 때, 적절한 선속을 유지하면서 탐지영역의 조명각도 및 촬영영상에 대한 고분해능 영상처리기법의 보완으로 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

본 조사에서 총 40여회에 걸쳐 예인체로 조사

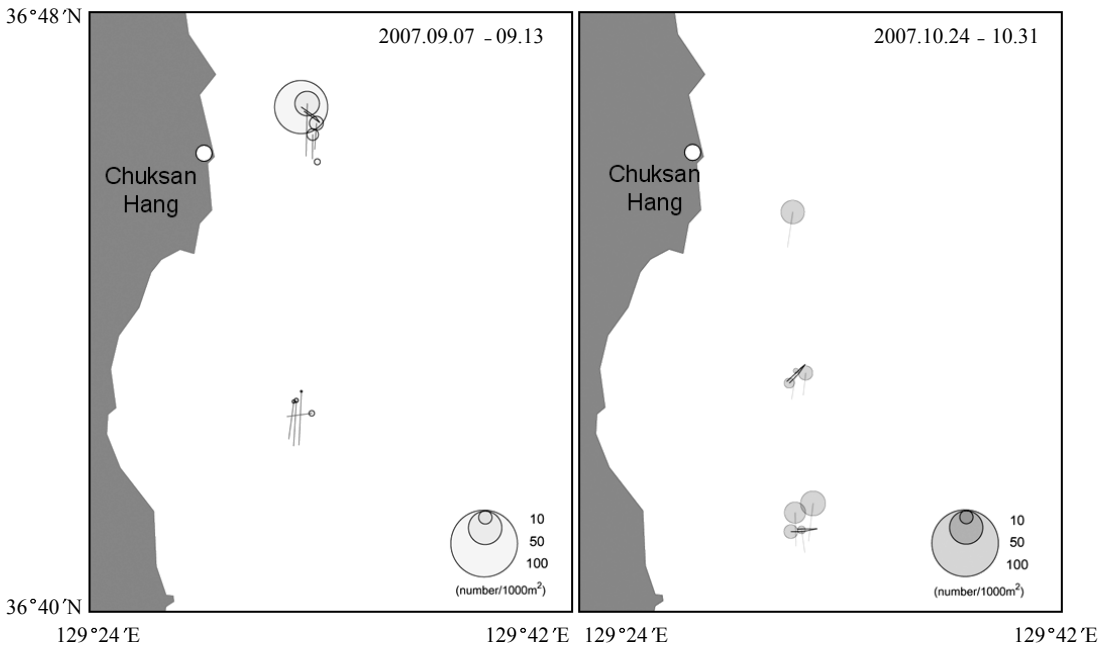

Fig. 4. Distributed density of Snow Crab in the survey sites using the optical methods during September(A) and October(B). Circle indicates the number of Snow Crab in 1,000 square meter.

를 하였으나, 유실된 자망이나 통발 등의 어구가 예인체에 걸려서 분진이 대량 발생하는 영향으로 인하여 예인과정에서의 저장된 동영상의 판독이 어려운 경우가 빈번히 발생하여, 총 조사회수에 비해 비교적 낮은 확률의 저장자료(17회)의 분석만 가능하였다. 이와 같이 광학기법에 의한 예인시스템은 조사기간 대비 효율성은 비교적 낮은 측면은 사실이지만, 자원조사용 예인어구에 의한 밀도조사에 비해 해저생태계에 대한 친환경적인 조사기법이다. 또한, 조사 시기 및 해역의 통계학적 조사라인을 고려하여 서식밀도를 추정하여 자망·통발과 같은 정치성 어구의 어획효율을 산정하는 중요한 조사기법으로 발전이 가능하며, 향후 대게 자원의 지속적인 관리를 위해서도 조업어장의 유실 어구에 대한 모니터링을 통해 조업어장의 환경개선작업에 중요한 정보를 제공할 수 있을것으로 판단된다.

결 론

본 연구는 동해안 어업의 주요어종인 대게를 대상으로 2007년 9 - 10월에 자망어업의 주요어장인 동해안 축산항 인근해역에 수중비디오카메라가 부착되어 있는 예인시스템을 이용하여 서식밀도를 추정하였다. 조사해역은 수심은 110 - 130m였으며, 예인속도는 1.5 - 1.7knots로 약 40분정도 해저에 분포하는 대게를 관찰하였다. 또한, 카메라의 탐지범위와 예인거리를 고려하여 조사면적당 대게의 출현비로 밀도를 추정하였다. 그 결과, 조사 기간동안 서식해역에 분포하는 대게의 평균 분포밀도는 각각 19.9number/1,000m² 및 약 21.8number/1,000m²로서, 9, 10월에 큰 차이를 나타내지 않았으나, 최대 분포밀도에서는 9월에 조사한 해역이 약 2배가량 높게 출현되었다. 향후 추가적인 실험을 통해 조사 기간 및 수심별 동해안 대게의 분포밀도 추정이 가능할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원(수산자원회복을 위한 어업별 어획성능 정량화 연구, RP - 2008 - FE - 005)의 지원에 의해 수행되었으며, 본 조사가 원활하게 진행될 수 있도록 적극적으로 협조하여 주신 국립수산과학원 조사선 탐구5호 이재길 선장님을 비롯한 선박직원 분들께 감사드립니다. 끝으로 본 논문을 사려 깊게 검토하여 주신 심사위원님들과 편집위원님께 감사드립니다.

참고문헌

Fujita, K., T. Watanabe and D. Kitagawa, 2006. Behavioral responses of the snow crab to the ground rope of a bottom trawl. Nippon Suisan Gakkaishi, 72(4), 695 - 701.

Jadamec, L.S., W.E. Donaldson and P. Cullenberg, 1999. Biological field techniques for Chionoecetes crabs. University of Alaska Sea Grant College Program, pp. 77.

Lim, Y.S., J.H. Lee, J.K. Lee, B.K. Lee, S.B. Hur, 2000. Morphometric characteristics and gonad maturity of snow crab, *Chionoecetes opilio* in the eastern coast of Korea. Journal of Aquaculture, 13(3), 245 - 251.

National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI), 2005. Stock assessment and fishery evaluation report of year 2006 TAC-based fisheries management in the adjacent Korean waters. Stock assessment and fishery evaluation, Vol. 10, 153 - 175.

Park, C.D., H.C. An, S.K. Cho, C.I. baik, 2003. Size selectivity of gill net for male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 39(2), 143 - 151.

Watanabe, T. and T. Hirose, 2001. Estimation of the snow crab population density using the deep-sea video monitoring system on a towed sledge. Nippon Suisan Gakkaishi, 67(4), 640 - 646.

2008년 10월 29일 접수
2009년 6월 22일 1차 수정
2009년 7월 20일 2차 수정
2009년 7월 30일 수리