

장어통발의 깔때기 彈性과 流體力學的 特性

金 龍 海 · 河 晶 植

統營水產專門大學
(1987년 10월 30일 접수)

Elasticity of the Funnel Ribs and Hydrodynamic Characteristics on the Sea Eel Pots

Yong-Hae KIM and Jeong-Sik HA

Tong-Yeong Fisheries Junior College

(Received October 30, 1987)

The basic experiments on the plastic sea eel pots used in fishing were carried out in order to investigate the elasticity of the funnel ribs, hydrodynamic resistance, sinking time and diffusion of the bait from June to October, 1987.

The elasticity of the bamboo funnel ribs was higher than that of the polypropylene ribs up to the load 150g. The hydrodynamic resistance R (kg) of the pots towing to the head direction horizontally in relation to towing velocity V (m/sec) was expressed as following formula;

$$R = 0.36V^{2.01}$$

and coefficient of drag C_D was 0.52.

The sinking times of the covered pots by tape fully or partially were late 1-2 second than the typical pots within the water depth 7.5 m. The diffusion tendency through the covered pots using dye and sardine extracts solution was concentrated to the entrance more than the typical pots.

However, fishing efficiency as number and weight of fish per pots for nine times fishing operation was revealed no difference between the covered pots and the typical pots.

緒 論

장어통발 어업은 과거 대나무 통발에서 근래에는 폴리프로필렌 수지로 壓出成形¹⁾하여 외측면에 많은 通水孔을 가지는 포탄형의 플라스틱통발^{2,3)}을 사용하여 주로 붕장어와 멍장어 등을 活魚로 어획하고 있으며, 연간 총매출액⁴⁾은 4백억원 정도로 어종별로는 연근해어업에서 5위권에 이르는 중요한 어업이다.

장어통발의 漁獲性能을 향상시키기 위하여 구조실험에 의한 漁獲機構의 관찰⁵⁾과 해저 접지상태 및 그 물통발의 실험⁶⁾ 및 측면 通水孔이 없는 파이프형 장어통발 등^{3,7)}을 시험한 적이 있고, 통발제작업체에서도 여러가지 구조의 플라스틱 장어통발을 考案⁸⁾ 하였으나 장어통발 어구의 구조적 특징과 조업방법

및 어선 여건상의 문제점 등으로 인하여 아직 實用化되지 않고 있다.

그래서 본 연구는 현재 사용중인 플라스틱 장어통발의 漁具材料와 流體力學的인 諸特性을 우선 파악하기 위한 기초 실험으로서 깔때기 살의 彈性回復과 통발의 流水抵抗, 침강시간 및 미끼의 냄새확산 등을 몇 가지 구조에 따라 측정하고, 아울러 海上操業試驗을 행하였다.

材料 및 方法

장어통발의 원통과 깔때기의 각부 길이는 정도 1/20 mm의 버니어캘리퍼로 측정하였고, 각부 무게는 정도 0.01 g의 적시화학천평을 사용하였으며 그 規

Table 1. Dimension of the experimental sea eel pots made of polypropylene

Specification	Size
Length (mm)	head $\phi(30-40) \times 35$
	head cone $\phi(40-128) \times 82$ slope 28°
	body total $\phi 128 \times 600$
	entrance rib $(2+9) \times 120$
	entrance cone $\phi 138 \times 225$
	hole $\phi 6-9$, number $14 \times (20+1)$
Weight in air (g)	P.P part 206
	P.P entrance 55
	iron ring 107
	total 368
Buoyancy (g)	P.P part 31
Sinking force (g)	iron ring 93
	pot total 62

격은 Table 1과 같다.

탄성을 측정하기 위한 P.P 짚매기 살은 긴 삼각형으로 두께 1.7 mm, 폭 3.0~9.0 mm, 길이 120 mm 인 원래의 것(Pm)과 이것의 끝을 잘라서 폭 4.0~9.0 mm, 길이 80 mm인 것(Ps)의 2 가지이다. 대나무 짚매기 살은 긴 직사각형으로 그 크기의 범위가 두께 0.7~1.2 mm, 폭 7.5~14.1 mm, 길이 120 mm 정도이므로 두께와 폭에 따라 大(B ϕ), 中(Bm), 小(Bs)의 3가지로 大別하였다.

탄성을 측정하는 방법은 漁具材料¹⁾의 외팔보(cantilever)의 경우²⁾를 적용시켜 Fig. 1과 같이 수평으로 놓인 짚매기 살의 한쪽 끝을 고정시키고, 다른 한쪽 끝에서 1 cm(L=8 cm) 또는 2 cm(L=12 cm)되는 곳에 錐를 10 g 단위로 매달아서 살끝의 처짐을 수직관자에 붙인 1 mm 눈금의 모눈종이에서 수평과 수직 방향의 X와 Y의 變位로 측정하였다. 彈性回復度는 짚매기 살의 종류별로 각 5개 이상의 시료에 50, 100, 150 g의 3단계의 一定荷重을 각각 10분간 가한

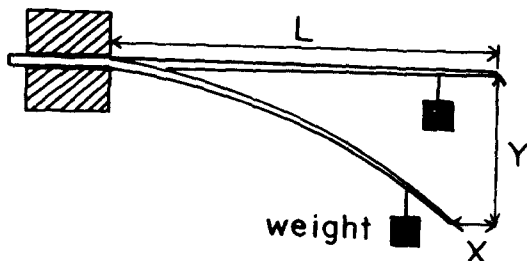


Fig. 1. Experimental set up for elasticity of the funnel ribs.

뒤 제거하여 15~20분간 變位를 1분 간격으로 읽었으며, 이때 기온은 $20 \pm 2^\circ C$, 상대습도는 $65 \pm 5\%$ 에서 실험하였다.

장어통발의 流水抵抗은 경기운영정 울림픽 24호의 左舷에 지지봉을 내어 통발의 꼭지에서 가짓줄로 통발이 수평이 되도록 예인하면서 5 kg의 용수철 저울로 측정하였으며, 예인속도는 간격 43 m 되는 고정 것대 사이를 평행하게 예인할 때의 소요시간을 1/100 초 단위로 읽어서 환산하였다.

장어통발의 침강시간은 꼭지쪽에 무게 100 g 되는 납을 2개씩 달고, 수면상 1 m의 공중에 꼭지부분이나 입구부분이 위치하도록 세운 상태에서 떨어뜨려, 통발이 수면에 닿기 시작할 때부터 수심 1 m와 7.5 m의 바닥에 각각 닿을 때까지의 시간을 측정하였다. 장어통발은 측면구멍이 圓周上 14개씩 20줄이 뚫려 있는 原型과 비닐 레이프르 구멍을 막아서 입구쪽 1 줄만 남긴 것 (1/20 hole), 입구쪽 5줄만 남긴 것 (1/4 hole) 및 입구쪽 5줄과 나머지 15줄×6개 구멍을 남긴 것 (1/2 hole) 등 4가지로 분류하였다.

통발내의 미끼 냄새가 확산되는 경향을 관찰하기 위한 流水槽¹⁾는 투명아크릴수지로 L 150×B 37×D 37 cm 크기의 직육면체이며, 구멍을 다수 뚫은 내경 50 mm의 자바라 호스로 流量 300 l/min 정도를 한쪽에서 길이 방향으로 분사시키면서 다른 한쪽 아크릴 판에는 給水된 유량만큼 配水되도록 구멍을 내었으며, 수조내 流速은 3~5 cm/sec 정도였다. 장어통발은 입구쪽이 수조바닥에 접지하여 약 30°의 경사각도로 흐름의 윗쪽과 아랫쪽으로 비스듬히 위치하도록 고정시켰으며, 물감과 정어리 抽出液을 희석시킨 水溶液은 500 cc/min 流量으로 통발입구쪽 측면구멍에 넣은 내경 5 mm의 고무호스를 통하여 확산되도록 하였다.

海上漁獲試驗은 측면구멍이 1/4 hole 및 1/2 hole 것과 原型의 3가지 통발에 대하여 1987년 9월 3일부터 12일까지 실습선 부산 403호를 이용하여 육지도 근해 1회, 거문도 근해 1회, 소룡단 근해 3회, 추도 근해 4회 등 총 9회 조업하였으며, 어장 수심은 30~60 m, 저질은 대부분 펄이었다. 漁具構成은 직경 8 mm의 P.P 원줄 10 m 마다 무게 100 g의 납 2개를 끼어 P.P 240 합사의 고다리줄로 고정시키고, 통발 연결시 가짓줄과 고다리줄의 길이는 25~35 cm로 통발의 해저 경사각도가 약 30° 되도록 하였으며, 投網時 한 가지 통발당 50개씩 3 가지 통발을 교대로 연결하여 통발 30개마다 4~5 kg 되는 돌을 고다리줄에 매달았다.

結果 및 考察

장어통발의 입구 깔때기 살의 彈性回復도를 측정하고 원통 측면 구멍에 따른 유수저항, 침강시간 및 미끼의 냄새 확산 경향 등을 관찰한 다음 海上漁獲試驗에 의한 漁獲性能 등을 분석, 비교한 結果는 다음과 같다.

1. 깔때기 살의 彈性

P.P 깔때기 살과 대나무 깔때기 살의 4가지 시료에 대하여 荷重에 따른 살끝의 처짐을 시료길이 L 에 대한 X 와 Y 의 變位率로 나타내면 Fig.2와 같다. 荷重은 120 g 까지 변화시킬 때 變位率은 대나무살 $B\theta$ 의 경우에만 직선적으로 변화하고, 나머지 경우에는 곡선(1)을 이루고 있다.

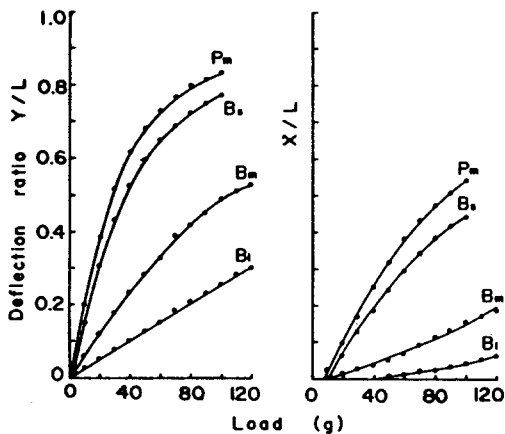


Fig. 2. Deflection ratio of the P.P funnel ribs P and the bamboo ribs B in relation to load where suffix 1, m and s indicate in the order of their size.

다음 一定荷重을 10분간 가한 후 제거한 경우의 彈性回復도를 3가지 시료에 있어서 시료길이에 대한 살끝의 직선 變位率 $\sqrt{X^2+Y^2}/L$ 로 나타내면 Fig.3과 같다. 대나무 살의 彈性回復이 P.P살보다 월등히 높으며, 荷重이 증가할수록 P.P살에서는 영구변형이 나타나면서 길이가 짧은 P_s 살의 彈性回復이 P_m 보다 상대적으로 높은 것을 알 수 있다. 통발의 깔때기는¹¹⁾ 고기가 들어가기 쉽고 나오기 어려워야 되므로 대나무의 경우, 살의 彈性이 강하고 살이 서로 겹쳐진다는 점에서 플라스틱 깔때기보다 유리할 것으로 생각된다. 따라서 漁獲性能이 나은 것으로

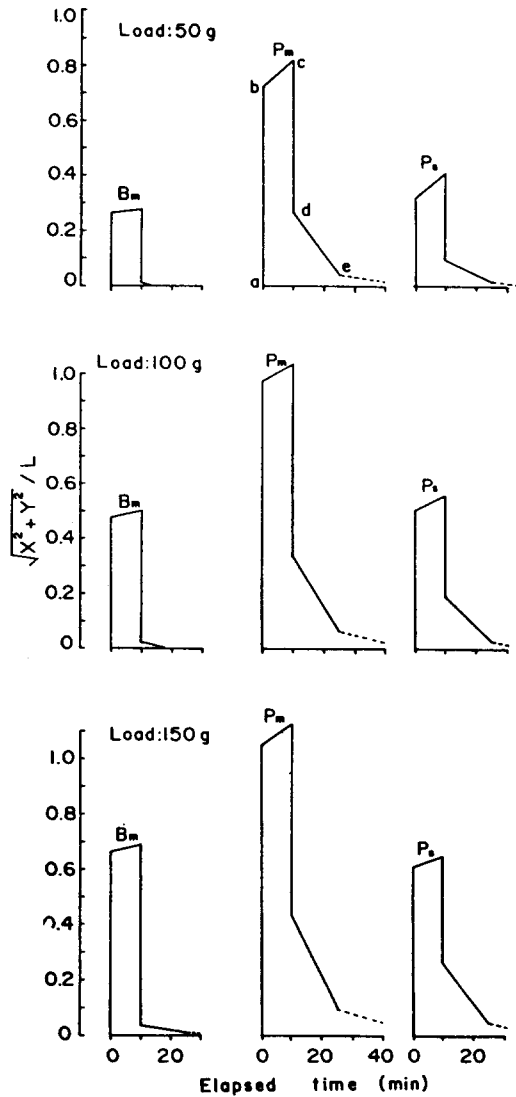


Fig. 3. Elasticity of the funnel ribs as deflection versus elapsed time in accordance with the load.

보고된 허그볼 깔때기¹⁰⁾의 實用이 제작상 곤란하다면 현재의 P.P 깔때기와 이중살 깔때기⁷⁾는 살의 형태와 크기 및 배열방법 등에서 다시 고려하여야 할 것이다.

2. 장어통발의 流體力學의 特性

플라스틱장어통발의 꼭지쪽을 수평으로 예인하면서 유속에 대한 流水抵抗을 측정할 결과는 Fig.4와 같다. 장어통발의 流水抵抗에서 抗力係數 C_D 는 0.52 정도로 계산되어 圓錐頂角 60° 인 圓錐形의 경우¹²⁾와

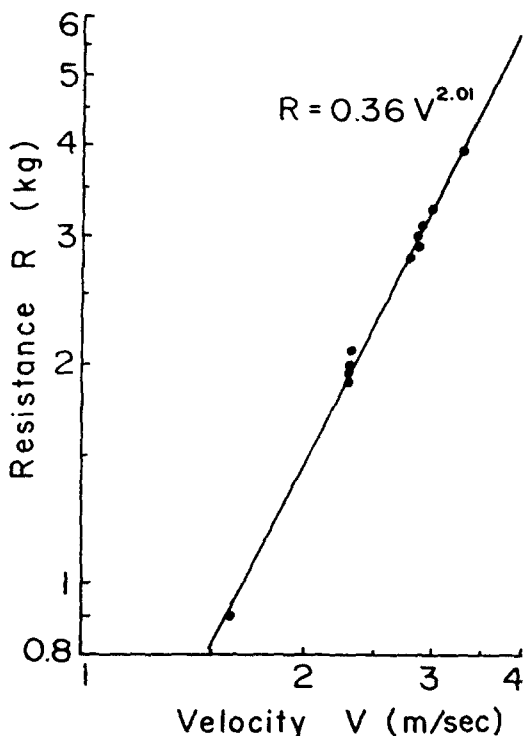


Fig. 4. Relationship between hydrodynamic resistance of the sea eel pots and towing velocity.

거의 비슷하게 나왔는데, 이것은 통발의 꼭지부분 구조와 圓錐形 꼭지에서 원통으로 이어지는 구조가 복합적으로 작용한 결과로 생각된다. 또한 측면 구멍을 막은 것과 原型의 流水抵抗은 거의 차이가 없었다.

장어통발의 측면 구멍을 막은 3 가지 통발과 原型을 떨어뜨릴 때 수면상 접촉부분과 수심에 따른 침강 소요시간은 Table 2와 같다. 수심 1m에서 통발의 입구쪽으로 投下했을 경우는 原型과 측면 구멍을 막은 것들의 침강시간에 거의 차이가 없었으나 그 외의 경우는 구멍을 막은 통발들의 침강시간이 原型보다 1~2초 정도 더 소요되었다. 이 지연 시간은 수면상에서 구멍을 막은 통발내로의 완전 沈水에 걸리

는 시간이며 완전 沈水 후는 꼭지가 바닥으로 향하여 原型과 거의 같은 속도로 침강하는 것으로 관찰되었다. 장어통발의 침강 속도는 밑으로 잡아끄는 침강력에 해당하는 流水抵抗을 일으키는 유속으로 계산될 수 있다.

流水槽에서 통발의 입구가 흐름의 윗쪽과 아랫쪽에 각각 위치할 경우, 고무호스를 통하여 미끼 냄새가 통발의 측면으로 확산되는 경향을 관찰한 사진은 Fig. 5와 같다. 통발의 표면을 막아서 구멍수가 작을 수록 물감 용액의 입구쪽으로 퍼지는 경향^{3,6)}이 뚜렷하게 나타났으며, 해상에서 철제 프레임에 장어통발을 고정하고 10~15 cm/sec의 속도로 예인한 경우는 原型의 확산되는 범위가 더 넓게 퍼지는 것으로 관찰되었다. 통발에서 미끼 냄새가 확산되는 현상은 측면 구멍의 크기와 배열 위치 뿐만 아니라, 통발의 流水方向에 대한 상대 위치와 경사 각도에 따른 渦流現象과 流線의 변화 등에 의해서도 달라질 것으로 보인다.

연안 조류의 유속에 따른 통발의 위치는 유속이 매우 약할 때는 投下된 후 침강하면서 입구가 바닥에 닿는대로 무작위로 위치하게 되니. 유속이 점점 빨라져서 15~20 cm/sec 정도에서는 통발의 입구쪽이 旋回하여 흐름의 아랫쪽으로 위치하고, 더욱 빨라져서 30 cm/sec 이상이 되면 원줄과 통발이 함께 밀려 가는 것으로 관찰되었다.

3. 海上漁獲試驗

플라스틱 장어통발의 측면 구멍을 막아서 원래의 것의 1/4 hole 및 1/2 hole을 남긴 것과 原型의 3 가지 종류를 가지고 총 9회에 걸친 漁獲試驗 結果는 Table 3과 같다. 3 가지 통발에 따른 각각의 통발당 漁獲尾數는 1마리 내외, 통발당 漁獲重量은 60~70 g 정도로 나오며 매조업회수별 平均漁獲尾數와 平均漁獲重量 등은 통계적인 점검 결과 어느 것도 차이가 있다고 볼 수 없었다. 측면에 구멍이 없는 파이프 통발이 플라스틱 통발보다 漁獲性能이 뛰어나다는

Table 2. Sinking time of the sea eel pots

Depth (m)	Falling part	Sinking time (sec)			
		*typical pot	1/20 hole	1/4 hole	1/2 hole
1.0	entrance	3.6±0.2	4.0±0.2	3.7±0.2	3.7±0.2
1.0	head	3.9±0.3	6.1±0.3	4.9±0.2	4.5±0.3
7.5	entrance	13.9±0.9	15.5±0.8	15.6±0.5	15.5±0.4

*typical pot: uncovered typical pots having 14×21 hole 1/20 hole: having 14×1 hole at entrance 1/4 hole: having 14×5 hole at entrance 1/2 hole: same as 1/4 hole and 6×15 hole toward head

장어통말의 갈배기彈性과 流體力學的 特性

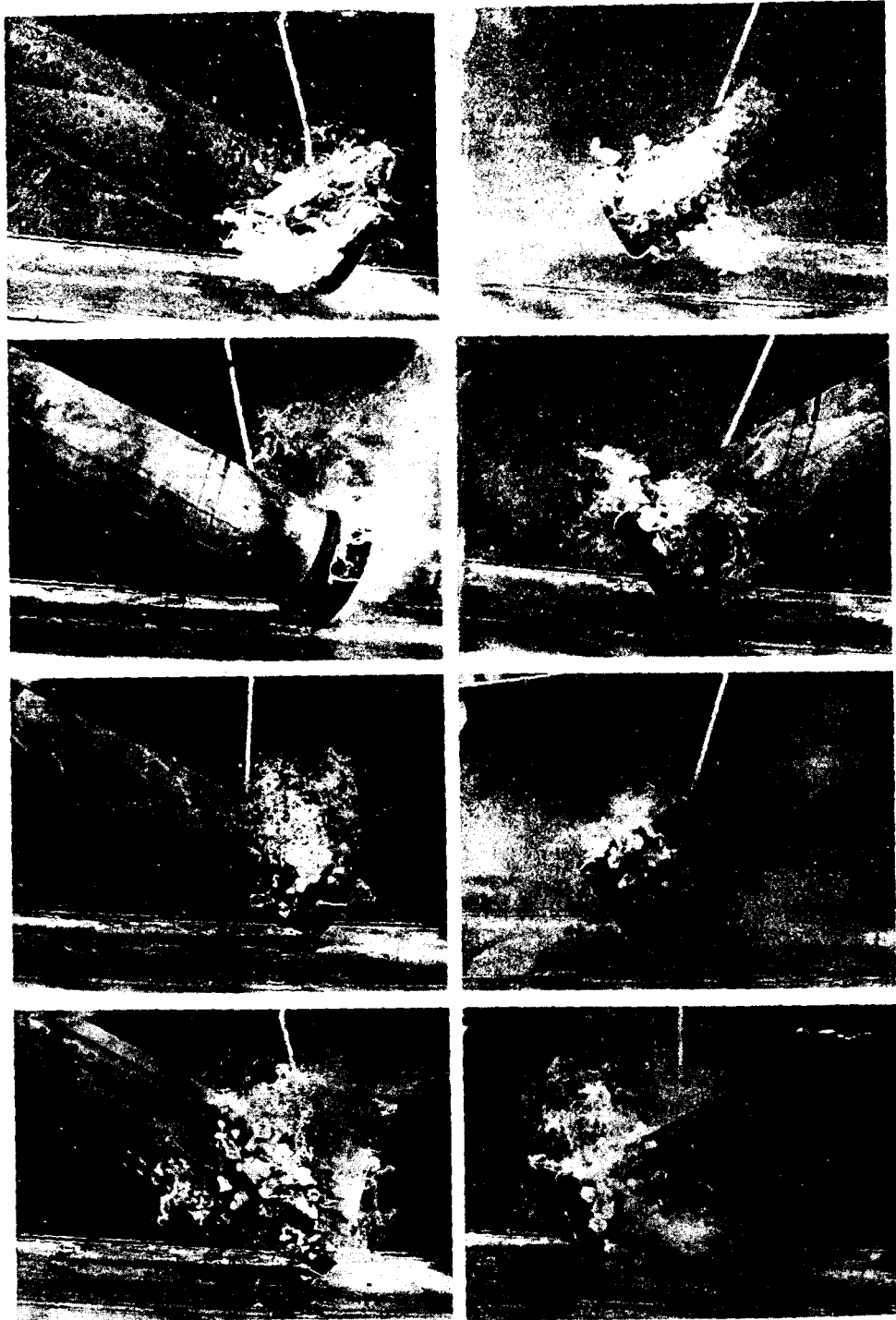


Fig. 5. Diffusion tendency through the surface of the pots in running water aquarium. Water flow left to right and the pots are typical pots, 1/20 hole, 1/4 hole and 1/2 hole from top to bottom.

Table 3. Results of nine times fishing operation using three kinds of sea eel pots

Kind of pots*		typical pot	1/4 hole	1/2 hole
No. of pots	total	446	432	413
	mean/hauling	49.6	48.0	45.9
No. of fish	mean/pot	0.88	1.01	1.02
	**S. D	0.78	1.05	1.00
Weight of fish (g)	mean/pot	59.8	68.3	66.1
	**S. D	50.5	66.6	57.1

*Refer to table 2.

** Standard deviations through nine times fishing

보고³⁾는 전체 사용 통발 수가 매우 작고 상대적인漁獲이 부진했던 操業을 분석한 결과로 보이며, 허그물을 사용한 튜브통발의 경우⁴⁾는 갈매기가 서로 상이하여 통발의 측면 구멍의 有無에 따른 漁獲性能을 비교하기가 곤란하나 수심이 얇은 연안 물떨어장의 操業에서도 본 연구 결과와 같았다.

要 約

장어통발의 P.P 갈매기 살과 대나무 갈매기 살의 彈性을 측정하고 측면 구멍을 막은 통발과 原型의 流水抵抗, 침강시간 및 미끼의 냄새확산 등을 관찰한 다음 海上漁獲 試驗을 행한 結果는 다음과 같다.

1. P.P 갈매기 살의 彈性은 대나무 살보다 훨씬 작고, 荷重이 증가할수록 彈性回復度는 감소하였다.
2. 플라스틱 장어통발의 流水抵抗 $R(kg)$ 는 유속 $V(m/sec)$ 에 따라 다음 관계식으로 나타낼 수 있다.
 $R = 0.36 V^{2.01}$
3. 장어통발의 침강시간은 측면 구멍을 막은 경우 水面上에서의 완전 沈水까지 1~2초 정도 原型보다 지연되나 그 후의 침강 속도는 거의 차이가 없었다.
4. 통발 내의 미끼 水溶液은 측면 구멍을 많이 막을수록 原型보다 입구쪽으로 집중되어 확산되었다.
5. 측면 구멍을 일부 막은 통발과 原型을 가지고 漁獲試驗을 한 결과 통발당 平均 漁獲尾數나 平均 漁獲量의 漁獲性能에 있어서 별로 된 어장에서는 차이가 없는 것 같다.

謝 辭

漁獲試驗에 적극 협조하여 주신 부산 403호 김종화 선장님 이하 전 직원 여러분과 본실험을 도와 준 학생 제군에게 깊은 감사를 드립니다.

文 獻

1. 金弘在 (1976): 폴리프로필렌樹脂. 大光書林, 261.
2. 서영태·김광홍·이주희 (1977): 장어통발 漁具의 漁獲性能 比較. 漁業技術 13(2), 15-20.
3. 金大安 (1985): 장어통발과 계통발의 漁獲機構 및 改良에 관한 研究. 부산수산대학 대학원 수산학박사 학위청구논문.
4. 농수산부 (1987): 농림어업통계연보.
5. 金光弘·李珠熙 (1977): 봉장어통발 漁具의 海底附着狀態에 따른 漁獲 效果에 對하여. 통영수전 논문집 12, 21-23.
6. 權炳國 (1987): 봉장어통발의 改良. 부산수산대학 대학원 석사학위논문.
7. 특허청 (1981~1987): 실용신안공보 제524-851호.
8. Brandt, A. (1964): Test methods for fishing gear materials. MFG-2. Fishing News(Books) Ltd, 9-49.
9. Timoshenko, S.P. and J.M. Gere (1972): Mechanics of materials. Litton Edu. Pub. Inc., 167-217.
10. Jones, K.A. and T.J. Hara (1985): Behavioural responses of fishes to chemical cues: results from a new bioassay. J. Fish. Biol. 27, 495-504.
11. 日本水産學會 (1981): かご漁業. 恒星社厚生閣, 1-65.
12. 張志元·徐斗玉 (1982): 漁具工學. 新韓出版社, 37-46.