

# 연안개량안강망어선의 조업 시스템 개선이 선원들의 작업 안전과 작업부하에 미치는 영향

김민선 · 장호영 · 황보규\*  
군산대학교 해양생산시스템전공 교수

## Effects of improvement of fishing operating system on a coastal improved stow net fishing vessel on the work safety and workload of seafarers

Min-Son KIM, Ho-Young CHANG and Bo-Kyu HWANG\*

*Professor, Marine Production System Major, Kunsan National University, Jeonbuk 54150, Korea*

This paper is the result of a comparative analysis of crew members' workloads using the EMG and OWAS methods according to the fishing process before and after the improvement of the operating system of the experimental vessel, with the aim of improving operational efficiency and safety work of coastal improved stow net fishing vessels. The target crew members were three people with at least five years of experience on board the same fishing vessel as the experimental vessel. After improving the operating system, such as installing a power block crane and two capstans, change the location of the ball-roller, the time required for setting and hauling work decreased ( $p < .01$ ), and the evaluation results by OWAS showed that the overall workload for setting and hauling net work decreased. The results of muscle activity analysis showed a decrease in lashing anchor work ( $p < .01$ ) in the case of hauling net and in anchor dropping work in the case of setting net ( $p < .001$ ). It is judged that the use of ball rollers in net handling has been reduced; consequently, work safety has been improved.

Keywords: Coastal improved stow net fishing vessel, Fishing operating system, Workload, Electromyogram, OWAS

### 서론

최근 우리나라의 어업 환경은 날이 갈수록 심화되는 어업 인구의 감소와 고령화의 영향으로 외국인 어선원의 고용 비중이 날이 갈수록 높아지고 있으며, 외국인 선원의 수급도 어려운 상황 직면해 있다(Hwang et al., 2018). 그리고 원양 또는 근해 어선에 비해 좁은 공간에서 생활과 작업이 동시에 이루어지는 연안 어선 선원들

의 근무 환경은 열악한 실정이다. 그리고 어구 및 보조 도구 등을 수납할 공간이 충분치 못하고, 사고의 위험요인을 내포한 조업 시스템들은 선원들에게 위협이 되고 있다. 이러한 작업 공간 확보와 작업 편의를 위하여 선박의 불법 개조로 이어지고 있는 것이 현실이다. 한편, 안강망어업은 빠른 유속에 의해 그물의 입구가 수평으로 전개되도록 하는 범포에 침강력과 동시에 양력을 발생

Received 16 January 2023; Revised 8 February 2023; Accepted 13 February 2023

\*Corresponding author: [bkhwang@kunsan.ac.kr](mailto:bkhwang@kunsan.ac.kr), Tel: +82-63-469-1812, Fax: +82-63-469-7445

Copyright © 2023 The Korean Society of Fisheries and Ocean Technology

74 | The Korean Society of Fisheries and Ocean Technology

하도록 철제 가로장대를 부착한 전개장치가 각각 그물 입구 양측에 부착되어 있고, 입구 상단은 수직 전개력 발생을 위한 대형 뜰으로 구성되어 있다. 그물의 입구가 사각 형상의 소해면적을 가질 수 있도록 수 가닥의 로프들을 한 개의 닻줄에 연결한다. 빠른 유속으로 발생하는 어구 전체의 장력을 견딜 수 있도록 파주력이 강한 대형 닻을 해저에 설치하여 놓고, 강한 조류를 따라 이동하는 어류를 어획하는 어업이다. 이러한 어업을 실행하기 위한 해상에서의 어구의 투·양망, 부두에서의 선상 및 육상으로의 적재와 하륙, 비좁은 선상에서 닻을 투묘 및 양묘하는 과정에서 강도 높은 노동력을 필요로 하고, 특히, 많은 장력이 걸려있는 수 가닥의 로프를 취급하고 그물 인양을 위한 볼롤러를 사용하는 과정에서 인명사고와 안전사고의 위험이 상존하고 있는 어업이라 할 수 있다(Chang et al., 2021). 이와 같은 연안개량안강망어선 선원들의 위험한 근무환경은 선원들의 상해 위험과 더불어 근골격계 질환으로 이어지고 있는 것이다. Ahn and Park (2006)에 의하면 육체적 작업의 부담 요인은 작업 현장에서 안전사고로 이어지게 되고 근골격계질환을 유발할 가능성이 있다고 했다. 이러한 요인들을 개선하기 위해서는 조업 시스템 개선과 선원들의 상해 발생 위험성을 경감시키는 연구가 필요한 실정이다.

한편 이와 관련된 선행 연구를 살펴보면 어구·어법 및 어로 시스템에 관한 연구등이 있으며(Kim and Ko 1985; Kim and Ko 1980; Lee et al., 1988; 1989a; 1989b; Moon et al., 1998; 1999; Cho et al., 2010; Cho et al., 2011; Kim and Yoon 1999; Kim et al., 2015), 우리나라 연안어업의 업종별 어획에 관한 연구(Yoon et al., 2014), 안강망어업의 위험요인 및 작업환경 분석에 관한 연구(Kim et al., 2020; Hyun et al., 2020a; 2020b; Chang et al., 2021)가 있다. 또한, 어선의 성능 향상 및 어선의 선형 개량 등에 관한 연구(Jeong et al., 2017; Park and Lee 1997; Moon et al., 1998) 등이 있으나, 선원들의 열악한 작업환경에 의한 상해 발생위험성과 작업 자세가 근골격계질환의 가장 큰 원인임에도 불구하고 연안어선 어업의 작업환경을 고려한 어선의 구조 개선과 관련된 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 안전한 작업 수행과 조업 효율화를 목표로 파워블록 크레인 및 캡스틴 설치, 볼롤러 위치 변경 등 조업 시스템 개선이 작업부하에 미치는

영향을 정량적으로 비교 분석하기 위하여 실선 실험을 수행하여 선원들의 상해 발생 위험요소 경감과 효율적인 조업 수행을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 연구 대상자

본 연구에서는 조업 시스템 개선 전과 후의 안전 및 작업부하에 대한 개선 정도를 파악하기 위하여, 충남 서천지역 연안개량안강망어선에서 조업 경력이 5년 이상인 경력자 3명을 대상으로 골격근에서 발생하는 전기적인 신호를 측정하는 근전도 검사(Electromyography: EMG)와 작업부하 평가기법 중의 하나인 OWAS기법(Ovako Working Posture Analysis System: OWAS)으로 분석하여 비교 평가하였다. 동일한 선박에서 개선 전과 후로 구분하고, 자료수집을 양망과 투망작업에 대하여 각 3회씩 실시하였다. 본 연구 대상자들에게는 연구의 목적과 실험 방법 등을 설명한 후, 참가 동의서를 작성한 희망자를 대상으로 연구를 수행하였다. 연구 대상자들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

**Table 1. Demographics details of participants**

Group	Career (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI Index
N=3	5.48±2.54	172.48±4.54	63.42±5.8	15.47±7.94

### 작업 구분

본 연구에서는 2021년 6월 7일과 2022년 10월 29일에 조업 중인 어선에서 선원들을 대상으로 조업 시스템 개선 전과 후의 양망과 투망작업에 따른 작업자세에 대해 작업부하를 해상에서 직접 측정하였다.

작업의 구분은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 구분하였다. 양망작업에서는 줍줄 인양작업, 전개장치 인양작업, 그물 인양작업, 네 갈랫줄 인양작업, 두 갈랫줄 인양작업, 닻줄 인양작업, 닻 고박작업으로 각각 분류하였으며, 투망작업에서는 닻 투하작업, 전개장치 투하 준비작업, 전개장치 투하작업, 그물 투하작업으로 각각 분류하였다. 작업부하 측정은 비디오카메라를 이용하여 작업내용별 근골격계 부담이 높은 작업을 중심으로 구분하고, 작업 과정을 촬영하여 작업 활동 중 근골격계 부담이 높은 작업 동작 중심으로 동작의 표현이 가장 잘 나타나도록 촬영하였다.

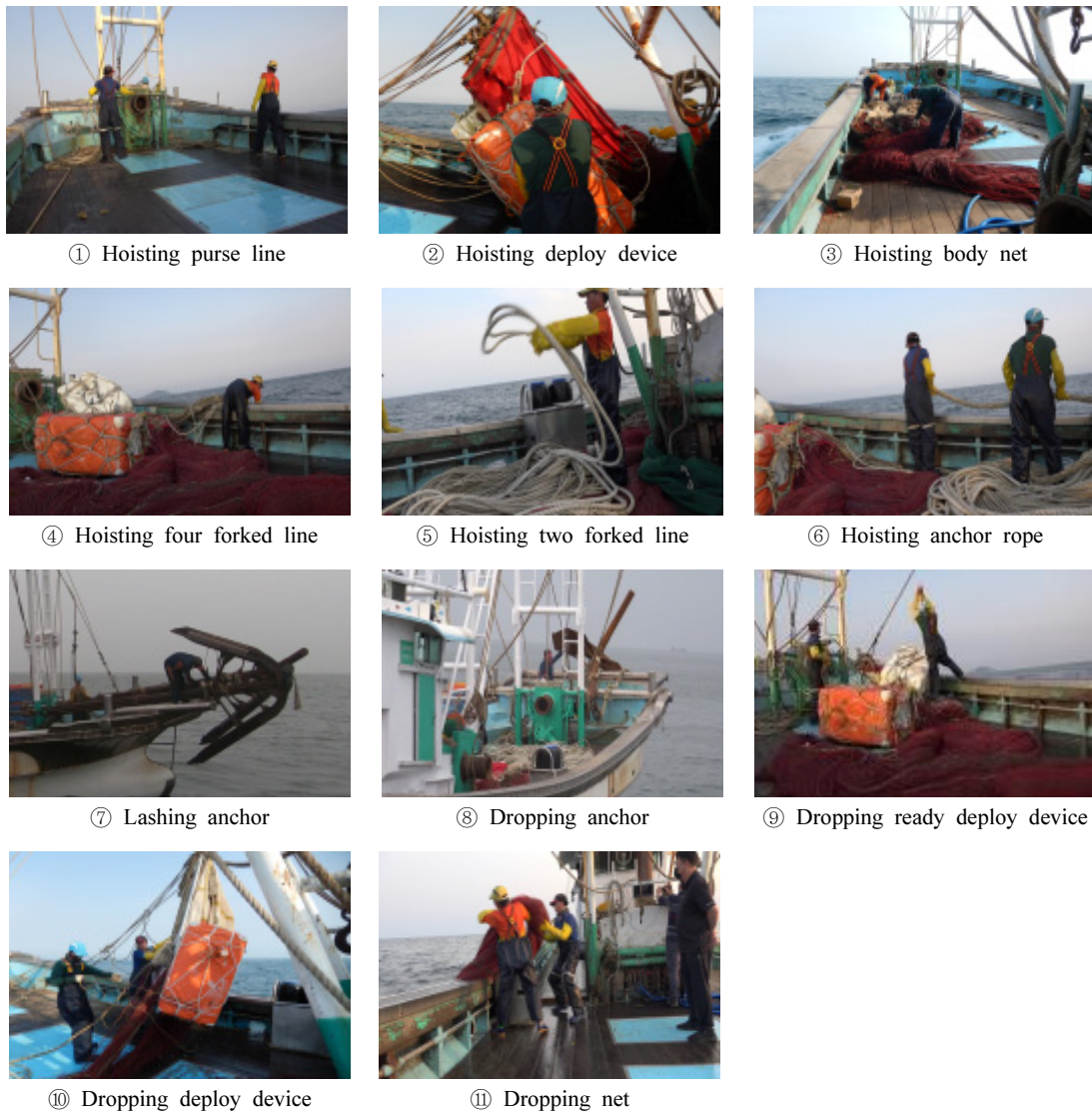


Fig. 1. Hauling (①~⑦) and setting net (⑧~⑨) event classification.

### OWAS 평가

OWAS는 Karhu et al. (1977)이 철강 노동 작업자들의 부적절한 작업자세를 정의하고, 평가할 수 있도록 개발한 대표적인 작업부하자세 평가 방법이다. 이 방법은 작업환경의 대표적인 작업을 영상으로 촬영하여, 설정된 신체부위별로 구분되어지는 자세 기준에 따른 자세를 기록하고 코드화 방법으로 분석하는 방법이다.

OWAS는 분석 대상자가 평가 대상자의 작업부하자세를 관찰해 코드로 기록하는 방식을 이용하고 있다. 작업부하자세를 총 84가지로 구분하였으며, 하중/힘의 3가지를 고려하면 총 252개의 조합이 나온다. OWAS

기법은 작업자의 작업 자세를 양망과 투망작업으로 구분하여 일정한 간격으로 관찰하였다. 그리고 각 자세를 OWAS 기록지에 기록하여 작업 샘플링(work sampling)을 실시하였다.

즉, 영상 촬영으로 저장된 작업 장면을 일정한 간격을 두고 정지시켜 작업자의 신체를 허리, 다리, 팔, 하중/힘의 자세를 관찰하여 OWAS 코드를 기록하였다. 또한, 작업 자세의 샘플링 간격(sampling interval)은 구분되어진 작업의 특성에 따라 작업의 자세가 변화하는 작업의 경우에는 50~100초 이내의 측정 간격을 이용하였다. OWAS는 작업자세 수준을 평가하기 위하여 전체 작업

**Table 2. Work load levels for assessing the effect of working posture on the musculoskeletal system (KOSHA, 2021)**

Working posture level	Assessment contents
Level 1	No action required No harm to the musculoskeletal system
Level 2	Action required in the near future Slight harm to the musculoskeletal system
Level 3	Action required as soon as possible Direct harm to the musculoskeletal system
Level 4	Action required immediately Causes very serious harm to the musculoskeletal system

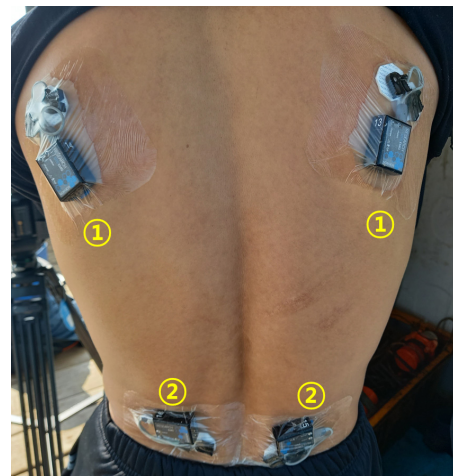
자세를 근골격계에 미치는 영향에 따라 Table 2에 나타난 바와 같이 4 수준으로 분류한다. 작업 수준에서 3과 4는 근골격계에 해로운 영향을 주는 작업 자세로 평가하고, 3과 4 수준의 비율이 높은 작업으로 평가될 경우에는 적절한 개선이 필요하다는 것이다(KOSHA, 2021).

**EMG 분석**

근활성도 분석은 EMG (Noraxon MR 3.0, Noraxon Inc., USA)를 사용하였으며, 근전도 신호는 초당 1,500 Hz로 수집하였다. 측정된 근전도 로우데이터는 10~350 Hz로 대역통과 필터링(bandpas filter) 및 정류(rectification)를 실시하였다. 근전도 측정은 전극의 노이즈(noise)의 최소화를 위해 연구대상자의 체모를 제거한 후, 이물질 제거를 위하여 알콜 솜으로 전극 부착 부위를 문지르고 난 후, 연구 대상자에게 5분간의 휴식을 취하도록 하였다.

표면전극은 오른쪽과 왼쪽 광배근(latisimus dorsi), 오른쪽과 왼쪽 척추기립근(erector spinae) 총 4곳의 근육을 선정하여 부착하였다(Fig. 2). 근전도 데이터에 대하여 정규화(normalization)를 위해 측정구간의 최대 수의적 등척성 근수축(Maximum Voluntary Isometric Contraction: MVIC)으로 정규화를 실시하였다(식 (1)). 여기서  $EMG_{Normalization}$ 은 근전도의 정규화 값,  $EMG_{Maximum}$ 은 최대 근력 하에서의 근전도 값,  $EMG_{task}$ 은 측정 작업에서의 근전도 값 및  $EMG_{Rest}$ 은 휴식 상태에서의 근전도 값이다. 동적 상황에서는 주로 반복적인 작업 시간을 대상으로 정규화를 한다(Lawrence and De Luca, 1983; Yang and Winter, 1983).

$$EMG_{Normalization} = \frac{EMG_{task} - EMG_{Rest}}{EMG_{Maximum} - EMG_{Rest}} \quad (1)$$



(a)

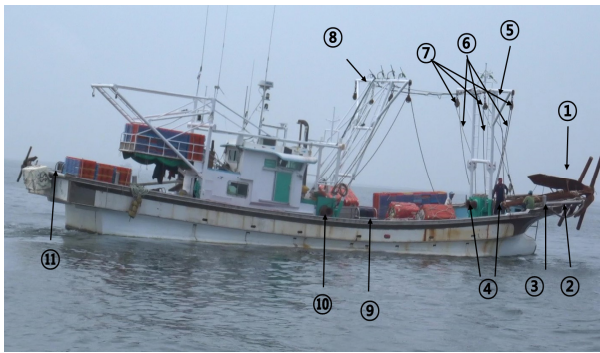


(b)

**Fig. 2. Attachment of equipment for bio-signal measurement and wireless data receive system, (a) Shows ① latissimus dorsi ② Erector spinae.**

**조업 시스템**

실험선의 개선 이전 조업 시스템은 Fig. 3의 (a)와 같고, 개선 이후의 조업 시스템은 Fig. 3의 (b)와 같다. 개선 이후의 크레인 및 파워블록은 Fig. 4와 같다. 개선 전의 조업 시스템에서 ①, ② 및 ③은 닻, 닻 거치대, 볼라드, ④, ⑤, ⑥ 및 ⑦은 선수 앞뒤 롤러, fishing post, 카고라인, 도르레, ⑧, ⑨, ⑩ 및 ⑪은 중앙 fishing post, 볼롤러,



(a)

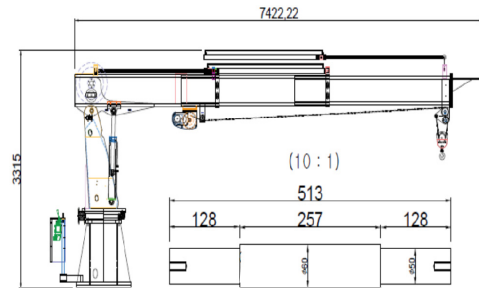


(b)

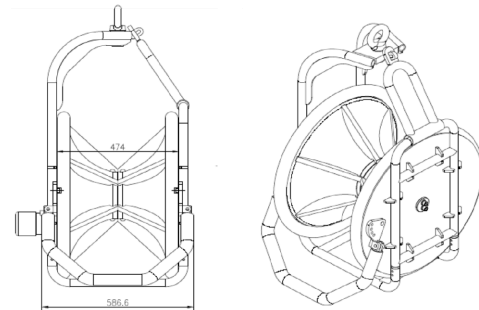
**Fig. 3. System fishing of experimental fishing vessel previous(a) & post(b) of improvement, ①, ② and ③ of (a) show anchor, anchor recess, bollard, ④, ⑤, ⑥ and ⑦ fore and aft rollers, fore fishing post, cargo line, pulley, ⑧, ⑨, ⑩ and ⑪ aft fishing post, ball roller, side roller and stern ball roller, ①, ② and ③ of (b) show anchor, anchor recess, bollard, ④, ⑤, ⑥ and ⑦ capstan(port and starboard), ball roller, crane, power block, ⑧, ⑨, ⑩ and ⑪, crane control unit box, fishing post, pulley, cargo line, ⑫ and ⑬ side roller and stern ball roller.**

사이드롤러, 선미 볼롤러를 각각 나타낸다. 개선 후의 어로시스템은 ①, ② 및 ③은 닻, 닻 거치대, 볼라드, ④, ⑤, ⑥ 및 ⑦은 좌우현 캡스틴, 볼롤러, 크레인, 파워블록, ⑧, ⑨, ⑩ 및 ⑪은 크레인 조종장치 박스, fishing post, 도르레, 카고라인, ⑫, ⑬은 사이드롤러, 선미 볼롤러를 각각 나타낸다.

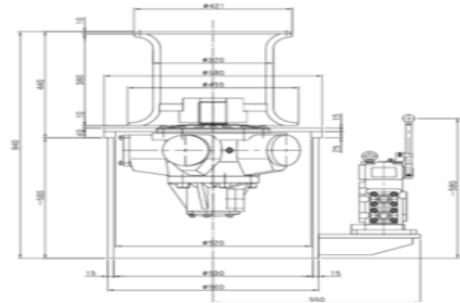
파워블록 크레인의 사양은 4단 범으로 좌우, 전·후진이 가능하며, 최대 인양 능력 6.2 m/1.95톤, 최대 7.6 m 높이까지 뺄 수 있다. 또한 파워블록은 인양능력 2 tons, 회전속도는 378 rpm이다. 캡스틴의 인양 능력 최대 2 tons이며, 15 m/min의 능력을 가지고 있다.



(a)



(b)



(c)

**Fig. 4. System of crane (a), power block (b) & capstan (c).**

### 자료처리

본 연구에서는 SPSS 23.0 통계 프로그램(SSPS Inc, USA)으로 통계분석을 실시하였다. 연안개발안강망 어업 경력이 5년 이상인 경력자 3명을 대상으로 실험선의 조업 시스템 개선 전후의 결과를 비교 분석하기 위해 평균과 편차를 산출하였으며 표준편차(Mean±SD)로 나타내었다. 대응표본분석(Paired T-Test)을 실시하였으며, 통계적 유의수준  $p < .05$ 로 설정하였다.

### 결과

#### 소요시간

양망에 따른 전체 소요시간은 Table 3과 같이 나타났다. 조업 시스템 개선 전 양망에 소요되는 전체 시간은

Table 3. Hauling net time required

Variables	M(sec)±SD		t	p
	pre	post		
Hoisting purse line	211.33±4.16	245.67±9.81	-4.556	.045 *
Hoisting deploy device	257.33±7.76	95.00±28.79	13.309	.006 **
Hoisting body net	263.67±9.50	417.67±50.46	-6.081	.026 *
Hoisting four forked line	69.33±5.13	77.67±6.42	-1.502	.272
Hoisting two forked line	118.00±2.64	70.00±2.00	18.142	.003 **
Hoisting anchor rope	502.99±31.64	336.66±10.69	8.333	.014 *
Lashing anchor	48.67±16.50	0.00±0.00	-.664	.036 *
Total	1,470.33±47.01	1,242.66±107.57	2.633	.115

Table 4. Setting net time required

Variables	M(sec)±SD		t	p
	pre	post		
Dropping anchor	26.33±4.93	127.00±11.53	-24.824	.002 **
Dropping ready deploy device	178.7±8.62	89.66±16.80	14.000	.005 **
Dropping deploy device	187.42±9.01	138.01±31.43	2.176	.161
Dropping net	186.11±10.53	63.12±26.15	12.120	.272
Total	578.31±16.62	417.66±13.86	-10.221	.007

1,470.33±47.01 sec로 약 24분 동안 작업을 수행하는 것으로 나타났다. 조업 시스템 개선 후의 양망에 소요되는 전체 시간은 1,242.66±107.67 sec로 약 20분 동안 작업을 수행하는 것으로 나타났다. 조업 시스템 개선 전·후에 대한 양망 소요 시간의 증가는 줍줄 인양작업( $p<.05$ ), 그물 인양작업( $p<.05$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 조업 시스템 개선 전·후에 대한 양망 소요 시간의 감소는 전개장치 인양작업( $p<.01$ ), 두 갈랫줄 인양작업( $p<.01$ ), 닛 인양작업( $p<.05$ )에서 유의한 차이가 나타났다.

투망작업에 따른 전체 소요 시간은 Table 4와 같이 나타났다. 조업 시스템 개선 전의 투망에 소요되는 전체 시간은 578.31±16.62 sec로 약 9분 30초 동안 작업을 수행하는 것으로 나타났다. 조업 시스템 개선 후의 투망에 소요되는 전체 시간은 417.66±13.86 sec로 약 7분 동안 작업을 수행하는 것으로 나타났다. 조업 시스템 개선 전·후에 대한 투망 소요 시간의 증가는 닛 투하작업( $p<.01$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 조업 시스템 개선 전·후에 대한 투망에 소요되는 시간의 감소는 전개장치 투하 준비작업( $p<.01$ )에서 유의한 차이가 나타났다 ( $P<.01$ ). 전개장치 투하작업과 그물 투하작업에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 감소하였다.

#### OWAS 평가

조업 시스템 개선 전·후 양망작업에 따른 작업 수준 평가 결과는 Table 5와 같이 나타났다. 조업 시스템 개선 전 양망에 따른 작업 수준은 줍줄 인양작업(2수준), 전개장치 인양작업(1수준), 그물 인양작업(3수준), 네 갈랫줄 인양작업(2수준), 두 갈랫줄 인양작업(2수준) 닛 인양작업(4수준), 닛 고박작업(4수준)으로 평가 결과가 나타났다. 조업 시스템 개선 후 양망 시 작업 수준은 줍줄 인양작업(2수준), 전개장치 인양작업(1수준), 그물 인양작업(1수준), 네 갈랫줄 인양작업(1수준), 두 갈랫줄 인양작업(1수준) 닛 인양작업(2수준), 닛 고박작업(4수준)으로 평가 결과가 나타났다. 조업 시스템 개선 후 양망 시 그물 인양작업(3수준→1수준), 네 갈랫줄 인양작업(2수준→1수준), 두 갈랫줄 인양작업(2수준→1수준), 닛 인양작업(4수준→2수준)으로 감소였다.

조업 시스템 전·후 투망작업에 따른 작업 수준에 대한 평가 결과는 Table 6과 같이 나타났다. 조업 시스템 개선 전 투망 시 작업 수준은 닛 투하작업(1수준), 전개장치 투하 준비작업(3수준), 전개장치 투하작업(2수준), 그물 투하작업(4수준)으로 평가 결과가 나타났다. 조업 시스템 개선 후 투망작업에 따른 작업 수준은 닛 투하작업(2

**Table 5. OWAS during hauling net**

Variables	Hauling net					
	Lumber	Arm	Leg	Weight	Working posture level	
pre	Hoisting purse line	4	1	3	2	2
	Hoisting deploy device	3	1	2	1	1
	Hoisting body net	2	1	4	2	3
	Hoisting four forked line	2	1	2	2	2
	Hoisting two forked line	4	1	2	2	2
	Hoisting anchor rope	4	2	6	3	4
	Lashing anchor	2	2	4	3	4
post	Hoisting purse line	2	1	2	1	2
	Hoisting deploy device	1	3	2	1	1
	Hoisting body net	1	1	2	1	1
	Hoisting four forked line	1	1	2	1	1
	Hoisting two forked line	1	1	2	1	1
	Hoisting anchor rope	2	2	3	1	2
	Lashing anchor	2	2	4	3	4

**Table 6. OWAS during setting net**

Variables	Setting net					
	Lumber	Arm	Leg	Weight	Working posture level	
pre	Dropping anchor	1	2	2	1	1
	Dropping ready deploy device	2	1	4	3	3
	Dropping deploy device	1	1	4	3	2
	Dropping net	2	3	4	3	4
post	Dropping anchor	2	1	3	1	2
	Dropping ready deploy device	2	1	5	3	3
	Dropping deploy device	1	2	3	3	1
	Dropping net	3	2	4	3	4

수준), 전개장치 투하 준비작업(3수준), 전개장치 투하 작업(1수준), 그물 투하작업(4수준)으로 평가 결과가 나타났다. 조업 시스템 개선 후 투망 시 닻 투하작업(1수준 → 2수준), 전개장치 투하 준비 작업(3수준), 전개장치 투하 작업(2수준 → 1수준), 그물 투하작업(4수준)으로 평가 결과가 나타났다.

**근활성도 분석**

양망작업에 따른 근활성도 분석 결과는 Table 7과 같이 나타났다. 줍줄 인양작업에서는 개선 전 16.08에서 개선 후 11.94로서 25.7%p 감소(p>.05), 전개장치 인양 작업에서는 개선 전 15.30에서 개선 후 11.91로서 22.2%p 감소(p>.05), 그물인양작업에서는 개선 전 21.38에서 개선 후 24.39로서 14.1%p 증가, 네 갈랫줄 인양작업에서는 개선 전 25.95에서 개선 후 22.91로서 11.7%p

감소했으며, 각각 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>.05).

또한 두 갈랫줄 인양작업에서는 개선 전 32.17에서 개선 후 27.69로서 13.9%p 감소(p>.05), 닻 인양작업에서는 개선 전 24.52에서 개선 후 23.23으로서 13.9%p 감소하여 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 (p>.05). 닻 고박작업에서는 개선 전 24.20에서 개선 후 16.11로서 33.5%p 감소했으며 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(P<.01).

투망작업에 따른 근활성도 분석 결과는 Table 8과 같이 나타났다. 닻 투하작업에서는 개선 전 19.82에서 개선 후 10.83으로서 45.3%p 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(P<.001). 그리고 전개장치 투하 준비작업에서는 개선 전 22.90에서 개선 후 21.66으로서 5.4%p 감소(p>.05), 전개장치 투하작업에서는 개선 전 18.76에

Table 7. EMG during hauling net

Variables	M(%mVIC)±SD		t	p	
	pre	post			
Hoisting purse line	16.08±6.64	11.94±3.85	1.806	.085	
Hoisting deploy device	15.31±4.92	11.91±4.28	1.805	.085	
Hoisting body net	21.38±4.43	24.39±4.79	-1.595	.125	
Hoisting four forked line	25.95±13.28	22.91±8.92	.657	.518	
Hoisting two forked line	32.17±16.245	27.70±11.61	.776	.446	
Hoisting anchor rope	24.25±6.233	23.23±5.12	.438	.666	
Lashing anchor	24.21±7.22	16.11±5.75	3.040	.006	**

Table 8. EMG during setting net

Variables	M(%mVIC)±SD		t	p	
	pre	post			
Dropping anchor	19.82±5.42	10.83±2.51	5.210	.000	***
Dropping ready deploy device	22.90±5.64	21.65±5.71	.536	.597	
Dropping deploy device	18.76±6.98	18.57±5.62	.072	.943	
Dropping net	15.74±5.31	17.90±6.48	-.894	.381	

서 개선 후 18.57로서 1.0%p 감소( $p>.05$ ), 그물 투하작업에서는 개선 전 15.74에서 개선 후 17.90로서 13.7%p 증가했으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ( $p>.05$ ).

### 고 찰

조업 시스템 개선 전 양망작업은 전체 소요시간이 1,470.33±47.01 sec로 약 24분이 소요되는 것으로 나타났는데, 조업 시스템 개선 후 양망작업 전체 소요 시간은 1,242.67±107.67 sec로 약 20분이 소요되어 17%p 정도 감소한 것으로 나타났다. 소요시간의 감소는 조업 시스템 개선 후 연속적인 작업(두 갈래줄 인양작업, 닻 인양작업, 닻 고박작업)에서 나타났다. 이것은 선수 롤러를 캡스턴으로 교체, 볼롤러의 위치를 선수로 변경하여 로프를 감고, 사리기가 용이하고, 로프 취급에 따른 부수적인 작업들이 제거되었으며, 파워블록 크레인에 의한 그물 적치 작업이 작업시간을 단축시키는 요인으로 판단된다. 투망작업은 조업 시스템 개선 전 전체 소요 시간은 578.31±16.62 sec로 약 10분 동안 작업을 실시하는 것으로 나타났는데, 개선 후 투망작업에 따른 전체 소요 시간은 417.66±13.86 sec로 약 7분으로 29%p 감소한 것으로 나타났다. 투망에서 조업 시스템 개선 후 작업자들이 크레인의 훅에 닻 허릿줄을 연결하는 데에 따른 소요

시간의 증가가 나타났고, 연속적인 작업(전개장치 투하 준비작업, 전개장치 투하작업, 그물 투하작업)에서는 소요 시간의 감소가 나타났다. 이것은 양망작업과 동일하게 선수 캡스턴 및 파워블록 크레인에 의한 로프 취급 작업이 단순화되어 나타난 효과로 보여진다.

OWAS 평가 결과, 조업 시스템 개선 전 양망작업에 따른 작업 수준은 짐줄 인양작업(2수준), 전개장치 인양작업(1수준), 그물 인양작업(3수준), 네 갈래줄 인양작업(2수준), 두 갈래줄 인양작업(2수준) 닻 인양작업(4수준), 닻 고박작업(4수준)으로 평가 결과가 나타났다. 조업 시스템 개선 후 양망 시 작업 수준은 짐줄 인양작업(2수준), 전개장치 인양작업(1수준), 그물 인양작업(1수준), 네 갈래줄 인양작업(1수준), 두 갈래줄 인양작업(1수준) 닻 인양작업(2수준), 닻 고박작업(4수준)으로 평가 결과가 나타났다. 조업 시스템 개선 후 양망 시 그물 인양작업(3수준→1수준), 네 갈래줄 인양작업(2수준→1수준), 두 갈래줄 인양작업(2수준→1수준), 닻 인양작업(4수준→2수준)으로 감소였다. 부위별로 살펴보면, 허리에서는 비틀림동작이 25%p 감소했다. 팔에서는 양팔어깨아래 동작이 19.6%p 감소했다. 다리에서는 무릎꿇음 동작이 12.5%p, 걸음동작이 12.5%p 감소해 무릎과 허리의 하중을 감소시킬 수 있었다. 하중에서는 20 kg 이상의 무게에서 61.9%p 감소하였으며, 30 kg 이상의 무게



에서는 15.5%p 감소해 OWAS 허리와 다리에 부하를 감소시킬 수 있었다. 따라서 조업 시스템 개선이 양망작업 시 작업부하 감소에 도움을 주는 것으로 판단된다. 투망작업 시에는 작업 수준은 닷 투하작업(1수준), 전개장치 투하 준비작업(3수준), 전개장치 투하작업(2수준), 그물 투하작업(4수준)으로 평가 결과가 나타났다. 조업 시스템 개선 후 투망 시 작업 수준은 닷 투하작업(2수준), 전개장치 투하 준비작업(3수준), 전개장치 투하작업(1수준), 그물 투하작업(4수준)으로 평가 결과가 나타났다. 조업 시스템 개선 후 투망 시 닷투하작업(1수준→2수준), 전개장치 투하 준비작업(3수준), 전개장치 투하작업(2수준→1수준), 그물 투하작업(4수준)으로 감소하거나 증가하였다. 특히 닷 투하 준비작업 수준은 작업부하가 증가하였다. 이는 닷 투하작업을 준비하는 과정에서 크레인의 파워블록을 교체하고 줄을 연결하는 과정에서 작업자들의 크레인 설치 후 숙련도 미숙으로 인해 나타난 것으로 판단된다. 부위별로 살펴보면, 허리에서는 바로뎀 동작이 10%p 감소하였으며, 굽힘동작은 3.3%p 감소하여 허리의 작업부하를 감소시킬 수 있었다. 또한, 팔에서는 양팔어깨위 동작이 15%p 감소하여 양팔의 작업부하를 감소시킬 수 있었다. 다리에서는 한 발로섬 동작이 18.3%p 감소하였다. 하중에서는 20 kg 이상의 무게에서 36.7%p 감소하였으나 30 kg 이상의 무게에서는 53.3%p 증가하였다. 하중에서 30 kg 이상의 무게가 증가한 것은 크레인에 파워블록을 설치하고, 변경하는 과정에서 발생하는 현상으로 크레인의 파워블록을 보다 간소하고 신속하게 교체할 수 있는 방법이 고안되어야 할 것으로 판단된다.

근활성도 분석 결과 조업 시스템 개선 후 양망작업에 따른 근활성도는 줌줄 인양작업(25.7%p), 전개장치 인양작업(22.2%p), 닷 인양작업(4.2%p)에서 통계적인 유의한 차이는 나타나지 않았으나 근활성도 감소가 나타났으며 특히, 닷 고박작업(33.5%p)에서 통계적으로 유의한 근활성도 감소가 나타났다. 그러나 그물 인양작업에서 근활성도의 증가가 14.1%p로 나타났는데, 이러한 결과는 그물을 파워블록에 삽입하는 작업 및 파워블록을 크레인에 부착하는 작업 과정에서 쪼그려 앉거나 허리를 숙여 작업하는 동작, 그물 멩치를 어깨에 메고 이동하는 동작, 양팔을 어깨 위로 하여 나머지 그물을 밀어 넣는 동작, 파워블록을 잡아끌거나 미는 동작, 파워블록

에 그물을 삽입하고 난 후의 잠금쇠를 걸기 위해 어깨 상단에서 작업하는 동작, 그리고 파워블록에서 내려오는 갑판 상 일정 지점에 그물을 적치하기 위한 운반 동작에서 근활성도가 높게 나타난 것으로 생각된다. 한편 Stephen et al. (2007)과 Ebaugh et al. (2006)은 어깨를 이용한 작업은 작업 시 근육이 쉽게 손상을 받는다고 했으며, 어깨 근육의 피로도가 다른 근육에 비해 빠르게 증가한다고 했다. 따라서 파워블록을 크레인에 부착하는 작업, 파워블록에 그물을 삽입하는 작업에서 어깨 근육의 근활성도가 높게 나타나 작업 난이도의 개선이 필요할 것으로 판단된다. 그리고 실험 중 선원이 크레인을 조종한 사례가 있었는데, 이 때 작업 소요 시간의 증가가 있었으며, 시간 증가에 따라 근활성도도 높게 나타난 것을 볼 수 있었다. 이것을 볼 때 크레인 조종의 숙련도에 따라 작업자의 작업 부담이 더하거나 경감될 수 있다고 판단된다. 투망작업에 따른 근활성도에서는 닷 투하작업(45.3%p) 통계적으로 유의한 감소가 나타났다. 전개장치 투하 준비작업(5.4%p), 전개장치 투하작업(1.0%p)에서 근활성도 감소가 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 근활성도의 감소는 조업 시스템 개선 전 닷 투하작업에서 나타났는데, 이것은 선수의 데릭을 이용하여 카고라인으로 닷 채를 들어 올리기 위한 과정에서 부수적 작업이 캡스톤으로 대체되었고, 비좁은 선수루 공간에서 쪼그려 앉은 자세에서 손으로 로프를 연결하는 작업 등이 없어지고, 단순히 닷 채를 들어 올려 투하함에 따라 선원들의 근활성도 감소가 나타난 것으로 판단된다.

## 결론

이 연구는 파워블록 크레인 1기 및 2대의 캡스톤 설치, 볼롤러 위치 변경 등 조업 시스템 개선의 전과 후의 작업부하를 정량적으로 평가하기 위하여 작업부하 평가 기법 중의 하나인 OWAS 기법 및 근활성도를 이용하여 조업 중인 선원들의 작업부하를 비교·평가 분석한 결과는 다음과 같다.

조업 시스템 개선 이전보다 투망 및 양망 작업의 소요 시간은 각각 17%p 및 29%p로 감소( $p<.01$ )되었고, OWAS에 의한 평가 결과는 투망과 양망 작업의 전반적으로 작업부하가 감소한 것으로 나타났으며, 근활성도 분석 결과는 양망의 경우에는 닷 고박작업에서 근활성도가

감소( $p<.01$ ), 그물 인양작업에서 14.1%p 증가가 나타났는데, 이 원인은 파워블록을 교체하기 위하여 허리를 구부리는 동작, 쪼그려 앉은 동작 및 파워블록에 그물을 삽입하기 위하여 어깨 위로 팔을 들어 올리는 동작이 근활성도에 영향을 미친 것으로 생각된다. 투망의 경우에는 닻 투하작업에서 감소 효과가 나타났다( $p<.001$ ). 이 연구를 통하여 파워블록 크레인 및 선수 캡스틴 설치, 볼롤러를 선체 중앙에서 선수로의 위치 변경 등의 조업 시스템 개선이 그물 이송 및 로프 취급의 횟수를 줄여주고, 그물 인양 중 치명적인 인명사고의 원인을 제공하는 볼롤러가 그물 인양작업에 사용되지 않음으로써 위험 요소가 경감됨과 동시에 작업효율이 개선되고, 선원들의 작업부하 감소에 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 본 연구는 서해 중부에서 조업하는 1척의 실험선에 국한된 한계점이 있다. 또한, 파워블록 크레인을 설치하고 난 이후 시스템에 대한 숙련도가 낮아 이에 따른 작업 능력을 통제할 수 없었다. 따라서 추후 연구에서는 개선된 시스템에 대한 숙련 기간이 지난 후 실험할 필요가 있으며, 더 많은 선박과 선원을 대상으로 장기간의 추적 조사를 통한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 사 사

이 논문은 2020년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 “연안개량안강망 조업 및 안전시스템 개발 사업(20200509)”의 지원을 받아 수행된 연구입니다. 비디오 관찰과 아울러 작업부하 실험에 적극 협력해 주신 수성호 선생님 이하 선원들께 진심으로 감사드립니다.

## References

- Ahn KY, and Park RG. 2006. The relationship between safety climate and safety participation in construction industry. *J Korea Saf Manag Sci* 8, 41-53.
- Chang HY, Kim MS, Hwang BK and Oh JC 2021. Analysis of the basic items and safety accidents occurring during the fishing operation in coastal improved stow net fishery by the questionnaire survey. *J Korean Soc Fish Technol* 57, 57-68. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2021.57.1.057>.
- Cho SK, Park CD, Kim HY, Kim IO and Cha BJ. 2010. Catch comparison according to the codend mesh size of stow net on anchor in the West Sea of Korea. *J Korean Soc Fish Technol* 46, 1-9. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2010.46.1.001>.
- Cho SK, Cha BJ and Kim HY. 2011. Catches of mesh species and by catch according to the codend mesh sizes of stow net on anchor in the West Sea of Korea. *J Korean Soc Fish Technol* 47, 88-98. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2011.47.2.088>.
- Ebaugh DD, McClure PW and Kardunac AR. 2006. Effects of shoulder muscle fatigue caused by repetitive overhead activities on scapulothoracic and glenohumeral kinematics. *J Electromyogr Kinesiol* 16, 224-235. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2005.06.015>.
- Hwang BK, Chang HY and Kim MS. 2018. Operating status of Korean coastal composite fishing boats by the questionnaire survey. *Journal Korean Soc Fish Ocean Technol* 54, 324-332. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2018.54.4.324>.
- Hyun YK, Kim HS and Lee YW. 2020a. Risk evaluation of fisher's safety on stow net fishing vessel. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 56, 138-146. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2020.56.2.138>.
- Hyun YK, Kim HS and Lee YW. 2020b. Risk awareness survey of fisher on stow net fishing vessel using a questionnaire. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 56, 147-154. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2020.56.2.147>.
- Jeong SJ, An HC, Kim IO and Park CD. 2017. Improvement of resistance performance of the 4.99 ton class fishing boat. *J Korean Soc Fish Technol* 53, 446-455. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2017.53.4.446>.
- Karhu O, Kansu P and Kuorinka I. 1977. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics* 4, 199-201. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(77\)90164-8](https://doi.org/10.1016/0003-6870(77)90164-8).
- Kim YH and Ko KS. 1980. An Experiment of improved stow net - Characteristics of upthrust float and shearing hood. *Bull Korean Fish Tech Soc* 16, 61-67.
- Kim DA and Ko KS. 1985. A study for designing the zonal canvas type of stow net. *Bull Korean Fish Soc* 18, 1-7.
- Kim JK and Yoon GD. 1999. A study on the design of the stern stow net. *Bull Korean Soc Fish Tech* 35, 343-352.
- Kim PK, Lee KH, Kim DH, Lee GH, An HC, Kim SH and Yang YS. 2015. Estimation of fishing power and fishing

- capacity on coastal stow net fishery in Korean waters. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 51, 583-591. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.4.583>.
- Kim WS, Hyun YK and Lee YW. 2020. Risk factors of fisher on stow net fishing vessel using analysis of adjudication. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 56, 155-162. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2020.56.2.155>.
- Korea Occupational Safety & Health Agency. 2021. Ergonomic precision evaluation tool, OWAS (Ovako Working-posture Analysis System). Retrieved from [https://www.kosha.or.kr/kosha/businessmusculoskeletal\\_c\\_d.do](https://www.kosha.or.kr/kosha/businessmusculoskeletal_c_d.do). Accessed 15 Dec 2022.
- Lawrence JH and DE Luca CJ. 1983. Myoelectric signal versus force relationship in different human muscles. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physio* 54, 1653-1659. <https://doi.org/10.1152/jappl.1983.54.6.1653>.
- Lee BG, Kim JK and Lee JH. 1988. Study on the improvement of stow net fishing technique and the enlargement of fishing ground to the distant waters -1. Model experiment of the net. *Bull Korean Fish Tech Soc* 24, 55-64.
- Lee BG, Kim JK and Lee JH. 1989a. Study on the improvement of stow net fishing technique and the enlargement of fishing ground to the distant waters -2. Model experiment on the newly designed gear. *Bull Korean Fish Tech Soc* 25, 6-11.
- Lee BG, Kim JK, Kim SG and Kang IK. 1989b. Study on the improvement of stow net fishing technique and the enlargement of fishing ground to the distant waters-3. Field experiment on the efficiency of newly designed net. *Bull Korean Fish Tech Soc* 25, 75-81.
- Moon DH, Yang JH, Lee IY and Yang JW. 1998. General situations and reform measure of stow-net fishing system. *Bull Korean Soc Fish Tech* 34, 352-357.
- Moon DH, Yang JH, Lee IY and Yang JW. 1999. Design of unification of power device of stow-net fishing system unification of power device by hydraulic power. *Bull Korean Soc Fish Tech* 35, 65-76.
- Park JW and Lee HS. 1997. A study on the hull-dimension of 89 ton class stow-net vessel with stern-fishing. *Bull Korean Soc Fish Tech* 33, 159-165.
- Stephen M, Colin AE, Tim LU, and Terry RM. 2007. EMG analysis of shoulder muscle fatigue during resisted isometric shoulder elevation. *J Electromyogr Kinesiol* 17, 153-159. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.01.008>.
- Yang JF and Winter DA. 1983. Electromyography reliability in maximal and submaximal contractions. *Arch Phys Med Rehabil* 64, 417-420.
- Yoon SC, Jeong YK, Zhang CI, Yang JH, Choi KH and Lee DW. 2014. Characteristics of Korean coastal fisheries. *Kor J Fish Aquat Sci* 47, 1037-1054. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.1037>.