

새우조망에 의한 어업구역의 인위적인 영향에 대한 선행연구

차봉진* · 윤상필¹ · 정래홍² · 김성길² · 이재성² · 윤원득³ · 신종근⁴

국립수산과학원 서해수산연구소 자원환경과, ¹국립수산과학원 갯벌연구소,
²국립수산과학원 환경연구과, ³국립수산과학원 어장정보과, ⁴국립수산과학원 연구기획과

A primary study on the effect of artificial disturbance on a fishing area by shrimp beam trawl

Bong-Jin CHA*, Sang-Pil YOON¹, Jae-Soung LEE¹, Soung-gill KIM¹, Rae-Hong JUNG¹,
Won-Duck YOON² and Jong-keun SHIN³

*Fisheries Resources and Environment Division, West Sea Fisheries Research Institute,
NFRDI, Incheon 400-420, Korea*

¹*Tidal Flat Research Institute, NFRDI, Gunsan 573-882, Korea*

²*Environment Research Division, NFRDI, Busan 619-902, Korea*

³*Ecology and Oceanography Division, NFRDI, Busan 619-902, Korea*

⁴*Research and Development Planning Division, NFRDI, Busan 619-902, Korea*

It has been considered that fishing areas for shrimp beam trawl have been in ruin because Korean local governments have permitted trawling into the areas limited by the fisheries local regulations from 1994. Physical and biological effects of the trawling were investigated in the study. Physical effects were investigated by optical methods such as trawling tracking by side scan sonar and comparing the gear both before and after trawling. Biological aspects were investigated by grab sampling of benthic animals, concentration of trace metals in sediment and a flux evaluation of NH_4^+ , PO_4^- , and SiO_2 by coring. The fishing activity had physical impacts on the seabed but these recovered naturally in less than fourty days naturally, which increased the benthic biodiversity, increases the trace metal concentration of and nutrient flux into the seawater, especially phosphate and silicate. This method and these results can help in further studies looking for disturbances by fishing.

Key words : Fishing disturbance, Shrimp beam trawl, Trawling impact, Side scanning, Biological aspect

*Corresponding author: holdu@nfrdi.go.kr, Tel:82-32-724-0631, Fax: 82-32-724-0569

서 론

유엔은 2004년과 2006년의 각각 59차와 61차 총회의 수산결의에서 조업행위에 의한 해저생태계 훼손이 심각한 상태에 이르고 있음을 선언하고, 파괴적 조업관행으로부터 해산, 열수분출공 및 냉수 산호초를 포함한 취약한 해양생태계를 보호하고, 어종을 지속적으로 관리하기 위한 조치를 각국에 요청하였다. 특히, 61차 총회에서는 각국이 저층어망어구에 의한 영향을 줄일 수 있는 구체적인 방안을 제시하도록 요청하였다.

이러한 국제적 움직임은 근래의 어업행위와 해저생태계의 관계에 대한 연구결과들과 직접적인 관계가 있으며 그 대표적인 연구로는 약 30년 동안의 어업과 해양기후 변화에 따른 북해의 생태계변화에 대한 연구(Michael, 2005), 멀티빔 소나 등을 이용해 어업에 따른 물리적 교란을 조사한 연구(Malik and Mayer, 2007), 끌어구의 조업 지역과 조업지역이 아닌 곳에 대한 해저생태계의 시간에 따른 변화 연구(Biasi, 2004; Simpson and Watling, 2006), 조업이 금지된 지역의 해저 생물에 대한 연구(Duineveld et al., 2007), 새우잡이용 저층트롤에 의한 해저생물의 다양성 변화에 대한 연구(Burrige et al., 2002), 트롤의 교란에 의한 서로 다른 서식해역의 초대형저서동물군(megafaunal benthic communities)에 대한 연구(Kaiser et al., 1998) 등이 있다. 그리고 최근에는 FAO(Fisheries Technical paper, 2005)에서 끌어구들에 의한 해저에 대한 영향에 관해 연구하고 이와 함께 앞선 연구들을 조사하여 분석한 자료를 발표하였다. 이들 연구는 공통적으로 해저에 직접적인 물리적 충격을 가하는 어업은 해저의 생태계에 좋지 않은 영향을 미친다는 결론을 내고 있다.

그러나 한국에서는 이러한 물리적인 충격이 해저를 경작하는 효과를 가지고 있어, 해저에 쌓인 영양염을 바다로 퍼뜨리고, 이는 해양생태계의 생태계 고리를 순순환 시키는 역할을 한다고 믿기도 하지만, 이에 대한 연구는 찾기 힘들다.

어업행위에 의한 해양생태계에 대한 직접적 영향에 대한 연구는 여러 가지 측면에서 다양한 접근이 필요하기 때문에, 본 연구에서는 20년이 넘게 남해의 특정 구역에서 조업을 지속하고 있어 해양생태계에 영향을 오랫동안 미쳤을 것으로 예상되는 새우조망에 대하여 사이드스캔소나(side scan sonar) 등을 이용한 시각적인 조사와 저서동물군집의 차이, 조업전·후의 미량금속 변화, 저층용출수의 차이 등 다양한 조사방법을 활용하여 적절한 연구방법을 찾고자 하였다.

장치 및 방법

물리적 교란조사

새우조망이 해저에 미치는 물리적 교란에 대한 조사와 복원을 시각적 방법을 통해 조사하기 위해 사이드스캔소나(side scan sonar, S150I, DSME U-Tech, Korea)를 이용하여 실제 새우조망이 예망하는 것을 추적하면서 해저를 촬영하였다. 예망 후 조사는 해상의 날씨를 고려해 처음 교란의 발생일로부터 9일 후 그리고 40일이 지난시점에 각각 실시하였다.

발줄에 의한 해저면 훼손에 대한 조사를 위해서 Fig. 1의 'b' 지역에서 뜰줄에 수중카메라를 부착하여 예망을 시작해서 끝나기까지 발줄 부위를 촬영하였으며, 새우조망에 의해 발생하는 해저의 교란이 새우조망의 어느 부위에서 발생

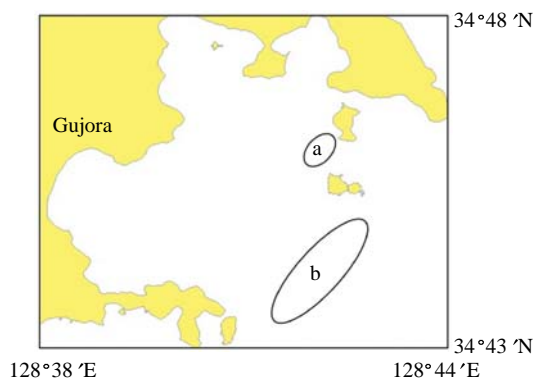


Fig. 1. The area of the investigation around Gujora in Geogje island.

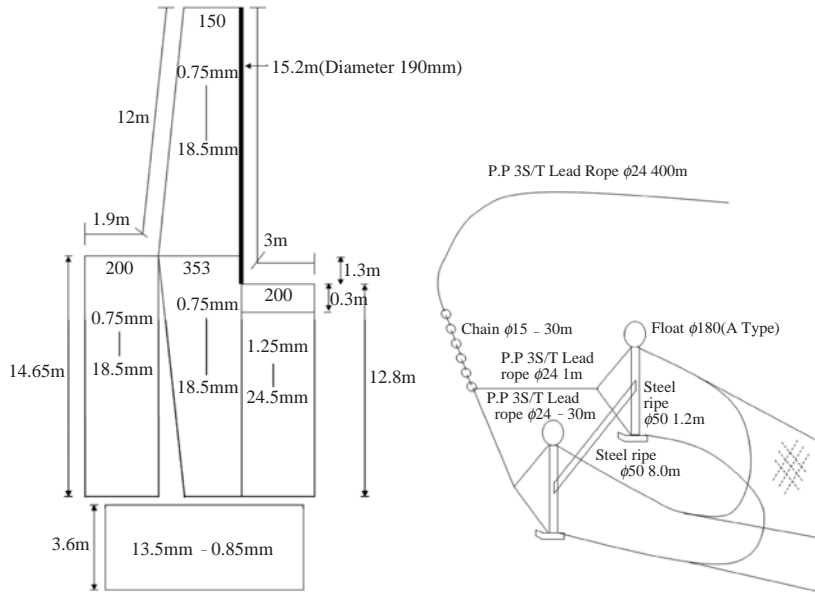


Fig. 2. Drawings and diagram of the shrimp beam trawl used in the experiment.

하는 지를 조사하기 위해 조업전과 조업후의 어구의 변화를 조사하였다.

Fig. 1 은 본 연구의 조사지역을 나타내는 것으로, 사이드스캔소나를 활용한 물리적 영향 조사는 조사기간 동안 조사외의 어로 행위에 의해 인위적인 영향을 받지 않도록 거제도 새우조망 허가구역에 인접한 외조라도부터 해안쪽인 Fig. 1 의 'a' 지역에서 실시하였다. 이 지역은 새우조망을 포함한 어업행위가 없는 구역이다.

본 연구에서 사용된 새우조망 어구는 Fig. 2 와 같이 어업인들이 실제로 사용하고 있는 어구로서 갯대의 양 끝에 해저의 마찰을 줄이기 위해 스키가 설치되어 있다.

저서동물군집 조사

조사는 2007년 조업허용기간인 4월과 조업금지기간인 7월 두 차례에 걸쳐 조업 대상 지역인 Fig. 1 의 'b' 과 비조업구역 지역인 Fig. 1 의 'a' 의 각각 1개의 정점에서 수행하였다. 조사방법은 퇴적물을 표면적 0.05m²인 van Veen grab 을 사용하여 정점 당 2회 반복 채집하였다. 인양된 퇴적물은 선상에서 망목 크기가 1.0mm인 체를

사용하여 체질하였으며, 잔존물은 현장에서 10% 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서 분류군별로 선별작업을 거친 후 저서다모류를 대상으로 종 수준까지 동정하였으며, 완전한 개체나 머리가 있는 경우만을 계수하였다. 측정된 개체 수는 단위면적 당 (m²)의 값으로 환산하였다.

미량금속 변화조사

조업금지기간인 2007년 7월에 조업구역인 Fig. 1 의 'b' 지역에 대하여 새우조망 작업 전과 작업 후의 퇴적물을 채취하여 그 차이를 조사하였다. 채취된 퇴적물은 실험실에서 동결 건조시킨 후, HNO₃ : HClO₄ : HF=2 : 1 : 2의 혼합산으로 분해하여 ICP-MS (Elan 6000, Perkim-Elmer) 를 이용하여 Cu, Cd, Pb, Cr, As, Zn를 분석하였다. -80°C에서 동결건조한 후 플라스틱 재질의 체 (Φ < 63μm)로 체질하여 통과된 퇴적물을 시료로 사용하였다. 미량금속을 추출하기 위하여 1g의 동결건조된 퇴적물 시료를 50mL 테프론 비이커에 넣고 혼합산(HNO₃ : HF : HClO₄=2 : 2 : 1)을 이용하여 침지하였다. 산을 완전히 휘발

시킨 후 2% HNO₃ 용액을 사용하여 100mL로 정용하였다. 퇴적물 시료의 미량금속분석은 유도 결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS, Perkin Elmer, Elan 6000)로 분석하였으며, Hg의 경우 수은자동분석기(Milestone, AMA-254)로 분석하였다. 분석자료의 신뢰성을 확보하기 위하여 Standard Reference Material은 PACS-2(Marine Sediment)를 이용하였으며, 모든 전처리 과정은 class 100의 clean room 내에서 행하였다.

조사하였다. 조사방법은 원통형의 코아(Lenght:40cm, Diameter : 8cm, Acryl)를 사용한 시료채집 방법으로 잠수부가 수중에 들어가 작업하여 표층 퇴적물의 교란을 최소화 했다. 채집된 코아는 현장에서 즉시, 세라믹 필터가 장착된 주사기 시료채집기를 이용하여 공극수를 추출하였다. 추출된 공극수는 공극 0.45 μ m 박막여과지로 여과한 후 실험실로 냉장보관되어 옮겨졌다.

결과 및 고찰

저층용출량 추정

2007년 조업 시기인 4월에 Fig. 1의 'b'인 새우조망 구역과 Fig. 1의 'a'인 비조업구역에 관해

물리적 교란조사

사이드스캔 조사에서, 새우조망 조업어선을 추적하면서 촬영된 Fig. 3의 '(a)'에서와 같이 뚜

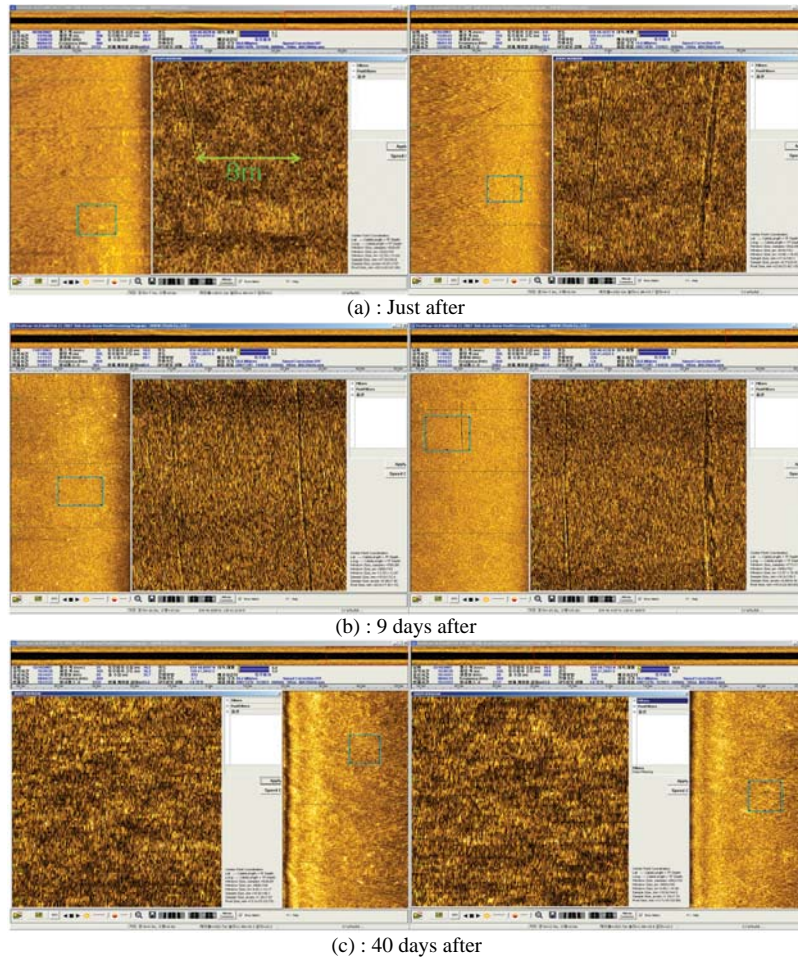


Fig. 3. Detecting of recovering process of the disturbance from trawling the seabed by the side scan sonar in (a) of the Fig. 1.

몇한해저지형의 변화를 확인할 수 있었다.

해저에 발생 한 물리적 교란은 해저 면에 나타난 두 선의 사이의 간격이 새우조망조업 빔의 폭 8m와 동일하며 조망의 예망방향과 일치하였고 Fig. 4에서와 같이 새우조망의 빔의 양끝의 지지대 끝에 장착한 스키가 조업전에는 붉게 산화되어 있으나 조업 후에는 해저면과의 마찰에 의해 녹이 제거된 것 등으로 보아 새우조망에 의한 물리적 교란으로 추정된다.

스키가 해저를 파는 깊이는 저질에 따라 다르지만 스키가 있는 경우는 산화부위가 제거되는 깊이가 3-8cm이고, 스키가 없는 어구를 조사해보면 빔의 양끝막대의 산화부위가 없어지는 깊이가 6-10cm이 되므로 해저를 파는 깊이는 어구가 기울어지거나 해저면이 평탄하지 않은 것을 고려하면 이보다는 얕을 것으로 판단된다.

새우조망에 의해 발생한 물리적 교란은 Fig. 3의 '(b)' 와 같이 8일 후인 11월 7일의 조사에서는 그 형상의 변화가 적었으나 Fig. 3의 '(c)' 와 같이 12월 10일의 조사에서는 새우조망에 의한 물리적 교란의 흔적을 전혀 찾을 수 없었다. 즉, 새우조망에 의해 발생하는 물리적 교란은 40일 이전에는 회복된다는 것을 알 수 있었다.

그러나, 새우조망에 의한 물리적 교란의 회복의 정확한 원인은 알 수가 없었다. 즉, 시간의 흐름에 따른 조류와 해류에 의한 회복인지 또는 다른 물리적 충격에 의한 것인지 알 수 없었다. 어



Fig. 4. Changing of detected parts(Ski) of the gear on the seabed after trawling.

구에 의한 물리적 교란은 태풍이나 조류 혹은 수심과 파도 그리고 또 다른 어업행위에 의해 복원된 것처럼 보이거나 변형이 발생할 수 있기 때문에 가능한 짧은 시간 간격으로 그 변화를 조사하는 것이 필요하다.

Fig. 5는 새우조망의 조업 중 발출을 촬영한 영상을 2분 간격으로 편집한 것으로 왼편 상단부터 오른편 하단까지의 시간순서이다. 예망중 새우조망의 발출도 해저를 파헤친다는 우려가 있으나, 사이드스캔소나에 의한 새우조망의 형태적 조사에서는 발출에 의한 물리적 교란은 찾을 수 없었고, Fig. 5와 같이 예망중 발출부위를 촬영한 결과에서도 빨이 발생하거나, 발출이 해저를 파는 현상을 발견하지 못했기 때문에 정상적인 새우조망조업에서는 끝줄에 의한 물리적 교란은 적을 것으로 판단된다. 실제로 새우를 잡기 위한 경우 끝자루에 빨이 입망되면 새우가 적게 잡히거나 새우의 품질이 저하되는 경험적 이유로 어업인들은 가능한 발출이 해저바닥을 파지 않도록 조업한다. 그리고 이것은 일반적으로 새우조망에 대해 알려진 바와 다른 것이다.

한국의 새우조망어업은 조업구역과 시기가 정해져 있기 때문에, 동일한 시기에 같은 지역에서 여러 어선이 집중적으로 조업하므로 실제 새

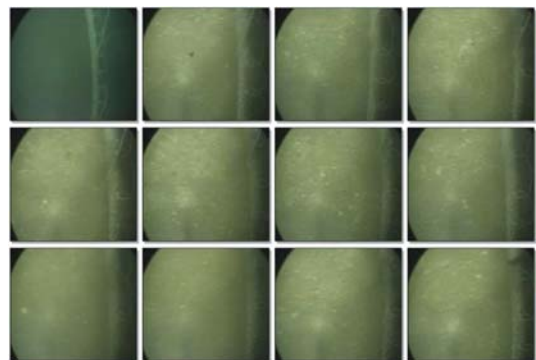


Fig. 5. Snapshots from the recording for the ground rope movement of the shrimp beam trawl according to time series in the fishing area and shrimp season that was recorded by underwater camera attached to float line during trawling.

우조망 구역에서는 본 조사에서와 같이 한척의 어선에 의한 물리적 교란보다는 보다 복합적이고 심각한 교란이 발생하며 연안의 해조류가 있는 지역에서는 해조류의 성장에도 영향을 줄 것으로 판단된다.

저서동물군집 조사

Fig. 6은 조업지역과 비조업지역에서 채집된 저서동물군집의 동물군별 개체수 조성을 나타

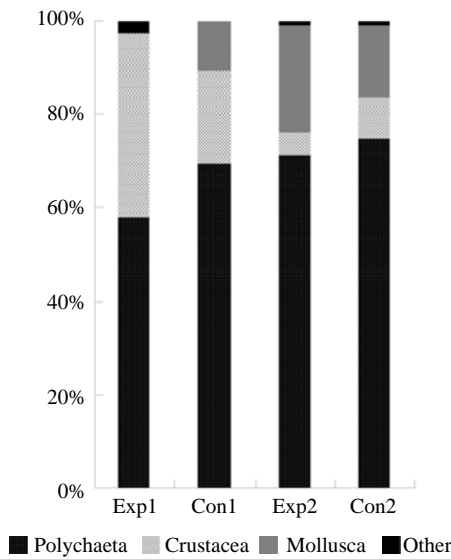


Fig. 6. Ratio of the number of fauna in the experiments and controls(Con : Fishing area, Exp : non-fishing area ; Exp1, Con1 : fishing season, Exp2, Con2 : fishing off season).

내는 것이며, Fig. 7은 저서다모류군집의 종수의 결과이고, Table 1은 채집된 종들의 전체로서, 이 들에서 Exp는 실험구(Experiment)를 Con는 대조구(Control)를 나타낸다. 더하여, Exp1은 조업허용기간의 조업구역, Con1은 조업허용기간의 비조업구역이며, Exp2는 조업금지기간의 조업구역, Con2는 조업금지기간의 비조업구역으로 표시하였다.

Fig. 6의 결과와 같이 모든 조사에서 다모류의 채집 비율이 최소 58% 이상으로 가장 많았고, 조업허용기간보다는 조업금지기간에 비중이 조금 더 높았다. 조업허용기간 중 조업구역에서는 같은 기간 비조업구역 비해 갑각류의 비율이 상대적으로 높았으며 연체동물의 비율은 낮았다. 반면, 조업금지기간에는 갑각류의 비중이 줄고 연체동물과 다모류의 비중이 증가하였으며 조업구역과 비조업지역 간의 개체수 조성 차이는 감소하였다.

Fig. 7과 Table 1에서와 같이 출현종수는 22 - 44종으로 조업허용기간의 조업구역에서 가장 많은 종이 출현하였으며 같은 시기의 비조업구역에서 가장 적은 종이 출현하였다. 조업금지기간에도 비조업구역보다는 조업구역에서 다소 많은 종이 출현하였다. 저서다모류의 개체 밀도는 780 - 2800ind./m²로 두 시기 모두 조업구역에서의 밀도가 비조업구역에 비해 약 3배 가까이

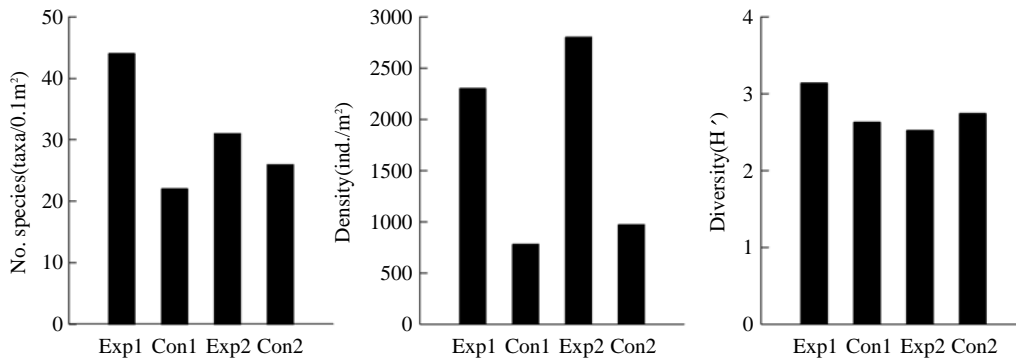


Fig. 7. The species, density and diversity of polychaete Community in the experiments and controls(Con : Fishing area, Exp : non-fishing area ; Exp1, Con1 : fishing season, Exp2, Con2 : fishing off season).

Table 1. Collected species from two sites around Geoje island(Con : Fishing area, Exp : non – fishing area ; Exp1, Con1 : fishing season, Exp2, Con2 : fishing off season)

A specific species	Exp 1	Con1	Exp2	Con2
<i>Mediomastus californiensis</i>	6	7	87	5
<i>Magelona japonica</i>	20	22	7	18
<i>Ampharete arctica</i>	45	4	-	-
<i>Euchone alicaudata</i>	1	-	35	-
<i>Sigambra tentaculata</i>	15	4	8	9
<i>Heteromastus filiformis</i>	-	1	27	2
<i>Ammotrypane aulogaster</i>	1	-	27	1
<i>Glycinde gurjanovae</i>	3	2	18	4
<i>Nephtys oligobranchia</i>	5	6	6	6
<i>Cirratulidae sp.</i>	22	-	-	-
<i>Flabelligeridae sp.</i>	1	-	3	17
<i>Aquilaspio krusandensis</i>	15	3	1	1
<i>Glycera chirori</i>	7	3	10	-
<i>Paraprionospio pinnata</i>	-	-	3	8
<i>Tharyx sp.</i>	5	2	2	2
<i>Polydora sp.</i>	9	-	-	1
<i>Sternaspis scutata</i>	-	2	6	2
<i>Lumbrineris longifolia</i>	-	5	4	-
<i>Minuspio multibranchiata</i>	-	-	8	-
<i>Ophiodromus pugettensis</i>	4	4	-	-
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	-	-	7	1
<i>Amaeana occidentalis</i>	1	2	3	1
<i>Aricidea neosucica nipponica</i>	2	-	2	3
<i>Loimia medusa</i>	6	1	-	-
<i>Lumbrineris japonica</i>	3	4	-	-
<i>Scoloplos armiger</i>	7	-	-	-
<i>Eumida sanguinea</i>	6	-	-	-
<i>Spirochaetopterus koreana</i>	1	1	2	2
<i>Aphelochaeta monilaris</i>	4	-	1	-
<i>Chone teres</i>	5	-	-	-
<i>Amphisamytha japonica</i>	1	-	-	3
<i>Dorvillea rudolphi</i>	-	1	1	2
<i>Lygdamis giardi</i>	4	-	-	-
<i>Scotelepis sp.</i>	-	1	-	3
<i>Anaitides koreana</i>	3	-	-	-
<i>Aonides oxycephala</i>	3	-	-	-
<i>Cabia pilargiformis japonica</i>	1	-	1	1
<i>Minuspio pulchra</i>	3	-	-	-
<i>Nectoneanthes multignatha</i>	-	-	3	-
<i>Prionospio paradisea</i>	3	-	-	-
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	2	-	1	-
<i>Syllidae sp.</i>	2	1	-	-
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	2	-	-	-
<i>Diopatra sugokai</i>	1	-	1	-
<i>Exogone uniformis</i>	2	-	-	-
<i>Harmothoninae sp.</i>	1	-	1	-
<i>Nereis longior</i>	2	-	-	-
<i>Pilargis berkeleyae</i>	-	1	-	1
<i>Pista cristata</i>	-	-	2	-
<i>Prionospio saccifera</i>	-	-	1	1
<i>Amphicteis genneri</i>	-	1	-	-
<i>Chaetozone sp.</i>	1	-	-	-
<i>Clymenella koreana</i>	1	-	-	-
<i>Heterospio sinica</i>	-	-	-	1
<i>Inermonephtys gallardi</i>	-	-	-	1
<i>Leiochrides sp.</i>	-	-	1	-
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	-	-	1	-
<i>Mellina elisabethae</i>	1	-	-	-
<i>Notomastus latericeus</i>	-	-	-	1
<i>Owenia fusiformis</i>	1	-	-	-
<i>Spiophanes bombyx</i>	1	-	-	-
<i>Trochochaeta sp.</i>	1	-	-	-
Total number	230	78	280	97
Total Species number	44	22	31	26

높았다. 그러나 저서다모류의 밀도는 조업구역과 비조업구역 모두에서 조업허용기간보다는 조업금지 기간에 다소 증가한 양상을 나타내었다. 다양도는 조업허용기간 중의 조업구역에서 다양도가 가장 높았지만 출현종수와 개체 밀도에 비해 상대적으로 케이스간의 차이가 적었다.

조업지역의 종수, 개체밀도 및 다양도 등이 비조업지역에 비해 대체로 큰 값을 나타내는 일관성을 보였다. 이것은 조업구역과 비조업구역의 지역적 차이가 군집의 차이를 유발한 것이거나, 새우조망조업이 군집의 종수와 개체밀도를 증가시키는 긍정적인 효과를 이끌어 냈다고 볼 수 있다.

만약, 지역적 차이 때문이라면 어업인이 주장하는 바와같이 새우조망조업이 타 어업에 좋은 영향을 미친다는 것은 옳지 않은 주장이며, 조업에 의한 영향이라면 작은 규모의 서식처 교란은 일시적으로 다양한 생물들에게 교란된 서식처를 점유할 수 있는 기회를 제공하며, 특히 본 경우는 저서생물을 먹이로 이용하는 각종 해저생물들을 조업 시 혼획되었기 때문으로 생각된다.

그러나 이러한 일관성 있는 결과에도 불구하고 다양한 상황을 포함할 만큼 충분한 채집횟수와 다양한 지점에 대해 수행된 것이 아니라는 점과 저서생물은 여러 가지의 환경적 변수에 영향을 받는 것을 감안한다면 새우조망에 의한 구체적인 영향정도의 파악은 좀 더 여러 지점에 대해서 지속적이고 반복적인 조사가 필요(Kaiser et al. 1998, FAO 2005)하며 그 결과를 바탕으로 하는 다양한 분석이 필요할 것으로 생각된다. 또한, 이에 더해서 지역별 어획량과 Food Web(Marta Coll et al., 2002)에 대한 비교조사를 통해 새우조망이 해양생태계에 미치는 영향에 대한 부족한 부분을 보충할 수 있을 것으로 생각된다.

미량금속 변화조사

Fig. 8은 새우조망 조업전과 조업후의 퇴적물

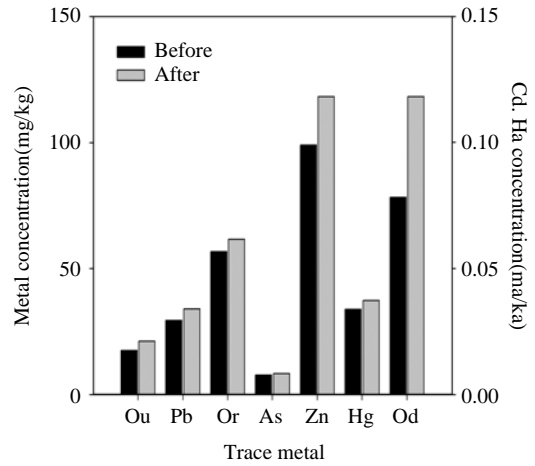


Fig. 8. Density of trace metals before trawling and after trawling in the fishing area and shrimp season.

내 미량금속의 농도를 나타내는 것으로 대부분 조업전에 비해서 조업 후에 미량금속의 농도가 약간 증가하는 경향을 나타내었다. Cd와 Zn의 경우에는 다른 금속에 비해 증가의 폭이 약간 큰 것으로 나타났으며, 모든 미량금속의 농도는 NOAA의 권고기준인 ERL(Effect Range Low)보다 낮은 농도를 나타내었다.

새우조망은 조업 시 빙대 끝단에 해저면으로의 압력이 집중되어 스키가 있는 경우는 최대 8cm, 스키가 없는 경우는 최대 10cm 가량의 깊이로 파면서 예망되기 때문에 예망 시에 노출된 곳이 노출되지 않은 곳과 차이가 있을 수 있으나 조사가 진행된 지역은 조업이 오랫동안 진행된 곳이기 때문에 차이가 적게 나타나는 것일 수 있으므로, 조업에 의한 영향을 파악하기 위해서는 조업지역과 이 지역과 근접한 비조업지역에 대한 조사와 비조업시기에 대한 조사가 병행되면 그 차이를 보다 명확히 할 수 있을 것으로 판단된다.

다만, 이러한 조사에서 조업에 의한 변화를 찾기 힘들고, 또한 본 조사에 의하면 새우조망에서 사용하는 남에 대한 농도도 낮게 나왔으므로 조업지역이 중금속에 오염될 가능성이 낮은 지역에서는 타당한 조사 방법이 아닌 것으로 판단된다.

저층용출량 조사(공극수 중 용존 암모니움, 인, 규소의 수직농도분포)

Table 2과 Fig. 9에서, 조업구간에서는 새우조망에 의해 물리적 영향을 주로 받을 것으로 판단되는 퇴적물의 깊이인 약 6-7cm에서 암모니움과 규소농도의 비연속 구간을 뚜렷하게 보였다. 반면, 비 조업구간은 퇴적물 깊이 약 8-9cm를 경계로 인과 규소에서 수직분포 형태가 변화되

었으나 조업구간에 비해 뚜렷하지 않았다. 그리고 조업구간 퇴적물내 공극수 농도가 비 조업구간에 비해 약 1.5배 높게 나타났다. 이러한 결과

Table 2. Benthic fluxes of porewater ammonium, phosphate, silicate of the fishing and non-fishing area

	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Si(OH) ₄
	(mmol m ⁻² yr ⁻¹)		
Fishing	12.8	0.28	13.4
Non-fishing	15.3	1.91	22.2

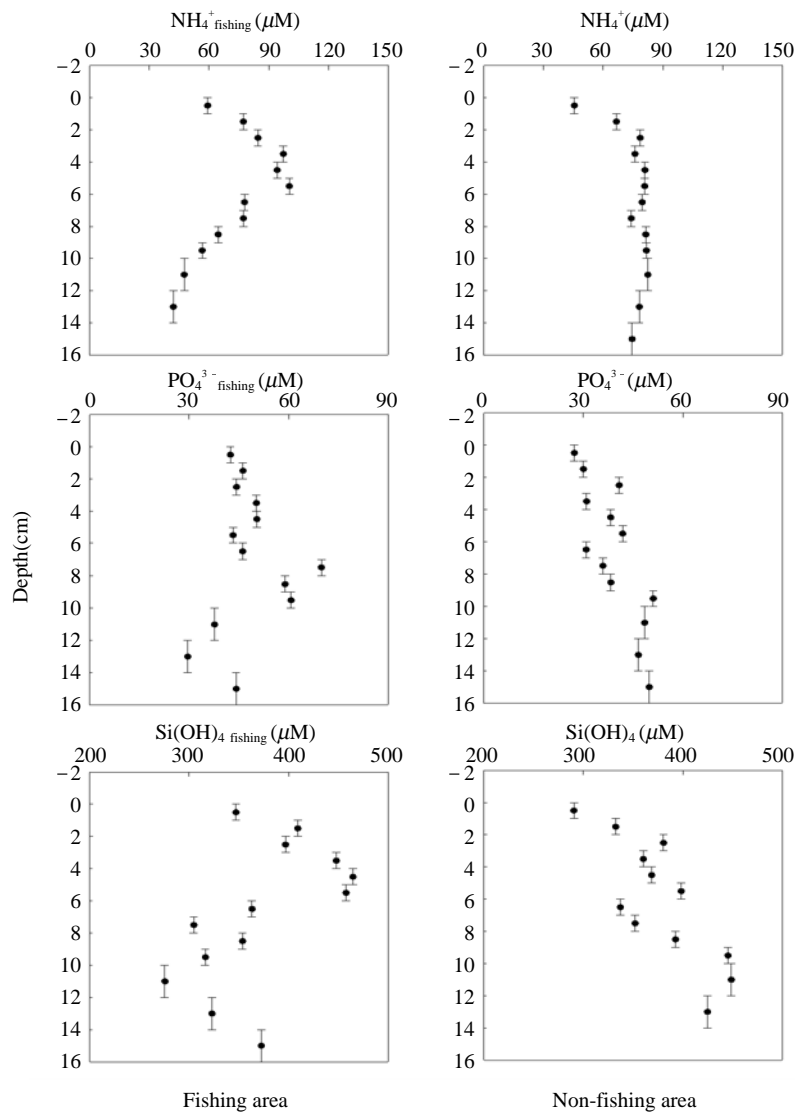


Fig. 9. Vertical distributions of dissolve ammonium, phosphate, and silicate in pore water of the fishing and non-fishing area. The vertical error bars represent the range of sampling depth.

는 조업구간은 새우조망의 지속적인 물리적 교란에 의해 퇴적물 상부층은 지속적으로 혼합이 발생하고, 이에 따라 표층 퇴적물에 집적된 유기물은 퇴적물 상부층 아래로 혼합되어 희석효과가 크게 나타나며, 또한 상부층 퇴적물을 호기성 환경으로 만들어 유기물 분해를 증진시키고 이 결과는 공극수의 농도에 반영된 결과로 해석이 가능하다. 또한 지속적인 혼합은 공극수 농도의 수직 경사를 감소시켜 궁극적으로 퇴적물/해수 계면에서 물질순환에 영향을 주게 된다.

저층용출량 조사는 해양생물조사와 중금속조사와 달리 물리적 교란에 대한 영향을 직접적으로 반영할 수 있으므로, 끌어구에 의한 영향을 조사하는데 매우 적절한 연구방법으로 판단되어진다.

결 론

사이드스캔소너를 이용한 조사 등을 통해 새우조망에 의해 해저면에 발생한 물리적 교란은 해저면으로부터 6cm 내외를 변형시키며 이는 40일 이내에 사라진다. 조업 시 중금속이 수중으로 노출될 가능성이 조사되었고, 조업구역에서의 물리적 교란이 발생하는 층의 압모니움, 인, 규소의 비연속 구간이 비조업 구역의 같은 층에 비해 뚜렷히 발생하였으며, 공극수 농도도 조업 구간이 비조업 구역에 비해 1.5배 높았다.

그러나 해저생물 조사와 저층용출수 조사의 결과를 일반화 하기 위해서는 보다 다양한 지역에 대해 반복적인 조사가 필요하였고, 중금속 조사는 지역적으로 적절하지 않을 수도 있다는 결론을 얻었다. 또한, Food Web 조사를 추가하면 생물학적 교란에 대한 조사에 대한 부족한 부분을 보충해 줄 수 있을 것으로 기대되며, 저층트롤어업과 같이 넓은 면적으로 해저를 접촉하고 그 영향으로 빨을 용승시키는 어업에 대해서는 용승된 빨을 조사하는 연구(Dounas, 2006)를 통해 화학적 변화를 추정하는 것도 좋은 방법이 될 것으로 생각된다. 저층예망어구에 대한 해저생

태계 교란연구는 본격적으로 시급히 시작되어야 하고, 다양한 학제적 방법들이 시도되어야 정확한 조사가 가능하다. 또한 이들 연구의 결과들은 상호보완적 관계에 있을 가능성이 있으므로 대형의 융합연구로 진행되어야 효과적일 것으로 판단된다.

사 사

본 논문은 국립수산과학원(생태계기반형 어구어법 개발, RP-2009-FE-007)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Biasi, A.M.D., 2004. Impact of experimental trawling on the benthic assemblage along the tuscan coast(north Tyrrhenian Sea, Italy). *ICES Journal of Marine Science*, 61, 1260 - 1266.
- Burridge, C.Y., C.R. Pitcher, T.J. Wassenberg, I.R. Poiner and B.J. Hil, 2002. Measurement of the rate of depletion of benthic fauna by prawn (shrimp) otter trawls: an experiment in the Great Barrier Reef. *Fisheries Research*, 60, 237 - 253.
- Coll, M., I. Palomera and S. Tudela, 2009. Decadal changes in a NW Mediterranean Sea food web in relation to fishing exploitation. *Ecological Modelling*, 220, 2088 - 2102.
- Dounas, C.G., 2006. A new apparatus for the direct measurement of the effects of otter trawling on benthic nutrient releases. *Marine Biology and Ecology*, 339, 251 - 259.
- Duineveld, G.C.A., M.J.N. Bergman, and M.S.S. Labaleye, 2007. Effects of an area closed to fisheries on the composition of the benthic fauna in the southern North Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 64, 899 - 90.
- FAO, 2005. Impacts of trawling and scallop dredging on benthic habitats and communities. *Fisheries Technical paper*, 472, pp. 66.
- Kaiser, M.J., D.B. Edwards, P.J. Armstrong, K. Radford, N.E.L. Lough, R.P. Flatt, and H.D. Jones, 1998.

- Changes in Megafaunal benthic communities in different habitats after trawling disturbance. ICES Journal of Marine Science, 55, 353 – 361.
- Malik, A.M. and L.A. Mayer, 2007. Investigation of seabed fishing impacts on benthic structure using multi-beam sonar, side scan sonar, and video. ICES Journal of Marine Science, 64, 1053 – 1065.
- Michael, R.H., 2005. Changes in the structure and function of the North Sea fish foodweb, 1973 – 2000, and the impacts of fishing and climate. ICES Journal of Marine Science, 62, 847 – 868.
- Simpson A.W. and L. Watling, 2006. An investigation of the cumulative impacts of shrimp trawling on mud-bottom fishing grounds in the Gulf of Maine : effects on habitate and macrofaunal community structure. ICES Journal of Marine Science, 63, 1616 – 1630.
-
- 2009년 7월 14일 접수
2009년 8월 26일 1차 수정
2009년 9월 30일 2차 수정
2009년 11월 2일 3차 수정
2009년 11월 2일 수리