

요철판을 이용한 새우 선별 방법 연구

이건호* · 김현영

*국립수산과학원(연구사) · 국립수산과학원(연구관)

A Study on the Method of Sorting Shrimp from the Catch Using Bumpy Plate

Gun-Ho LEE* · Hyun-Young KIM

*National Institute of Fisheries Science(researcher) · National Institute of Fisheries Science(senior researcher)

Abstract

Shrimp sorting from the catch requires a lot of time and efforts. So, this study proposes an automatic shrimp sorting method using a bumpy plate and investigates the performance by the shape and spacing of the bump and the contact angle. 2 species (*Palaemon gravieri*, *Metapenaeopsis dalei*) of shrimp and 3 species of fish were used in the experiment. As a result, the average sorting rate by the bump shape was high in the order of cutter blade < hook < sharp cutter blade, that by the bump spacing decreased as the spacing increased and that by the contact angle decreased as the angle increased. The highest sorting rate was 61.7% in the cutter blade type/5 mm/20°, which was very low. So, the sorting rate for the case where the fish contained only *P. gravieri* and that only *M. dalei* were calculated, respectively. As a result, the highest sorting rate of *P. gravieri* group showed 91.7% in the cutter blade type/5 mm/20°, and that of *M. dalei* group showed 46.7% in the cutter blade type/3 mm/30°. Therefore, it was determined that the method of sorting shrimp using bumpy plate was effective in sorting *P. gravieri*, but not in *M. dalei*.

Key words : Shrimp sorting, Sorting machine, Bumpy plate, *Palaemon gravieri*, *Metapenaeopsis dalei*

I. 서론

조업 과정에서 부수어획종이 어획물에 다량으로 혼합된 경우, 그 비율에 따라 어획물 전체가 버려지기도 하고 사료로 처리되기도 한다(Shin et al., 2010). 반면 목표종에 해당하는 어획물이 섞인 비율이 높으면 선별하여 위판장에 판매된다. 즉, 혼획이 적을수록 어획물의 가치가 상승하는 것을 알 수 있다. 그러나 어구의 특성상 혼획이 불가피한 어업이 있는데 대표적인 어업이 서해안의 안강망 어업이다.

서해안에서 꽃게, 멸치, 넙치, 갈치, 주꾸미, 갑오징어, 새우류 등을 어획하는 안강망(Lee et al., 2022)은 어구의 특성상 여러 종의 어획물이 자루 그물 안에서 섞인 채로 양망 된다. 크기가 비교적 크고 어획 개체 수가 적은 꽃게나 갈치, 넙치 등은 쉽게 선별할 수 있지만 크기가 작고 개체 수도 많은 새우류는 선별에 노력과 시간이 많이 든다. 어획물에 섞인 새우는 모두 수작업으로 선별되는데 예컨대 충남 서천 지역의 경우 연안개발안강망 어선의 1항차에 어획된 새우(약 30 상자(93.6리터))를 선별하기 위해서는 숙련된 작업

* Corresponding author : 051-720-2592, ghlee94@korea.kr

※ 이 논문은 2022년도 국립수산과학원 수산과학연구소사업 자원관리형 어업기술 및 어구어법 DB구축 연구(R2022047)의 지원으로 수행된 연구입니다.

자 4-5명이 이른 새벽에 2시간 이상 수작업을 해야 한다.

그러나 직접 실시한 조사에 따르면 어촌 인구의 노령화와 노동 인구의 감소로 인해 새우 선별에 필요한 작업자 수급이 점점 어려워지고 있고 어획량과 어종은 그날의 어황에 따라 달라지므로 선주의 필요에 따라 유동적으로 작업자를 공급받기도 쉽지 않다고 한다. 그뿐만 아니라 인력 수급이 어려울수록 인건비도 상승하므로 경제적인 부담도 가중화 되는 실정이라 안강망 어업인은 인력 수급 상황에 구애받지 않고 새우류를 선별할 수 있는 장치의 보급을 희망하고 있다.

따라서 이와 같은 인력 수급의 어려움과 비용 문제를 해결하면서 어획물의 이용 가치를 높이기 위해서는 인력의 도움 없이 자동으로 새우를 선별할 수 있는 장치에 관한 연구가 절실하다. 일반적으로 선별은 농수산 분야에서 수확물을 종류 또는 크기별로 분류할 때 필요한데 농업 분야의 관련 연구에는 바람을 이용한 블루베리 열매와 잎사귀 분리에 관한 연구(Bao et al., 2012), 회전하는 드럼형 체(sieve)를 이용한 동백나무 열매의 크기별 선별 방법 연구(Kang et al., 2018), 이미지 프로세싱을 이용한 사과의 크기별 선별 방법 연구(Masoumi et al., 2015), 마찰 특성 차이를 이용하여 껍질이 있는 마늘과 없는 마늘을 선별하는 연구 등이 있다(Park and Kim, 1994). 수산 분야의 관련 연구는 전자저울을 이용한 조기의 크기별 선별 방법 연구(Lee and Won, 2019), 일정 간격으로 배치되어 회전하는 복수 개의 파이프를 이용한 고등어의 크기별 선별 방법 연구(Jun et al., 2016), 컴퓨터를 이용한 이미지 분석을 통해 넙치를 크기별로 분류하는 연구(Sung et al., 2020) 등이 있다. 그러나 이러한 연구 중 어획물에서 특정 어종을 선별하는 방법에 관한 연구는 많지 않으며 특히 새우 선별에 관한 연구는 알려진 바가 드물다.

따라서 본 연구에서는 안강망 어구에 잡힌 어획물 중 새우류만을 자동으로 선별하는 방법을

도출하기 위한 기초 연구로서 요철판을 이용한 새우 선별 방법을 제안하고 요철의 특성에 따른 새우 선별 성능을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 새우 선별 실험 방법

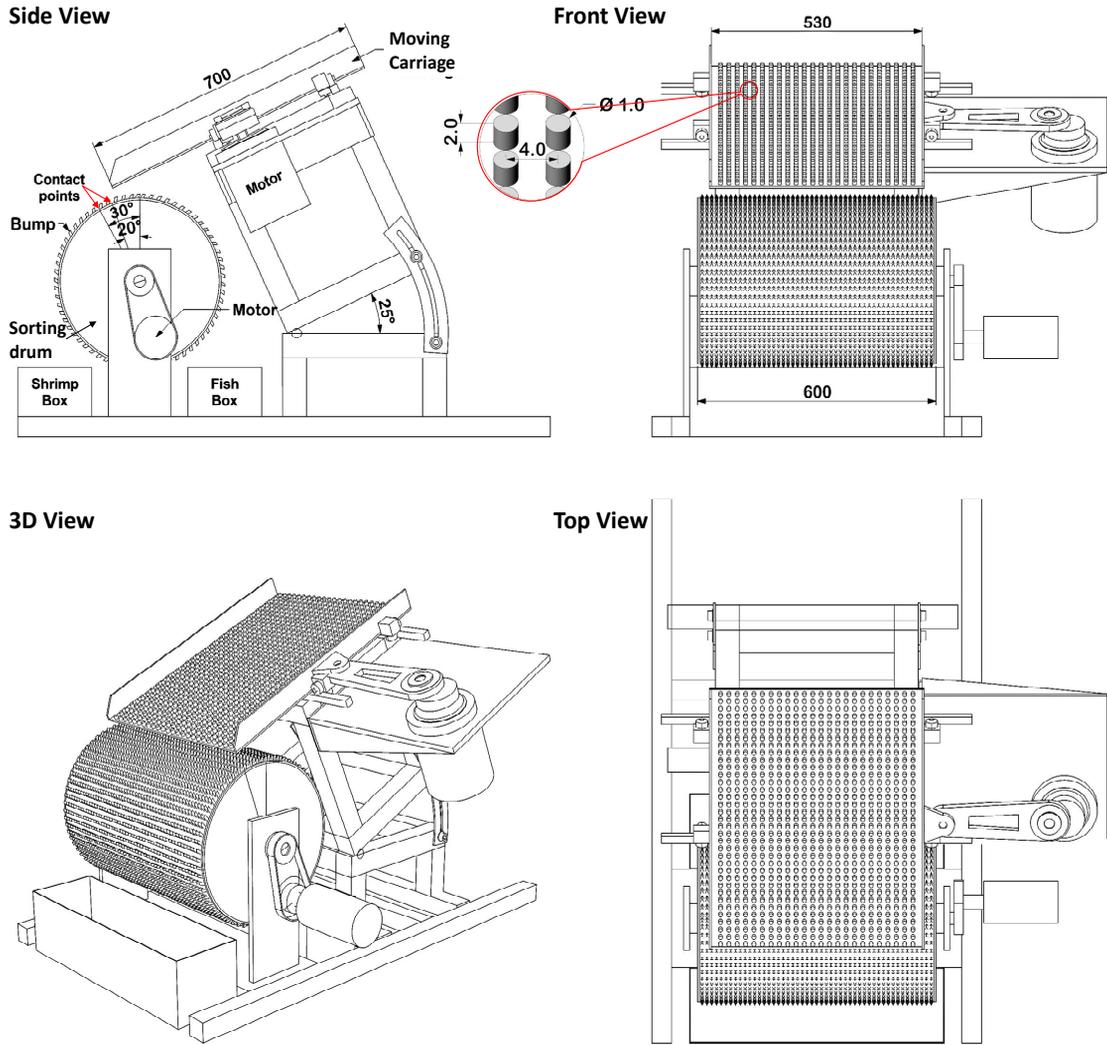
어획물에 섞인 새우를 선별하기 위해서 [Fig. 1]과 같은 실험 장치를 고안하였다. 이 장치는 선별 드럼과 이송대로 구성된다. 선별 드럼은 표면에 요철이 있는 원통이고 이송대는 새우 또는 어류를 선별 드럼 위로 떨어뜨리는 장치로 이송대에 어류 등이 달라붙는 것을 방지하기 위해 표면에 요철판이 깔려있다. 이송대가 좌우로 왕복 운동을 하면 이송대 위에 놓여있는 어획물은 이송대 위를 이동하여 맨 아랫단에서 회전하는 드럼 위로 낙하한다. 이때 외피가 부드러운 어류는 드럼 표면의 요철에 걸려 시계 방향([Fig. 1] Side view 기준)으로 회전을 하다가 우측의 어류 수집 상자로 떨어지고 외피가 딱딱한 새우는 요철 위를 미끄러져 좌측의 새우 수집 상자로 떨어진다.

선별 실험은 어획물과 드럼과의 접촉 각도(20, 30도), 어종(5종) 및 선별 드럼 표면의 요철 형상 및 간격(12종)에 대해 각각 20회씩 실시하였다 (Park and Kim, 1994). 선별 성공 여부는 다음과 같이 판단하였다. 새우의 경우 [Fig. 1]의 Sideview를 기준으로 선별 드럼 좌측으로 낙하하면 선별 성공으로 판단하고 우측으로 낙하하면 선별 실패로 판단하였다. 어류의 경우 선별 드럼 우측으로 낙하하면 선별 성공, 좌측으로 낙하하면 선별 실패로 판단하였다. 선별률은 식 (1)로 계산되는 값의 백분율로 판단하였다.

$$P = \frac{S_s}{T_s} - \frac{F_f}{T_f} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 S_s 는 선별에 성공한 새우 수, T_s 는 실험에 투입된 총 새우 수, F_f 는 선별에 실패한 어류

수, T_n 는 실험에 투입된 총 어류 수를 나타낸다.



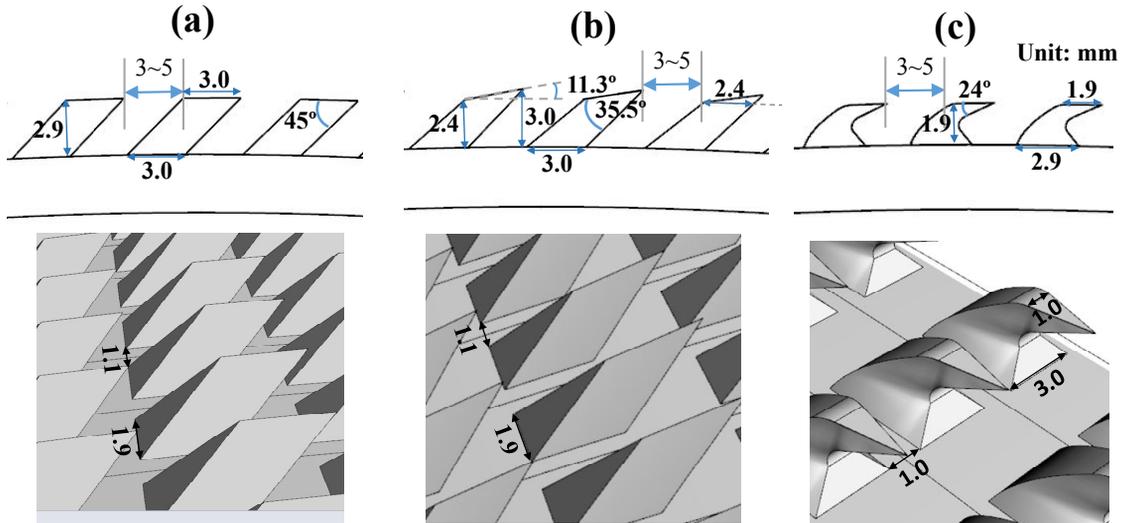
[Fig. 1] Schematic of the shrimp sorting apparatus.

실험에 사용된 어종은 그라비새우(*Palaemon gravieri*), 산모양갈갈새우(*Metapenaeopsis dalei*), 멸치(*Engraulis japonicus*), 도화망둑(*Amblychaeturichthys hexanema*), 양태(*Platycephalus indicus*)였다.

접촉 각도는 [Fig. 1]의 Sideview에서 드럼 단면의 최상단(12시 방향)이 0도이고 각도는 반 시계 방향으로 증가한다고 가정했을 때 이송대에서 수직으로 낙하한 어획물이 드럼에 닿는 각도를 의

미한다. 접촉 각도는 선별 드럼을 좌 또는 우측으로 이동시키는 방법으로 조정하였다.

선별 드럼 표면에 사용된 요철의 형상은 [Fig. 2]에 나타낸 3중(컷터날형, 예리한 컷터날형, 갈고리형)이었다. 요철의 간격은 [Fig. 2]에 나타낸 것과 같이 3, 4, 5 mm였으며 요철 형상마다 이 3가지 간격이 적용된 요철판을 제작하였다.



[Fig. 2] Schematic diagram by bump type on sorting drum.
 (a) Cutter blade type, (b) Sharp cutter blade type, (c) Hook type

[Fig. 3]과 같이 요철 배열을 엇갈리게 교차로 배열한 한 1중(요철 간격 4 mm)을 요철 형상마다 추가로 제작하여 실험하였다. 따라서 요철 형상 및 간격 9종, 배열 3종, 접촉 각도 2종에 따른 총 24종의 조건에 대해 실험하였다.

실험에 사용된 어획물은 2021년 4~6월에 인천 및 충남 서천군 연안에서 연안개량안강망으로 어획한 것이었다.

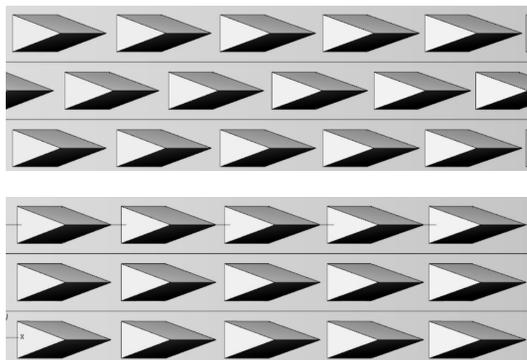
III. 결과

1. 대상 어획물의 크기 분포

선별 실험에 사용된 어획물 5종의 체장 분포를 [Fig. 4]에 어종별로 나타냈다. 체장 범위는 그라비새우의 경우 두홍갑장 1.4 ~ 1.9 cm, 산모양갈갈새우는 두홍갑장 0.9 ~ 1.5 cm, 멸치는 전장 7.0 ~ 13.3 cm, 도화망둑은 전장 6.8 ~ 12.5 cm, 양태는 전장 7.4 ~ 15.6 cm였다.

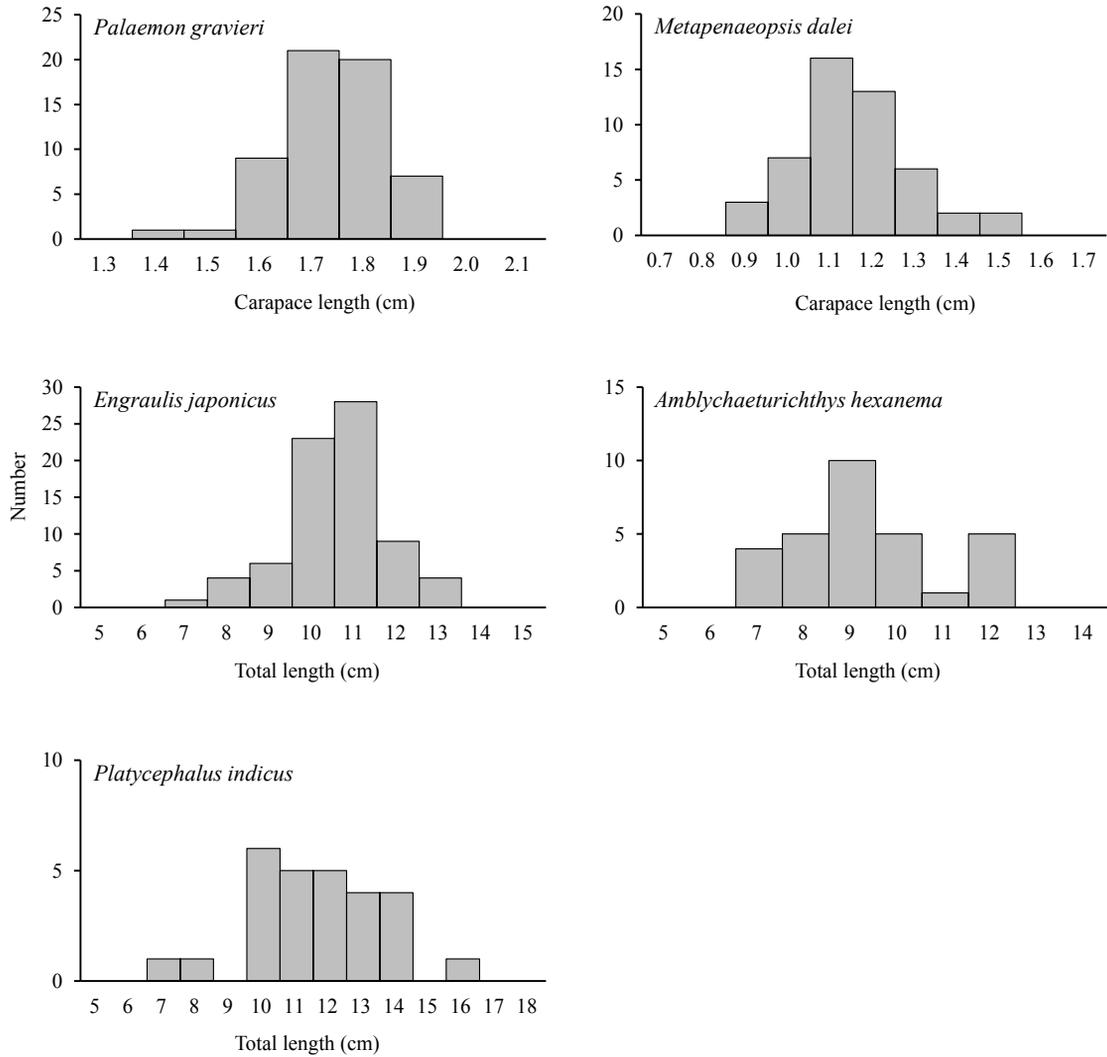
개체수 분포가 가장 많은 계급(최빈값)은 그라비새우의 경우 두홍갑장 1.7 cm, 산모양갈갈새우는 두홍갑장 1.1 cm, 멸치는 전장 11.0 cm, 도화망둑은 전장 9.0 cm, 양태는 전장 10.0 cm였다.

평균 체장은 그라비새우의 경우 갑장 1.7 cm, 산모양갈갈새우는 갑장 1.2 cm, 멸치는 전장 10.6 cm, 전장 도화망둑은 9.4 cm, 양태는 전장 11.7 cm였다.



[Fig. 3] Examples of staggered(top) and normal(bottom) arrangement of bump on sorting drum.

모든 실험에서 선별 드럼의 회전 속도는 초당 1회전($2\pi\text{rad/s}$)을 유지하였다. 이송대의 왕복 주기는 4.8 Hz, 진폭은 10 mm였다.



[Fig. 4] The size distribution by species used in the experiment.

2. 선별 성공 횟수 비교

선별 드럼에 사용된 요철 종류, 어종 그리고 접촉 각도에 따른 선별 성공 횟수를 <Table 1>에 나타냈다. 선별 성공 횟수는 선별 드럼의 요철 종류, 요철 간격, 접촉 각도에 따라 특정한 경향성을 보였다. 우선 요철 종류에 따른 평균 성공 횟수는 어류의 경우 [Fig. 5]에 나타낸 것과 같이 전반적으로 커터날, 갈고리, 예리한 커터날 순으

로 성공 횟수가 증가하였고, 새우류의 경우 성공 횟수가 감소하였다.

요철 간격에 따른 평균 성공 횟수는 [Fig. 6]에 나타낸 것과 같이 새우류의 경우 간격 증가에 따라 감소하였으나 어류는 어종별로 조금 불규칙한 경향을 보였다. 멸치와 도화망둑은 성공 횟수가 3, 5, 4 mm 간격 순으로, 양태는 5, 3, 4 mm 간격 순으로 높았다. 그럼에도 불구하고 전반적으

로 요철 간격이 넓을 때의 성공 횟수가 높은 것으로 나타났다.

접촉 각도에 따른 평균 성공 횟수는 [Fig. 7]에 나타난 것과 같이 새우류의 경우 각도 증가에 따라 증가하였고, 어류의 경우는 반대로 각도 증가에 따라 감소하였다.

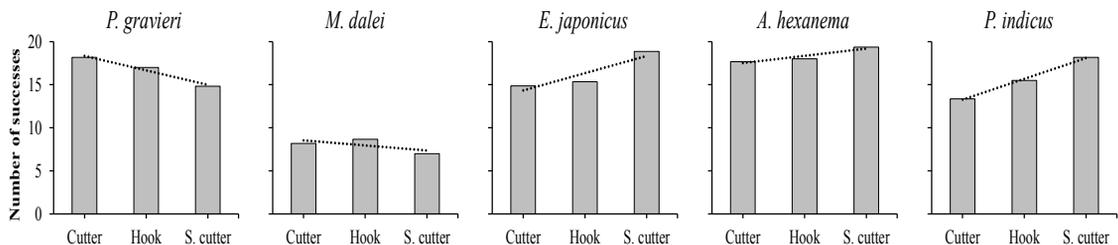
이처럼 전반적으로 어종별로 각 실험 조건(요철 형상 및 간격, 접촉 각도)들과 성공 횟수 간에

상관성이 있는 것으로 나타났다. 그러나 새우류의 성공 횟수가 증가할 때 어류의 성공 횟수는 감소하는 경향을 보이거나 반대로 새우류의 성공 횟수가 감소할 때 어류의 성공 횟수는 증가하는 경향을 보이는 등 새우류와 어류 간에는 각 실험 조건에 따른 성공 횟수의 증가 또는 감소 경향이 서로 반대로 나타나 새우류와 어류를 선별하는 명확한 조건이 없는 것으로 확인되었다.

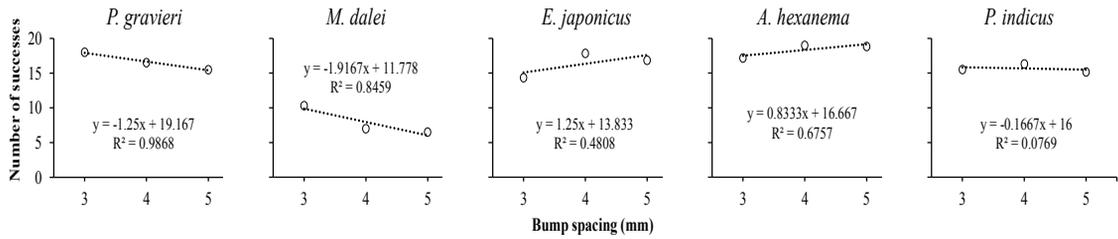
<Table 1> The number of successful sorting by the bump characteristics on the sorting drum, the fish species, and the contact angle

Species	<i>Palaemon gravieri</i>		<i>Metapenaeopsis dalei</i>		<i>Engraulis japonicus</i>		<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>		<i>Platycephalus indicus</i>		
	20°	30°	20°	30°	20°	30°	20°	30°	20°	30°	
Contact angle	20°	30°	20°	30°	20°	30°	20°	30°	20°	30°	
Test type*	C-3 mm	6	18	17	20	19	14	14	10	16	10
	C-4 mm	5	5	16	19	20	18	17	17	17	13
	C-5 mm	8	7	20	17	19	16	19	12	17	7
	C-4 mm- α	5	9	17	18	20	19	17	16	17	12
	S-3 mm	4	11	16	17	20	19	19	17	20	18
	S-4 mm	5	10	11	17	19	19	20	19	20	16
	S-5 mm	5	7	13	15	20	19	20	18	19	16
	S-4 mm- α	3	6	6	13	20	20	20	17	20	18
	H-3 mm	10	13	18	20	16	15	15	11	17	12
	H-4 mm	7	10	18	18	20	18	18	16	18	14
	H-5 mm	5	7	13	15	20	19	17	15	17	15
	H-4 mm- α	6	4	10	15	20	19	20	16	19	18

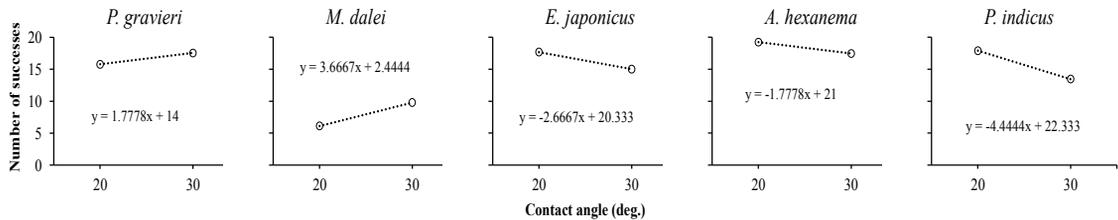
*C: Cutter, S: Sharp cutter, H: Hook, α : Staggered



[Fig. 5] The number of successful selections by the bump type on the drum and species.



[Fig. 6] The number of successful selections by the bump spacing on the drum and species



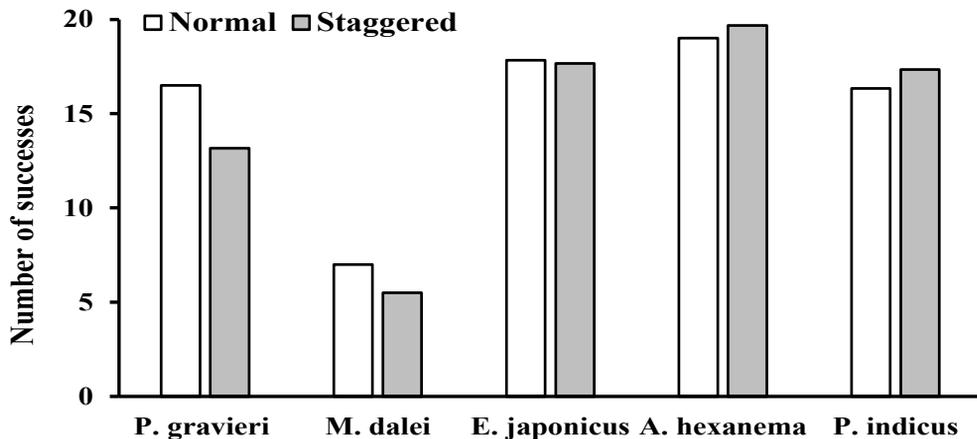
[Fig. 7] The number of successful selections by the contact angle and species.

요철의 배열 방식에 따른 실험 결과는 다음과 같았다. [Fig. 8]에 나타난 것과 같이 어류의 경우 선별 성공 횟수는 요철을 교차 배열했을 때가 그렇지 않았을 때 보다 평균 2.9%(멸치 0.9% 감소, 도화망둑 3.5% 증가, 양태 6.1% 증가) 증가하여 그 차이가 크지 않았다. 반면 새우류는 요철을 교차 배열했을 때가 그렇지 않은 경우보다 성공 횟수가 평균 20.8% 감소하였다. 따라서 요철을

교차 배열하는 방식은 새우 선별률 향상에 기여하지 않는 것으로 확인되었다.

3. 선별률 비교

전체 어종에 대한 선별률을 요철 형상 및 간격, 접촉 각도에 따라 나타낸 결과는 다음과 같았다.



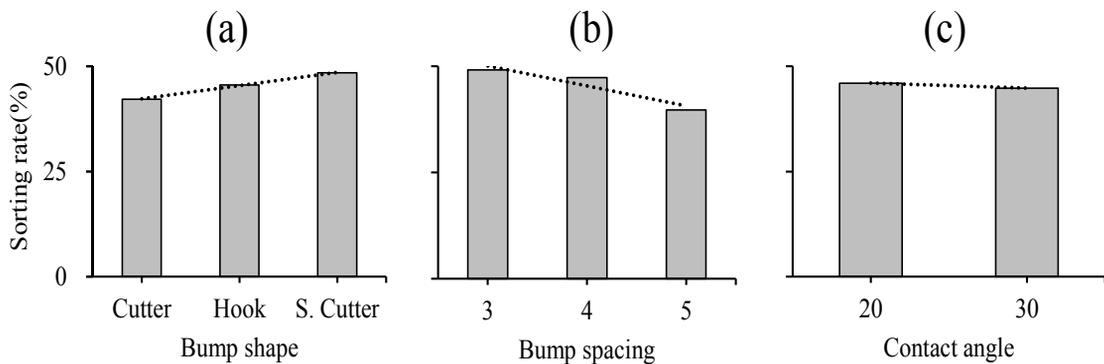
[Fig. 8] The number of successful selections by the arranging type of the bump on the drum and species.

[Fig. 9]에 나타낸 것과 같이 요철 형상에 따른 평균 선별률은 커터날형 < 갈고리형 < 예리한 커터날형 순으로 높게 나타났고, 요철 간격에 따른 평균 선별률은 간격이 증가할수록 감소하였다. 또한, 접촉 각도에 따른 평균 선별률은 각도가 증가할수록 감소하였다.

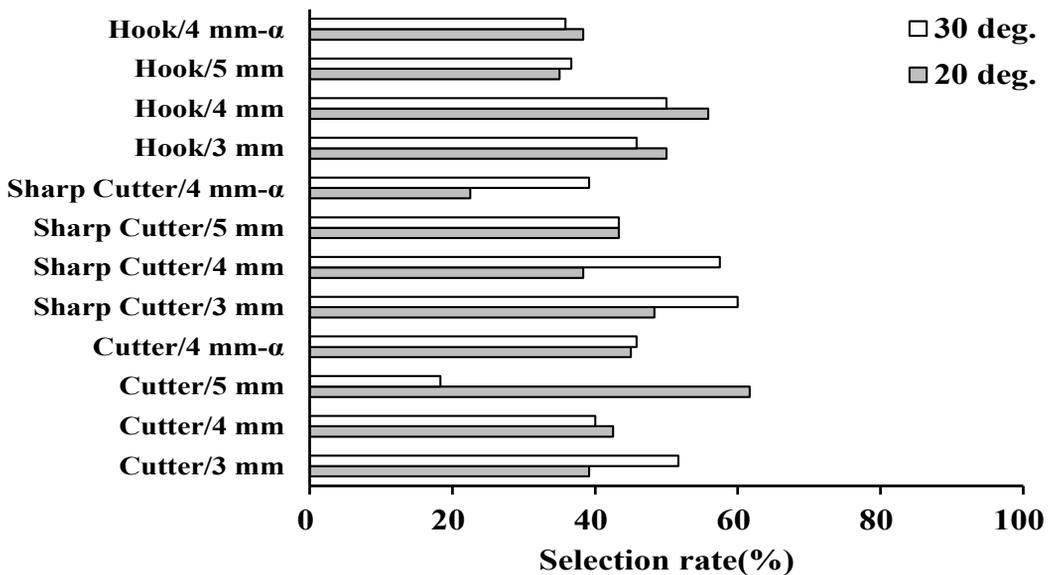
실험 조건별 선별률을 [Fig. 10]에 나타냈다. 총 24가지 실험 조건 중 선별률이 가장 높은 조건 3

가지는 커터날형/5 mm/20도, 예리한 커터날형/3 mm/30도, 예리한 커터날형/4 mm/30도였고 각각의 선별률은 61.7%, 60.0%, 57.5%로 세 값의 평균이 60%에도 미치지 못하였다.

새우 종류가 선별률에 미치는 영향을 파악하기 위해 전체 어종(새우 2종, 어류 3종)에 대한 실험 결과를 그라비세우만 포함하는 결과와 산모양갈갈새우만 포함하는 결과로 분리하여 선별률을 비



[Fig. 9] The average sorting rate by the shape(a) and spacing(b) of the bump on the drum, and the contact angle(c) for all species.

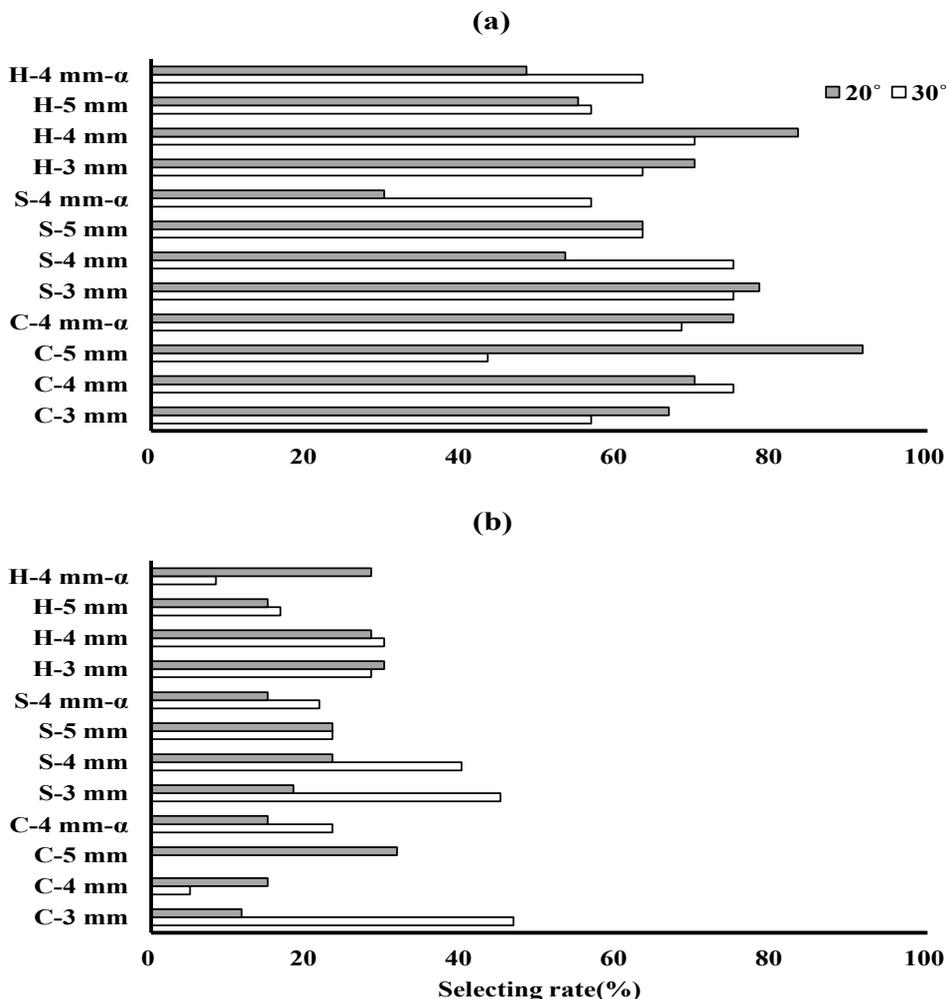


[Fig. 10] The sorting rate by experimental conditions for all species (α : staggered).

교하였다. 즉, 전자는 대상 어획물이 그라비새우, 멸치, 도화망둑, 양태로 구성될 때의 선별률을 나타내고, 후자는 산모양깔깔새우, 멸치, 도화망둑, 양태로 구성될 때의 선별률을 나타낸다. 그 결과, [Fig. 11]에 나타난 바와 같이 전반적으로 그라비새우 그룹의 선별률은 이전 결과(전체 어중에 대한 결과)에 비해 크게 증가한 반면 산모양깔깔새우 그룹의 선별률은 크게 감소하였다. 구체적으로 선별 그룹 분리 후의 각 그룹별 평균 선별률

은 그라비새우 그룹(이하 A그룹)의 경우 64.7%로 분리 전에 비해 21.1%가 증가(43.5→64.7%)한 반면 산모양깔깔새우 그룹(이하 B그룹)은 43.5%로 19.8%가 감소(43.5→23.7%)하여 두 그룹 간에 선별률 차이가 큰 것으로 나타났다($p < 0.01$).

[Fig. 11]의 그래프에서 각 그룹별 실험 조건 중 선별률이 가장 높은 3가지 경우를 선택한 결과는 다음과 같았다. A그룹은 커터날형/5 mm/20도, 갈고리형/4 mm/20도, 예리한 커터날형/3 mm/20도



[Fig. 11] The sorting rate of *P. gravieri* and *M. dalei* by experimental conditions(C: Cutter, S: Sharp cutter, H: Hook, α : staggered).

조건의 선별률이 가장 높았고 그 값은 각각 91.7%, 83.3%, 78.3%였다. B그룹은 커터날형/3 mm/30도, 예리한 커터날형/3 mm/30도, 예리한 커터날형/4 mm/30도 조건의 선별률이 가장 높았으며 그 값은 각각 46.7%, 45.0%, 40.0%였다. 이처럼 그라비새우 그룹의 경우 최대 선별률이 90%를 넘는 반면, 산모양깔깔새우 그룹은 50%를 넘지 않아 요철을 이용한 새우 선별 방법은 그라비새우 선별에는 효과가 있지만 산모양깔깔새우 선별에는 효과가 없는 것으로 판단되었다.

IV. 고찰

요철 종류가 선별에 미치는 영향을 살펴본 결과, 어류의 경우 커터날 < 갈고리 < 예리한 커터날 순으로 선별이 잘 되었고, 새우는 이와는 반대 경향을 보였다. 이것의 원인은 커터날과 예리한 커터날과의 형태적 특징 비교를 통해 추정할 수 있다. 두 요철은 전반적인 형태는 비슷하지만 예리한 커터날의 끝이 커터날보다 위쪽으로 약 11도 돌출되어 있고, 날 끝의 각도(커터날 45도, 예리한 커터날 35.5도)도 더 작아 상대적으로 물체가 걸리거나 꽃히기 쉽다. 이러한 특성 때문에 어류가 요철에 걸려 선별 드럼의 회전 방향으로 쉽게 넘어간다. 새우 역시 예리한 커터날에서 선별 성공 횟수가 낮았으므로 예리한 커터날에 잘 걸린다는 것을 알 수 있다. 이것은 새우의 껍질 구조와 관련이 있는 것으로 추정된다. 새우는 어류에 비해 껍질이 상대적으로 단단하지만 껍질끼리 겹치는 지점에 단차가 있고 머리와 몸통 사이에도 단차가 존재하여 예리한 커터날의 돌출된 끝이 이 단차에 걸릴 가능성이 있다. 한편 갈고리형 요철의 경우 날 끝(24도)이 가장 예리하지만 위쪽으로 돌출되어 있지 않기 때문에 커터날보다는 물체가 걸리는 정도가 크고 예리한 커터날보다는 그 정도가 약한 것으로 추측된다.

요철 간격이 선별에 미치는 영향을 살펴본 결

과 어류는 요철 간격이 증가할수록 새우는 간격이 좁을수록 잘 되었다. 즉 요철 간격이 넓을수록 어류와 새우 둘 다 요철에 잘 걸린다는 것을 알 수 있다. 요철 간격의 차이는 단위 면적당 요철 분포량의 차이와도 같다. 어획물이 요철 위에 놓였을 때 상대적으로 요철 분포량이 적을수록 요철 한 개에 작용하는 어획물의 무게도 증가하여 마찰력도 상승하므로 어획물이 걸릴 확률도 높아진다(Lee et al., 2018; Fridman, 1986).

접촉 각도가 선별에 미치는 영향은 다음 같았다. 새우의 경우 각도가 클수록 그리고 어류의 경우 각도가 작을수록 선별이 잘되었다. 즉, 새우와 어류 모두 접촉 각도가 작을수록 요철에 잘 걸린다는 것을 알 수 있다. 이것은 이송대에서 낙하한 어획물이 선별 드럼에 닿는 위치와 관련이 있다(Park and Kim, 1994). [Fig. 1]에 나타난 것과 같이 접촉 각도가 증가할수록 이송대에서 낙하한 어획물이 닿는 면(드럼 표면)의 기울기도 증가한다. 마찰력은 이 기울기에 cosine을 취한 값 만큼 감소하므로 접촉 각도가 증가할수록 어획물이 선별 드럼의 표면에서 잘 미끄러진다.

이처럼 실험 조건별 요소(독립 변수)들의 변화에 따른 선별 성공 횟수(종속 변수)의 증감 특성이 어류와 새우간에 유사한 경향을 가지므로 어류와 새우의 선별을 결정짓는 특정 조건이 없는 것을 알 수 있다. 따라서 전체 실험 조건에서 최적의 선별률을 갖는 조건을 도출하는 것이 가장 합리적인 방법으로 판단되었으며 그 결과, 그라비새우에 대해 선별률이 90% 이상인 조건(커터날/5 mm/20도)을 도출하였다.

본 연구는 안강망의 어획물에서 새우류를 선별함으로써 어획물의 가치를 높이는 것을 목적으로 하므로 선별 후 새우의 선도도 중요하다. 총 20회의 실험 중 초기 1~3회 때는 새우의 상태가 양호한 것으로 확인되었으나 이후에는 실험을 반복할수록 새우 머리와 몸이 분리되는 경향이 증가하였다. 그러나 실제 상용화된 선별기에서는 새우 선별은 1회만 실시하므로 선별 후 새우의 상

폼성이 저하되는 문제는 없을 것으로 판단하였다.

요철을 이용한 새우 선별 방법은 새우와 어류 피부의 마찰 특성 차이를 이용한 것이다. 표면의 마찰 특성이 다른 두 물체가 임의의 각도로 기울어진 평판 위에서 동시에 미끄러질 때를 가정하면 두 물체의 마찰 특성 차이로 인해 평판 위를 미끄러지는 속도도 달라진다. 이송대 위에서 이동하는 대상의 속력이 빠를수록 이송대 아랫단으로부터 이탈하는 거리도 증가하므로 선별 드럼에 접촉하는 각도가 증가하여 어획물이 선별 드럼의 표면에서 잘 미끄러진다. 따라서 어획물을 이송대 상단에서 떨어뜨렸을 때와 같이 선별 드럼의 역회전 방향으로 떨어진 횡수가 새우류가 어류보다 많게 나타난 것은 새우 피부의 마찰 계수가 어류보다 작다는 것을 뒷받침하는 결과다.

이처럼 선별 대상의 마찰 계수 차이에 따른 낙하 속도 및 이탈 거리 차이는 박피 마늘 선별 방법을 제안한 Park and Kim(1994)의 연구에서 확인이 가능하다. 이 연구에서는 껍질을 깬 마늘과 그렇지 않은 마늘의 표면 마찰 계수 차이를 이용하여 두 마늘을 분류하였는데 껍질을 깬 마늘이 깬 마늘보다 마찰 계수가 작고 원통형 마찰판을 미끄러져 내려가는 속도도 상대적으로 빨라 마찰판 아랫단으로부터 이탈하는 거리가 먼 것을 확인하였다.

그라비새우와 산모양깔깔새우간의 선별률 차이는 두 새우간 질량 차이에 기인한 것으로 생각된다. 뉴턴의 운동 제2법칙에 따르면 물체에 작용하는 가속도가 일정할 때 물체의 질량이 클수록 관성도 커진다. 따라서 두 새우가 이송대 끝에서 드럼 표면 위로 이동할 때의 가속도가 같다고 가정하면 질량이 큰 그라비새우(평균 3.32 g)의 관성이 상대적으로 크기 때문에 그라비새우가 산모양깔깔새우(0.9 g)보다 요철판 위에서 미끄러지는 힘이 크고 선별 성공률도 높아진다. 선별률을 새우별로 분리하여 계산했을 때 그라비새우의 선별률이 월등히 높았던 것도 이러한 추정을 뒷받침

하는 결과로 생각된다. 따라서 향후 연구에서는 체(sieve) 등을 이용하여 새우를 크기별로 분리한 후 산모양깔깔새우와 같이 상대적으로 크기가 작은 새우만 별도로 선별하는 방법을 모색해야 할 것이다.

V. 결론

어획물로부터 새우를 선별하기 위해 요철이 있는 선별 드럼과 이송대로 구성된 새우 선별 장치를 고안하고 새우 2종(그라비새우, 산모양깔깔새우) 및 어류 3종(멸치, 도화망둑, 양태)에 대해서 어획물과 선별 드럼과의 접촉 각도(20, 30도), 선별 드럼 표면의 요철판 형상(커터날형, 예리한 커터날형, 갈고리형) 및 그 배치 간격(3, 4, 5 mm)에 따라 선별 성능을 확인한 결과는 다음과 같았다.

요철 형상에 따른 평균 선별률은 커터날형 < 갈고리형 < 예리한 커터날형 순으로 높게 나타났고, 요철 간격에 따른 평균 선별률은 간격이 증가할수록 감소하였다. 또한, 접촉 각도에 따른 평균 선별률은 접촉각이 증가할수록 감소하였다. 전체 실험 조건 24가지 중 선별률이 가장 높은 경우는 커터날형/ 5 mm/20도에서 61.7%로 선별률이 저조하였다. 어류 3종에 그라비새우가 포함된 경우와 산모양깔깔새우만 포함된 경우로 분리하여 선별률을 계산했을 때는 그라비새우 그룹은 평균 64.7%, 산모양깔깔새우 그룹은 평균 43.5%로 두 그룹 간에 선별률 차이가 큰 것으로 나타났다($p < 0.01$). 각 그룹별로 선별률이 가장 높은 조건을 선택한 결과, 그라비새우 그룹은 커터날형/5 mm/20도에서 91.7%, 산모양깔깔새우 그룹은 커터날형/3 mm/30도에서 46.7%로 그라비새우 그룹의 경우 최대 선별률이 90%를 넘는 반면, 산모양깔깔새우 그룹은 50%를 넘지 않아 요철을 이용한 새우 선별 방법은 그라비새우 선별에는 효과가 있지만 산모양깔깔새우 선별에는 효과가 없

는 것으로 판단되었다.

References

- Bao Y, Guo Y and He P(2012). The Design and analysis of the system about wind sorting fruit from leaves based on the blueberry picking machine. *Applied Mechanics and Materials*, 121~126, 3573~3577.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.121-126.3573>
- Fridman AL(1986). Calculations for fishing gear designs. Carrothers PJG, ed. *Fishing News Books*, England, 70~72.
- Jun CW, Sohn JH and Choi MG(2016). Analysis of mackerel sorting performance for development of automatic mackerel grader. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 15(3), 115~121.
<https://doi.org/10.14775/ksmpe.2016.15.3.115>
- Kang D, Wang Y, Fan Y and Chen Z(2018). Research and development of *Camellia oleifera* fruit sheller and sorting machine. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 108, 042051.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/108/4/042051>
- Lee GH, Cho SG, Kim IO, Cha BJ, Jung SJ and Koo MS(2018). A study on improvement of the lower canvas bar for reducing loss of stow net on anchor. *The Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* 54(4), 271~278.
<http://dx.doi.org/10.3796/KSFOT.2018.54.4.271>
- Lee GH, Song DH and Kim HY(2022). Characteristics of catch losses in stow nets with finless porpoise excluder devices and a strategy to reduce them. *Regional Studies in Marine Science* 50, 102147.
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.102147>
- Lee MS and Won DH(2019). Development for weight sorting device with capability of precision and high speed sorting of croaker fish. *Journal of Korean Society of Mechanical Technology*, 21(5), 567~572
<https://doi.org/10.17958/ksmt.21.5.201910.000>
- Masoumi AA, Kalhor M and Shafaei SM(2015). Design, construction and evaluation of an automatic apple grading system. *Agricultural Engineering International*, 17(1), 247~254.
- Park JB and Kim JT(1994). Development of a friction type garlic separator. *Korean Society for Agricultural Machinery* 19(3) 185~193.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.121-126.3573>
- Shin HH, Jeong SB, Oh TY, Shin JK, Cho YB and Kim HS(2010). Investigation of bycatch and discards of funnel net in the coastal waters of Yeosu. *Journal of Korean Society of Fisheries Technology*, 46(4), 324~334.
<https://doi.org/10.3796/KSFT.2010.46.4.324>
- Sung HJ, Park MK and Choi JW(2020). Automatic grader for flatfishes using machine vision. *International Journal of Control, Automation and Systems*, 18(12), 3073~3082.
<http://dx.doi.org/10.1007/s12555-020-0007-7>

-
- Received : 10 March, 2022
 - Revised : 06 April, 2022
 - Accepted : 12 April, 2022