

일본 북해도 도화새우통발의 경사면 길이와 각도 변화에 따른 입롱시 크기선택성

김성훈* · 이주희¹ · 김형석¹

국립수산과학원 수산공학과, ¹부경대학교 해양생산시스템관리학부

Size selectivity by alter the slope length and angle of coonstrip shrim (*Pandalus hypsinotus* Brandt) pot using in Hokkaido, Japan

Seong-Hun KIM*, Ju-Hee LEE¹ and Hyung-Seuk KIM¹

Fisheries engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute,
Busan 619-902, Korea

¹Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

In this study, the effect of slope length and angle at the entrance to fishing pots on the size of captured shrimp was examined to determine the optimal design of pots for use in Hokkaido, Japan. The purpose of the current study was to optimize the design of shrimp pots to allow greater control over the size of captured individuals for the purposes of shrimp resource management. Tank experiments were conducted to determine the optimal slope length and slope angle by analyzing the sizes of shrimp entering 10 model pots with combinations of five different slope lengths on slope angle of current shrimp pot, and five different angles on slope length of current shrimp pot. The results showed that, as the slope length of the pot increased, the size of individuals which entered the pot increased. In addition, as the slope angle was elevated in each of the five different slope angle treatments, the size of individuals entering was also increased.

Key words : Optimal design, Shrimp pot, Selectivity, Slope angle, Slope length

서 론

일본 북해도에서 새우어업은 주요한 어업 가운데 하나로, 2006년도 북해도 새우류의 어획량(금액)은 북쪽분홍새우 3,029톤(3,359,800천엔),

도화새우 682톤(1,395,546천엔), 북쪽줄무늬새우 247톤(579,858천엔), 그 외의 새우류 113톤(176,336천엔)이었다. 이 중에서 도화새우는 북해도의 남부지역(이하도남지역)에서 주로 어획

*Corresponding author: seba419@naver.com, Tel: 82-51-720-2584, Fax: 82-51-720-2586

되며, 특히 북해도 분카만(噴火灣)해역에서 생산되는 도화새우는 도남지역의 약 97%를 차지하고 있다.

일본 북해도에서 사용되고 있는 새우통발은 입구가 위쪽에 1개 있는 반구형과 입구가 옆쪽에 2개가 있는 원추대형의 두가지의 형태가 있으며 주로 도화새우를 대상으로 하는 통발은 반구형이다.

통발은 어업자의 조업경험에 의해 형태가 조금씩 변화하여 현재의 형태에 이르고 있지만 현재 사용하고 있는 도화새우통발의 어획성능에 대한 연구는 거의 없다(Li, 2003). 새우통발에 대해서 어획성능이나 역학적 특성에 대해서는 Stasko, 1975; Koike et al., 1979, 1981; Yamane, 1995 등의 연구사례가 있으나, 전체적으로 그 수는 많지 않다.

본 연구에서는 도화새우통발의 미성숙개체 어획을 감소시키고 선택적 어획이 가능한 통발을 개발하기 위한 기초연구로서 통발의 경사면 길이와 각도 변화에 따른 입통시의 크기선택성을 밝히는 것을 목적으로 하였다.

재료 및 방법

현용어구

일본 북해도 sawara(砂原)지역의 현용 새우통

발(이하 sawara 새우통발)은 입구가 상부에 한 개 배치되어 있는 반구형의 통발로써 밑면의 직경이 110cm, 높이가 36cm의 크기로 직경 13.8mm의 철재 프레임으로 이루어져 있으며, 상부에 4개의 플라스틱 프레임(20mm×8mm, W×t)에 의해 형태를 이루고 있다. 또한 Tetron 210d/18합사의 랏셀망지를 전체적으로 씌운 형태이며, 망목은 34mm로서 북해도지역 새우통발 망목 34mm 이하 사용을 금지하도록 되어 있는 북해도 수산관계 규정(도남지역 새우통발 취급지침)에 적합한 것이다(Fig. 1).

공시개체

실험에 사용된 공시개체는 2006년 9월 27일, 2007년 3월 13일 북해도 sawarazhi 지역 분카만 해역에서 상업새우통발에서 채집한 도화새우로 갑장범위가 19 - 36mm이었으며, 1mm의 갑장계급별 13개체씩 총 234개체를 실험에 사용하였다. 공시개체의 갑장과 체중과의 관계를 Fig. 2에 나타내었다. 채집한 개체는 북해도대학 수산학부 내의 옥내수조(2m×2m×1m)에서 사육하고, 사육수조 내의 수온은 해수냉각기를 이용하여 서식해역의 수온과 비슷한 3.0~3.5℃로 유지하였다. 먹이는 새우통발어업의 미끼용 냉동 입연수어를 3일에 1회 적정량을 공급하였다. 또한

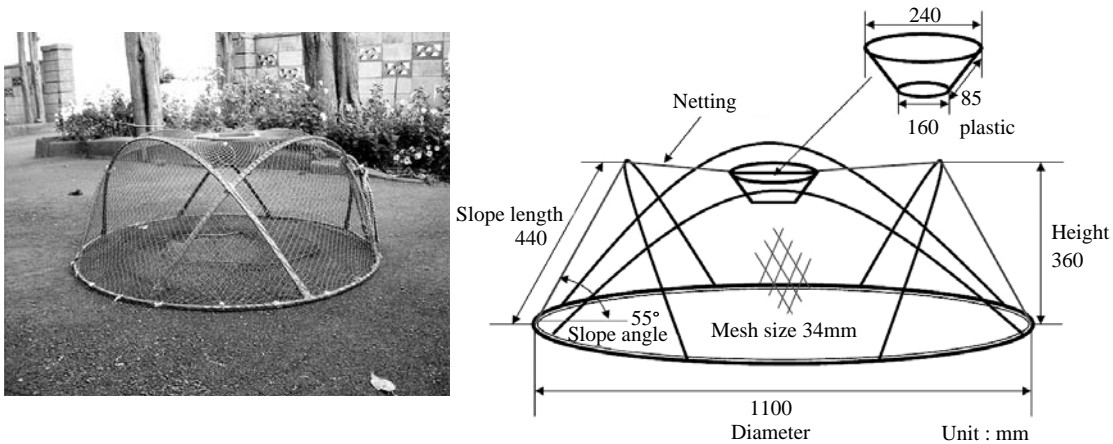


Fig.1. The current shrimp pot using in sawara area of Hokkaido, Japan.

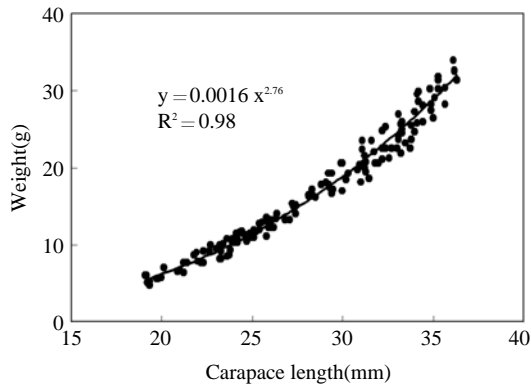


Fig. 2. Relationship between carapace length and weight of experimental individuals.

한번 실험에 사용한 개체는 2 - 3일정도 순치시킨 후, 실험에 사용하였다.

실험어구

현재 사와라 새우통발은 경사면의 길이가 44cm, 경사면의 각도가 약 55°인 것을 사용하고 있다. 경사면의 길이에 따른 입통시의 도화새우의 크기선택성 실험에서는 경사면의 각도를 현

용 통발의 각도인 55°로 고정 하고 현용 통발의 경사면의 길이를 포함한 24cm, 34cm, 44cm, 54cm 및 64cm의 5 종류의 통발을 사용하였다 (Fig. 3(a)). 또한 경사면의 각도에 따른 입통시의 도화새우의 크기선택성 실험에서는 통발의 경사면의 길이를 현용 통발의 경사면의 길이인 44cm로 고정하고, 경사면의 각도를 현용 통발의 경사각을 포함한 35°, 45°, 55°, 65° 및 75°의 5 종류의 통발을 사용하였다(Fig. 3(b)).

실험장치 및 방법

실험은 Fig.4에 나타낸 바와 같이 정방형 수조 (2m × 2m × 1m) 내에서 실시하였다. 실험장치는 수조 내에 모형통발을 설치하고, 모형통발 경사면 앞부분에 아크릴판넬을 사용하여 공기개체의 방류부분을 만들고 개체들 간에 스트레스를 받지 않도록 충분한 면적을 확보하였으며, 입통을 유도하기 위해 V자 형태로 벽을 설치하였다. 그리고 모형통발의 경사면과 입구부분에 2대의 수중적외선카메라(TR - 850WBP, Teistar)를 설치하고 모니터(CPD - 17MS, Sony)를 이용해서 입

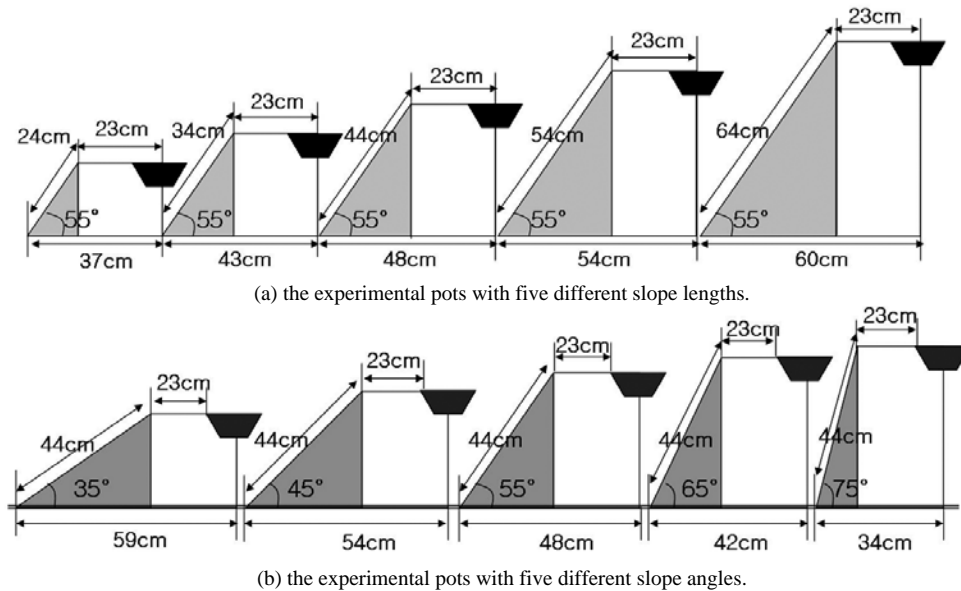


Fig. 3. Schematic illustration of experimental pots used in selectivity experiments.

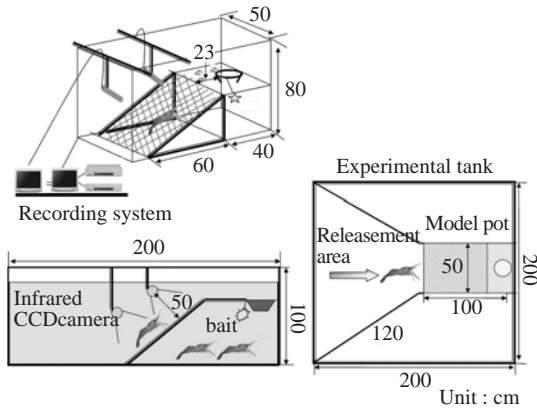


Fig. 4. Schematic illustration of experimental setup for selectivity experiments in tank.

통과정을 관찰하고, 동시에 대상개체의 행동을 비디오레코더(HV-GR2, Aiwa)에 녹화하였다.

실험 시에는 통상, 복해도의 분카만해역의 도화새우는 수심 80-100m의 해저에서 서식하고 있는 것을 고려하여 실험실내의 빛은 일절 차단한 암실상태에서 실시하였다. 실험은 최초에 모형통발과 공시개체의 방류부분을 칸막이를 이용하여 차단하여 실험개시 전까지 공시개체가 입통하지 않도록 하였다. 공시개체는 방류로 인한 스트레스가 안정되기 전까지 순치를 시켰으며 적어도 1시간 이상 순치를 한 후 실험을 개시하였다. 입통실험은, 모형통발 내에 먹이를 설치하고, 통발의 입구를 개방함과 동시에 실험을 개시하고 공시개체의 행동을 24시간 연속하여 비디오테이프에 녹화하였다. 실험개시로부터 24시간 경과한 시점에서 입통한 개체와 수조내에 잔류한 개체로 구분한 후 입통한 개체의 갑장을 측정하고, 갑장계급별의 미수를 구하였다. 먹이는 수조의 용적과 용수량을 고려하여 새우통발 조업에 사용되는 냉동입연수어 50g을 사용하였으며, 실험 후 해수를 교환하였다. 또한 실험은 각각 동일조건 내에서 실시하였으며 각 모형통발별로 각각 3회씩 행하였다. 본 연구에서는 먹이의 효율에 따른 어획성능의 관계는 고려하지 않았다. 실험은 Table 1에 나타난 순서로 모형통

Table 1. The order to examine the shrimp on selectivity experiments

Item	Slope length (cm)	Slope angle(°)
Experiment(1)	34, 54, 24, 64, 44	55
	34, 54, 24, 64, 44	55
	34, 54, 24, 64, 44	55
Experiment(2)	44	35, 45, 55, 65, 75
	44	75, 65, 55, 45, 35
	44	55, 35, 65, 45, 75

발을 투입하여 실험을 실시하였다.

선택성분석 방법

본 연구에서는 식(1)에 나타난, 실험수조에 투입한 총 공시개체수에 대한 입통한 공시개체수의 비를 입통률로 정의하였다.

$$\phi = \frac{C_E}{C_E + C_R} \quad (1)$$

여기에서 ϕ 는 입통률, C_E 는 입통한 개체수, C_R 는 입통하지 않고 수조에 잔류한 개체수를 나타낸다. 선택성 분석에서는 식(2)에 나타난 Logistic 방정식(Pope et al., 1975)을 이용하였다.

$$S(l) = \frac{\exp(a+bl)}{1 + \exp(a+bl)}, 0 < S(l) < 1 \quad (2)$$

여기에서 $S(l)$ 는 선택률로서 본 연구에서는 입통률을 나타낸다. a 와 b 는 곡선식의 파라미터, l 는 대상개체의 갑장을 나타낸다. 곡선의 파라미터 추정은 최우추정법(Maximum Likelihood)을 이용하였다(Hiramatsu, 1992; Jeong et al., 2000; Fujimori and Tokai, 2001). 실험수조에 투입한 총 개체수를 N 으로 두고, 모형통발에 입통한 개체의 수를 이라고 하면 경사면의 선택작용에 의한 선택률은 n/N 로 나타내어진다. 여기에서 경사면의 선택작용에 의한 입통확률을 P , 잔류확률을 $1-P$ 라고 가정하면 P 를 파라미터로 하는 우도함수 $L(P)$ 은,

$$L(P) = {}_N C_n P^n (1-P)^{N-n} \quad (3)$$

으로 나타낼 수 있다. 본 연구에서는 도화새우의

두 흉부의 형상과 측정오차를 고려하여 갑장이 아닌 계급 1mm로 한 갑장계급의 대표치 $l_k(k=1,2,3,\dots,K)$ 를 이용하는 것으로 하였다. K 는 계급수이다. 여기에서 l_k 마다의 입통확률 P_{l_k} 를 최우추정하는 것이 가능하다. 이 때 k 번째의 갑장 계급 l_k 에 있어서 입통확률 P 는 식(3)을 기초로 식(4)와 같이 선택률로 나타낼 수 있다.

$$P(l_k) = \frac{\exp(\alpha + \beta l_k)}{1 + \exp(\alpha + \beta l_k)}, 0 < P(l_k) < 1 \quad (4)$$

여기에서 $P(l_k)$ 는 k 번째의 갑장계급 l_k 에서의 선택률, α 와 β 는 곡선식의 파라미터이다.

따라서 식(3)에 나타난 각 갑장계급마다의 우도를 곱한 것이 갑장계급 l_k 에서의 입통이 동시에 일어날 수 있는 Logistic 방정식의 α 와 β 를 파라미터로 하는 우도함수가 되고, 식(5)과 같이 표현할 수 있다.

$$L(\alpha, \beta) = \prod_{k=1}^K N_k C_{n_k} P(l_k)^{n_k} [1 - P(l_k)]^{N_k - n_k} \quad (5)$$

여기에서 식(5)의 값을 최대로 하는 파라미터를 찾아내는 것에 의해 선택성곡선식을 구하였다. 또한 추정된 선택성곡선으로부터 25%, 50%, 75% 선택갑장의 값 l_{25} , l_{50} , l_{75} 를 식(6) - 식(8)에 의해 산출하였다.

$$0.25 = \frac{\exp(\alpha + \beta l_{25})}{1 + \exp(\alpha + \beta l_{25})}, l_{25} = \frac{-\ln(3) - \alpha}{\beta} \quad (6)$$

$$0.50 = \frac{\exp(\alpha + \beta l_{50})}{1 + \exp(\alpha + \beta l_{50})}, l_{50} = \frac{\alpha}{\beta} \quad (7)$$

$$0.75 = \frac{\exp(\alpha + \beta l_{75})}{1 + \exp(\alpha + \beta l_{75})}, l_{75} = \frac{\ln(3) - \alpha}{\beta} \quad (8)$$

현재 일본 북해도에서는 갑장 25mm의 개체는 각 지방의 수산관계 규정으로 자율방류 하도록 시행하고 있는 개체이며, 성숙연령상 1세 이하로 미성숙한 개체로 분류하고 있다. 도화새우는 평균적으로 갑장 27mm 이상(2.5세 이상)부터 성숙하여 성전환을 거쳐 포란하는 것으로 알려져 있다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 선택성 평가

를 갑장 25mm(1세 이하) 대해서 실시하고, 50% 선택갑장 l_{50} 을 나타내는 경사면의 길이와 경사면의 각도를 각각 추정하였다. 또한 선택범위 (Selection Range, S.R)를 구하여 선택성의 변화를 조사하였다. 선택성범위를 산출하는 식을 식(9)에 나타내었다.

$$S.R = l_{75} - l_{25} = 2\ln(3) / \beta \quad (9)$$

결 과

경사면의 길이의 변화

경사면의 각도를 55°로 고정하고 경사면의 길이만을 변화시킨 실험에서, 경사면의 길이가 길어지면 길어질수록 입통하는 개체의 갑장이 커지는 것을 알 수 있었다. 각 통발별 입통 개체수는 각 3회 실험의 결과를 누적하여 Table 2에 나타내었다. 경사면의 길이가 24cm 인 경우는 갑장 계급별 개체들이 대부분 입통하였으며, 경사면의 길이가 가장 긴 64cm 통발의 경우에는 갑장 25mm 이하 개체의 입통이 타 통발에 비해 현저히 감소하는 것을 알 수 있었다. 그리고 갑장 25mm 이하 개체에서 입통하는 개체수의 변화가 큰 것을 알 수 있었으며, 갑장 30mm 이상

Table 2. Number of experimental individuals entered in the pots with slope angle 55° based on slope lengths

Carapace Length(mm)	Total individual	Slope length (cm)				
		24	34	44	54	64
19	39	21	10	5	0	0
20	39	23	16	8	1	0
21	39	22	21	14	6	3
22	39	21	24	19	13	8
23	39	26	24	23	17	13
24	39	28	31	25	19	16
25	39	31	35	27	23	17
26	39	29	35	28	25	21
27	39	33	30	30	28	24
28	39	30	31	28	28	24
29	39	33	30	29	30	26
30	39	31	33	32	33	28
31	39	36	30	34	37	33
32	39	38	34	35	36	30
33	39	35	31	33	38	33
34	39	36	33	37	34	37
35	39	37	39	38	36	34
36	39	39	36	38	39	36
Total	702	549	523	483	443	383

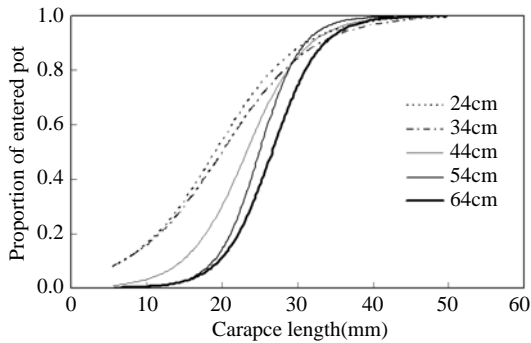


Fig. 5. Comparison of the selectivity between each slope length.

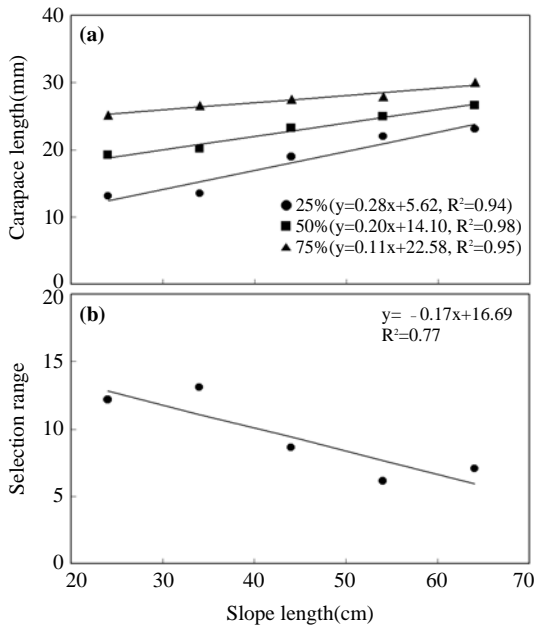


Fig. 6. 50% selection carapace length and selection range for experimental pot with five different slope lengths.

(a) Relationship between slope length and carapace length,
 (b) Relationship between slope length and selection range.

의 개체는 입룡하는 개체수의 변화가 적어 대부분의 통발에 입룡이 가능한 것을 알 수 있었다.

또한, 각 통발에 입룡한 개체의 갑장조성을 바탕으로 선택성곡선을 작성하고 비교하여 Fig.5에 나타내었다. Fig.5에서, 경사면의 길이가 길어지면 길어질수록 선택성은 좋아지는 것을 알

수 있었으며, 갑장30mm 이하의 개체는 입룡하는 개체수의 변화가 크고, 작은 개체의 선택에 길이가 관계하고 있는 것을 알 수 있었다.

현용 새우통발의 경사면의 길이인 44cm의 모형통발에 대해서는, l_{50} 은 23.2mm로 나타났으며, 본 실험에서의 선택성 평가의 대상인 l_{50} 이 25mm가 되는 이론적인 경사면의 길이는 56cm로 추정되어졌다(Fig.6(a)).

따라서 경사면의 길이가 길어지면 길어질수록 l_{50} 가 커지는 것을 알 수 있었으며, 각 통발에 대한 선택범위는 경사면의 길이가 길어질수록 범위가 좁아지는 경향이 있는 것을 알 수 있었다(Fig.6(b)).

경사면의 각도의 변화

경사면의 길이를 44cm로 고정하고 경사면의 각도만을 변화시킨 실험의 결과, 각 통발에 있어서 경사면의 각도가 커지면 커질수록 입룡하는 개체의 갑장이 커지는 것을 알 수 있었다. 각 통발별 입룡 개체수는 각 3회 실험의 결과를 누적하여 Table 3에 나타내었다. 경사면의 각도가 가장 낮은 35°인 경우, 갑장 계급별 개체들이 대부분 입룡하였으며, 갑장 25mm 이하의 미성숙개

Table 3. Number of experimental individuals entered in the pots with slope length 44cm based on slope angles

Carapace Length(mm)	Total individual	Slope length (cm)				
		35	45	55	65	75
19	39	16	12	8	7	4
20	39	15	18	15	10	6
21	39	23	16	12	14	6
22	39	19	19	18	17	9
23	39	24	23	19	18	13
24	39	27	25	23	18	16
25	39	31	27	24	20	19
26	39	29	25	28	25	23
27	39	31	26	26	22	21
28	39	33	30	29	28	22
29	39	32	27	27	27	25
30	39	34	29	32	26	28
31	39	35	33	31	28	29
32	39	37	32	34	29	31
33	39	36	35	32	33	36
34	39	34	38	35	34	35
35	39	37	38	37	34	37
36	39	38	37	39	35	38
Total	702	531	490	469	425	398

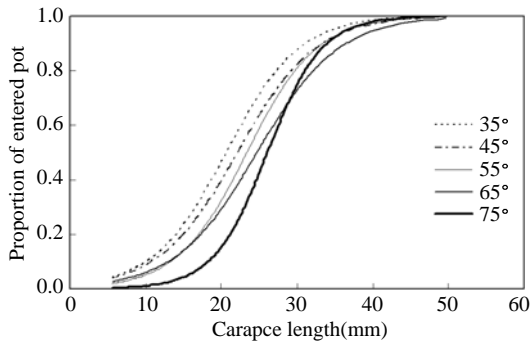


Fig. 7. Comparison of the selectivity between each slope angle.

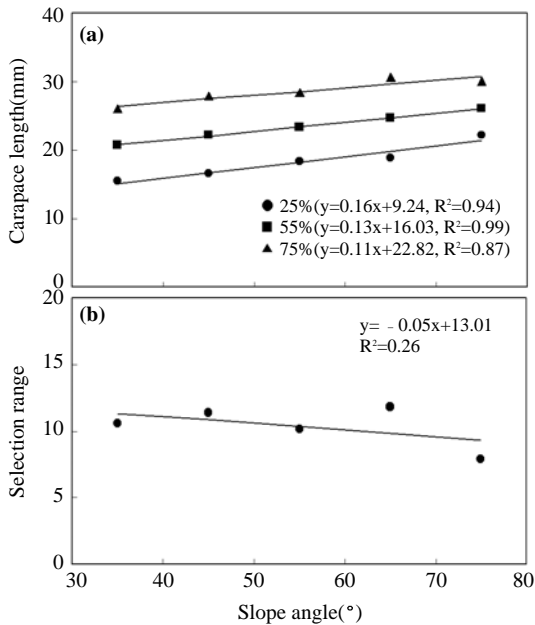


Fig. 8. 50% selection carapace length and selection range for experimental pot with five different slope angles. (a) Relationship between slope angle and carapace length, (b) Relationship between slope angle and selection range.

체의 입통이 많은 것을 알 수 있었다. 55°의 경우는 현용 어구에서 사용하고 있는 각도로 25mm 이하의 개체가 상당수 입통을 하였다. 따라서 경사면의 각도를 현재의 크기보다는 크게 해야 함을 예상할 수 있다. 경사면의 각도가 가장 큰 75°의 경우, 미성숙개체의 입통이 현저하게 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 갑장 30mm 이상의

개체들은 각도에 상관없이 입통하는 개체수가 많은 것을 알 수 있었다.

각 통발에 입통한 개체의 갑장조성을 바탕으로 선택성곡선을 작성하고 비교하여 Fig.7에 나타내었다.

경사면의 길이의 변화에 의한 결과와 같은 모양으로 경사면의 각도가 커질수록 선택성이 좋아지는 것을 알 수 있었다. 또한 이 25mm로 되는 이론적인 경사면의 각도는 약 67°로 추정되었다. 현용 새우통발의 경사면의 각도 55°에 대해서, 은 약 23.4mm으로 1세 미만의 개체가 상당수 입통하고 있는 것을 알 수 있었다(Fig.8(a)). 각 통발에 대한 선택범위는 경사면의 각도가 커질수록 선택범위가 좁아지는 경향을 나타내었다(Fig.8(b)).

고찰

본 연구에서는 통발의 형상에 크게 관여하는 경사면의 길이와 경사면의 각도를 변화시켜서 입통하는 개체의 갑장조성과 입통률을 조사하였다. 도화새우는 1세 이상(갑장 25mm 이상)에서 성숙하게 되기 때문에, 선택성의 지표로써 이용되어진 50% 선택갑장(l_{50})이 25mm가 되는 통발의 형태를 구하였다. 경사면의 각도를 고정하고, 경사면의 길이를 변화시킨 실험에 의해 $l_{50} = 25\text{mm}$ 가 되는 경사면의 길이는 56cm로 추정되었다. 이것은 현용통발의 경사면의 길이보다 약 12cm 큰 값으로, 경사면의 길이를 길게 하는 것으로 어느 정도 미성숙개체의 입통을 감소시키는 것이 가능할 것으로 생각되어진다. 또한 경사면의 길이를 현용통발의 길이로 하고, 경사면의 각도를 변화시킨 실험에서 $l_{50} = 25\text{mm}$ 가 되는 경사면의 각도는 67°로 추정되었고, 현용새우통발의 각도보다 약 12° 큰 값을 나타냈다. 이것으로부터 현용새우통발에서는 경사면의 각도만을 크게 하는 것에 의해 미성숙개체의 입통을 감소시키는 것이 가능할 것으로 생각되어진다.

그러나 이러한 결과에 따라 경사면의 길이와

각도를 변화시킬 경우, 전체적인 통발의 크기가 커지게 되며, 조업의 효율성과 통발의 수중 안정성을 확보하기 위해 경사면의 길이와 각도를 동시에 고려하여 통발의 크기를 결정해야 할 것으로 판단된다.

이제까지 통발에 대해서는 미성숙개체의 입롱이나 어획을 감소시키기 위해서 입구의 크기와 망목의 크기에 주목하여 많은 연구가 이루어져 왔다. 그러나 새우는 보행과 수영이 양방의 행동습성을 가지고 있기 때문에, 통발의 입구나 망목뿐만 아니라 경사면의 길이와 각도에 의해서도 선택작용을 받는 것을 알 수 있었다. 따라서 새우통발의 선택성을 생각하는 경우에는 입구나 망목의 크기와 함께 통발의 형상요인도 고려하는 것이 필요할 것으로 생각되며, 이러한 것에 의해 선택성을 향상시키는 요인의 폭을 넓히는 것이 가능할 것으로 생각된다.

본 연구는 현용통발에 있어서 경사면의 길이와 각도의 각각 하나의 요소에 대한 입롱실험을 실시하였으나, 보다 합리적이고 적절한 설계를 하기 위해서는 이 두가지 요소를 동시에 고려하여 입롱실험을 실시할 필요가 있다. 또한 새우는 보행에 의한 입롱뿐만 아니라 수영능력을 가지고 있기 때문에 수영에 의해 입롱한 미성숙개체를 효율적으로 탈출시킬 수 있는 탈출장치에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

결 론

북해도지역에서 도화새우를 대상으로 하는 통발에 대해 선택적 어획이 가능한 통발의 개발을 위해 통발의 형상요소인 경사면의 길이의 변화와 각도의 변화에 따른 크기 선택성의 변화를 수조실험을 통해 조사하였다. 실험은 현용통발의 경사면의 길이와 각도를 포함한 각각 5단계의 경사면의 길이와 각도를 가지는 모형통발을 제작하여 수조 내에서 입롱실험을 행하고, 갑장 25mm 개체를 기준으로 50% 선택압장을 나타내는 경사면의 길이와 각도를 각각 추정된 결과,

경사면의 길이가 길어질수록 입롱하는 개체의 크기가 커지는 것을 알 수 있었고, l_{50} 이 25mm 가 되는 경사면의 길이는 56cm로 현용통발의 경사면의 길이보다 약 12cm 큰 값을 나타내었다. 그리고 경사면의 각도가 커지면 커질수록 입롱하는 개체도 크기가 커지는 것을 알 수 있었고, l_{50} 이 25mm 가 되는 경사면의 각도는 67° 로 현용통발의 경사면의 각도보다 약 12° 큰 값을 나타내었다. 전체적으로 경사면의 길이나 각도가 커질수록 입롱하는 개체의 수는 줄어드는 것을 알 수 있었으나 현용통발의 경사면의 각도에 대해 경사면의 길이를 길게 하거나, 현용통발의 경사면의 길이에 대해 경사면의 각도를 크게 하는 것으로 어느 정도 미성숙개체의 입롱을 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- Fujimori, Y., and T. Tokai, 2001. Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method. *Fisheries Sciences*, 67, 644 – 654.
- Hiramatsu, K., 1992. A statistical study of fish population dynamics using maximum likelihood method ? parameter estimation and model selection. *Bull. Natl. Inst. Far Seas Fish.*, 29, 57 – 114.
- Jeong, E.C., C.D. Park, S.W. Park, and T. Tokai, 2000. Size selectivity of trap for male red queen crab *Chionoecetes japonicus* with the extended SELECT model. *Fisheries Sciences*, 66, 494 – 501.
- Koike, A., S. Takeuchi, M. Ogura, K. Kanda, S. Mitsugi and H. Ishidoya, 1979. Fundamental studies on the development of the deep sea fisheries resources by trap fishing I. The catch by the trap with difference constructions of trap. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 65, 173 – 188.
- Koike, A., M. Ogura, S. Takeuchi, 1981. Catching efficiency of the double-framed pots for pink shrimp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 47, 457 – 461.
- Li, Y., 2003. Studies on the optimum design of fish traps for catching arabesque greenling(*pleurogrammus azonus*) used in matsumae, Hokkaido. Ph.D. Thesis,

- Hokkaido University, Japan. pp. 105.
- Pope, J., A. Margetts, A. R., Hamley, J. M., Akyuz, E. F., 1975. Manual of methods for fish stock assessment. Part III. Selectivity of fishing gear. FAO Fisheries technical paper, Rev.1, pp. 46.
- Stasko, A.B., 1975. Modified lobster traps for catching crabs and keeping lobster out. J. Fish. Res. Board. Can., 32, 2515 -2520.
- Statistics and Information Department, Minister's Secretariat, the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan. 2006. *Production Statistics Annual Report of Fisheries & Aquaculture*. Association of Agriculture and Forestry Statistics, Tokyo, pp. 119.
- Yamane, T., 1995. Effect of different funnel designs on the catching ability of small pots for prawns *Macrobrachium nipponense*. Fisheries Sciences, 61, 187 -191.
-
- 2008년 7월 22일 접수
2008년 9월 8일 1차 수정
2008년 10월 1일 수리