

트롤 탈출장치의 개발에 관한 연구

조삼광* · 안희춘¹ · 신종근¹ · 양용수¹ · 박창두¹

국립수산과학원 서해수산연구소 자원관리조성팀, ¹국립수산과학원 수산공학팀

Study on the development of trawl escapement device

Sam-Kwang CHO*, Heui-Chun AN¹, Jong-Keun SHIN¹, Yong-Su YANG¹ and Chang-Doo PARK¹

Fisheries Resources Management and Enhancement Team, West sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400 – 420, Korea

¹Fisheries Engineering Team, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619 – 902, Korea

The aim of this study was to develop a trawl escapement device which can improve the survival rate of young fishes passed through trawl codend. The sea experiments according to the bar space of the device and bar materials were carried out to decide the bar space and device materials in Korean southern sea and off Cheju island. Stainless pipes and MC bars were used to test the efficiency of escapement device materials. Although escapement rates of MC bar for main species were a little higher compare with stainless pipe, the efficiency of device for stainless pipe was better than MC bar. Escapement devices of sort-x type and grid panel type were also compared. Escapement rates of redlip croaker(*Pseudosciaena polyactis*), blackthroat seaperch(*Doederleinia berycoides*) and finespotted flounder (*Pleuronichthys cornutus*) showed 61.7%, 2.0% and 2.7% on the sort-x type and 69.9%, 1.1% and 2.0% for the grid panel type but the difference was little. Fishes under 20mm head width and fishes which swimming speed is so slow compared with body length could not go through well the device. Escapement rates according to the bar space were estimated using grid panel type. The rates of redlip croaker(*Pseudosciaena polyactis*) for the bar space of 20mm, 25mm, 35mm were increased as 60.3%, 61.0% and 77.8%, and 9.8%, 16.4% and 45.6% for horse mackerel(*Trachurus japonicus*), respectively.

Key words : Trawl escapement device, Sort-x type, Grid panel type

서 론

과학기술의 급속한 발달에 따라 어구어법 기술도 괄목할만한 성장을 거듭하였고, 특히 세계 각국은 수산물에 대한 지속적인 수요의 증대에 부응하기 위하여 어업생산 증대와 어구의 첨단화에 대한

투자를 통한 새로운 어구어법 개발에 대하여 많은 노력을 기울여 왔다. 그러나 근래에 이르러 이와 같은 투자 증대는 결국 수산자원의 과잉어획으로 인한 자원의 부족이라는 결과를 낳게 되어 수산물의 지속적 생산에 새로운 문제점으로 대두되고 있

*Corresponding author : skcho@nfrdi.re.kr Tel: 82-32-745-0535 Fax: 82-32-745-0607

다. 더구나 해양오염의 가속화와 어업기술의 발달에 따른 자원의 과도어획, 불법어업의 성행으로 어업자원이 급격한 감소현상을 나타내고 있어 수산자원의 지속적인 생산을 유지하고, 자원을 효율적으로 관리할 수 있는 새로운 자원관리형 어업의 필요성이 전 세계적인 관심사로 떠오르기 시작하였다.

이러한 문제점들을 해결하기 위한 외국의 자원관리형 어업기술 개발의 구체적인 사례를 살펴보면, 트롤 낚자루에서의 사각망목 부착에 관한 연구 (Broadhurst and Kennelly, 1996; Broadhurst et al., 1996), 트롤 탈출장치의 설계 및 개발에 관한 연구 (Mounsey et al., 1995; Robbins - Troeger et al., 1995), 새우트롤에서의 거북 탈출장치 개발(Kendall, 1990; Andrew et al., 1993; Robbins - Troeger, 1994) 등 많은 연구가 있으며, 우리나라에서도 선택적 어구어법 등 자원관리형 어구어법 개발을 위하여 많은 연구를 수행하고 있다.

그러나, 우리나라 연근해에서 조업하고 있는 여러 가지 어업 중 대표적인 어업 가운데 하나인 트롤어업은 타 어구에 비하여 어획성능이 매우 우수하여 과도어획의 소지가 많고, 예망시 다이아몬드형 망지의 구조적 특성으로 인해 소형 어류의 탈출이 어려우며, 또한 낚자루를 빠져나온 어류도 심한 어체 손상으로 생존율이 매우 저조한 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 트롤망에서 소형 어류가 원활하게 탈출할 수 있는 장치를 개발하기 위하여 낚자루 앞쪽 천장망에 Grid형 탈출장치를 부착하여 탈출한 소형 어류의 생존율을 향상시킴으로써 어업자원의 효율적인 이용과 대상 자원의 지속적 생산을 도모하고자 하였다.

장치 및 방법

시험어구

본 연구에 사용된 시험어구는 탈출장치 재질별 성능시험 및 탈출장치 Bar의 간격별 해상시험을 위하여 뚝줄 길이 28.7m, 발줄 길이 33.9m, 낚자루를 제외한 그물 길이는 32.5m인 저층 트롤 어구 (Fig. 1)를, 탈출장치 Bar 간격별 실용화 시험에는 뚝줄길이 37.6m, 발줄길이 49.4m, 낚자루를 제외한 그물 길이가 48.3m인 저층 트롤 어구(Fig. 2)를 사

용하였다. 낚자루에 들어온 어류가 빠져나갈 수 없도록 낚자루 안쪽에 망목 내경이 30mm인 내망을 부착하였고, 예인시 어구의 안정성을 높이기 위해 낚자루 앞부분에는 연장망을 달았으며, 그 상부에 탈출장치를 부착하였다.

또한, 어류의 탈출율을 조사하기 위하여 탈출장치 상부에 내경 30mm인 덮망을 부착하여 탈출장치를 통해 빠져나온 어류의 어체조성을 조사하였으며, Masking 효과를 고려하여 폭 및 길이 방향이 탈출장치의 크기보다 약 2.3배의 크기가 되도록 설계·제작하여 부착하였다.

탈출장치 재질 선정

탈출장치는 어구에 부착하여 해수에서 사용되므로 내부식성과 고강도일 것이 요구된다. 따라서 트롤어구에 부착이 쉽고, 어로작업 운용 및 조작에 적합한 탈출장치를 제작하기 위하여 4종의 공업용 플라스틱과 스테인레스 파이프의 물리적 성능을 조사하였다. 그 결과는 Table 1과 같이 인장강도, 굴곡강도 및 열변형 온도 등 성능면에서는 스테인레스 파이프와 MC봉이 우수한 것으로 나타났으므로, 시험용 탈출장치의 재질을 MC봉과 스테인레스 파이프 2종으로 선정하여 탈출장치를 제작하였다.

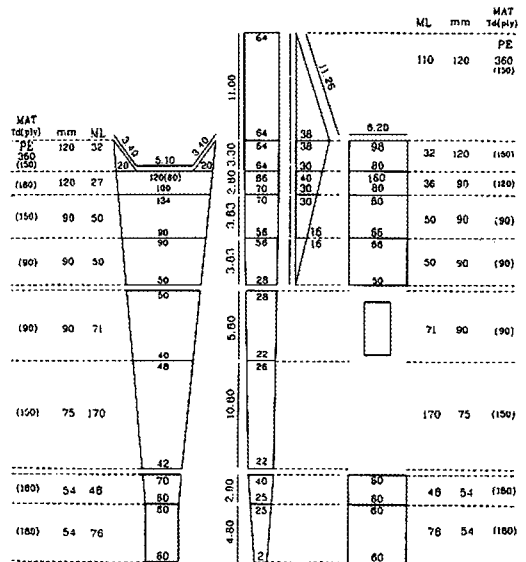


Fig. 1. Layout of the bottom trawl net used for the materials test of trawl escapement device.

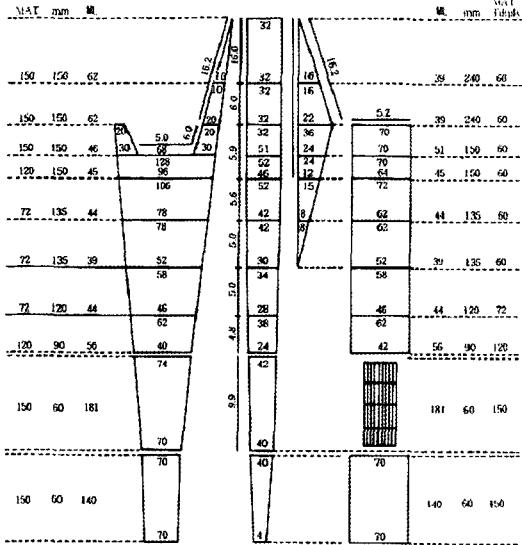


Fig. 2. Layout of the bottom trawl net used for the experiment of grid bar space decision.

Table 1. Physical efficiency and price according to the TED materials

Items	Materials of bar				Stainless pipe
	MC	PE	PP	POMr	
Tension strength (kg/cm ²)	850	250	410	620	5,300
Bending strength (kg/cm ²)	1,050	30	492	980	2,100
Thermal change (°C)	200	140	132	110	1,100
Specific gravity	1.15	0.92	1.25	1.41	8.97
Price (won/m)	1,500	1,000	1,300	1,800	1,500

탈출장치별 Bar 간격 결정

탈출장치의 제작에 있어서 가장 중요한 요소는 대상어류가 탈출과정에서 어체 손상 없이 원활하게 탈출할 수 있는 적정 Grid bar의 간격을 결정하는 일이다. 따라서 본 연구에서는 대상어종의 체장 조성을 사전 조사하였다.

대부분의 어종은 어체 각부위 중 머리부분이 경

Table 2. Average head width by 50% maturity length of main species in Korean coastal and offshore waters

Species	50% maturity length (mm)	Average head width (mm)
Redlip croaker	19.0	20.1
Hair tail	80.0	16.6
Red seabream	28.0	32.6
White croaker	20.0	20.7
Brown croaker	50.0	71.2

질부로 구성되어 있으며, 다른 부위에 비해 유영운동 및 각종 동작에 따른 변화의 폭이 좁아 두쪽의 대소에 따라 Grid를 통한 탈출 가능여부가 결정되게 된다. 따라서 각 어종별 성숙체장에 대한 두쪽을 조사한 결과 Table 2와 같이 탈출장치의 목표 어종인 참조기가 20.2mm, 보구치가 20.7mm로 나타났다으므로, 예비시험용 탈출장치의 Bar 간격을 20mm로 제작하였다.

탈출장치 설계 및 제작방법

본 연구에서 사용된 트롤 탈출장치는 Sort-X형 (Fig. 3(a))과 Grid panel형 (Fig. 3(b)) 탈출장치를 각각 시험용 트롤어구의 끝자루 앞쪽 연장부분에 적합하도록 설계·제작하여 해상시험을 실시하였다. Sort-X형은 3개의 프레임으로 구성되어 있으며, 그 크기가 1,013×1,250mm(First frame), 1,013×1,000mm(Second frame), 1,013×1,500mm(Third frame)가 되도록 제작하였으며, 첫 번째와 두 번째 프레임 안쪽에는 스테인레스 파이프를 20mm 간격을 유지하면서 창살모양으로 파이프를 설치하여 대상어류가 Grid bar 사이로 빠져나갈 수 있도록 하였고, 세 번째 프레임에는 캔버스를 장착하여 탈출한 어류가 어구내로 다시 유입되는 것을 방지할 수 있도록 하였다. Grid panel형 탈출장치는 크기가 1,013×883mm인 프레임 4개를 연결하여 장치를 구성하였으며, Sort-X형과 트롤어구에서의 부착 단면적이 같도록 설계하였다.

또한, 탈출장치 재질 성능시험에는 Bar의 재료가 MC봉과 스테인레스 파이프인 탈출장치를 각각 사용하였고, 탈출장치 Bar 간격별 탈출효과 비교 시험에는 스테인레스 봉으로 Bar의 간격이 각각 20mm, 25mm 및 35mm인 3종을 사용하였다.

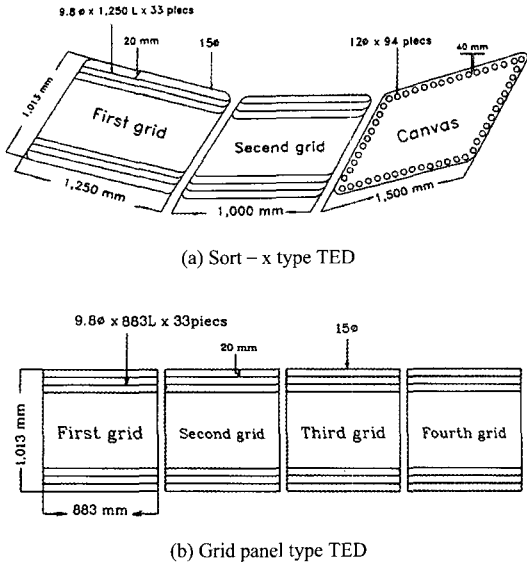


Fig. 3. Schematic view of trawl escapement device.

시험해역 및 조사방법

탈출장치 Bar 간격 결정을 위한 주요 어종 두폭 조사 해상시험, 재질 비교시험 및 탈출장치 실용화 시험을 위하여 1996년 7월에서 11월 사이에 시험조사선 전남 881호(G/T 262tons, 1,600HP) 및 부산 851호(G/T 1,126tons, 2,600HP)를 이용하여 남해안 일원 및 제주도 주변 해역에서 탈출장치 Bar 재질별 비교시험 20회, 탈출장치 Bar 간격별 탈출효과 비교시험을 위하여 20mm형 스테인레스 탈출장치 28회, 25mm형 탈출장치 32회, 35mm형 탈출장치 29회 등 총 89회의 해상시험을 실시하였으며, 해상시험시 평균 예상시간은 1시간으로 하였다(Fig. 4).

탈출장치 Bar 간격 결정을 위한 주요 어종 두폭 조사 해상시험은 일정 체장의 어류가 탈출과정에서 어체 손상없이 원활하게 빠져나갈 수 있는 적정 Grid bar 간격 결정을 위하여 통상의 어획방법에 의한 트롤어구의 끝자루에 어획된 어종과 끝자루를 빠져나가 덮망에 어획된 어종을 대상으로 각각 탈출상태 및 두폭을 조사하였고, 탈출장치 재질 비교시험에서는 재질의 적정성, 조업시 장치의 안정성, 어획효과 등을 종합해 재질의 적정성을 판단하였다. 또한, 탈출장치 Bar 간격별 탈출효과 비교시험은 조업시 끝자루 내망에 어획된 어류와 탈출장치를 통해 빠져나가 덮망에 어획된 어류를 비교하여

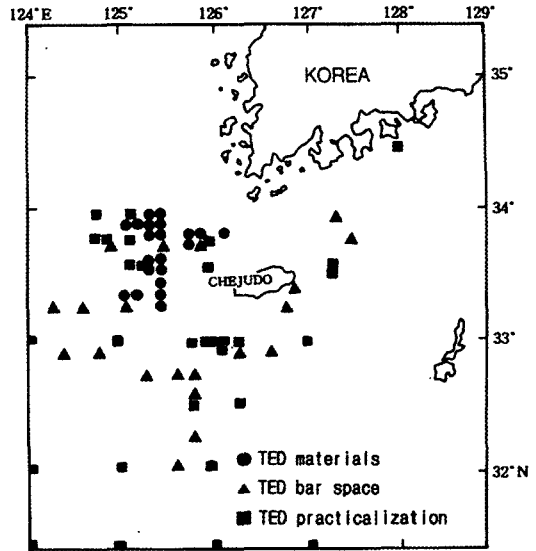


Fig. 4. Sea area for test fishing.

탈출상태를 조사하였다.

어획물은 끝자루 내망과 탈출장치 덮망의 것을 분리하여 전수 측정을 원칙으로 하였으며, 어획량이 아주 많은 경우는 어종별 무작위로 50-100마리를 추출하여 전장, 가랑이 체장, 체장, 체고, 두폭 및 체중을 측정하였다.

결과 및 고찰

탈출장치 재질별 성능시험

Bar 간격 20mm인 스테인레스 탈출장치와 MC봉 탈출장치의 해상 성능시험에서 어획된 전체 어종은 46종으로서 어류 36종, 두족류 4종, 갑각류 6종이었다. MC봉 탈출장치로 11회, 스테인레스 탈출장치로 9회 시험조업한 결과, MC봉 탈출장치에서 총어획량 2,999미(158.9kg) 중 15.2%인 456미(11.7kg), 스테인레스 탈출장치에서 총어획량 1,586미(160.0kg) 중 11.5%인 182미(9.1kg)가 탈출장치를 통해 빠져나가 덮망에 어획되었다(Table 3).

Table 3. Number of fishes and catches by TED materials

TED materials	No. of experiment	No. of fishes		Catches(g)	
		Codend	Cover net	Codend	Cover net
MC bar	11	2,543	456	147,204	11,710
Stainless bar	9	1,404	182	150,872	9,114
Total	20	3,947	638	298,076	20,854

$$\text{탈출률(\%)} = \frac{\text{뚝망 어획마리수}}{\text{뚝망 어획마리수} + \text{끝자루 어획마리수}} \times 100 \quad (1)$$

탈출장치별 탈출률은 식 (1)과 같이 뚝망에서의 어획마리수를 총 어획마리수로 나눈 값을 말하며, 탈출장치 종류별 주요 어종의 탈출률은 MC봉 탈출장치에서 물가자미, 등가시치, 눈불대, 달강어가 각각 42.3%, 39.0%, 32.2%, 20.6%로 다소 높게 나타났고, 평균 탈출률은 15.2%였으며, 스테인레스 탈출장치에서는 눈불대, 봉장어, 살오징어, 전갱이가 각각 28.3%, 29.05, 19.0%, 8.1%로서 평균 11.5%의 탈출률을 나타내어, MC봉 탈출장치는 스테인레스 탈출장치보다 다소 높은 탈출률을 나타내었다 (Table 4).

그러나, MC봉 탈출장치는 용접이 불가능하여 제작이 불편하고, 유연성이 있어 어류가 탈출을 시도할 때 어류의 몸부림으로 인해 Bar의 간격이 다소 이완되거나 예망과정에서 변형이 생겨 간격이

균일하게 유지되지 않는 점 등의 문제점이 나타나 탈출장치의 재질로는 부적합하고, 스테인레스 파이프가 보다 적합한 것으로 판명되었다.

탈출장치별 탈출 가능어류의 어획마리수 및 어획률
탈출장치 종류별로 어획된 어종 중 비교 가능한 어종에 대한 탈출률, 탈출가능한 어류의 어획마리수 및 어획률은 각각 Table. 5 및 Table. 6과 같으며, 여기서 어획마리수는 끝자루와 뚝망에 어획된 총 어획마리수를, 탈출률은 뚝망에 어획된 마리수를 총 어획마리수로 나눈 값을, 탈출가능어류의 어획률은 식 (2)에 나타낸 것과 같이 두폭 20mm 미만인 어류의 어획마리수를 끝자루에 어획된 마리수로 나눈 값을 말한다.

$$\text{탈출 가능어류의 어획률(\%)} = \frac{\text{두폭 20mm 미만 어류 어획마리수}}{\text{끝자루 어획마리수}} \times 100 \quad (2)$$

Table 4. Number of fishes and escapement rate by TED materials

Fish species	MC bar			Stainless bar		
	Codend	Cover net	Escapement rate(%)	Codend	Cover net	Escapement rate(%)
Blackthroat seaperch	373	177	32.2	190	75	28.3
Shotted halibut	101	74	42.3	5	-	-
Squid	92	25	21.4	149	35	19.0
Bloched eelpout	36	23	39.0	61	1	1.6
Red guraard	77	20	20.6	34	1	2.9
Horse mackerel	24	9	27.3	192	17	8.1
Conger eel	31	5	13.9	22	9	29.0

Table 5. Number of catches and catch rate by TED type

Fish species	Sort - X type					Grid panel type				
	Escapement rate			Catch rate		Escapement rate			Catch rate	
	No. of catches	Cover net	Catch rate(%)	Under 20mm head width	Catch rate(%)	No. of catches	Cover net	Catch rate (%)	Under 20mm head width	Catch rate (%)
Redlip croaker	60	37	61.7	11	22.9	372	260	69.9	95	26.8
Yellow seabream	348	-	-	299	100	33	-	-	14	100
Mackerel	42	-	-	1	100	366	46	12.6	17	27.0
Hair - tail	35	7	20.0	26	78.8	246	51	20.7	181	78.0
Blackthroat seaperch	99	2	2.0	83	97.6	265	3	1.1	248	98.8
Finepotted flounder	374	10	2.7	354	97.3	459	9	2.0	433	98.0
Seapike	13	2	15.4	1	33.3	351	54	15.4	152	30.2
Croaker	66	-	-	65	100	16	2	12.5	14	87.5

탈출장치 종류별 주요 어종의 탈출률은 Sort-X형 탈출장치에서 참조기가 61.7%로 높은 탈출률을 나타내었고, 눈볼대, 도다리가 각각 2.0, 2.7%의 낮은 탈출률을 나타내었다. Grid panel형 탈출장치에서도 참조기가 69.9%의 높은 탈출률을 나타내었고, 눈볼대, 도다리가 1.1%, 2.0%의 낮은 탈출률을 나타내었으며, 어종에 따라 다소의 탈출률이 차이가 있으나 두 탈출장치간에 차는 거의 없음을 알 수 있었다.

또한, 측편형 어류인 도다리와 유영능력이 타 어종에 비해 상대적으로 낮은 어종으로 판단되는 갈치, 눈볼대, 민태 등의 탈출률이 낮게 나타나 대상 어종의 유영능력이 탈출장치의 Bar 결정에 매우 중요한 요소임을 알 수 있다. Sort-X형 및 Grid panel형 탈출장치에서 Bar 간격이 20mm 보다 작은 두폭을 갖는 어류가 탈출하지 못하고 끝자루에 어획된 어획률은 참조기, 애꼬치, 고등어가 22.9-33.3%로 다소 낮게 나타났으며, 황돔, 민태 등 체장에 비하여 유영능력이 상대적으로 낮은 어종은 거의 탈출하지 못하고 있음을 알 수 있다(Table 5).

탈출장치 Bar의 간격별 탈출효과 비교 시험

Bar의 간격이 20mm, 25mm 및 35mm인 3종의 Grid형 탈출장치의 탈출효과 성능 비교시험을 실시한 결과, 참조기의 탈출률은 탈출장치 Bar의 간격이 20mm에서 25mm, 35mm로 증가함에 따라 탈출률도 60.3%에서 61.0%, 77.8%로 증가하였는데, 이 결과는 기존의 다이아몬드형 망지에 의한 참조기의 탈출률 18.2%에 비해 4.3배 증가한 것으로 나타났다. 전갱이의 탈출률도 Bar의 간격이 20mm에서 25mm, 35mm로 점차 증가함에 따라 탈출률도 9.8%에서 16.4, 45.6%로 증가하였고, 고등어의 탈출률은 탈출장치 Bar의 간격이 25mm에서는 4.5%

로 나타났지만, 20mm에서 35mm로 증가함에 따라 11.2%에서 45.0%로 크게 증가하였다(Table. 6).

결론

본 연구에서는 우리나라에서 자원의 남획에 가장 크게 영향을 미칠것으로 판단되는 트롤어업에서 소형 어류의 탈출효율을 극대화시키고 탈출어류의 생존율도 높일 수 있는 탈출장치를 제작하여 재질과 Bar의 간격에 따른 소형 어류의 탈출성능 및 해상시험을 제주도를 중심으로 한 남해안에서 실시하여 어종별 크기별 어획마리수와 탈출마리수를 비교하여 실용화의 가능성을 조사하였다.

탈출장치 재질을 스테인레스 파이프와 MC봉으로 하여 성능시험 결과, 탈출장치 종류별 주요 어종의 탈출률은 MC봉 탈출장치가 스테인레스 탈출장치보다 다소 높은 탈출률을 보였으나, MC봉 탈출장치는 재질의 특성상 Bar 간격이 균일하게 유지되지 않는 점 등의 문제점이 나타나 탈출장치의 재질로는 스테인레스 파이프가 적절한 것으로 나타났다.

또한, 탈출장치 종류별 주요 어종의 탈출률을 보면, Sort-X형 탈출장치에서는 참조기가 61.7%로 높은 탈출률을 나타내었으며, 눈볼대 및 도다리는 각각 2.0%, 2.7%의 낮은 탈출률을 나타내었고, Grid panel형 탈출장치에서는 참조기가 69.9%의 높은 탈출률을 나타내었고, 눈볼대 및 도다리가 각각 1.1, 2.0%의 낮은 탈출률을 보였다. 이와 같은 결과는 어종에 따른 탈출률은 다소 차이가 있으나 두 탈출장치간 탈출률의 차이는 거의 없는 것으로 조사되었다. Sort-X형 및 Grid panel형 탈출장치에서 Bar 간격 20mm 보다 작은 두폭인 어류가 거의 탈출하지 못하였고, 끝자루에 어획된 어획률은 참조기, 애꼬치, 고등어가 22.9-33.3%로 다소 낮게 나

Table 6. Escapement rate of main species by TED bar space

Fish species	TED bar space								
	20mm			25mm			35mm		
	Codend	Cover net	Escapement rate(%)	Codend	Cover net	Escapement rate(%)	Codend	Cover net	Escapement rate(%)
Redlip croaker	361	549	60.3	292	456	61.0	268	937	77.8
Horse mackerel	2,215	242	9.8	1,948	383	16.4	782	463	37.2
Mackerel	430	54	11.2	444	21	4.5	393	321	45.0

타났으며, 황돔, 민태 등 체장에 따른 유영능력이 상대적으로 낮은 어종은 거의 탈출하지 못하고 있음을 알 수 있었다.

Bar 간격이 20mm, 25mm 및 35mm인 3종의 Grid 형 탈출장치의 탈출효과 성능 비교시험 결과, 참조기의 탈출률은 탈출장치의 Bar 간격이 20mm에서 25mm, 35mm로 증가함에 따라 탈출률도 60.3%에서 61.0%, 77.8%로 증가하였고, 또한 전갱이의 탈출률도 Bar 간격이 점차 증가함에 따라 9.8%에서 16.4%, 45.6%로 증가하였다.

참고문헌

- Andrew, N.L., S.J. Kennelly and M.K. Broadhurst, 1993. An application of the Morisson soft TED to the offshore prawn in New South Wales, Australia. *Fisheries Research*, 16, 101 – 111.
- Broadhurst, M.K. and S.J. Kennelly, 1996. Effects of the circumferences of codends and a new design of square – mesh panel in reducing unwanted bycatch in the New South Wales oceanic prawn – trawl fishery, Australia. *Fisheries Research*, 27, 203 – 214.
- Broadhurst, M.K., S.J. Kennelly and S.J. O' Doherty, 1996. Effects of square mesh panels in codends and of haul back delay on bycatch reduction in the oceanic prawn trawl fishery of New South Wales, Australia. *Fisheries Bulletin*, 94, 412 – 422.
- Kendall, D., 1990. Shrimp retention characteristics of the Morisson soft TED: a selectivity webbing exclusion panel inserted into a shrimp trawl net. *Fisheries Research*, 9, 13 – 21.
- Mounsey, R.P., G.A. Baulch and R.C. Buckworth, 1995. Development of a trawl efficiency device for Australian prawn trawl fisheries. I. The AusTED design. *Fisheries Research*, 22, 99 – 105.
- Robbins – Troeger, J.B., 1994. Evaluation of the Morisson soft TED: prawn and bycatch variation Moreton Bay, Queensland. *Fisheries Research*, 19, 205 – 217.
- Robbins – Troeger, J.B., R.C. Buckworth, and M.C.L. Dredge, 1995. Development of a trawl efficiency device (TED) for Australian prawn fisheries II: Field evaluations of the AusTED. *Fisheries Research*, 22, 107 – 117.

2005년 9월 23일 접수

2005년 10월 24일 수리