

## 민들조개 (*Gomphina melanaegis*) 형망의 갈퀴에 의한 어획선택성

박 해 훈 · 김 승 환\*

국립수산진흥원, \*인천해양과학고

(2000년 6월 23일 접수)

### Tooth selectivity on venus clam (*Gomphina melanaegis*) dredge

Hae-Hoon Park and Seung-Hwan Kim\*

National fisheries research & development institute, \*Inchon marine science high school

(Received June 23, 2000)

#### Abstract

The tooth selectivity of the dredge for catching venus clam (*Gomphina melanaegis*) was described in which the teeth penetrated the bottom and lifted the shell into the bag. Some factors affecting the selection action of the teeth of the dredge were analyzed related to shell length and shell height. The retention probability of venus clam not sifting through the gaps between the teeth was calculated for various shell lengths and was fitted to two parameter logistic selection curve. The formula obtained is as follows :

$$P = \frac{1}{1 + \exp[8.241(\frac{d}{L_i} - 0.649)]}$$

where d is distance between teeth and  $L_i$  is a shell length. For biological minimum size(25mm) of venus clam to be catchability 50% the distance between teeth was estimated 16.2mm from the logistic curve. Therefore it is desirable to extend that current spacing between teeth from 12mm to 16mm for the venus clam dredge. That space increasing enables fuel oil of vessel to drag a dredge to be reduced and also man power to sift through sifter smaller venus clams on boards to be reduced.

#### 서 론

우리나라 동해안에서 어획되고 있는 조개는 주로 형망어구를 이용하여 어획하고 있다. 이 형망어업은 이동성 구획어업으로 크기가 다른 민들조개, 개량조개, 북방대합 및 비단조개(비늘백합) 등

여러가지 조개에 대하여 사용하는 어구크기 등은 다소 차이가 있다. 그러나, 법적인 규제는 조개에 따라 채포금지 각장은 다소 다르나, 사용하는 어구의 갈퀴간격이나 망목크기 등은 거의 동일하게 규제하고 있어 자원을 효율적으로 이용하고 있지 못하는 실정이다. 따라서, 여기서는 이들 자원을

효율적으로 이용하기 위해서 형망어구의 어획선택성을 민들조개에 대해 적용시키고자 한다.

형망어구의 어획선택성에 관한 연구로는 梨本 등(1983), 梨本(1984)는 북방대합이나 개량조개에 대해 갈퀴간격 및 망목선택성에 관해 연구하였고, 趙(1997), 趙·金(1999)은 피조개 형망의 씨레 및 망목에 의한 어획선택성에 관해 연구한 것이 있는데, 이들 연구는 대상 패류의 크기와 갈퀴간격 또는 망목크기 사이에서 임의의 자세로 조개가 만나는 확률로부터 어획선택성을 구하고 있으며, 조 등(1998), 조·김(1999)는 동해안의 몇몇 조개류에 대해 여러가지 갈퀴간격을 사용하여 덩그물 방식으로 연구한 바 있다.

형망어구의 어획선택성은 두가지 부분에서 일어난다. 하나는 갈퀴에서, 다른 하나는 자루그물의 망목크기에서 일어나는데, 작은 망목을 쓸 경우 선택성은 갈퀴에서만 일어난다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 이들의 방법을 같은 방식으로 이용하면서 기존의 방법에 추가되어야 할 부분을 기술하고, 망목크기가 작은 그물을 쓸 경우 망목선택성은 고려하지 않아도 되므로, 여기서는 갈퀴에 의한 어획선택성을 민들조개의 경우에 대해 적용시켜서, 효과적인 자원관리를 위해 생물학적 최소성숙각장에 대해 민들조개 형망어구의 적정 갈퀴간격을 구하고자 한다.

## 재료 및 방법

동해안 민들조개의 주 조업은 주문진연안의 수심 5m 내외의 사질 해역에서 이뤄지고 있는데, 본 시험에서는 민간선(유진호 : 2.63톤)을 이용하여 시료를 채취하였다. 작업은 연안 아주 가까이에서 연안과 거의 평행하게 형망어구를 예인한다. 조업 방법은 먼저 선미에 있는 닻을 투하하고, 닻줄을 주면서 약 80-100m 전진한 후, 선수 양현에 있는 어구 2틀을 각각 선수 좌우쪽으로 투하하여 선수 쪽에 고정시킨 다음, 선미쪽의 줄(닻줄)을 롤러에 감음으로써 선수쪽의 형망어구가 끌려오도록 하여 선박이 닻 가까이 오면 형망어구를 올려서 조개를 채취하고 있다.

기존의 형망어선에서는 격자 간격 12mm인 체

를 이용하여 어획물을 손으로 선별한 후, 체를 빠져 나온 작은 것은 다시 어장에 넣어주고 있다. 또한, 출어 방법도 그 지역의 관련어업인들 사이에 필요어획량이나 당일의 대상선박을 정하여 조업하고 있는데 지속적인 어업면에서 관리를 비교적 잘하고 있는 편이다.

형망어구의 어획물은 거의 민들조개였는데, 위와 같은 방법으로 수 차례에 걸쳐 어획된 조개를 무작위로 시료 200개를 추출하여 각 개체의 각장, 각고, 각폭은 비니어 캘리퍼스 소수점 한자리까지 mm 단위까지 측정하였으며, 중량은 전자저울로 소수점 둘째자리까지 g단위로 측정하였다. 또, 기존의 작업에서 어획물은, 체를 사용하여 가려낸 큰 것과 작은 것 및 체를 사용하지 않았을 때의 어획구성비를 살펴보고 어획선택성에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 그리고, 갈퀴에 의한 민들조개의 선택성을 구하기 위해 시료 중에서 큰 것에서부터 작은 것 사이에 크기순으로 임의로 11개를 선정하였다.

Fig. 1은 민들조개 형망의 어구구성도이고, Table 1은 분석에 사용된 민들조개의 각장, 각고, 각폭을 나타낸 것이다. 갈퀴간격에 의해 조개가 빠져나가지 않을 확률을 조개 크기별로 구하기 위해 다음과 같은 가정을 하였다.

- 1) 조개가 형망의 갈퀴를 만나는 확률은 조개의 크기에 관계없이 같다.
- 2) 조개가 형망의 갈퀴를 접촉한 뒤 갈퀴사이를 빠져나갈 때, 조개의 자세는 조개크기에 관계없이 각장축, 각폭축, 각고축에 각각 회전자유도를 가지고 있고 임의의 자세를 취해 빠져나가는 것으로 한다.

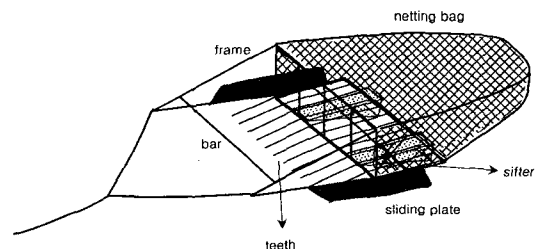


Fig. 1. Diagram showing the dredge for catching venus clam.

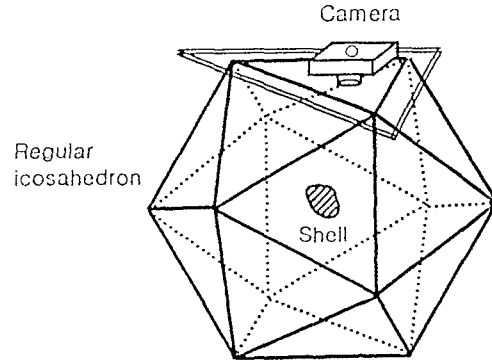
**Table 1. The size of venus clam used for the current study**

No	Shell length (cm)	Shell height (cm)	Shell width (cm)
1	2.35	1.76	0.87
2	2.78	1.99	1.05
3	2.96	2.18	1.11
4	3.28	2.46	1.22
5	3.65	2.72	1.33
6	4.02	2.90	1.52
7	4.31	3.21	1.63
8	4.52	3.36	1.75
9	4.71	3.53	1.72
10	5.04	3.75	1.87
11	5.23	3.79	1.83

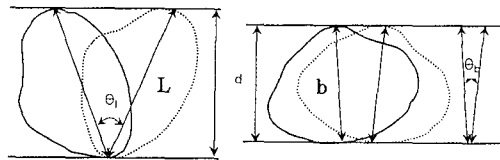
모래 속에 서식하고 있는 조개가 형망어구의 갈퀴간격을 빠져나가지 못하고 어획되는 확률모형은 조개의 각장과 갈퀴간격 사이에서 구한 기존의 모형(梨本 등, 1983 : 梨本, 1984)을 적용하였다. 조개가 갈퀴에 접촉한 후 빠져나가려고 할 때의 자세는 각장축, 각고축, 각폭축에 각각 회전자유도가 있기 때문에, 구면의 중심에 조개를 두고 자세를 임의로 변화시키든가, 구면상의 임의의 위치에서 조개의 투영된 형상을 구해 갈퀴간격과의 관계로부터 조개가 빠져나가지 못하는 확률을 구할 수 있다. 그러나, 해석하는데 있어 구면은 취급이 복잡하므로 이를 단순화시킨 정20면체를 만들어 적용시켰다(梨本, 1983, 1984). 제작한 정20면체는 한변의 길이가 50cm인 정삼각형 철판 20개를 만들어 조립하였다. 그런데, 정20면체는 대칭면이 있으므로 10면만을 취하여 시험하기로 한다. 정20면체의 중앙에 조개를 두고 각 면의 중심에서 조개의 형상을 촬영한 방법은 Fig. 2와 같다.

정20면체의 각면에서 구한 조개의 외견상의 장축길이를  $L$ , 단축길이를  $b$ 라 하자. 조개가 임의의 자세로 갈퀴사이를 빠져나가려고 할 때의 상대적 위치를 나타낸 것이 Fig. 3에 나타나 있다. 갈퀴간격이  $d$ 일 때 조개가 빠지지 않고 어획될 평균확률  $P_i$ 는  $L, d, b$ 의 함수로 표현된다.

$$P_i = \frac{1}{20} \sum_{i=0}^{20} P_{ii}(L, d, b) \quad (1)$$



**Fig. 2. Apparatus for photographing the shape of a venus clam in the center of a regular icosahedron.**



**Fig. 3. Positional relation of shell sifting through gaps between teeth.**

단,  $i$ 는 정20면체의 각면의 번호이며 양쪽으로 대칭면이 있기 때문에 평균확률은

$$P_i = \frac{1}{10} \sum_{i=0}^{10} P_{ii}(L, d, b) \quad (2)$$

로 된다.

조개의 크기는 외관상 각장, 각고, 각폭에 의해 나타낼 수 있으며, 어획될 확률은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 각장에 의한 장축의 길이를  $L$ , 각고(또는 각폭)에 의한 단축길이를  $b$ , 갈퀴의 간격  $d$ 의 관계로부터 구할 수 있다.  $L \leq d$  이면 조개는 100% 갈퀴 사이를 빠지게 된다. 조개가 갈퀴사이를 빠지지 않고 어획되는 확률  $P_i$ 는 기존의 방식에서는 장축에 의해 어획될 확률만을 고려하였으나, 이것은 (폭이 없는 긴) 막대의 경우에 해당되는 것이다. 그러나 조개는 각장과 각고가 있으므로 Fig. 3에서 보는 것처럼  $L > d$ 인 장축에 의한 효과와  $b > d$ 인 단축에 의한 효과의 두가지 합으로 나타낼 수 있다. 즉 각장만에 의한 확률을 사용할 때 각장의 방향과 갈퀴의 방향이 나란하면 어획되지 않는 것으

로 되나, 실제로는 각고 등에 의한 효과가 있기 때문에 이들 두 가지의 합이 어획될 확률이 되는 것이다. 즉,

$$P_{ii}(L, d, b) = \frac{\theta_i}{\pi} + \frac{\theta_b}{\pi} \quad (3)$$

여기서,  $\theta_i$ 는 장축에 의해 어획될 각도범위이고,  $\theta_b$ 는 단축에 의해 어획될 각도범위이며, 식(3)에서  $P_{ii} > 1$  인 경우는  $P_{ii} = 1$  로 둔다. 극단적인 경우로서 형망의 갈퀴가 없으면 어획물은 없으며(즉, 어획확률 0), 반면에 갈퀴간격이 매우 조밀하면 대부분의 어획물은 모두 어획되므로 어획확률은 1이 된다. 그리고, 어획선택성 곡선은 일반적으로 로지스틱 곡선으로 나타난다고 알려져 있으며 (Millar and Walsh, 1992), 갈퀴간격  $d$ 와 각장  $L_i$ 를 무차원화시켜 변수로 한 식(4)에 적합시킨다.

$$P = \frac{1}{1 + \exp[m(\frac{d}{L_i} - a)]} \quad (4)$$

여기서,  $m$ 은 로지스틱 곡선의 형태를 결정하며,  $a$ 는 50% 어획될 확률을 나타내는 값이다. 위 식을 선형화시키면 최소제곱법으로 계수를 구할 수 있다. 단, 선택률 0%와 100%는 포함시키지 않는다 (정 등, 1993).

### 결과 및 고찰

Fig. 4는 무작위로 추출한 민들조개의 각장에 대한 각고 및 각폭의 관계를 보여준다. 어로작업 시 민들조개를 선별하기 위해 선상에서 간격이 12mm인 체를 사용하여 어획물을 분리하는데, 이때 체로 거르기 전의 무작위로 추출한 것과 체에 남은 것 및 체를 빠진 민들조개의 각장크기 분포가 Fig. 5에 나타나 있다.

이에 의하면 체를 빠져나온 민들조개의 각장분포는 거의 3.1cm 주위에 분포하고 있으며 이것은 Fig. 4에 의한 관계로부터 각폭 1.17cm에 해당된다.

다음은 Table 1에서와 같이 크기별로 임의추출한 민들조개에 대해 식(2)로 구한 갈퀴에 의해 어

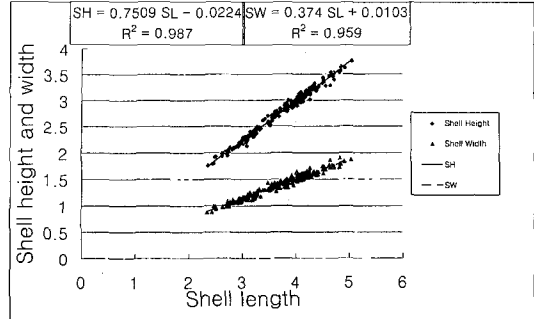


Fig. 4. Relationship between shell height (or shell width) and shell length.

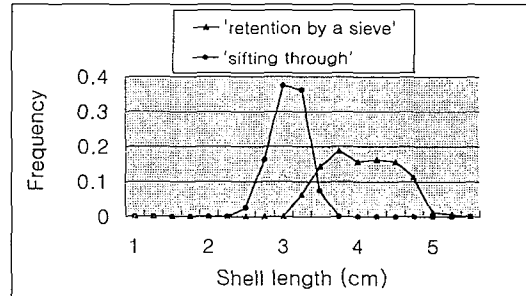
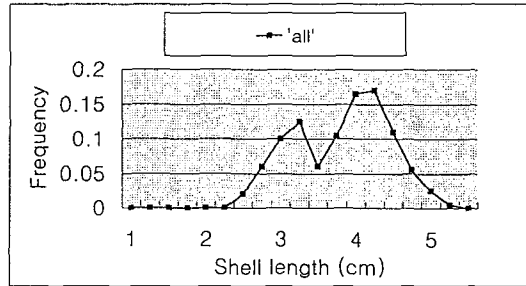


Fig. 5. A frequency distribution of shell lengths of venus clam.

획될 확률과 이것을 어획선택성 곡선에서 일반적으로 적용하고 있는 로지스틱 곡선과 직선으로 적합시킨 것이 Fig. 6에 나타나 있다. 이에 의하면 로지스틱 곡선으로 적합시킨 경우  $R^2$  값은 0.99이었고 직선의 경우는 변수의 범위가  $0.38 < (d/L_i) < 0.98$  내에서 구한  $R^2$  값은 0.98이었다. 어획확률값이 0과 1 근처에서는 직선의 경우가 오차가 적고,  $0 < (d/L_i) < 1$  범위내에서는 곡선의 경우가 오차가 적음을 알 수 있다. 로지스틱 곡선 및 직선

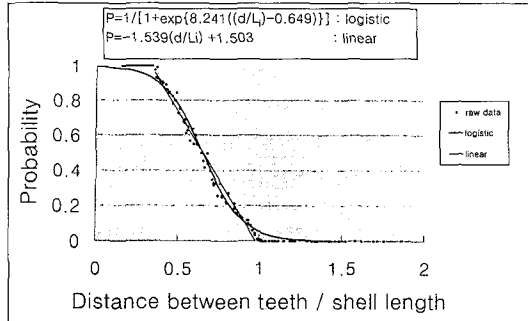


Fig. 6. Relationship between probability of retention and ratio of distance between teeth to shell length.

Table 2. Selectivity range of shell length by venus clam dredge in relation to distance between teeth

d(mm)	Logistic		Linear	
	12	16	12	16
L <sub>75</sub>	23.3	31.0	24.5	32.7
L <sub>50</sub>	18.5	24.7	18.4	24.6
L <sub>25</sub>	15.3	20.5	14.7	19.7
SR*	8.0	10.5	9.8	13.0

\* SR = L<sub>75</sub> - L<sub>25</sub>

으로 적합시킨 식은 각각 다음과 같다.

$$\text{로지스틱 곡선 : } P = \frac{1}{1 + \exp\left[8.241\left(\frac{d}{L_i} - 0.649\right)\right]} \quad (5)$$

$$\text{직선 : } P = -1.539\left(\frac{d}{L_i}\right) + 1.503 \quad (6)$$

Table 2에 는 갈퀴간격 12mm 및 16mm인 경우, 식(5)와 식(6)으로 어획될 확률이 각각 75%, 50%, 25%인 각장크기가 나타나 있다. 기존으로 사용하고 있는 갈퀴간격이 12mm인 경우 50% 어획될 민들조개의 크기는 Table 2에서 보는 바와 같이 로지스틱 곡선과 직선의 경우 각각 18.5cm, 18.4cm로 별 차이는 없다. 그러나, 일반적으로 표시하고 있는 50% 어획될 확률값을 포함한, 어획확률이 25%부터 75% 사이의 selection range(SR)은 로지스틱 곡선의 경우가 더 좁은 것을 알 수 있으므로 이것에 중점을 두고자 한다(장·서, 1982).

민들조개의 경우 생물학적 최소형은 각장이 25mm인 것으로 알려져 있다(이 등, 1999). 따라서, 이 최소성숙각장에 대한 50% 어획될 갈퀴간격을 구하면,

로지스틱 곡선의 경우 : d = 16.2mm

(직선의 경우 : d = 16.3mm)

이다. 따라서, 갈퀴간격을 16mm로 했을 경우에 50% 어획될 민들조개의 각장은 Table 2에서와 같이 로지스틱 곡선의 경우 24.7mm이다. 어획될 확률이 75%와 25%인 민들조개 각장의 크기는 각각 31.0, 20.5mm이다.

실제 해상에서 어획시험한 결과 어획시 모래도 함께 어구 속으로 입망되며 갈퀴간격을 16mm로 했을 때 12mm인 경우보다 어획량이 적게 어획되었다고 한다.(조 등, 1998; 조·김, 1999). 모래가 올라오는 것은 갈퀴가 모래를 파서 위로 올리는 때문이며, 어획량이 적은 것은 갈퀴의 개수가 상대적으로 적어 민들조개를 파는 양이 적기 때문이다. 梨本 등(1983)에 의하면 선택성으로부터 구한 것보다 작은 조개가 어획되었다는 보고가 있다. 이것은 어획시 모래가 조개와 함께 그물에 입망하므로 작은 조개가 모래가 없을 때보다 빠져나가기 힘들고, 또한 선택성 곡선에는 selection range(SR)가 있기 때문에 그 경계구분이 아주 뚜렷하게 걸러지는 것은 아니다. 한편, Fig. 4 및 Fig. 5를 참조하면 감소되는 어획물은 주로 소형개체임을 추정할 수 있다. 따라서, 기존으로 사용하고 있는 민들조개 형망어구의 갈퀴간격을 12mm에서 16mm로 확장시키더라도 앞에서 논의한 것처럼 상업적인 위판량에는 별 차이가 없을 것으로 판단되며, 선상에서 간격 12mm인 체로 선별하여 소형개체를 버리는 인력작업을 상당히 줄일 수 있을 것이다. 그리고, 민들조개 형망의 경우는 다른 어구와는 달리 틀입구 뒤쪽에도 체(sifter)가 부착(Fig. 1)되어 있는데, 예망속도를 다소 느리게 하므로써 예망중에 선별효과를 증가시킬 수 있을 것이다. 또, 동일한 크기의 어구에서 갈퀴의 간격을 확장시켜 갈퀴 수를 적게 하는 것은 어구 예망시 모래 속을 끄는 갈퀴의 저항을 적게 받으므로 연료가 절약될 것이다. 한편, selection range(선택

범위)는 갈퀴간격이 16mm인 경우가 12mm인 때 보다 약간 넓어진다.

한편, 형망의 갈퀴선택성에 관해선 갈퀴의 영향이 크다고 하는 것(Baird, 1959 : 梨本, 1984)과 거의 영향이 없다는 상반된 발표가 있는데 (Gaspar et al, 1999), 이것은 어구구조와 특징, 어장특성 및 실험방법 등을 고려하여 추후 밝혀져야 할 것이다. 왜냐하면, 형망은 기본적으로 갈퀴로써 모래속에 묻혀있는 조개를 파내어 어획하는 것으로, 갈퀴가 없으면 어획능률이 매우 떨어지고(형망의 무게에 의한 해저표면에서만 어획이 이루어짐), 갈퀴간격이 매우 조밀하면 대부분의 어획물이 어획되므로 갈퀴간격에 의한 영향이 있는 것을 추측할 수 있다. 그리고, 어떤 어장에서 많은 어획시험에 근거하여 결과를 산출하는 것은 매우 바람직한 현상이나 여기에도 고려해야 할 점이 있다. 예를 들면, cover net에 의한 어획선택성은 그물자루 표면에서만 다루고 있는데, 많은 양의 어군이 어획되었을 때나 특히 형망의 경우 조개가 자루표면이 아닌 속에 있을 때는 어류보다 더욱 탈출하기 힘들 것이다. 또, 생물분포량이 한정된 어장에서 한정된 샘플에 대해 실험을 하므로 처음 어획결과와 끝의 어획결과에는 차이가 있을 수 있으며, 어장특성상 균일한 분포를 이루지 않는 경우가 있다. 따라서, 본 논문에서 발표한 것은 실제 어획시험에 근거한 어획선택성에 대해 기타 여러가지 방법으로 구한 하나의 방법으로 자원관리 측면에서 서로 보완될 수 있는 한 방법이다.

그리고, 근래 자원감소에 따라 지속적인 어업을 위해 자원관리형 어업을 시행함에 있어서는 자원량 파악과 어획량 예측이 필요하며, 어업규제는 일반적으로 질적인 규제와 양적인 규제로 나눌 수 있는데, 어구의 어획선택성은 질적(qualitative)인 규제에 속하며 이것만으로는 충분한 효과를 거두기 힘들므로 어획량 같은 양적(quantitative)인 규제가 동반되어야 할 것이다. 또, 이와 더불어 input 규제(선박의 입어척수 등)나, output 규제를 병행함으로써 자원관리형 어업이 보다 효과적으로 이뤄질 수 있을 것이다(Park, 1998).

## 요 약

민들조개 형망의 갈퀴에 의해 어획될 확률을 조개크기와 갈퀴간격 사이의 관계로부터 구했다. 이때 기존의 방법에서는 각장만을 이용했는데 여기서는 각장 이외에 각고(또는 각폭)에 의한 효과를 추가시켜 어획될 확률을 구하고 로지스틱 어획선택성 곡선에 적합시켰으며, 그 식은 다음과 같았다.

$$P = \frac{1}{1 + \exp[8.241(\frac{d}{L_i} - 0.649)]} \cdot \text{민들조개의 경우}$$

생물학적 최소형은 각장이 25mm인 것으로 알려져 있으며, 이 최소성숙각장에 대해 50% 어획될 갈퀴간격을 구하면 16.2mm이다. 따라서, 민들조개 형망의 적정 갈퀴간격은 기존에 사용하고 있는 12mm를 16mm로 늘리는 것이 자원보호상 바람직하며, 이것은 예망작업시 모래 속을 끄는 갈퀴의 갯수도 상대적으로 적어지므로 어구저항이 감소되어 연료가 절약되며, 선상에서는 작은 조개를 체를 이용하여 거르는 인력작업도 줄일 것으로 여겨진다.

## 감 사

본 논문과 관련하여 매우 유익한 자료와 건설적인 비평과 지적을 주신 심사위원님께 깊은 감사드립니다.

## 참고문헌

- Baird, R.H.(1959) : Factors affecting the efficiency of dredges, *Mode. Fish. Gear of the world* 1, 222~224.
- Gaspar, M.B., Castro, M. and Monteiro, C.C.(1999) : Effect of tooth spacing and mesh size on the catch of the Portuguese clam and razor clam dredge, *ICES Journal of Marine Science* 56(1), 103~110.
- Millar, R.B. and Walsh, S.J.(1992) : Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls, *Fisheries Research* 13, 205~220.
- Park, H.H.(1998) : Analysis and prediction of

민들조개 (*Gomphina melanaegis*) 형망의 갈퀴에 의한 어획선택성

- walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) landings in Korea by time series analysis, *Fisheries Research* 38(1), 1~7.
- 梨本勝昭・宮澤晴彦・平石智徳(1983) : ウバガイ桁網のつめによる漁獲選擇性について, *日水誌* 49(3), 379~385.
- 梨本勝昭(1984) : エゾバカガイ桁網の漁獲選擇性について, *日水誌* 50(7), 1145~1155.
- 이정용・박영제・장영진(1999) : 민들조개 (*Gomphina melanaegis*)의 생식소 발달과 생식주기, *한국수산학회지* 32(2), 198~203.
- 장지원・서두옥(1982) : 어구공학, 신원출판사, 189~193.
- 정순범・이주희・김삼곤(1993) : 측편형 어류에 대한 트롤끝자루의 망목선택성, *어업기술* 29(4), 254~259.
- 조봉곤(1997) : 피조개 형망의 씨레에 의한 어획선택성에 관하여, *한국어업기술학회지* 33(1), 1~8.
- 조봉곤・김영곤(1999) : 피조개 형망의 어획선택성에 관한 연구, *한국어업기술학회지* 35(4), 366~376.
- 조태현・김인옥・박해훈(1998) : 형망漁具의 漁獲選擇성에 관한 研究, 1997년도 동해수산연구소 사업보고서, 67~78.
- 조태현・김인옥(1999) : 형망漁具의 漁獲選擇성에 관한 研究, 1998년도 동해수산연구소 사업보고서, 69~96.