

독도 연안에 서식하는 동근성게의 분포 특성

민원기*, 우민수*, 신진용*, 김윤배*

*한국해양과학기술원 울릉도·독도해양연구기지

e-mail:wgmin@kiost.ac.kr

A Distributional Pattern of *Strongylocentrotus nudus* on the Subtidal Rocky area near Dokdo

Won-Gi Min*, Min-Su Woo*, Jin Yong Shin*, Yun-Bae Kim*

*Ulleungdo·Dokdo Ocean Science Station, Korea Institute of Ocean Science and Technology

요약

2010년대 이후 독도 연안역에 대표적인 연안의 조식성 극피동물인 동근성게(*Strongylocentrotus nudus*)가 매우 높은 서식밀도로 집중되어 분포하는 특이 현상이 간헐적으로 관찰되었고, 이에 2020년 독도 연안 주요 서식지에 대한 성게 분포 특성에 대한 예비 모니터링을 실시하게 되었다. 15정점에 대한 영상조사의 분석 결과, 3월의 6정점 중에는 0-7.2 개체/m²의 서식밀도 범위를 나타냈으며, 평균 2.2±2.8 개체/m²의 값을 나타냈다. 4월의 평균 서식밀도는 0.9±0.9 개체/m²로서 조사시기 중 가장 낮은 평균 서식밀도를 나타냈으며, 7월 조사시기에는 0-3.6 개체/m²의 서식밀도 범위를 나타냈고, 최대값은 정점 7-5의 서도 보찰바위 서쪽에서 3.6 개체/m²로 높은 서식밀도를 보였고, 최소값은 해조류 군집이 발달되어 있는 독립문 바위 부근의 정점 7-4이었으며, 성게가 출현하지 않았다. 7월 조사시기의 평균 서식밀도는 2.0±1.3 개체/m²로 3월과 다소 낮거나 비슷한 값을 보였고, 4월보다는 높은 값을 보였다. 동근성게는 독도를 포함한 동해 연안 해조군집의 최대포식자로 알려져 있는데, 2019년에 수행된 예비 조사시에 수심 80미터가 넘는 해역에서도 성게의 밀생된 군집이 발견되었기 때문에, 성게의 이동능력과 서식 수온에 대한 내성, 번식 시기 및 해조류 섭식 특성 등의 생태적 연구가 반드시 수반되어야 할 것으로 판단된다. 최근 연구결과에서 독도 성게의 온도 내성에 대한 적응 능력이 매우 크다는 사실은 다른 조식성 동물과의 경쟁에서도 성게가 매우 유리한 위치에 있다는 것을 시사하기에, 독도 생태계의 균형과 건강을 유지하기 위해서는 반드시 집중적인 연구가 필요하다.

1. 서론

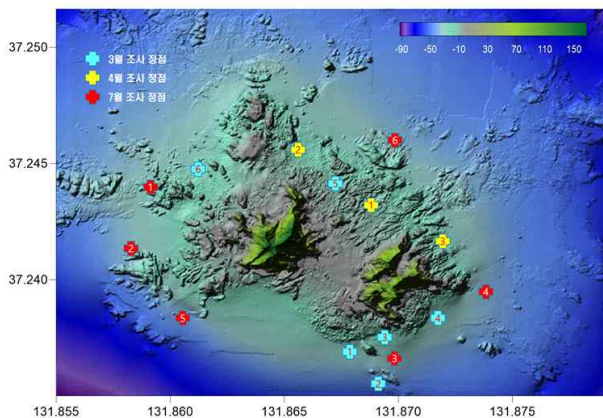
독도 주변해역은 동해 연안역과 연결되지 않은 심해로 고립된 환경 특성을 가진다. 남쪽에서 유입되는 대마난류와 북쪽에서 하강하는 북한난류가 교차되어 변동성이 크고 다양한 조건의 서식환경 조성되고, 주변 해역에서 공급되는 영양물질 특성 및 생물 가입 등의 외부조건에 큰 영향을 받는다. 2010년대 이후 독도 연안역에 대표적인 연안의 조식성 극피동물인 동근성게(*Strongylocentrotus nudus*)가 매우 높은 서식밀도로 집중되어 분포하는 특이 현상이 간헐적으로 관찰되었고, 이에 2020년 독도 연안 주요 서식지에 대한 성게 분포 특성에 대한 예비 모니터링을 실시하게 되었다. 성게는 국내 연안역의 대표적인 갯녹음 현상을 촉진하는 원인생물로 알려져 있으나, 이에 관한 생태학적 특성에 대하여는 거의 알려지지 않았으며, ‘갯녹음’이란 수중 암초지대의 모자반류, 다시마, 감태, 대항 등 갈조류 식물의 해조군락이 소멸되고, 먹이생물로서 가치가 없는 석회조류가 번무하여 바위 표면이 홍색 또

는 백색으로 변하여 어장이 황폐화되는 현상을 지칭하는데, 갯녹음의 원인으로는 생태학적 원인과 인위적인 원인으로 나뉘고, 생태학적 원인에 의한 갯녹음은 수 십년이나 그 이상이 흐른 뒤 언젠가는 회복이 되는 가역적인 과정이나, 인위적인 요인에 의한 경우는 해조장 뿐만 아니라 무절식회조류를 비롯한 모든 연안 생물에 영향을 미쳐 사멸에 이르게 하는 불가역적인 과정으로 생태계에 장기적인 큰 영향을 미친다. 조식동물에 의한 섭식 등이 해조류 쇠퇴와 갯녹음 현상의 원인 중 하나는 분명하나 우리나라처럼 전국적으로 확산되는 광역성 갯녹음 현상을 설명하기는 미흡한 것으로 평가되고 있다. 최근에는 지구 온난화에 의한 수온상승이 식생의 지리적 분포를 바꿔 놓고 있다는 주장도 주목받고 있으며[1], 이러한 갯녹음 지역은 우리나라뿐만 아니라 미국, 캐나다, 일본 등 전 세계의 바다에서 나타나고 있는 추세이다. 우리나라의 갯녹음 지역은 해마다 약 1200 ha씩 증가하고 있으며, 이에 따른 해양환경의 변화로 수산업관련 종사자들의 피해가 막대하며, 현재까지도 갯녹음 지역은 점차 확대되어 2004년 7,000 ha에서 2012년 16,000 ha로 증가하였다. 특히, 갯녹음은 제주도에

서 전체 마을어장의 31.4%로 가장 심각하며 경북 15.6%, 울산 17.9% 등 동해안지역에서도 갯녹음 현상이 심화되고 있으며, 최근 해양수산자원관리공단의 조사에 따르면, 울릉도와 독도에도 갯녹음 진행 및 심각 수준의 암반해역이 28%로 보고되었다. 실제로 갯녹음 연구를 진행하기 위해서는 해조상, 조식동물의 분포, 섭식압, 생산력과 관련된 생체량 시계열 분석 등 복합적인 연구가 필요하다. 독도해역의 정밀한 갯녹음 진단 및 연구에 앞서 2020년에는 이상변식현상이 관찰되는 성계의 춘계 및 하계 서식밀도를 중심으로 현황 파악을 위한 조사와 분석을 시도하였다.

2. 조사 및 분석 방법

독도 인근 해역의 해저면에 서식하는 등근성계 군집의 서식밀도를 파악하기 위하여 2020년 3월에 5정점, 4월에 3정점, 산란철로 예상되는 7월에 6정점에서 수중 CCTV를 활용하여 해저면 촬영조사를 실시하였다(그림1, 표1).



[그림 1] 2020년 3월, 4월, 7월의 성계분포 조사 정점도

총 15개의 조사정점은 수심 10-60 m의 범위이며, 해저면의 대부분은 암반이나 암석지대 혹은 모래에 암석이 분포되어 있는 저질이였다. 조사에 사용된 촬영장치는 ㈜포항해양시스템연구소에서 개발한 수심 300 m급 실시간 관측용 4채널 수중카메라이다(그림 2). 본 장비는 4대의 IP카메라와 수온/수심 측정 센서를 통합한 장비로서, 4개의 카메라, 1개의 전원회로 압력용기, 1개의 센서 압력용기로 구성되어 있다. 압력용기간 케이블링은 Oil-filled pressure compensator 방식으로 처리하여 해수의 부식과 압력을 견딜 수 있으며, 하부에 배치된 4대의 IP카메라는 조명이 내장되어 있다. 영상과 수심정보를 포함한 촬영로그는 각각 본체의 SD메모리 카드에 저장된다.

조사방법은 각 정점에 도착하면 선상에서 카메라를 바닥 근처

까지 하강시킨 후에 조류에 선박이 이동되는 대로 흘러가면서 촬영을 실시하였다. 기기 보호를 위해서 바닥에 충돌시키지 않는 범위 내에서 촬영될 수 있도록 수심을 유지하였으며, 대체적으로 해저면에서 약 1-2m 간격을 유지하였다. 바닥상에 따라서 정점당 5분에서 1시간 가량 촬영하였다. 촬영 조사하는 동안의 선박의 이동좌표를 GPS트랙으로 기록하였으며, 수온과 수심을 기록하였다.

저장된 동영상 자료는 5초 간격으로 캡처한 후, 판독 가능한 프레임들 모두 선택하여, 표면적을 계산하고, 성계의 개수를 계수하였다. 해조류의 피도는 캡처된 영상 내에 같은 면적의 100개 구획이 나누어진 가상 방형구를 사용하여 계산하였으나, 대부분의 조사 수심대가 해조류의 서식이 없는 25미터 이상으로 해조류의 출현이 제한되어 있어 분석 데이터로 사용하지 않았다.

[표 1] 2020년 성계 서식밀도 조사 정점 정보

정점	지역	조사시기	관측시작	관측종료	수심 (m)	관측면적 (m ²)
3.1	동도 해녀바위 남쪽	2020.03.24	10:42	10:52	40-41 m	138
3.2	동도 해녀바위 남동쪽	2020.03.24	10:57	11:59	45-60 m	1,343
3.3	동도 해녀바위 동쪽	2020.03.24	13:46	14:05	15-25 m	488
3.4	동도 지네바위 앞쪽	2020.03.24	14:35	14:42	10-20 m	46
3.5	상형재굴바위 북쪽	2020.03.24	14:57	15:03	20-25 m	110
3.6	통여 동쪽	2020.03.24	15:08	15:20	20-25 m	174
4.1	상형재굴바위 북동쪽	2020.04.28	13:07	13:17	15-25 m	184
4.2	가재바위 남동쪽	2020.04.28	13:22	13:35	12-28 m	211
4.3	천장굴 입구 북쪽	2020.04.28	13:41	13:48	10-20 m	65
7.1	통여 서쪽	2020.07.23	9:56	10:09	25-33 m	343
7.2	통여 서남쪽	2020.07.23	11:34	11:48	22-32 m	1,009
7.3	동도 해녀바위 남동쪽	2020.07.23	13:29	13:37	33-38 m	533
7.4	독립문바위 동쪽	2020.07.23	13:43	13:50	17-26 m	400
7.5	보잘바위 서쪽	2020.07.23	13:58	14:07	19-30 m	476
7.6	상형재굴바위 북쪽	2020.07.23	14:27	14:54	25-40 m	1,485



[그림 2] 성계 서식밀도 조사에 사용된 실시간 4ch Multi-CCTV

3. 결과 및 고찰

2020년 3월, 4월, 7월에 독도 연안역 15정점의 해저면의 등근성계 서식밀도를 분석한 결과, 전체시기에 0-7.2 개체/m²의 값을 나타냈다(표 2, 그림 3). 3월의 동도 해녀바위 동쪽 정점

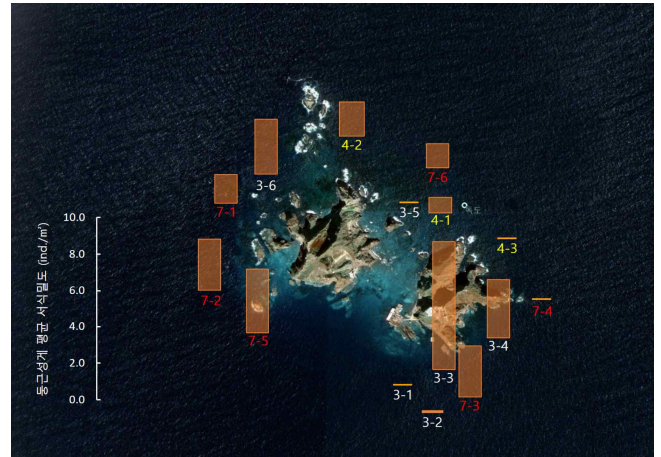
3-1과 삼형제굴바위 남쪽에 위치한 3-5에서, 4월의 천장굴 입구 북쪽 4-3정점에서는 한 개체도 출현하지 않았으며, 3월의 동도 해녀바위 북쪽 3-3에서 최대값인 7.2 개체/m²을 보였다.

[표 2] 2020년 3월, 4월, 7월 CCTV 조사 정점의 성게 서식밀도

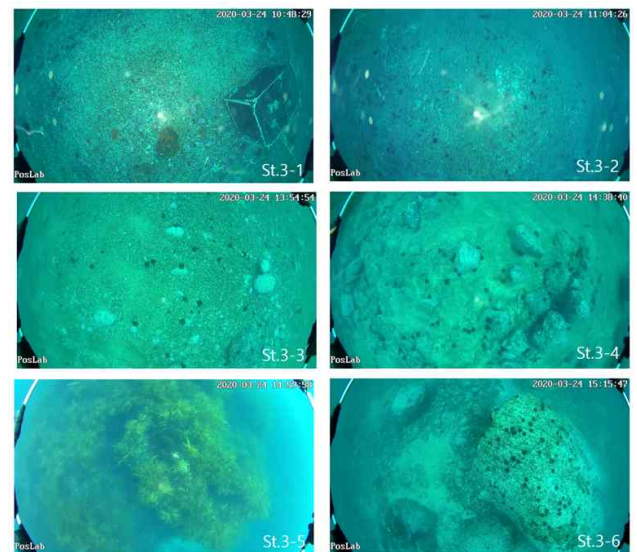
정점	지역	조사시기	수심 (m)	관찰면적 (m ²)	성게 개체수 (ind.)	평균 서식밀도 (ind./m ²)
3.1	동도 해녀바위 남쪽	2020.03.24	40-41 m	138	0	0.0
3.2	동도 해녀바위 남동쪽	2020.03.24	45-60 m	1343	187	0.1
3.3	동도 해녀바위 동쪽	2020.03.24	15-25 m	488	3493	7.2
3.4	동도 지네바위 앞쪽	2020.03.24	10-20 m	46	140	3.0
3.5	삼형제굴바위 북쪽	2020.03.24	20-25 m	110	0	0.0
3.6	동여 동쪽	2020.03.24	20-25 m	174	500	2.9
4.1	삼형제굴바위 북동쪽	2020.04.28	15-25 m	184	177	1.0
4.2	가재바위 남동쪽	2020.04.28	12-28 m	211	390	1.8
4.3	천장굴 입구 북쪽	2020.04.28	10-20 m	65	0	0.0
7.1	동여 서쪽	2020.07.23	25-33 m	343	535	1.6
7.2	동여 서남쪽	2020.07.23	22-32 m	1009	2900	2.9
7.3	동도 해녀바위 남동쪽	2020.07.23	33-38 m	533	1,475	2.8
7.4	독립문바위 동쪽	2020.07.23	17-26 m	400	0	0.0
7.5	보찰바위 서쪽	2020.07.23	19-30 m	476	1,715	3.6
7.6	삼형제굴바위 북쪽	2020.07.23	25-40 m	1,485	1,995	1.3

3월의 6정점 중에는 0-7.2 개체/m²의 서식밀도 범위를 나타냈으며, 평균 2.2±2.8 개체/m²의 값을 나타냈다(그림 4). 최대값은 동도 해녀바위 동쪽 정점에서 나타났고, 한 개체도 나타나지 않은 2개의 정점은 해조류의 서식밀도가 높은 해역이었으며, 최대 서식밀도를 나타낸 정점은 해녀바위 동편으로 7월에도 인근 해역인 7-3정점과 3-4정점에서 3개체 전후의 높은 성게의 서식밀도를 나타냈다. 4월에는 좋지 않은 해황으로 3정점에서만 조사가 가능했는데, 0-1.8 개체/m²의 서식밀도 범위를 나타냈으며, 가재바위 부근의 정점 4-2에서 최대값을 나타내고 다른 정점에서는 1 개체/m² 이하의 낮은 서식밀도를 나타냈다. 4월의 평균 서식밀도는 0.9±0.9 개체/m²로서 조사시기 중 가장 낮은 평균 서식밀도를 나타냈다. 7월 조사시기에는 0-3.6 개체/m²의 서식밀도 범위를 나타냈고, 최대값은 정점 7-5의 서도 보찰바위 서쪽에서 3.6 개체/m²로 높은 서식밀도를 보였고, 최소값은 해조류 군집이 발달되어 있는 독립문 바위 부근의 정점 7-4이었으며, 성게가 출현하지 않았다. 7월 조사시기의 평균 서식밀도는 2.0±1.3 개체/m²로 3월과 다소 낮거나 비슷한 값을 보였고, 4월보다는 높은 값을 보였다. 최근 해양환경공단은 한국수자원관리공단 등과 함께 지난 2015년부터 독도해역의 해조류 서식지 훼손을 방지하기 위해 '해양생물다양성 회복사업'을 시행하고 있으며, 연차별 계획을 수립해 체계적으로 관리하고 있다. 특히 2018년까지 약 12톤의 성게를 제거했으며, 전문 잠수인력이 투입된 지난해 이후 독도 주변해역의 성게 밀도가 확연히 감소된 것으로 보고하였다. 보고 자료에 의하면 독도 성게 밀집구역 내 평균밀도

는 2018년에 10±2 개체/m²에서 2019년 2±2 개체/m²로 감소하였다고 하는데, 본 조사에 의한 전체 평균 값인 1.9±1.9 개체/m²와 유사한 값으로 보인다.



[그림 3] 2020년 3월, 4월, 7월 조사정점에서의 성게 서식밀도 비교



[그림 4] 2020년 3월 조사정점에서의 성게 서식 양상

이번 조사는 성게 번성 시기인 봄철과 산란 직전인 초여름에 이루어졌으나, 계절에 따라 성게의 서식밀도 변동이 있고, 조사 해역의 수심이나 지형 특성에 따라서도 변동폭이 커서, 표준화 할 수 있는 조사 방법의 개발이 필요하다. 현재, 독도 해양생물다양성 회복을 위한 수중작업으로 갯녹음현상이 심화된 해역에서는 성게와 석회조류 제거, 자생 해조류(갈매, 대황 등) 이식(종묘 400개)을 병행하고 있으나 오픈된 해역에서 이를 모니터링하기는 매우 어려운 실정이다. 동근성게는 우리나라 뿐 아니라 동아시아 전역에서 서식하며, 수산자원이므로도 중요한 생물로서 '우니'라고 불리는 생식소는 고가의 수산물이다. 일반적으로 동근성게의 산란기는 9월에서 10월에 걸쳐 수온이 내려가는 시기에 이루어진다고 알려져 있

나 [2], 국내에서 관측되거나 확인된 사항은 없다. 둥근성게는 독도를 포함한 동해 연안 해조군집의 최대포식자로 알려져 있는데 [3], 둥근성게의 서식조건과 이동능력 등의 정보는 매우 부족한 실정이다. 특히 2019년에 수행된 예비 조사시에 수십 80미터가 넘는 해역에서도 성게의 밀생된 군집이 발견되었기 때문에, 성게의 이동능력과 서식 수온에 대한 내성, 번식 시기 및 해조류 섭식 특성 등의 생태적 연구가 반드시 수행되어야 할 것으로 판단된다. 특히, 최근에 실험을 통해 국제논문으로 보고되었던, 독도 성게의 온도 내성에 대한 적응 능력이 매우 크다는 사실은 다른 조식성 동물과의 경쟁에서도 성게가 매우 유리한 위치에 있다는 것을 시사하기에 [4], 독도 생태계의 균형과 건강을 유지하기 위해서는 반드시 집중적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Kim, D.K. and Chang, D.S. 1992. A study on the artificial formation of seaweed beds on artificial reefs. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. 46: 7-9.
- [2] Agatsuma, Y., 2007. Ecology of *Strongylocentrotus nudus*. In: Lawrence, J. (Ed.), Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. Elsevier, Amsterdam, pp. 443.457.
- [3] Choi, C.G., Kwak, S.N., Sohn, C.H., 2006. Community structure of subtidal marine algae at Uljin on the East coast of Korea. ALGAE 21, 463.470.
- [4] Sin E.C., Min, W., Kim, Y., Kim T.W. 2019. Respiration of the sea urchin *Mesocentrotus nudus* in response to large temperature fluctuations. Marine Environmental Research 144 (2019) 178.185