

트롤 어구에 부착된 썸기형 해파리 분리배출장치의 성능 연구

박창두* · 김인옥¹ · 이경훈 · 이건호 · 박성욱

국립수산과학원 시스템공학과, ¹국립수산과학원 서해수산연구소 해양산업과

The performance of a wedge type jellyfish excluder device inserted in a trawl net

Chang-Doo PARK*, In-Ok KIM¹, Kyoungsoon LEE, Gun-Ho LEE and Seong-Wook PARK

Fisheries system engineering Division, NFRDI, Busan 619-902, Korea

¹Aquaculture Industry Division, West Sea Fisheries Research Institute, Incheon 400-420, Korea

In order to describe the performance of a wedge type jellyfish excluder device, a series of fishing experiments was carried out in the coastal areas of Yokji Island, southern Korea in 2009, using a trawl net with a cover net. The body size and weight of each individual (fish or jellyfish) caught in the experimental fishing were measured. In the case of giant jellyfish the bell diameter and weight were measured. The catch species was composed of giant jellyfish (*Nemopilema nomurai*), silver croaker (*Pennahia argentata*), yellow croaker (*Larimichthys polyactis*), finespotted flounder (*Pleuronichthys cornutus*), largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*), melon seed (*Psenopsis anomala*) and so on. The weight ratio and individual ratio of total fish escaped through the outlet of the excluder device were 0.322 and 0.320, respectively. The weight ratios of giant jellyfish excluded from the trawl net ranged from 0.740 to 0.921 (average 0.852/haul). It means that the wedge type jellyfish excluder device performed well and allowed the most of the giant jellyfish to exclude through the trawl net. The approximately 70% of fish entered in trawl net was caught. The wedge type excluder device needs some improvements to minimize the fish escape from the trawl nets in the future.

Keywords: Jellyfish, *Nemopilema nomurai*, Trawl, Wedge type, Jellyfish excluder device, Catch ratio, Exclusion ratio

서 론
바다에 떠다니는 해파리는 독성을 지니고 있 으며 몸의 95% 이상이 물로 구성되어 있다 (Uchida et al., 2005; Nagai, 2005; Okazaki, 2005).

*Corresponding author: cdpark1@nfrdi.go.kr, Tel: 82-51-720-2590, Fax: 82-51-720-2586

최근, 기후변화 등의 영향으로 우리나라 연근해에는 해파리가 다량으로 출현하여 각종 어선들의 조업 활동에 많은 피해를 주고 있다. 해파리에 의한 어업 피해의 유형은 해파리의 중량에 의한 어망 파손, 해파리 독에 의한 선원들의 피부 손상, 해파리의 중량 또는 독에 의한 어획물 상품성 저하, 선상 선별 작업에 소요되는 노동력 증가 등이다 (Uye, 2005; Honda et al., 2005; Kim et al., 2008). 우리나라 연근해에 출현하여 어업 피해를 주는 해파리의 종류는 노무라입깃해파리 (*Nemopilema nomurai*), 보름달물해파리 (*Aurelia aurita*), 유령해파리 (*Cyanea nozakii*) 등이며 이들 중에서 특히 노무라입깃해파리는 우산 직경 2m, 체중 200kg의 대형 개체로 성장하므로 어업 피해의 비중이 높은 종류로 알려져 있다 (Kim et al., 2008; Yasuda, 2009). 최근의 연구에 의하면 노무라입깃해파리는 난류의 영향이 강한 수심 40m 이내의 고수온, 저염분 수역에 많이 분포하며 유영 속력은 0.03 - 0.17m/s (평균 0.11m/s)이고 수심 176m의 깊은 수층에서도 발견되고 있다 (Honda and Watanabe, 2007; Honda et al., 2009; Honda and Matsushita, 2009).

우리나라 연근해에서는 다양한 종류의 어구 어법 (National Fisheries Research & Development Institute, 2002)이 사용되고 있으며 해파리에 의하여 조업에 지장을 받는 어선 어업의 종류는 트롤, 저인망, 정치망, 안강망, 낭장망 등으로 알려져 있다 (Kim et al., 2008). 이들 어업에 대한 해파리의 피해 감소를 위해서는 해파리의 분포량이 많은 수역에서 조업을 피하는 것을 고려할 수 있으나, 어업경영의 안정성을 확보하기 위해서는 입망한 해파리를 어구로부터 분리 배출시키고 상품성 있는 어류만을 어획하는 해파리 분리배출망의 개발이 중요하다.

지금까지 수행된 해파리 분리배출망 연구는 예망 어구에 부착하는 Grid식 해파리 혼획 감소장치 (Matsushita et al., 2005), 쌍끌이기선저인망 어구의 해파리 분리배출 장치 (Okino et al.,

2009), 정치망의 해파리 차단망 (Goto et al., 2008), 트롤의 분리배출망 연구 (Kim et al., 2008) 등이 있다. 또한, 일본수산종합연구센터 (<http://www.fra.affrc.go.jp/>)에서는 대형 해파리에 의한 어업피해 저감을 위한 어구개량 매뉴얼을 제시하고 있다. 이들 연구 결과들을 살펴보면 해파리 배출망은 그 형태나 재료 등에 따라 해파리의 분리배출 비율 또는 어류 탈출 비율이 달라지므로 대상 어류나 어업 특성을 고려한 다양한 형태의 해파리 분리배출망의 개발이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 자루그물을 가진 트롤 어구 등에 적용할 수 있는 쐐기형 (wedge type) 해파리 분리배출망을 설계 제작하여 시험 조업을 수행하고 그 결과를 분석하였다.

재료 및 방법

시험어구 설계 및 제작

우리나라 연근해에서 사용되고 있는 다양한 어구 중에서 자루그물이 부착된 어구는 트롤, 쌍끌이기선저인망, 외끌이기선저인망, 안강망, 낭장망, 새우 조망 등이다. 이들 어구의 자루그물 속으로 입망된 해파리, 어류 등은 끝자루 앞쪽 부분에 설치된 해파리 분리배출장치를 통과하는 과정에서 해파리는 분리 배출되고 상품성 있

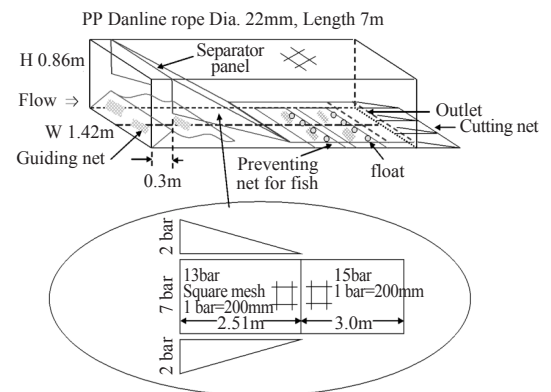


Fig. 1. Schematic diagram of the wedge type jellyfish excluder device inserted between cod end and cod head of the experimental trawl net.

는 어류만 끝자루에 들어가도록 하면 해파리가 분포하는 수역에서도 안정적인 조업이 가능하다. 본 연구에서는 트롤 어구의 끝자루 앞쪽에 부착하여 사용할 수 있는 해파리 분리배출망으로서 썰기형 분리배출망을 설계, 제작하여 시험 조업을 수행하였다.

본 연구에서 사용한 썰기형 해파리 분리배출망은 Fig. 1에 나타나 있는 바와 같이 연장망, 유도망, 해파리 분리망, 어획손실 방지망, 해파리 유입 차단망, 배출구, 해파리 절단망 등으로 구성되어 있다. 연장망은 트롤 어구의 끝자루와 몸그물을 연결하는 망지이며 끝자루 앞쪽의 망지와 동일한 망지(망목크기 60mm)를 사용하여 제작하였다. 분리망은 입망한 해파리를 배출구로 유도하고 어류는 쉽게 통과하여 끝자루 속으로 들어가게 하는 역할을 하며 사각 망지(square mesh, 말 길이 200mm, ϕ 8mm)로 제작하였다. 분리망의 상류측은 Kim et al. (2005)의 선행연구를 참고하여 밀판과의 각도가 약 20°가 되도록 설계하였고 하류측은 밀판과 거의 닿도록 부착하여 밀판과 분리망 사이에서 어류의 유영이 어렵도록 설계하였다(Fig. 1). 유도망(PE 45합사, 망목크기 60mm)은 입망한 어류가 분리망과의 접촉 확률을 높여 분리망을 쉽게 통과하도록 하는 역할을 하며 연장망의 밀판에 부착하였다. 연장망의 밀판에 어류가 해파리 배출구 쪽으로 유영하는 것을 차단시킬 목적으로 길이 약 0.9m의 어획손실 방지망(PE 45합사, 망목크기 60mm) 2장을 연속하여 부착하였으며 하류 방향 끝 부분에는 뜰을 부착하여 예망시 다소 경사지도록 하였다. 해파리 유입 차단망(PE 60합사, 망목크기 60mm, 길이 1m)은 배출구로 유도된 해파리가 끝자루 속으로 들어가는 것을 방지할 목적으로 배출구 근처의 연장망 밀판에 부착하였다. 해파리 배출구는 끝자루 앞쪽의 밀판에 흐름과 수직인 방향으로 설치하였으며 길이는 어구의 밀판폭(1.42m)과 동일하다. 해파리 절단망(wire rope, ϕ 3mm, bar 200mm)은 배출되는 해파리를

절단하여 사멸시키는 목적으로 배출구 끝단에 부착하였다.

시험조업 및 조사

본 연구에서 제작된 썰기형 해파리 분리배출망의 성능은 국립수산물과학원 시험조사선 탐구3호(GT 369)에 비치된 자원 조사용 트롤 어구에 부착하여 조사하였다(Kim et al., 2008). 시험조업은 2009년 9월 8일부터 11일 사이에 욱지도 연안 수역에서 10회 수행되었다. 시험 어구의 예망 시간은 노무라입깃해파리의 분포량을 고려하여 30분으로 설정하였다. 시험 조업시에는 해파리 배출구로 탈출하는 어류와 분리 배출되는 해파리의 수량을 파악하기 위하여 해파리 배출구 하면에 끝자루와 동일한 망지(망목 내경 50mm)로 제작한 채집망(cover net)을 부착하였다. 시험어구에 부착한 끝자루 및 채집망의 구성은 Kim et al. (2008)의 연구를 참고하였다. 다만, Kim et al. (2008)의 연구에서는 배출망의 배출구가 트롤 어구의 윗판에 설치되어 있으나, 본 연구에서는 배출구가 밀판에 부착되어 있으므로 채집망(Cover net)을 밀판에 부착하였다. 또한, 채집망에 의한 masking effect를 피하기 위하여 채집망의 중앙 하부에 발돌(납)을 부착하였다(Wileman et al., 1996). 그리고 수집된 해파리의 직경을 측정할 목적으로 썰기형 해파리 배출망의 배출구에 붙은 절단망은 분리하여 시험 조업을 수행하였다.

시험조업에서 어획된 해파리, 어류 등은 끝자루와 채집망으로 분리하여 체장, 체중을 측정하였다. 해파리의 경우, 분리망에 의하여 절단되거나 절단된 해파리가 입망되는 경우가 있으므로 우산 직경을 측정할 수 없는 개체는 중량만 측정하였다. 어류에 대해서는 전수 조사를 수행하였다.

해파리 분리 배출망은 해파리의 분리배출 비율을 높이고 어류의 탈출비율을 낮추는 것이 중요하다. 본 연구에서는 해파리 분리 배출망의 성능을 평가하기 위하여 어류 또는 해파리의 어획 비율(C_i)과 분리 배출비율 또는 탈출비율(E_i)을

각각 이하의 수식으로 계산하였다. 수식의 COD와 COV는 각각 끝자루의 어획량 (개체수 또는 중량), 채집망의 어획량 (개체수 또는 중량)을 나타낸다.

$$C_i = \text{COD}_i / (\text{COD}_i + \text{COV}_i), E_i = 1 - C_i \quad (1)$$

어구에 입망한 해파리는 망목이 큰 분리망과 조우한 다음, 일부는 분리망을 통과하여 끝자루로 들어가고 일부는 분리배출망의 배출구를 통하여 탈출할 것으로 예상되었다. 본 연구에서는 끝자루와 채집망에서 어획된 어류의 체장 구성에 차이가 있는가를 비교할 목적으로 체장별 어획개체수의 누적 분포를 비교하였다.

연구 결과

어획비율 및 탈출비율

시험조업에 어획된 어획물의 종류는 노무라입깃해파리 (Giant jellyfish, *Nemopilema nomurai*), 보구치 (Silver croaker, *Pennahia argentata*), 참조기 (Yellow croaker, *Larimichthys polyactis*), 달강어 (Redwing searobin, *Lepidotrigla microptera*), 물가자미 (Shotted halibut, *Eopsetta grigorjewi*), 도다리 (Finespotted flounder, *Pleuronichthys cornutus*), 삼치 (Japanese Spanish mackerel, *Scomberomorus niphonius*), 갈치 (Largehead haitail, *Trichiurus*

lepturus), 애꼬치 (Japanese barracuda, *Sphyraena japonica*), 얼룩통구멍 (Japanese stargazer, *Uranoscopus japonicus*), 셋돔 (Melon seed, *Psenopsis anomala*), 전갱이 (Japanese jack mackerel, *Trachurus japonicus*), 덕대 (Korean pomfret, *Pampus echinogaster*), 흥어 (Ocellate spot skate, *Okamejei kenojei*), 문치가자미 (Marbled sole, *Pleuronectes yokohamae*), 쌍둥가리 (Saddle weever, *Parapercis sexfasciata*) 등이었다 (Overseas fishery cooperation foundation of Japan, 2009; National Fisheries Research & Development Institute, 2004).

시험 어구의 끝자루와 채집망에 어획된 노무라입깃해파리 및 어류의 어획비율을 Table 1, 2에 나타내었다. 시험조업 10회의 결과를 보면 트롤 어구에 입망한 노무라입깃해파리가 배출되어 채집망에 어획된 중량 비율은 0.740-0.927의 범위이고 전체 중량 비율은 0.878을 나타내었다. 일반적으로 어장에 서식하는 어류는 부분적으로 집중하여 분포하는 이른바 Patch 상태로 분포하는 경향이 있으므로 어구의 끝자루에 어획되는 어종 조성은 매회 조업시마다 다소 달라진다. 시험조업에서 어획된 어종별 어획 개체수 및 중량을 각각 합산하여 끝자루의 어획 비율을 나타내면 개체수 비율은 0.059-1.000, 중량 비율은 0.088-1.000의 범위를 나타내었다. 또한, 끝자

Table 1. Weight and ratios of giant jellyfish caught in the experimental fishing gear using the wedge type jellyfish excluder device

Haul No.	Weight (kg)		Ratio	
	Cod end	Cover net	Exclusion ratio	Catch ratio*
1	58.0	436.6	0.883	0.117
2	47.0	594.8	0.927	0.073
3	49.0	418.9	0.895	0.105
4	84.0	342.9	0.803	0.197
5	30.0	120.7	0.801	0.199
6	32.8	114.4	0.777	0.223
7	53.0	615.0	0.921	0.079
8	31.4	227.6	0.879	0.121
9	28.8	81.8	0.740	0.260
10	28.0	231.6	0.892	0.108
Total	442.0	3184.3	0.878	0.122

*Catch ratio=cod end / (cover net + cod end), exclusion ratio= 1 - catch ratio

Table 2. Catch and ratios of each species caught in the experimental fishing gear using the wedge type jellyfish excluder device

Species	Cod end		Cover net		Catch ratio*		Exclusion ratio	
	Individuals	Weight (kg)	Individuals	Weight (kg)	Individuals	Weight	Individuals	Weight
<i>Pennahia argentata</i>	1,226	237.0	570	105.9	0.683	0.691	0.317	0.309
<i>Larimichthys polyactis</i>	56	5.3	3	0.3	0.949	0.946	0.051	0.054
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	88	5.6	50	3.5	0.638	0.614	0.362	0.386
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	20	1.2	12	0.7	0.625	0.624	0.375	0.376
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	31	7.4	46	15.3	0.403	0.328	0.597	0.672
<i>Lepidotrigla microptera</i>	86	20.5	55	12.2	0.610	0.628	0.390	0.372
<i>Scomberomorus niphonius</i>	11	2.1	0	0	1.000	1.000	—	—
<i>Trachurus japonicus</i>	36	1.8	49	2.3	0.424	0.439	0.576	0.561
<i>Pampus echinogaster</i>	29	9.1	1	0.3	0.967	0.968	0.033	0.032
<i>Trichiurus lepturus</i>	135	11.3	34	2.0	0.799	0.847	0.201	0.153
<i>Okamejei kenojei</i>	6	2.4	13	5.2	0.316	0.317	0.684	0.683
<i>Sphyraena japonica</i>	4	0.5	2	0.3	0.667	0.602	0.333	0.398
<i>Uranoscopus japonicus</i>	13	2.8	9	1.9	0.591	0.592	0.409	0.408
<i>Psenopsis anomala</i>	202	22.2	39	4.2	0.838	0.840	0.162	0.160
<i>Parapercis sexfasciata</i>	2	0.2	32	2.5	0.059	0.088	0.941	0.912
Others	4	1.7	4	0.3				
Total of fish	1,949	330.9	919	157	0.680	0.678	0.320	0.322

*Catch ratio = cod end / (cover net + cod end), exclusion ratio = 1 - catch ratio

루에 입망한 전체 어류의 개체수 비율과 중량 비율은 각각 0.680 및 0.678을 나타내었다. 이들 결과로부터 썩기형 해파리 분리배출망의 경우, 노무라입깃해파리는 전체 중량비율로 87.8% (조업별 평균 85.2%)가 분리배출되는 것으로 나타났다. 또한, 어류의 경우에는 어종에 따라 차이는 있으나, 어획된 전체 개체수 및 중량 비율은 각각 68.0%, 67.8%를 나타내었다.

시험어구의 끝자루에 어획된 참조기, 삼치, 덕대, 갈치, 샛돔의 어획 중량 비율이 각각 0.946, 1.000, 0.968, 0.847, 0.840이며 개체수 비율이 각각 0.949, 1.000, 0.967, 0.799, 0.838로 다소 높게 나타났다. 또한, 보구치, 도다리, 물가자미, 달강어, 애꼬치, 얼룩통구멍의 어획 중량 비율은 각각 0.691, 0.614, 0.624, 0.628, 0.602, 0.592이며 개체수 비율은 0.683, 0.638, 0.625, 0.610, 0.667, 0.591을 나타내어 50% 이상이 어획되는 결과를 나타내었다. 그리고 전갱이, 문치가자미, 흥어, 쌍동가리의 어획중량비율은 각각 0.439, 0.328, 0.317, 0.088이며 어획개체수 비율은 각각 0.424, 0.403, 0.316, 0.059로서 50% 이상이 배출구를 통

하여 탈출하는 것으로 나타났다. 즉 중량 또는 개체수 비율로 50% 이상 어획된 어종은 참조기, 삼치, 덕대, 갈치, 샛돔, 보구치, 도다리, 물가자미, 달강어, 애꼬치, 얼룩통구멍이었으며 50% 이상 탈출한 어종은 전갱이, 문치가자미, 흥어, 쌍동가리로 나타났다.

어획물 체장조성

시험조업에서 어획된 노무라입깃해파리의 우산직경 분포를 Fig. 2에 나타내었다. 시험조업에

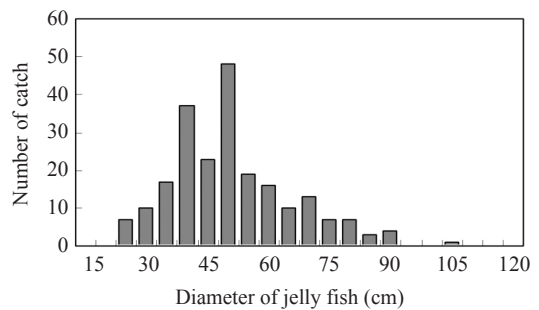


Fig. 2. Bell diameter distribution of giant jellyfish (*Nemopilema nomurai*) caught in the cover net of experimental trawl net.

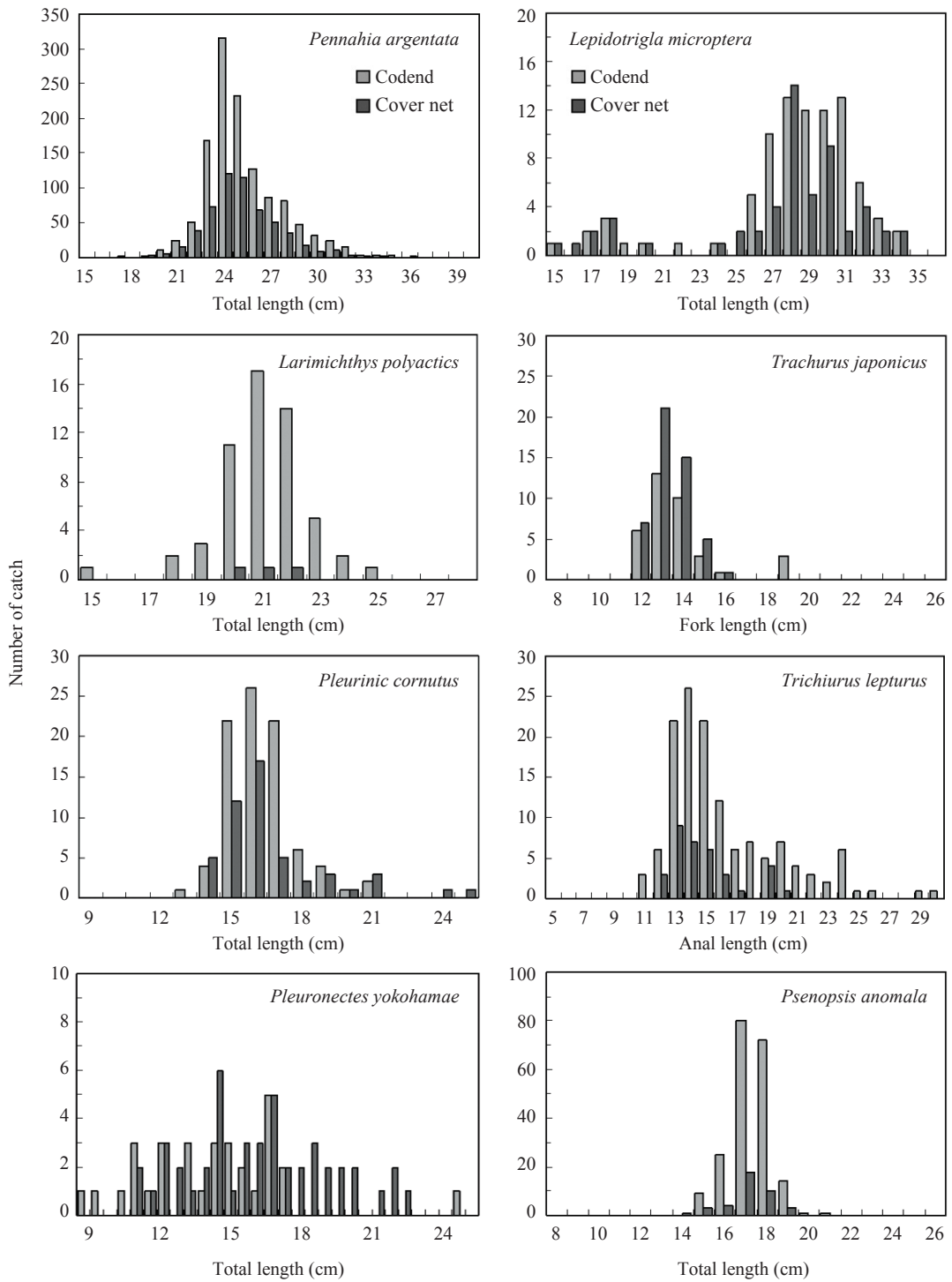


Fig. 3. Size distributions of each fish caught in the experimental trawl net with a wedge type jellyfish excluder device.

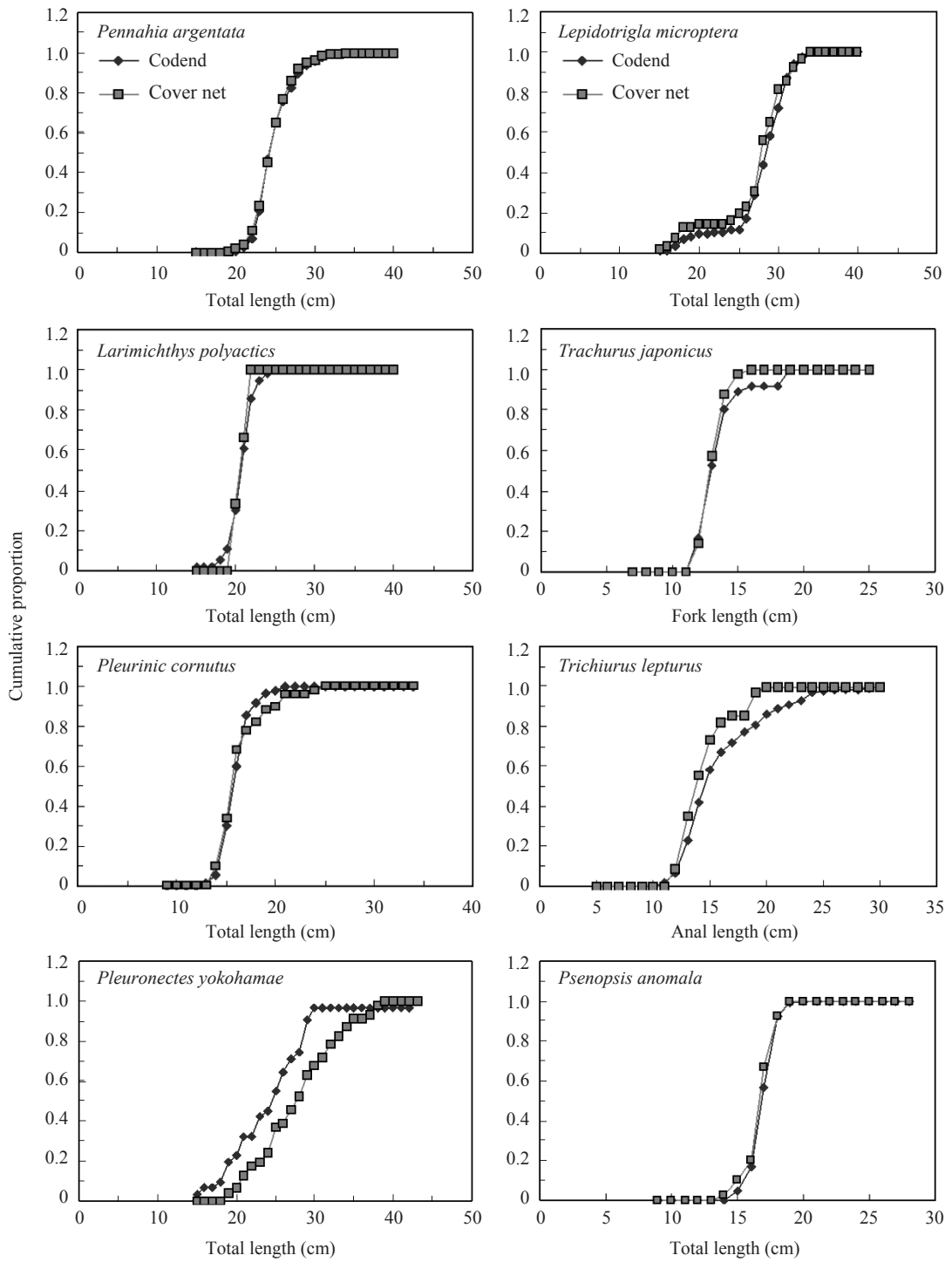


Fig. 4. Relative cumulative proportion of each fish caught in the experimental trawl net with a wedge type jellyfish excluder device.

어획된 노무라입깃해파리의 우산직경은 25 – 105cm의 범위였으며 최빈값 (mode)은 50cm를 나타내었다. 또한 시험조업에서 어획된 가장 큰 개체는 우산직경 106cm, 무게 44kg이었다.

시험어구의 끝자루와 채집망에 어획된 어종 중에서 개체수가 50마리 이상인 보구치, 참조기, 도다리, 문치가자미, 달강어, 전갱이, 갈치, 셋돔의 체장 조성(체장별 어획 개체수의 누적분포)을 각각 Fig. 3, 4에 나타내었다. 이들 어종의 체장 조성 (Fig. 3)으로부터 보구치, 참조기, 도다리, 문치가자미, 달강어, 셋돔의 전장 (total length) 범위는 각각 17 – 36, 15 – 25, 13 – 25, 15 – 43, 15 – 34, 14 – 21cm이며, 전갱이는 가랑이체장 (fork length) 12 – 19cm, 갈치는 항문장 (anal length) 11 – 30cm를 나타내었다.

또한, 어획개체수가 비교적 많은 이들 어종의 체장별 어획 개체수 누적비율 (Fig. 4)을 끝자루와 채집망 사이에 어획된 것을 비교하여 보면 문치가자미와 갈치의 경우를 제외하면 거의 동일한 값을 나타낸다. 갈치는 항문장 20cm 이상의 범위에서 끝자루의 누적비율이 채집망의 누적비율에 비하여 다소 낮은 값을 나타내는데 이것은 끝자루에 큰 개체의 어획이 많은 영향이다. 그리고 문치가자미의 누적비율 (Fig. 4)은 대부분의 체장범위에서 채집망의 비율이 끝자루의 비율에 비하여 낮은 값을 나타내는데 이것은 문치가자미의 체장 조성 (Fig. 3)으로부터 알 수 있는 바와 같이 끝자루에 어획된 전장 43cm의 1개체를 제외하면 끝자루에 어획된 개체의 전장 범위 (15 – 30cm)가 채집망에 어획된 개체의 전장 범위 (19 – 39cm)에 비하여 작은 영향이다. 이와 같은 결과로부터 끝자루와 채집망에 어획된 각 어종의 체장 조성 차이는 체장별 어획 개체수 누적비율 (Fig. 4)을 비교함으로써 나타낼 수 있다. 이들 어종에 대하여 끝자루와 채집망에 어획된 두 그룹 사이의 체장 분포 차이 (Fig. 4)를 Kolmogorov-Smirnov 검정 ($\alpha=0.05$)으로 비교하면 두 그룹 사이의 체장 조성(체장별 어획 개체수의 누적분포)에 차이가 없다.

즉 이들 어종의 경우, 썬기형 해파리 배출망의 분리망을 통과하여 끝자루에 들어간 개체와 배출구를 통하여 탈출한 개체의 체장 조성에 차이가 없다는 것을 의미한다. 다만, 문치가자미의 경우에는 끝자루에 우연히 어획되었다고 생각되는 전장 43cm인 1개체를 제외하고 계산하면 차이가 있는 것으로 나타났다.

고 찰

본 연구에서는 트롤어구에 썬기형 해파리 분리배출장치를 부착하여 시험조업을 수행하고 어획 결과로부터 노무라입깃해파리의 분리배출 비율, 어종별 어획비율, 끝자루 및 채집망에 어획된 어류의 체장 조성 차이 등을 분석하였다.

시험조업 결과로부터 노무라입깃해파리의 우산 직경은 25 – 105cm의 범위였으며 최빈값 (mode)은 50cm에 나타났다. 본 연구에서 사용한 해파리 분리망의 경우, 망목의 발 (bar) 길이가 200mm인 사각망지인 것을 고려하면 분리 배출되는 노무라입깃해파리의 우산 직경은 사각망지의 1개의 발 길이보다 약간 큰 것으로 나타났다. 노무라입깃해파리가 썬기형 분리배출장치에 의하여 배출되는 중량 비율은 0.740 – 0.927의 범위였고 전체 중량 비율은 0.878을 나타내었다. Matsushita et al. (2005)이 개발한 강체 구조의 grid 식 해파리 혼회방지장치의 시험결과에서는 전체 중량비율로 89%의 노무라입깃해파리가 배출되는 것으로 나타났다. 또한, 망목크기 400mm의 분리망을 사용한 Okino et al. (2009)의 결과에 의하면 전체 중량비율 40 – 74%가 배출되는 것으로 나타났다. 그리고 Kim et al. (2008)의 연구 결과에 의하면 S형 (분리망을 경사지게 부착)의 경우에는 41 – 66% (전체 중량비율 50%), GS형 (분리망 앞쪽에 유도망 설치)은 81 – 95% (전체 중량비율 86%)를 나타내었다. 이들 연구결과들을 비교하면 썬기형 해파리 분리배출장치의 배출 성능은 Matsushita et al. (2005)이 개발한 grid 방식 또는 Kim et al. (2005)의 GS형 배출망과 비슷한

성능을 가진 것으로 나타났다.

본 연구에서 얻어진 어류의 어획비율은 어종에 따라 차이가 있으며 끝자루에 어획된 전체 개체수 및 중량 비율은 각각 68%, 67.8%를 나타내었다. 즉 개체수의 32%, 중량으로 32.2%의 어류가 배출구를 통하여 탈출하는 것으로 나타났다. 어획량이 비교적 많았던 Kim et al. (2005)의 결과를 보면 갑각류 등을 제외한 어류 탈출 비율은 S형이 61%, GS형이 66%를 나타내었다. 이들 결과를 비교하면 썩기형 해파리 분리배출장치의 어류 탈출 비율은 Kim et al. (2005)의 S형 또는 GS형의 1/2수준이라는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 얻어진 썩기형 해파리 배출망의 주요 어종별 개체수의 탈출 비율은 Table 2와 같다. 썩기형 분리망 배출망 (Fig. 1)의 경우, 밀판 가까이서 어류의 유영이 어렵도록 하류측 분리망은 밀판과 거의 닿도록 평행하게 설치하고 어획손실 방지망도 부착하였으나, 어종에 따라 상당수의 어류가 탈출하는 것으로 나타났다. Okino et al. (2009)이 수행한 분리배출망의 구조 시험 결과를 보면 배출구에 가까운 분리망 부분을 윗판과 거의 닿도록 설치하여도 물의 흐름과 망지가 받는 유체 저항에 의하여 분리망은 윗판과 부착하지 않고 공간을 형성하게 된다. 본 연구의 분리망, 어획손실 방지망도 어구 예망시 발생하는 유체저항에 의하여 밀판 하면에 약간의 공간이 형성되고 그 공간을 따라 어류가 유영하여 탈출한 것으로 생각된다. Kim et al. (2005)의 결과에 의하면 S형 배출망의 주요 어종별 개체수 탈출비율은 전갱이 94%, 셋돔 91%, 참조기 89%, 덕대 85%, 갈치 74%, 얼룩통구멍 25%, 물가자미 0%로 나타났고 GS형 배출망의 주요 어종별 개체수 탈출비율은 보구치 56%, 전갱이 58%, 셋돔 67%, 참조기 88%, 덕대 48%, 갈치 71%, 삼치 82%로 나타났다. 또한, Okino et al. (2009)의 결과에 의하면 물가자미의 개체수 탈출비율이 12.3%로 보고되어 있다. 본 연구에서 얻어진 어종별 탈출비율을 Kim et al. (2005)의 S

형 배출망의 결과와 비교하면 전갱이, 셋돔, 참조기, 덕대, 갈치의 경우는 탈출 비율이 현저히 감소하고 얼룩통구멍, 물가자미는 S형 배출망에 비하여 높은 값을 나타내었다. 또한, GS형 배출망과 비교하면 보구치, 셋돔, 참조기, 덕대, 갈치, 삼치의 탈출비율이 현저히 감소하는 결과를 나타내었다. 이와 같이 배출망의 형태에 따라 어종별 어류의 탈출비율에 차이가 나는 것은 해파리 탈출망의 배출구 부착 위치가 가장 중요한 영향을 미친다고 생각된다. Kim et al. (2005)이 연구한 S형 또는 GS형 배출망, Okino et al. (2009)이 연구한 경사형 배출망은 모두 배출구가 자루그물의 상부에 설치되어 있으나, 본 연구에서 사용한 해파리 배출망의 배출구는 자루그물의 하부에 설치되어 있다. 일반적으로 어구에 입망한 어류 중에서 주로 자루그물의 상층부를 유영하는 어류는 자루그물의 상부에 설치된 배출구와 조우할 확률이 높으므로 상부 배출구를 통한 탈출이 용이하고 자루그물의 하층부를 유영하는 어류는 자루그물의 하부에 설치된 배출구를 통하여 탈출하기 쉽다고 생각된다. 이들 연구 결과로부터 보구치, 전갱이, 셋돔, 참조기, 덕대, 갈치, 삼치와 같은 어종은 자루그물의 상부에 설치된 배출구를 통하여 탈출하기 쉬운 어종이며 얼룩통구멍, 문치가자미, 홍어 등의 어종은 자루그물의 하부에 설치된 배출구를 통하여 탈출하기 쉬운 어종으로 분류할 수 있다. 금후 자루그물 속에서의 어종별 유영 행동과 탈출 비율에 관한 보다 많은 자료 수집을 통하여 목표로 하는 어종의 어획에 적합한 해파리 배출망 설계가 가능할 것으로 생각된다.

트롤 어구에 입망한 어류는 해파리 배출망과 조우한 다음, 배출망의 망목을 통과하여 끝자루 속으로 들어가는 경우와 배출망의 경사면을 따라 유영하여 배출구로 탈출하는 경우로 나누어진다. 어종에 따라서는 끝자루에 어획된 어체 크기와 탈출한 어체 크기 사이에 차이가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 비교적 어획이 많은 어종을

대상으로 하여 체장별 어획 개체수 누적비율 (Fig. 4)을 계산하고 두 그룹의 체장조성을 비교하였다. 이들 결과를 보면 셋돔, 보구치, 참조기, 도다리, 달강어의 경우는 두 그룹 사이에 체장 조성의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나, 갈치의 경우에는 끝자루에 다소 큰 개체가 어획되는 것으로 나타났고 문치가자미의 경우에는 전체적으로 탈출한 개체의 체장 조성이 끝자루에 어획된 체장 조성보다 큰 것으로 나타났다. 이들 어종에 대하여 끝자루와 채집망의 체장 분포 차이를 Kolmogorov-Smirnov 검정 ($\alpha=0.05$)으로 비교하여 보면 끝자루와 채집망 사이의 체장 분포에 차이가 없다는 것을 나타내었다. 다만, 문치가자미의 경우에는 끝자루에 우연히 어획되었다고 생각되는 전장 43cm의 1 개체를 제외하면 두 그룹 사이에 차이가 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로부터 썬기형 해파리 배출망을 부착할 경우, 문치가자미 등의 일부 어종은 큰 개체가 배출구를 통하여 탈출한다는 것을 알 수 있다. 금후 해파리 분리 배출망의 형태와 어종의 탈출 패턴에 대한 보다 많은 연구를 통하여 대상 어종의 탈출을 감소시키는 해파리 배출망 설계기술 개발이 요구된다. 또한, 분리망과 조우한 어류가 분리망의 망목을 쉽게 통과할 수 있어야 하므로 분리망의 망목크기와 해파리 배출, 어종별 어류 탈출의 관계에 대하여 보다 많은 연구가 필요하다.

결 론

해파리에 의한 어업피해를 감소시키고 어업 경영의 안정성을 확보하기 위해서는 입망한 해파리를 어구로부터 분리 배출시키고 상품성 있는 어류만을 어획하는 해파리 분리배출망의 개발이 중요하다. 본 연구에서는 자루그물을 가진 트롤 어구 등에 적용할 수 있는 썬기형 (wedge type) 해파리 분리배출망을 설계 제작하여 시험 조업을 수행하고 그 결과를 분석하였다. 시험 조업 결과에 의하면 노무라입깃해파리 (우산 직경

은 25-105cm)가 썬기형 분리배출장치에 의하여 배출되는 중량 비율은 0.740-0.927의 범위였고 전체 중량 비율은 0.878, 조업별 평균 배출비율은 0.852를 나타내었다. 어류의 어획비율은 어종에 따라 차이가 있으며 끝자루에 어획된 전체 개체수 및 중량 비율은 각각 68.0%, 67.8%를 나타내어 개체수의 32.0%, 중량의 32.2%에 해당하는 어류가 배출구를 통하여 탈출하는 것으로 나타났다. 또한, 어종별 개체수의 탈출 비율은 보구치 31.7%, 전갱이 57.6%, 셋돔 16.2%, 참조기 5.1%, 덕대 3.3%, 갈치 20.1%, 얼룩통구멍 40.9%, 물가자미 37.5%, 문치가자미 59.7%, 홍어 68.4%, 삼치 0%를 나타내었다. 비교적 어획 개체수가 많은 어종에 대하여 끝자루와 채집망에 어획된 어류의 체장분포를 비교하면 셋돔, 보구치, 참조기, 도다리, 달강어의 경우는 차이가 없고 문치가자미는 체장이 큰 개체가 배출구를 통하여 탈출하는 경향을 나타내었다. 이상의 썬기형 (wedge type) 해파리 분리배출망의 결과를 다른 연구결과와 비교하면 해파리 분리배출비율은 비슷하거나 다소 우수하고 어류 탈출비율은 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 어종에 따라 어류 탈출비율이 다소 높은 경우도 있으므로 지속적인 연구를 통한 개량이 요구된다.

사 사

본 연구는 국립수산물학원 (해파리 피해 저감 기술 개발, RP-2010-FE-014)의 지원에 의해 수행되었습니다. 해상에서 해파리 배출망의 시험 조업에 협력하여 주신 탐구3호 승무원들에게 깊이 감사드립니다. 또한, 본 논문의 작성에 많은 조언을 하여 주신 심사위원님께서도 감사의 뜻을 전합니다.

참고문헌

- Goto, T., K. Nakajima and T. Yoshida, 2008. A countermeasure for the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* using a leader net with enlarged meshes and

- an interception net at the entrance of a playground for a set-net. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 74, 75 – 77.
- Honda, N., Y. Matsushita, T. Watanabe and H. Iizumi, 2005. The countermeasures for mitigating impacts of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* to fishing industries. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 71, 975 – 976.
- Honda, N. and T. Watanabe, 2007. Vertical distribution survey of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* by an underwater video camera attached to a midwater trawl net. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 73, 1042 – 1048.
- Honda, N., T. Watanabe and Y. Matsushita, 2009. Swimming depths of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* investigated using pop-up archival transmitting tags and ultrasonic pingers. *Fish. Sci.* 75, 947 – 956.
- Honda, N. and Y. Matsushita, 2009. In situ measurement of swimming speed of giant jellyfish *Nemopilema nomurai*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 75, 701 – 703.
- Kim, I.O., H.C. An, JK Shin and BJ Cha, 2008. The development of basic structure of jellyfish separator system for a trawl net. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 44, 99 – 111.
- Matsushita, Y., N. Honda and S. Kawamura, 2005. Design and tow trial of JET (jellyfish excluder for towed fishing gear). *Nippon Suisan Gakkaishi*, 71, 965 – 967.
- Nagai, H., 2005. Biochemical studies on nematocyst venom. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 71, 989 – 990.
- National Fisheries Research & Development Institute, 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. Hanguel, Busan, pp 1 – 333.
- National Fisheries Research & Development Institute, 2002. Fishing gear of Korea. Hanguel, Busan, pp. 115 – 120.
- Okino, A., T. Murayama and Y. Inoue, 2009. Development of fishing gear to exclude and release giant jellyfish from an offshore trawl net. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 75, 6 – 18.
- Okazaki, E., 2005. Food utilization of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 71, 993 – 994.
- Overseas fishery cooperation foundation of Japan, 2009. Names and illustrations of fishes from the East China Sea and the Yellow Sea-Japanese · Chinese · Korean-. Nihon Shiko Printing Co., LTD, Nagasaki, pp 1 – 784.
- Uchida, N., S. Handa and J. Hiromi., 2005. Biochemistry and food science of utilization of jellyfishes (Chemical components of jellyfishes and their utilization). *Nippon Suisan Gakkaishi*, 71, 987 – 988.
- Uye, S. 2005. Jellyfish blooms in the Seto Inland Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 71, 971 – 972.
- Wileman, D.A., R.S.T. Ferro, R. Fonteyne and R.B. Millar, 1996. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. ICES Cooperative research report, 215, 1 – 126.
- Yasuda, Y., 2009. Biological features of the giant medusa *Nemopilema nomurai* and some suggestions on its countermeasure. *Kaiyo Monthly*, 41, 460 – 477.

2010년 8월 12일 접수

2010년 9월 27일 1차 수정

2010년 10월 14일 수리