

噴射式 桁網의 開發에 관한 研究-II*

— 噴射式 개량조개 試驗桁網의 現場實驗 —

趙 鳳 坤·高 冠 瑞**

群山水産專門大學·釜山水産大學校**

(1991년 10월 1일 접수)

Development of Hydraulic Jet Dredge- II*

— 3. Field experiment of hydraulic jet dredge for catching surf clam —

Bong-kon CHO and Kwan-Soh KO**

National Kunsan Fisheries Junior College, National Fisheries University of Pusan**

(Received October 1, 1991)

To catch the surf clam, *Mactra chinensis*, in sand bottom using the excavating performance of water jet, the authors had constructed the experimental hydraulic jet dredge by the result of water tank experiment of previous report, and also were carried out the field experiments in the surf clam fishing ground near Kunsan, Korea from 5th to 30th of October, 1990.

The results obtained are as follows.

- 1) Excavating depth was more than 10~11cm at the 1500cm/s water-jet velocity in the fine sand and muddy sand.
- 2) Towing tension was only 105±5kg in the 6.7cm/s towing speed.
- 3) Average catch amount per unit towing area was 0.42kg/m² and it was 1.2~1.6 times comparing on the conventional dredge.
- 4) Experimental hydraulic jet dredge did not nearly brake the surf clam.
- 5) Turbidity variation by the water jet of dredge was not serious in the fishing ground;

On the surface, when the depth is more than 5.2m, turbidity variation was not found at all, and on the 3m layer above the bottom, turbidity variations was increased 9~11ppm at 1m backward from the dredge, but it was gradually decrease, and it was nearly not at 9m backward from the dredge.

緒 言

沿岸의 淺海에서 貝類를 어획하고 있는 채래식 桁網은 어구의 예인장력 과대로 각종 어구사고를 유발시키며 조업수심도 20m 이하로 제한을 받고 있다.

또한, 예망중 썩레에 의해 발생하는 破損貝는 어획물의 鮮度를 저하시키고, 어획되지 않은 破損貝는 死

貝가 되어 어장의 패류 자원에 나쁜 영향을 미치는 등 많은 문제점이 있어, 미국, 유럽 및 일본 등의 선진국에서는 분사류의 해저 굴삭성능을 이용한 噴射式 桁網을 개발하여, 좋은 성과를 거두며 조업하고 있다는 것은 前報에서 지적한 바 있다.

본 연구에서는 우리나라 연안의 해저에 널리 서식하고 있는 개량조개, *Mactra chinensis* (PHILIPPI) 등을 噴射式 桁網에 의해 어획할 목적

* 이 논문은 1990년도 수산 산학협동 보조연구과제로 연구되었음.

으로 前報에서 실시한 분사노즐의 굴삭성능에 관한 水槽實驗 結果와 미국, 일본 등의 噴射式 桁網漁具를 참고하여 噴射式 桁網 試驗漁具를 제작하고 개량조개 어장에서 조업실험을 하고 그 결과를 분석하여 이에 보고한다.

材料 및 方法

1. 在來式 桁網漁具의 調査

우리나라의 개량조개 桁網漁業의 중심지인 全北 群山, 沃溝지역과 慶北 九龍浦지역을 현지 답사하여 조사한 桁網은 크게 나누어 씨레와 씨레를 지지하고 있는 틀 및 자루그물로 구성되어 있고, 漁具는 船首用과 船尾用의 2틀을 사용하는데, 선수용은 선미용보다 약 15%정도 크거나 씨레발의 길이가 약 3cm 긴 것을 사용하며 조업시 닻의 역할을 겸하고 있으며 漁具의 규모는 폭 160cm, 길이 112.5cm의 桁網틀에 약 1000cm 길이의 자루그물(PE 84합 7절)이 부착되어

있다.

씨레는 44~40개의 발로 구성되어 있는데 1개의 발은 길이 약 60cm, 최대굵기 약 1.6cm인 철근을 한쪽 끝이 뾰족하게 만들어 해저의 掘削을 용이하게 하였으며, 발과 발사이의 간격은 좁은 부분이 1.8cm, 뾰족한 부분이 3cm로 되어 있다(Fig. 1).

操業方法은 어장에 도착하면 먼저 선수용 桁網漁具를 닻으로 삼아 투입하고, 닻줄을 약 200m 내주면서 선박을 전진시킨 다음, 정선하여 선박을 되돌리고 船尾에서 조업용 桁網漁具를 투입한다.

기관을 정지한 채로 船首의 닻줄을 약 100m정도 다시 감으면서 船尾 桁網漁具의 끌줄을 약 100m 내어준 후 船首의 닻줄을 고정하면 투망이 종료된다.

船尾 桁網漁具의 끌줄을 윈치로 감아 예망을 시작하며, 曳網速度는 약 4m/min로 비교적 느린 속도이며, 끌줄이 모두 감기어 桁網漁具가 船尾에까지 끌려오면 자루그물만 들어 올려 어획량을 확인한 후, 揚網하거나 다시 전진하여 在投網한다.

1회 조업에 약 30분이 소요되며 1일 조업회수는

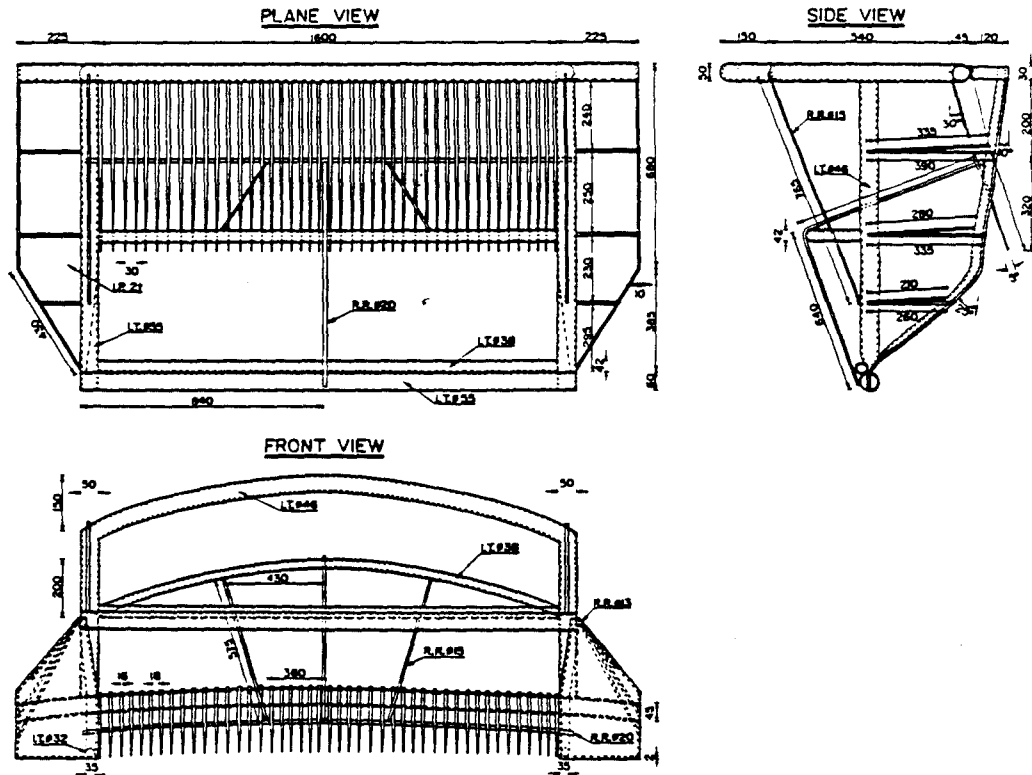


Fig. 1. Construction of the conventional dredge for catching surf clam.

15~20회 정도이고, 船尾 桁網漁具를 4~5회 曳網하면 닻의 역할을 하고 있는 船首側 桁網漁具도 상당히 끌려오므로 1회 揚網할 수 있다.

桁網漁具의 굴삭깊이는, 어구의 목줄 길이에 의해 조절이 가능한 썰레의 해저 접촉각도에 따라 다소 달라지나 썰레의 구조상 최대 9.2m 이하이고, 操業可能水深은 1~20m이나, 수심이 깊어지면 어구의 曳引張力이 커져 소형어선으로서는 예망능력의 한계가 있어, 주로 10m이하에서 조업하고 있으며 어장의 底質은 沙泥質이다.

2. 噴射式 桁網의 實驗裝置

(1) 試驗漁具의 製作

분사노즐의 모래면 掘削性能의 규명을 위해 실시한 前報의 水槽實驗 결과와 二木(1989)에 의해 조사된 일본 북해도지방의 噴射式 桁網과 Smolowitz 등(1982)에 의해 설계된 미국 북대서양 연안의 噴射式 桁網을 참조하여, 著者 등이 제작한 噴射式 桁網 試驗 漁具의 구조는 크게 나누어 노즐부분, 썰레부분, 그것을 지지하는 틀부분과 자루그물로 되어 있으며, 桁網 틀의 크기는 폭 100cm, 길이 100cm이고, 자루그물(PE 84합 7절)의 길이는 500cm이며, 어구 전체의 공기중 무게는 약 100kg이었다.

분사노즐은 1x24mm의 직사각형이며, 桁網 틀의 전방과 후방에 40cm 간격으로, 가로방향으로 수평 배치한 노즐 파이프에, 전방에는 10cm 간격으로 10개를 45°각도로 부착하여 해저면을 파도록 하고, 후방에는 12cm 간격으로 8개를 수평으로 부착하여 조개를 入網시키며 底質을 粉碎하도록 하였다.

전방에 있는 해저 굴삭용 노즐의 간격을 10cm로 한 것은, 前報에서 발표한 수조실험 결과(Table 5)에서 직선형 노즐의 실험식에 의하면 분사각도 90°, 모래면에서의 노즐의 거리 3cm, 분사속도가 현장실험 설정 범위인 1200~1500cm/sec에서 굴삭폭이 21.2~25.9cm였기 때문이었다.

해저 굴삭용 분사노즐과 해저면과의 높이는 가능한 낮을수록 굴삭깊이가 깊어 유리하나, 너무 낮으면 해저면과의 연속적인 마찰로 인해 노즐이 마멸될 뿐만 아니라, 해저의 바위나 돌 및 기타 장애물에 의해 훼손될 수 있어 노즐의 높이는 최저 3cm가 유지되도록 하였고, 노즐의 높이 변화에 따른 굴삭실험을 위해 桁網 틀에 가로방향으로 부착한 전방 노즐파이프의 높이를 조절하여 3cm와 6cm로 선택하여 고정할 수

있게 하였다.

썰레발의 경사각은 재래식 桁網의 썰레발의 경사각도가 약 45°이고, 일본에서 사용되고 있는 대부분의 噴射式 桁網의 썰레발의 경사각도는 45°(二木, 1989), 또는 약 50°(梨本 등, 1988)이었으나, 梨本 등(1988)은 조개가 썰레에 접촉해서 破損貝를 발생시키는 요인에 대한 역학적인 해석을 통해, 破損貝의 방지를 위한 효과적인 썰레발의 傾斜角度 θ 와 조개의 殼長 L사이에는 다음과 같은 관계가 있다고 하였다.

$$\theta \leq \tan^{-1} \frac{(0.058L^{2.0} - 0.025L^{0.39L})}{(0.029L^{2.0} \pm 0.050L^{0.39L})}$$

윗 식을 적용하면 썰레발의 경사각 θ 는 殼長 5cm에서 50°, 殼長 10cm에서 40°가 적합하게 되나, 試驗漁具에서는 개량조개 成貝의 殼長을 고려하여 썰레발의 傾斜角 θ 를 45°로 하였다.

그리고, 썰레발의 앞끝은 조개의 손상을 방지하기 위해 3T 平鐵로 10Lx20W크기의 띠로 막았으며, 試驗漁具의 設計圖는 Fig. 2와 같다.

(2) 試驗漁具의 噴射流 角度 測定

시험어구에 사용된 분사노즐의 噴射角을 측정하기 위해 공기중에서 어구를 뒤집어 놓고 펌프를 작동하여 현장실험에서의 噴射速度인 1200~1500cm/sec로 물을 분사시킨 결과, 噴射角은 실험속도 구간에서의 분사속도의 크기에 따른 변화는 거의 없고 노즐의 가공 精密度에 따라 노즐별로 조금씩 차이가 있었으나 노즐의 中心軸에 대하여 약 0~2°범위였다.

(3) 펌프와 호스

펌프는 日本 Dai Shin회사 제품으로 5마력, rpm 4000에서 全揚程 32m, 最大揚水量 1000l/min이며, 토출구 직경은 80mm이며, 호스는 직경 60mm, 길이 15m의 소방호스 2개를 연결하여 사용하였다.

(4) 測定裝置

유량계는 후로우-셀회사 제품으로 Rota-float flow-meter이며, 펌프의 토출구측에 배관하여 연결하였으며, 사용압력은 최대 10kg f/cm²G이고, 유량범위는 110~550l/min이다.

유속계는 日本 Toho Dentan회사 제품으로 CM-2 Current meter로서, 측정범위는 流速이 0~1.5m/sec, 0~3.0m/sec이며, 流向은 0~360°이다.

탁도계는 日本 Toa Electronics회사 제품으로 TB-1 Turbidity meter이며, 측정방식은 透過光 방식이

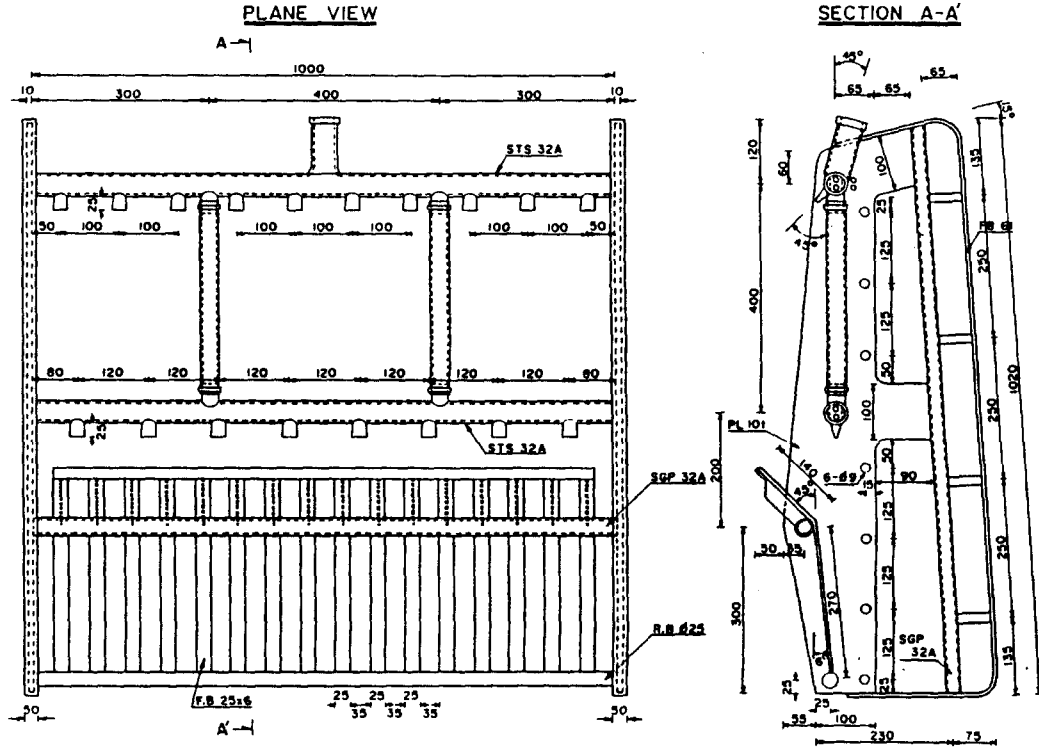


Fig. 2. Construction of the experimental hydraulic jet dredge for catching surf clam.

며, 측정범위는 0~100ppm, 0~500ppm이다.

장력계는 日本 Yanagi Instrument회사 제품으로 Self recording tension meter이며, 측정범위는 0~1 ton이다.

3. 噴射式 桁網 試驗漁具의 操業實驗

(1) 使用船舶

현장의 試驗操業에 사용한 선박은, 예비시험에는 전복 401호(303 G/T, 1200 p.s)를, 본시험에는 소형어선으로 재래식 桁網漁業에 직접 종사하고 있는 제 2 영남호(4,87 G/T, 185p.s 자동차 엔진)를 사용하였다.

(2) 試驗期間

현장 시험조업을 실시한 시기는 1990년 10월 5일부터 10월 30일까지였으며, 이 기간에 예비시험 1항차와 본시험 4항차를 실시하였다.

(3) 試驗漁場

試驗操業을 실시한 어장은 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 全北 沃溝郡 沃西面 仙綠里 下梯 앞바다의 수심이

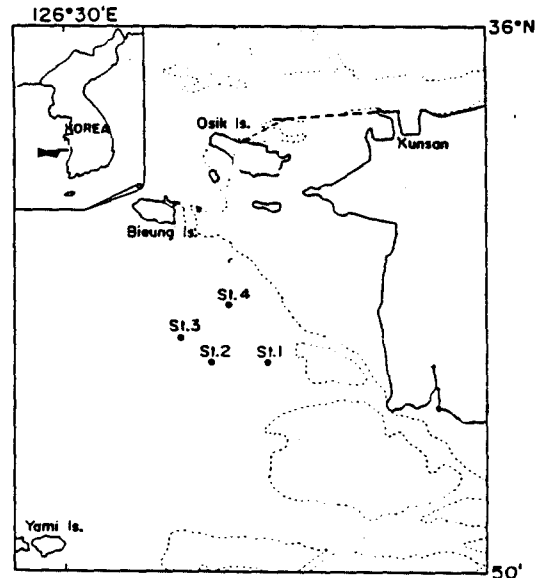


Fig. 3. Map showing the stations where the field experiments were carried out. Dotted areas denote the tidal flat.

2.4~8m, 저질은 가는 모래 및 모래필이며, 유속은 0.10~0.45m/sec인 개량조개 어장이다.

(4) 漁具의 投揚網

噴射式 桁網의 투양망은 재래식과 비슷하여 船首에서 투입하고, 닻줄을 내주면서 전진하여 닻과의 거리가 200m정도 되면 停船하여 선박을 되돌고 닻줄을 고정된 다음 船尾에서 송수용 호스가 연결된 桁網어구를 투입한다.

어구가 海底에 닿으면 船首의 닻줄을 감으면서, 선미에서 투입한 어구의 끌줄과 송수용 호스를 약 30m 내어준 후 끌줄을 고정시킨다. 이때 끌줄의 길이는 송수용 호스의 길이보다 짧게 주어 어구의 장력이 송수용 호스에 걸리지 않도록 한다.

송수 펌프를 작동하여 호스를 통해 어구의 노즐로부터 물을 噴射시키면서 윈치로 船首를 닻줄을 감아 어구가 약 6.7cm/sec의 속도로 예인 되도록 한다. 닻줄을 약 120m정도 감아 어구를 曳引한 후 닻줄을 고정시킵과 동시에 펌프를 정지하고 선미에 있는 桁網어구의 끌줄을 감아 揚網한다.

(5) 노즐의 噴射速度 設定

펌프의 토출구측에 장치한 流量計에 의해 노즐의 분사속도가 1200, 1350, 1500cm/sec 되도록 Pump Engine의 By-pass valve를 조정하여 설정하였으며, 어구에 부착된 노즐 18개의 분사량은 각각 동일한 것으로 간주하였다.

(6) 漁具의 曳網速度 設定과 曳引張力 測定

수조실험 결과 분사속도 1200~1500cm/sec에서 분사각도 45°인 직사각형 노즐 N-4의 최대 掘削幅은 30cm이상이고 限界掘削 소요시간이 4~5초였으므로, 해저면의 연속적인 掘削을 위해 예망속도를 6.7cm/sec로 설정하였으며, 曳引張力은 시험어구의 목줄과 끌줄의 연결부에 自記 張力計를 장치하여 측정하였다.

(7) 海底 掘削 깊이와 漁具의 水中姿勢 觀測

噴射流에 의한 해저 굴삭 깊이의 측정과 어구의 수중자세를 관찰하기 위해 어구에 Lowrance X-16 Computer sonar (주파수 192kHz, 지향각 8°, 최대 분해능 2.5cm)를 장치하여 기록을 얻었으나, 記錄의 判讀이 난해하여 굴삭깊이와 폭을 식별하기가 불가능하였기 때문에 매 曳網時마다 투입한 潛水夫에 의해 어구의 수중자세를 관측하게 하고 막대자로 굴삭깊이를

측정토록 하였다.

(8) 噴射流에 의한 漁場의 濁度變化 調査

噴射流의 해저 굴삭에 의한 濁度の 變化量을 조사하기 위해 시험어선에서 전마선을 曳引하여 어구의 후방 1m, 3m, 5m, 7m, 9m에 각각 위치시킨 후, 試驗漁具의 자루그물의 영향을 받지 않는 표면과 海底面上 3m층을 선정하여 조업 시작전과 조업중의 濁度를 측정하였다.

結果 및 考察

현장 試驗操業에 들어가지 전에 실습선 全北 401호에 의해 군산 앞바다에서 예비시험을 실시하여 어구 각부의 연결, 조정 및 측정방법을 검토하였으며 본 시험은 小型漁船으로 4航次 15회 실시하였다.

시험조업 결과에서 漁具의 성능에 관한 측정치는 항차별로 정리하여 Table 1, 2, 3, 4에 나타내었고, 試驗漁具에 의한 漁場의 濁度 변화는 항차별로 큰 차이가 없었으므로 어구의 성능이 가장 좋았던 4항차의 관측치만 Table 5에 나타내었다.

1. 噴射式 桁網 試驗漁具의 海底 掘削性能

(1) 第1次 試驗

제 1차 시험조업 결과(Table 1)에 의하면, 噴射流의 해저 굴삭 깊이는 분사속도의 크기에 따라 커져 분사속도 1200cm/sec에서 10~12cm, 1350cm/sec에서 13~14cm, 1500cm/sec에서 15~16cm 이상이였다.

노즐의 높이를 해저면에서 3cm로 하였을 때, 어구의 수중자세를 潛水夫에 의해 관찰한 결과, 어구는 桁網들의 하부가 3cm정도 해저에 묻혀 정상적인 자세로 曳引되었다. 그러나 노즐과 노즐사이의 굴삭형상이 波狀形을 이루어 掘削되지 못한 봉우리가 5cm정도 남아있기 때문에 썩레발이 掘削된 해저에 밀착되지 못해 漁獲對象魚중 일부가 어획되지 못하는 경향이 있었고, 또한 어구가 필을 떠서 曳網速度 6.7cm/sec에서 어구의 曳引張力이 247±3kg이나 되었다.

노즐의 높이를 해저면에서 6cm로 올려보았으나 掘削 깊이가 1cm정도 줄고 어구의 張力이 15kg정도 감소하나 波狀形의 봉우리는 없어지지 않았다.

Table 1. Description of the first field experiment in the fishing ground

No. of exp.	Depth (m)	Bottom puality	Water temp. (°C)	Current		Towing			Nozzle height (cm)	Water-jet velocity (cm/sec)	Excavated depth (cm)	Catch (kg)
				direction (degree)	velocity (cm/sec)	speed (cm/sec)	dist. (m)	tension (kg)				
1-1	3.0	fine S.	18.0	080	25	6.7	40	242±3	3	1200	<11	35.2
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<14	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<16	
1-2	4.5	fine S.	18.1	085	20	6.7	40	247±3	3	1200	<12	30.6
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<14	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<16	
1-3	6.8	S. M.	18.2	100	10	6.7	40	232±3	6	1200	<11	28.5
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<13	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<15	
1-4	7.0	S. M.	18.2	280	20	6.7	40	233±3	6	1200	<10	30.1
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<13	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<15	
Mean						6.7	120					31.1

Table 2. Description of the second field experiment in the fishing ground

No. of exp.	Depth (m)	Bottom puality	Water temp. (°C)	Current		Towing			Nozzle height (cm)	Water-jet velocity (cm/sec)	Excavated depth (cm)	Catch (kg)
				direction (degree)	velocity (cm/sec)	speed (cm/sec)	dist. (m)	tension (kg)				
2-1	3.5	fine S.	17.3	110	45	6.7	40	352±3	3	1200	<14	27.4
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<16	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<17	
2-2	6.0	S. M.	17.3	110	45	6.7	40	332±3	6	1200	<14	25.7
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<15	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<17	
2-3	8.0	S. M.	17.4	135	30	6.7	40	313±3	6	1200	<13	36.2
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<14	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<16	
Mean						6.7	120					29.8

Table 3. Description of the third field experiment in the fishing ground

No. of exp.	Depth (m)	Bottom puality	Water temp. (°C)	Current		Towing			Nozzle height (cm)	Water-jet velocity (cm/sec)	Excavated depth (cm)	Catch (kg)
				direction (degree)	velocity (cm/sec)	speed (cm/sec)	dist. (m)	tension (kg)				
3-1	2.4	S. M.	16.5	280	15	6.7	5	—	3	1200	—	—
3-2	2.4	S. M.	16.5	270	10	6.7	4	—	6	1200	—	—
3-3	3.0	fine S.	16.7	270	10	6.7	40	552±3	6	1200	<12	23.6
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<14	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<16	
3-4	3.0	fine S.	16.7	040	15	6.7	40	563±3	6	1200	<11	28.8
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<14	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<15	
Mean						6.7	120					26.2

Table 4. Description of the fourth field experiment in the fishing ground

No. of exp.	Depth (m)	Bottom puality	Water temp. (°C)	Current		Towing			Nozzle height (cm)	Water-jet velocity (cm/sec)	Excavated depth (cm)	Catch (kg)
				direction (degree)	velocity (cm/sec)	speed (cm/sec)	dist. (m)	tension (kg)				
4-1	3.5	fine S.	17.2	118	32	6.7	40	95±5	3	1200	<11	44.0
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<13	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<14	
4-2	5.2	fine S.	17.3	108	20	6.7	40	103±3	6	1200	<10	50.8
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<12	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<14	
4-3	7.0	S. M.	17.3	290	15	6.7	40	107±3	3	1200	<10	65.1
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<12	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<13	
4-4	7.5	S. M.	17.3	260	22	6.7	40	107±3	6	1200	<10	40.4
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1350	<11	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1500	<13	
Mean						6.7	120					50.1

(2) 第2次 試驗

① 漁具의 改造

제1차 시험결과, 해저의 굴삭깊이는 양호하였으나 노즐과 노즐 사이의 굴삭형상이 波狀形을 이루었으므로, 이를 없애기 위해 씨레발 끝에 부착한 平鐵 띠에 폭 1.5cm, 길이 5cm의 씨레발을 2cm 간격으로 28개를 다시 부착하여 씨레발이 波狀形의 봉우리를 부수도록 어구를 개조하였다.

② 掘削形狀

제2차 시험결과(Table 2)에 의하면, 噴射速度別 굴삭깊이는 제1차 시험시보다 1~2cm 증가하여 1500cm/sec에서 17cm이상 굴삭되고, 어구가 지나간 후의 掘削形狀도 양호하여 波狀形의 봉우리가 없었으나, 어구가 펄을 많이 떠 曳引張力이 352±3kg 까지 커져 曳網이 힘들었다.

潛水夫의 관측결과를 종합해 보면 새로 부착한 씨레발이 해저를 파고들어 파상형의 봉우리를 부수며 지나가고 있었으나, 씨레발의 5cm 안쪽에 있는 平鐵 띠가 많은 펄을 그물 안으로 떠 올리기 때문으로 판단되었다.

(3) 第3次 試驗

① 漁具의 改造

제2차 시험결과, 굴삭 깊이와 형상은 양호하였으나 어구가 펄을 많이 뜨고 曳引張力이 크게 증가하여 曳網이 어려웠는데, 이는 씨레발이 너무 길어 噴射流에 의한 굴삭 깊이가 이상으로 씨레가 해저를 파고 들기 때

문이었다. 그래서 씨레발의 傾斜角을 45°에서 30°로 하여, 씨레발의 수직 깊이를 작게 하고, 또한 씨레가 해저를 파지 못하도록 발의 앞끝에서 1cm 안쪽에 3 T 평철로 100L×20W크기의 가로대를 다시 대었다.

② 掘削形狀

제 3차 시험결과(Table 3)에 의하면, 제 1, 2회 曳網時에는 수심 2.4m에 底質이 모래펄인데도 어구의 曳引張力이 너무 커 曳網이 거의 불가능하였다. 노즐의 높이를 해저면상 3cm에서 6cm로 바꾸어 보아도 같은 결과였다.

水深 3m에 底質이 가는 모래인 제 3, 4회 曳網에서는 어구의 曳網張力이 563±3kg이나 되어 닳출을 감아 올리기가 무척 힘들었으며 어구가 펄을 더 많이 떠 올렸다.

潛水夫의 관측결과와 揚網 후 어구 각부의 해저 접촉부위 등의 관찰결과를 종합해 보면, 어구는 桁網들의 양 가장자리가 해저에 3cm정도 묻혀 정상적인 자세로 曳引되며, 굴삭 깊이는 噴射速度 1500cm/sec에서 16cm정도로 양호하나, 굴삭형상에 나타나고 있는 파상형의 봉우리에 대한 破碎가 불충분하여 씨레발이 펄을 떠 올리므로써 어구의 曳引張力이 과대하게 커진 것으로 분석되었다.

(4) 第4次 試驗

① 漁具의 改造

제3차 시험결과, 어구의 曳引張力이 너무 커서 닳출을 감아 올리기가 어려웠는데, 이는 씨레발의 傾斜

角度를 30°로 바꾸고 발의 앞끝 1cm 안쪽에 平鐵의 가로띠를 다시 부착한 어구 개조가 잘못되었기 때문으로 밝혀졌다.

씨레발을 추가로 부착한 목적이 波狀形의 掘削으로 생기는 붕우리를 破碎하여 씨레가 해저를 긁으며 지나가게 하기 위함임으로 이를 위해 씨레발의 角度를 다시 45°로 바꾸고, 또한 씨레발 앞쪽에 平鐵의 가로띠를 부착한 당초의 목적이 씨레발에 의해 발생하는 破損具를 방지하기 위함이었는데, 지금까지 3航次에 걸친 실험결과를 보면, 평철의 가로띠 앞에 씨레발을 추가로 부착하여도 破損具의 발생이 거의 없었으므로, 噴射式 桁網 試驗漁具에서는 破損具의 발생이 크게 문제가 되지 않는 것으로 판단되어, 어구가 펄을 떠올리는 근본적인 원인이 되고 예망장력을 크게 유발시키고 있는 씨레발 앞쪽에 부착한 平鐵의 가로띠를 모두 除去하였다.

그리고, 실험조업중 潛水夫의 관찰 결과, 매 예망시마다 桁網들이 해저에 3cm 가까이 묻혀 예인되고 있어, 이러한 현상 역시 어구의 예인장력을 증대시키는 역할을 한다고 추정되었으므로 어구가 펄에 묻히

는 것을 방지하고 어구의 예인장력을 줄이기 위해 桁網들의 양쪽 가장자리 밑바닥에, 3T 鐵板으로 크기 1000L×68W의 스킨드를 만들어 부착하였으며 개조한 어구의 형상은 Fig. 4와 같다.

② 掘削形狀

제4차 시험결과(Table 4)에 의하면, 분사속도별 해저 굴삭깊이는 제1, 2, 3차 시험 결과보다 2~3cm 정도 작으나, 1200cm/sec에서 10~11cm, 1350 cm/sec에서 11~13cm, 1500cm/sec에서 13~14 cm정도 굴삭되었으며, 어구가 모래나 펄도 뜨지 않아 曳引張力도 107±3kg으로 대폭 줄어들었다.

潛水夫의 관찰 결과와 어구 각부의 海底面과의 접촉부위 등의 조사결과를 종합해 보면, 씨레의 앞쪽에 부착했던 平鐵의 가로띠가 제거되어 각각의 씨레발이 분사노즐에 의해 해저가 굴삭되면서 만들어진, 노즐과 노즐사이의 자그마한 波狀形의 붕우리를 긁어 破碎시키므로서 굴삭형상의 바닥이 전체적으로 편평하게 되었으며, 어구는 틀의 양 가장자리에 부착한 스킨드가 굴삭되지 않은 부분의 해저를 지지하고 있어 해저에 묻히지 않고 잘 接地되었으므로, 漁獲物도

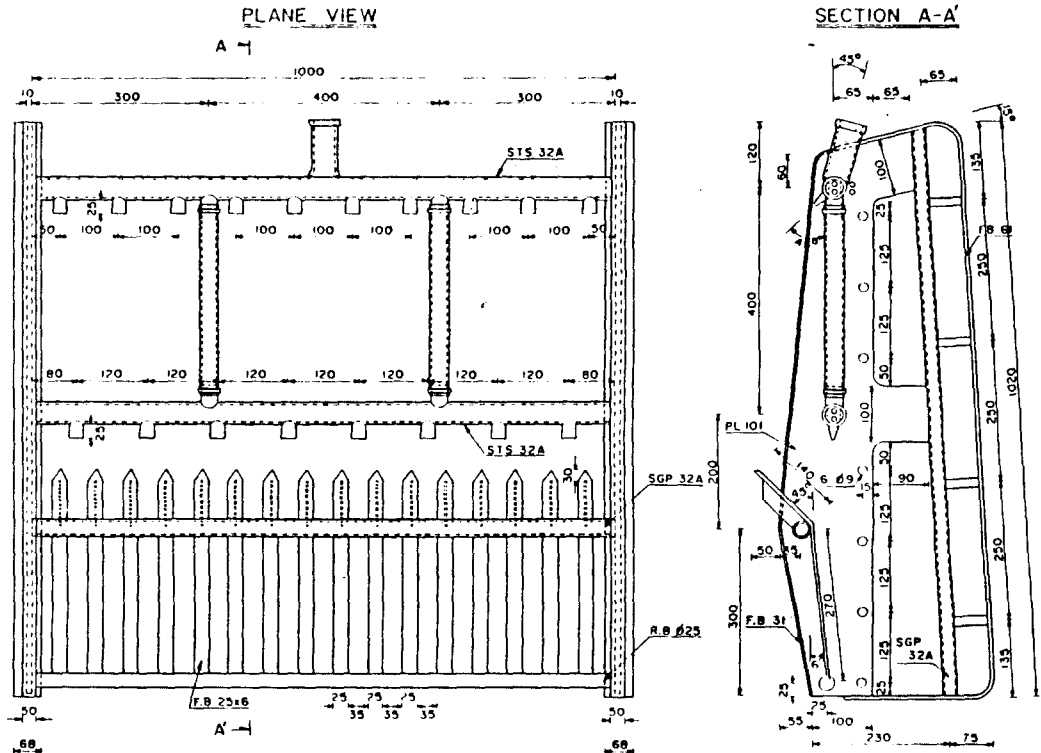


Fig. 4. Construction of the remodelled experimental hydraulic jet dredge for the surf clam fishing.

流失없이 入網되어 어구의 어획성능이 좋아진 것으로 판단되었다.

梨本 등(1986)에 의하면, 개량조개과인 북방대합 *Pseudocardium sybillae*은 모래속에서 주로 서식하는데 해저의 모래면에서 貝殼 하부까지의 깊이가 殼長의 1.5배라고 하였으며, 鄭 등(1987)은 우리나라 西海岸의 沃溝郡 飛鷹島 근해에 다량 서식하고 있는 개량조개과의 개량조개 *Macra chinensis*의 群成熟度는 殼長 3.6~3.9cm인 個體가 50%이상이고, 殼長 5.0cm이상인 개체들은 전체가 在生産에 참여하고 있다고 하였다.

개량조개의 서식 깊이에 관한 자료는 찾아볼 수 없으므로, 형태나 생태가 비슷하고 같은 科에 속하고 있는 북방대합의 서식 깊이와 큰 차이가 없을 것으로 보면, 개량조개의 成員의 殼長은 5cm이상이나 最大 殼長은 8cm이므로, 개량조개는 貝殼 하부까지의 깊이가 12cm가 되고, 이의 굴삭을 위한 噴射速度는 1500cm/sec이면 충분할 것으로 예상된다.

분사식 시험형망의 분사속도별 굴삭깊이는 漁場의 저질과 수심이 따라 약간씩 다르나 도시하면 Fig. 5와 같다.

2. 噴射式 桁網 試驗漁具의 漁獲性能

총 4항차 15회 실시한 시험조업 결과, 漁獲物은 개량조개가 90%이상이고 기타는 피조개와 큰 구슬우렁이였다.

Table 1, 2, 3, 4에 의하면, 1曳網當 소요시간은 각각 30분인데, 항차별 1曳網當 平均漁獲量은 제1항

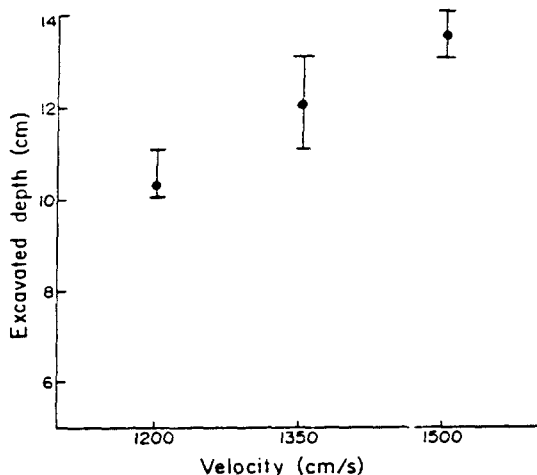


Fig. 5. Excavated depth by the velocity of water jet in the fourth field experiment.

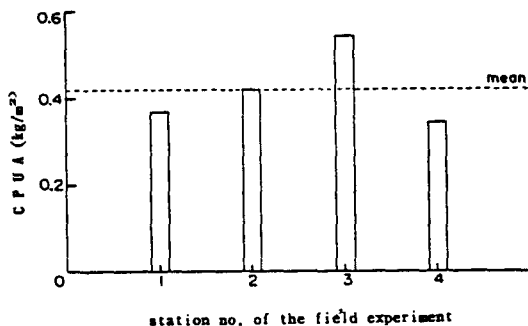


Fig. 6. Catches per unit sweeping area (C P U A) according to the station no. in the fourth field experiment.

차에서 31.1kg, 제2항차에서 29.8kg, 제3항차에서 26.2kg, 제4항차에서 50.1kg이었다.

매 항차마다 어구를 개조하였기 때문에 항차별 어획량을 단순히 비교할 수는 없으므로, 최종적으로 개조하여 어구의 수중자세와 해저 接地狀態가 양호하면서 曳引張力이 가장 적은 제 4항차의 평균 어획량 (Table 4)을 시험조업의 표준으로 삼아 單位掃海面積當 漁獲量을 구해보면, 시험어구의 폭은 1m이고 시험 조업당 曳網距離가 120m였으므로 1曳網當 掃海面積은 120m²가 되어 單位掃海面積當 漁獲量은 0.42 kg/m²이 된다.

Table 1에 의하면 재래식 형망어업의 월별 평균 1일 어획량은 최성어기인 5월에 785.5kg이었으나, 10월에는 685.8kg이었다. 그러나 본 실험 조업기간과 같은 10월의 전체 桁網漁船의 隻當 漁獲量은, 어선의 톤수 및 漁獲強度에 따라 다소 다르나 그 최대 분포범위가 약 600~800kg이내이었으므로, 이 어획량을 기준으로 삼아 재래식 桁網漁具의 10월의 單位掃海面積當 漁獲量을 계산해 보면 0.25~0.33kg/m²이 된다.

따라서 噴射式 試驗桁網 漁具는 재래식 桁網漁具보다 어획성능이 최소한 1.2~1.6배 이상 높으며, 재래식 桁網漁具의 어획물에서 발견되는 많은 양의 破損具도 거의 찾아 볼 수 없었다.

제4항차의 시험조업 횡수별 어획량 (Table 4)을 單位掃海面積當 漁獲量으로 환산하여 도시하면 Fig. 6과 같다.

3. 噴射式 桁網 試驗漁具의 曳網張力

Table 1, 2, 3, 4에 의하면 試驗桁網의 曳網張力은 曳網速度 6.7cm/s에서 제1항차에 230~250kg, 제2항차에 310~355kg, 제3항차에 550~565kg이었고, 제4항차에서는 90~110kg이었다.

제2, 3항차에서 예망장력이 크게 증가한 것은 어구의 개조가 불합리하여 씨레가 필을 떠올렸기 때문이었으며, 제4항차에서 예망장력이 현저하게 줄어든 것은, 어구 개조가 성공적이어서 씨레발 앞끝에 부착하였던 평철의 가로띠를 제거하므로써 씨레가 필을 떠올리지 않을 뿐만 아니라, 桁網 틀의 가장자리 밑바닥에 부착한 철판으로 된 스킨드가 桁網 틀의 海底 埋沒을 방지하고 해저 위로 미끌려 오도록 하여 어구와 해저와의 마찰력을 감소시켰기 때문이었다.

小池(1953)는 底層曳網 模型實驗에서, 갯대의 아래 끝에 스킨드를 부착하여 해저를 부드럽게 예망하는 방법을 통해서 어구의 저항을 대폭 감소시킨 바 있으나 취급상 여러가지의 장애가 예상되고 실용성에 문제가 있어 활용되지 못했다.

그러나 분사식 桁網어업에서는 스킨드의 부착사용이 어구 취급에 큰 장애나 문제가 되지는 않으므로 스킨드의 활용이 적극적으로 요구된다고 할 수 있다.

따라서 시험어구의 예망장력은 $107 \pm 3kg$ 으로 볼 수 있어 소형어선으로서도 손쉽게 예망이 가능하며, 在來式 桁網어업에서 발생하는 예망중 끌줄의 파단, 원치의 고장 및 각종 어구사고를 예방하거나 줄일 수 있게 된다.

五十嵐 등(1988)에 의해 조사된 바에 의하면 日本의 北海道 연안에서 조업하고 있는 桁網의 張力은 在來式 漁具(어선 2.6~3.0G/T, 어장수심 1~5m, 형망폭 130cm)에서 약 1.5~2.0ton, 噴射式 漁具(어선 3.57G/T, 어장수심 1~5m, 형망폭 130cm)에서 평균 200kg이었다.

시험어구의 曳網張力이 $107 \pm 3kg$ 정도로 日本의 噴射式 桁網漁具보다 작은 것은, 試驗 桁網漁具(幅 100cm)가 日本에서 사용하고 있는 噴射式 桁網漁具

(幅 130cm)보다 크기가 약간 작은 데에도 원인이 있지만, 보다 중요한 것은 桁網 틀 양 가장자리의 밑바닥에 부착한 스킨드가 어구의 해저 마찰저항을 감소시켰기 때문이라고 생각된다.

4. 噴射式 桁網 試驗漁具에 의한 漁場의 濁度變化

噴射式 桁網의 噴射流에 의한 해저 굴삭으로 일어나는 漁場의 濁度變化量은 Table 5에 나타난 바와 같이 매우 작아 海面에서는 어장의 수심이 5.2m 정도만 되어도 변화되는 것을 거의 볼 수가 없었고, 海底面上 3m층에서도 비교적 작게 나타났으며, 해저면 상 3m층의 탁도 변화량을 도시하면 Fig. 7과 같다.

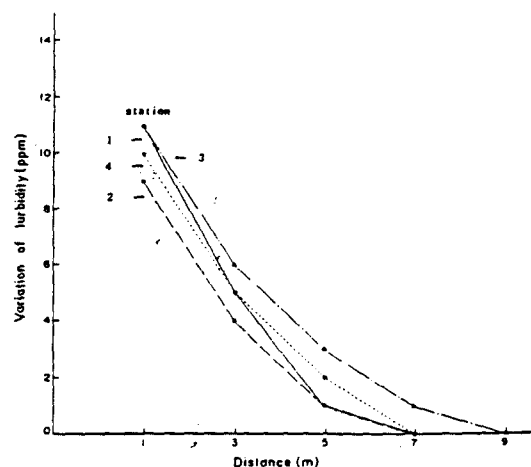


Fig. 7. Turbidity variation of 3m layer above the bottom according to the backward distance from the experimental hydraulic jet dredge on towing by station in the fourth voyage.

Table 5. Turbidity variation before and after the fourth fishing operation by the experimental dredge

No. of exp.	Depth (m)	Bottom quality	Water temp. (°C)	Current		Turbidity observation depth (m)	Turbidity before experiment (ppm)	Turbidity variation under experiment by distance (ppm)				
				direction (degree)	velocity (m/sec)			1m	3m	5m	7m	9m
1	3.5	fine S	17.2	118	0.32	S	18	11	5	1	0	0
2	5.2	fine S	17.3	108	0.20	S	17	0	0	0	0	0
						L	24	9	4	1	0	0
3	7.0	S,M	17.3	290	0.15	S	15	0	0	0	0	0
						L	28	11	6	3	1	0
4	7.5	S,M	17.3	260	0.22	S	15	0	0	0	0	0
						L	28	10	5	2	0	0

S: surface of sea water, L: 3m layer above the bottom.

Fig. 7에 의하면 漁場의 濁度變化는 수심, 유속, 저질 등에 따라 다소 달라지나, 어구의 후방 1m에서 9~11ppm에 불과하였고, 3m에서 4~6ppm, 5m에서 1~3ppm, 7m에서 0~1ppm으로 작아져, 9m후방에서는 변화를 거의 볼 수가 없었으며 유속이 강하면 浮泥가 표면까지 떠오르지 못하고 넓게 확산하여 침하되므로, 噴射式 桁網에 의한 漁場의 濁度變化는 별다른 문제를 惹起시키지 않을 것으로 사료된다.

V. 要 約

분사류의 해저 굴삭성능을 이용하여 해저의 모래층에 서식하고 있는 개량조개, *Mactra chinensis*(PHILIPPI)를 어획하기 위해, 前報의 분사노즐의 모래면 掘削性能에 관한 수조실험 결과를 근거로 噴射式 桁網 試驗漁具를 제작하고, 군산 앞바다의 개량조개 어장에서 1990년 10월 5일에서 10월 30일까지 현장실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1) 試驗漁具의 굴삭깊이는 분사속도 1200cm/s일 때 10~11cm, 1350cm/s일 때 11~13cm, 1500cm/s일 때 13~14cm 이상이었다.

2) 曳網張力은 曳網速度 6.7cm/s에서 $105 \pm 5kg$ 으로 매우 작았다.

3) 單位掃海面積當 平均漁獲量은 $0.42kg/m^2$ 으로 재래식 형망에 비해 1.2~1.6배로 많았다.

4) 噴射式 桁網試驗 漁具는 조개를 파손시키지 않아 어획물에 破損貝가 거의 없었다.

5) 噴射流에 의한 어장의 濁度 變化量은 수심, 유속, 저질 등에 따라 다소 다르나, 표층에서는 水深 5.2m이상이면 변화량을 볼 수가 없고, 해저면상 3m의 저층에서는 어구의 후방 1m에서 9~11ppm으로 최대치를 보였으나, 점차 감소되어 9m 후방 이후에서는 변화량이 거의 없었다.

謝 辭

이 연구를 수행함에 있어 많은 협조를 해주신 군산수산전문대학 박중수, 이원우, 장호영 교수님과 최재은 조교, 그리고 어구제작에 많은 수고를 아끼지 않으신 군산진흥기공사 사장님에게 깊은 감사를 드립니다.

參考文獻

- 趙鳳坤·高冠瑞(1991): 噴射式 桁網의 開發에 관한 研究-1. 漁業技術學會誌, 27(4) 255-265.
- 金哲浩·高冠瑞(1989): 噴射流의 底質에 대한 掘削性能에 관한 研究. 韓水誌, 22(4), 201-213.
- 鄭義泳·金榮吉·李澤烈(1987): 개량조개, *Mactra chinensis*(Philippi)의 成成熟에 관한 연구. 韓水誌 20(6), 501-508.
- 柳鍾生(1986): 原色 韓國貝類圖鑑. 一志社, 65-66, 109-139.
- 金英默(1983): 水理·水文學. 省安堂, 190-198.
- 金永振(1979): 펌프와 水車. 大光書林, 12-69.
- 李鍾純(1977): 新編流體力學. 東明社, 165-166.
- 梨本勝昭·小島隆人·平石智德(1988): ウバガイ噴射式桁網のつめ角度について. 日水誌, 54(6), 959-964.
- 二木佳夫(1989): 噴射式桁曳網用ノズルの掘削性能に關する實驗的研究. 北海道大學 大學院 修士學位論文, 1-53.
- 五十嵐 藏(1988): 小型船漁業における人間-機械系に關する基礎的研究(研究課題番號 614660214). 1987年度 科學研究費補助金(一般研究 B)研究成果報告書, 19-73.
- 梨本勝昭·昭道隆人·佐藤 修(1986): ウバガイの潛砂行動について. 北大水産彙報, 37(3), 171-180.
- 梨本勝昭(1985): ウバガイ桁網の漁獲による破損貝について. 日水誌, 51(10), 1631-1637.
- 梨本勝昭(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.
- 小池 篤(1953): 底層曳網 模型實驗. 日水池, 19(1), 8-11.
- 茶碗谷 洋(1986): 漁具·漁法 實例 第4巻. 日本北海道新聞社, 66-67.
- R.J. Smolowitz and V.E. Nulk (1982): The design of an electrohydraulic dredge for clam surveys. Marine Fisheries Review, 44(4), 1-18.
- T.L. Meyer, R.A. Cooper and K.J. Pecci (1981): The performance and environmental

- effects of a hydraulic clam dredge. Marine Fisheries Review 43(9), 14-22.
- 18) A.C. Drinkwaard (1981): Lines of thinking and working in the Dutch cockle fishery. The shellfish association of Great Britain 12th annual shellfish conference, 1-50.
- 19) R. Meixner (1979): Die Fischerei auf Herzmuscheln (*Cardium edule*) im niedersächsischen Wattenmeer. Arch. FischWiss. 29(3), 141-153.
- 20) K.R. Will (1973): Neue Herzmuschelfischerei in Norddeich. Fischerblatt. 21, 273-280.
- 21) W. Siddle (1970): Hydraulic lift cockle dredging equipment. White fish authority hand book, 1-5.
- 22) J. Kestin (1968): Boundary-layer theory. Mc-Hill Book Co. 170-175.
- 23) M.L. Standley and P.S. Parker (1968): Development of submergible pumping system for a hydraulic surf clam dredge. Commercial Fisheries Review, Vol. 29 No. 6, 50-55.
- 24) J.S. Macphail (1961): A hydraulic escalator shellfish harvester. Fish. Res. Board.
- 25) L.M. Dickie and J.S. Macphail (1957): An experimental mechanical shellfish digger. Atlantic Progress Reports, No. 66, 4-9.