

300톤급 채낚기 어선의 공중소음 특성

이유원 · 김육성*

한국해양수산연수원 운항교육팀, ¹한국해양수산연수원 양성교육팀

Noise characteristics in a jigging fishing vessel of 300 tons class

Yoo-Won LEE and Wook-Sung KIM^{1*}

*Ship Operating Education Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology,
Busan 606-773, Korea*

Ship Operation Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 606-773, Korea

This study is aimed to utilize a basic data for setting up an allowable air noise with IMO standard in accommodation and working areas of 24m longer fishing vessels. The air noise in accommodation and working areas of 300 tons class squid-jigger were evaluated and the levels were compared to the allowable levels of IMO. The results indicated that the maximum range of noise levels was estimated to be between 54.8dB (A) and 83.2dB, and the correlation between the distance from the main engine to measuring point and the maximum noise level of each point was shown to be $y = -13.8 \log(r) + 92.91$ ($r^2 = 0.821$). In addition, except the case of making an accommodation area near to the engine room in 24m longer jigging vessels, it was evaluated that the accommodation noise regulation of 1,600 tons international voyage vessels with 60dB (A) or an improved noise level with 65dB (A) could be properly applied.

Keywords: Noise characteristic, Fishing vessel, IMO, Noise standards level, Frequency spectrum analysis

서 론

급속한 산업발전에 비해 거주환경문제 즉, 수질, 대기, 소음, 진동 등은 별로 중요시 되지 않았으나, 생활수준이 향상됨에 따라 최근 이와 같은 거주환경문제는 커다란 사회문제로 대두되고 있다. 특히 해상활동은 외력에 대하여 감항성(seaworthiness)을 갖도록 강판, 알루미늄 합금,

FRP와 같은 소재의 종합구조물인 선박을 매개로 이루어지고, 선박은 항해성취 및 어로활동을 위하여 기관실에서는 주기관 및 각종 보조기계 장치와 추진장치가 상시 가동되고 있기 때문에 이들에 의한 선체의 소음·진동은 선원의 업무 효율성 및 쾌적한 선내생활에 극심한 영향을 미친다.

*Corresponding author: g2kws@seaman.or.kr, Tel: 82-51-620-5812, Fax: 82-51-620-5769

그래서 IMO (International Maritime Organization, 국제해사기구)에서는 선박의 선실 내부 및 기관실에서 발생하는 소음에 대한 허용 및 규제를 위하여 선내 소음 규제코드를 채택하여 사용하고 있다 (IMO Res., 1981). 선박소음에 대한 국내 기준으로는 선박설비기준에서 국제항해에 종사하는 총톤수 1,600톤 이상 선박의 선원실 등과 브리지에는 적당한 방음설비를 갖추도록 규정하고 있고, 산업보건기준에서는 소음 및 진동에 의한 건강장해의 예방에 대하여 상세히 규정하고 있으나 어업 및 선박안전법 적용사업은 적용을 제외하고 있다.

한편 ILO (International Labour Organization, 국제노동기구)의 2007년 어선원노동협약 부속서 III장 제5편 거주구역 및 식량과 2007 어선원노동권고 제3편 거주구역에서는 어선원의 근로 및 생활조건이 다른 직업과 비교하여 고립성과 위험성이 크다는 점을 지적하고 있으며, 시설 등의 요건은 선박의 특수성으로 인해 양호한 근로 및 생활조건이 보장되지 못하고 있다는 점을 개선하기 위하여 어선의 선내 거주구역이 충분한 규격과 품질을 갖추고, 어선원이 업무수행과 선내에 거주하고 있는 기간 동안 적합하게 설비되도록 거주구역 등에 대한 상세한 요건과 기준을 제시하여 회원국이 이를 수용하도록 요구하고 있다. 이 협약은 비차별 조항으로 협약이 발효되면, 제시된 요건과 기준을 허용된 범위 내에서 수용되지 않을 경우에 비준을 하지 않은 국가도 제재를 받게 되므로 우리나라 어선이 국제 경쟁력을 갖추기 위한 기본적 요소라 할 수 있다. 소음·진동에 대하여 협약에서는 책임당국은 가능한 한 관련 국제기준에 따라 거주구역에서 과도한 소음·진동을 제한하는 조치를 취해야 하고, 길이 24m 이상인 선박에 대해서 거주구역에서 피로를 유발하는 소음·진동의 영향을 포함하여 소음·진동으로부터 어선원을 적절히 보호하기 위해 소음·진동에 대한 명확한 기준을 채택하도록 요구하고 있으나, 국내 기준은 어선

에 대하여 특별히 규정하고 있지 않다 (Kim and Park, 2010).

어선에 대한 소음·진동에 관한 연구는 Kubo and Yamada (1983, 1984), Mikami et al. (1990), Choi et al. (2003)에 의한 연안 FRP 어선의 소음 측정 결과 및 방음에 관한 연구와 Kim et al. (2010)에 의한 선미식 트롤 실습선에서 선내 소음에 대한 승선환경을 분석한 연구 등이 있으나, 어선 길이 24m 이상인 선박에 대한 소음·진동에 대한 명확한 기준을 마련하기 위해서는 각 어법별, 톤급별 어선의 소음·진동에 관한 보다 많은 연구가 필요한 실정이다.

그래서 본 연구에서는 300톤급 채낚기 어선의 선내 소음의 합리적인 허용기준 설정의 기초자료로 활용하고자, 선내 소음을 측정하고 분석하여 이들에 대한 IMO의 허용기준상의 적합도를 비교, 평가하였다.

장치 및 방법

측정장치 및 시험선

선내 소음측정은 부하 시와 무부하 시로 나누어 측정하였는데, 부하 시의 측정은 2011년 1월 10일 마산항을 출항하여 거문도로 향해하면서 부산 신항만 진입로를 지나 침로 200°로 정침한 후, rpm (revolution per minute, 분당회전수)을 4단

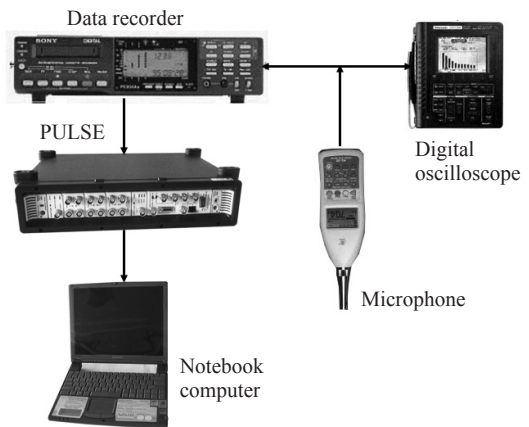


Fig. 1. Arrangement of the measured and the analyzed instrument for noise.

Table 1. Specifications of measurement and analysis instruments

Equipments	Specifications
Data recorder	Relative tape speed: 3.133m/s (normal speed) S/N ratio: 42dB or more Input range: $\pm 10Vpk, \pm 5Vpk, \pm 2Vpk, \pm 1Vpk$ (4types) Output level: ± 1 to $\pm 3Vpk$ (variable continuously)
Portable data acquisition unit(2827) & pulse software	Type 3032A: 6/1-ch, Input/out Type 7533: LAN interface module Noise and vibration analysis, data recorder, order analysis, time capture
Microphone	1/2-inch pre-polarized condenser type UC-53A Frequency range: 20-20000Hz Sensitivity: -28dB Preamplifier: NH-21 Time weighting: Fast, slow Measurement range: wide 100dB dynamic range

Table 2. Principal specification of the measured vessel

Item	Specifications
Gross tonnage	367.00tons
Length (LOA)	45.01m
Breadth	8.80m
Depth	3.50m
Main propulsion engine	Diesel engine, 882kW \times 1set
Propeller	FPP 1set
Date of launch	8th May, 1992

계 (전속, 반속, 미속, 극미속)로 조종하면서 각 위치별로 rpm 단계별 상태에서 측정을 하였고, 무부하 시 소음측정은 거문도 안벽 (34° 02.76' N, 127° 17.796' E)에서 선내전원 공급을 위하여 제3 발전기만 가동시킨 상태에서 2011년 1월 13일 13:50부터 15:00까지 이루어졌다.

이때 사용한 측정시스템은 Fig. 1과 같이 마이크로폰 (NL-32, RION), 데이터 레코더 (PCH 244, SONY), 오실로스코프 (THS720A, Tektronix)로 구성하였으며, 주요 사양은 Table 1과 같다.

시험선은 경남 거제시 거제조선소에서 건조한 367톤 오징어 채낚기 어선으로 현재 한국해양수산연수원의 실습선으로 활용되고 있는 제2 갈매기호를 이용하였으며, 선체 및 기관의 주요 사양은 Table 2와 같다.

측정 및 분석방법

선내 소음의 측정은 Fig. 2와 같이 시험선의 항

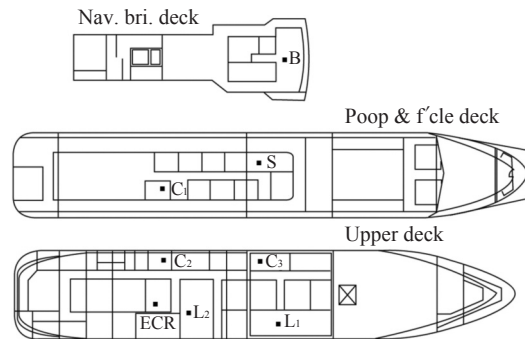


Fig. 2. Location (■) of microphone for measurement of noise.

B: Bridge, S: Saloon, C1: Crew's room, L1: No. 1 lecture room, L2: No. 2 lecture room, C2: No. 1 student room, C3: No. 5 student room, ECR: Engine control room.

해 브리지 갑판에서는 브리지 1지점, 선수·선미갑판에서는 사롱, 선원침실 2지점, 상갑판에서는 제1강의실, 제2강의실, 제1학생침실, 제5학생침실, 기관 제어실 5지점에서 마이크로폰을 갑판으로부터 위쪽으로 약 1m 중앙부근에 설치하여 부하 및 무부하 시의 소음을 측정하였다. 부하 시에는 항해 상태로 정침하여 외부 소음의 영향이 없는 상태에서 주 기관의 회전수를 230, 270, 310, 350rpm으로 변화시키면서 소음 데이터를 기록하였는데, 그 때 기상상태는 풍향 345°, 풍속 5m/s이고, 천기는 맑았으며 파고는 약 1m로 비교적 잔잔하였다. 무부하 시의 소음

Table 3. Noise limits of IMO guideline

	(Unit : dB (A))				
Item	Engine room	Engine control room	Wheel house	Crew's room	Machine workshop
IMO	110*	75	65	60	85

*GRT > 1600ton.

은 선박을 안벽에 계류한 상태에서 제3 발전기만 가동시킨 상태에서 각 지점의 소음을 데이터 기록계에 기록, 분석하였다.

소음특성은 주파수 범위 20Hz - 20kHz, A weighting, 1/3 octave 대역폭으로 분석하였다.

한편 측정된 소음 데이터는 어선에 대한 소음평가 기준이 아직 없으므로, 비교를 위한 참조규제치로서 일반 상선에 대한 소음평가 지침인 Table 3의 IMO 소음 규제치를 이용하였다.

측정한 데이터는 소음의 특성과 그 원인을 분석하고, IMO 소음 규제치와 비교 검토하였으며 위치별 소음의 발생 원인을 분석하였다.

결과 및 고찰

선내 위치별 소음특성과 소음원과의 상관 관계

시험선의 선내 위치별 소음특성을 주파수 범위 20Hz - 20kHz, A weighting, 1/3 octave 대역폭으로 분석한 결과는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 최대 소음 레벨은 주소음원인 기관실 주기관으로부터의 거리에 반비례하여 높게 나타났는데, 가장 가까운 기관 제어실의 최대 소음 레벨은 400Hz에서 83.2dB (A)을 나타내어 IMO 소음 규제치 75dB (A)를 8.2dB (A) 초과하였다. 기관 제어실의 소음분석 결과는 비슷한 거리에 있는 제1학생침실의 그것과 유사하게 증감하는 것으로 나타났으나, 특히 400Hz에서 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 그래서 측정오차나 잡음의 영향을 확인하기 위하여 rpm (전속, 반속, 미속, 극미속) 및 계류상태에서 기관 제어실의 소음 레벨을 측정, 분석한 결과 Fig. 4에서와 같이 주기관을 가동하지 않은 계류상태에서는 나타나지 않는 소음 특성이 rpm에 상관없이 400Hz에서 동일하게 나타나는 것으로 보아 주

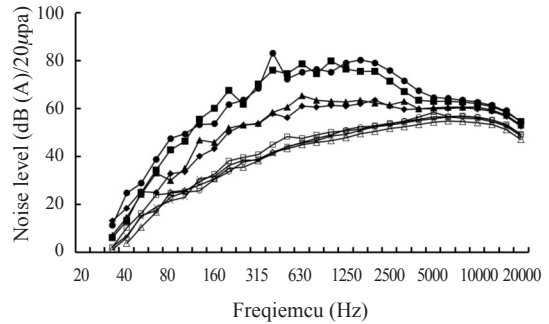


Fig. 3. Noise characteristics by 1/3 octave analysis at the measured point of jiggling vessel. —●—: Engine control room, —■—: No. 1 student room, —▲—: No. 2 lecture room, —◆—: Crew's room, —□—: Saloon, —△—: No. 5 student room, —○—: Bridge, —×—: No. 1 lecture room.

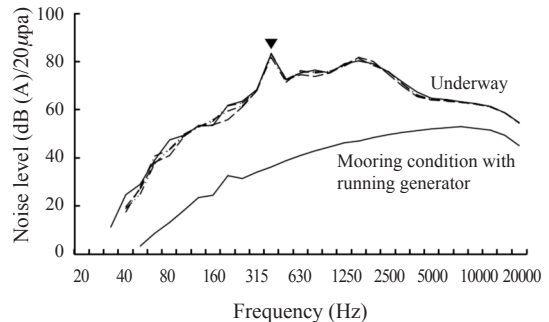


Fig. 4. Noise characteristics by 1/3 octave analysis with changing RPM and the mooring condition with running generator at engine control room.

기관의 운전 에 따른 소음 특성인 것으로 판단된다. 또한 rpm에 따른 소음 레벨의 차이는 거의 보이지 않았다.

Fig. 3에서 기관 제어실과 통로를 사이에 두고 바로 옆에 있는 제1학생침실은 1kHz에서 79.8dB (A)를 나타내어 침실 규제치 60dB (A)를 19.8dB (A)를 초과하여 침실로 사용하기에 부적

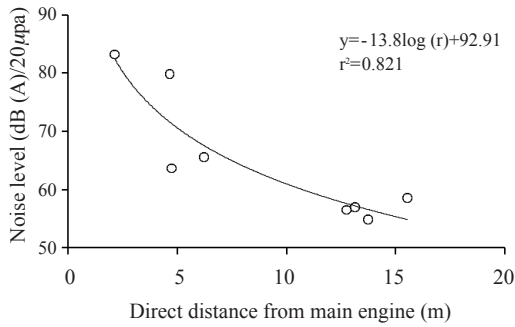


Fig. 5. Relation between noise level and direct distance from main engine.

절한 것으로 판단되었다. 그래서 기관 제어실과 제1학생 침실을 동일한 용도로 계속 사용하기 위해서는 적절한 방음대책이 수반되어야 할 것으로 판단된다. 한편, 기관실과 가까운 제2강의실과 기관실 바로 위의 침실은 630Hz에서 각각 65.5dB (A)과 61.2dB (A)를 나타내어 규제치보다 약 0.5dB (A)과 1.2dB (A) 높은 값을 나타내었으나, 기관실에서 비교적 먼 4개 측정점, 즉 브리지, 사롱, 제5학생 침실 및 제1강의실은 각각 58.5dB (A), 56.9dB (A), 54.8dB (A), 55.9dB (A)로 규제치 60dB (A)이하를 나타내었다.

한편, 시험선의 주소음원의 하나인 주기관으로부터 측정 위치별 직선거리와 최대 소음레벨 간의 상관관계를 구한 결과는 Fig. 5와 같다. Fig. 5에서 주기관으로부터의 직선거리와 각 측정 위치별 최대 소음레벨 간의 상관관계는 $y = -13.8 \log(r) + 92.91$, $r^2 = 0.821$ 을 나타내었다. 소음은 공기를 매체로 구면확산에 따라 $-20 \log(r)$, 실린더 확산에 따라 $-10 \log(r)$, 그리고 그 중간 구역은 $-15 \log(r)$ 로 감쇠하는 특성이 있는데, 본 조사에서는 구면확산과 실린더 확산의 중간 구역에서 실린더 확산에 더 가까운 특성을 나타내었다.

한편, 선박의 주소음원은 주기관, 프로펠러, 발전기, 감속치차, 공기압축기, 냉동기, 공기조화장치, 보일러 및 송풍기, 기관실 통풍장치, 갑판기계 등이다. 소음원에서 발생한 음향에너지

는 공기 및 구조부재를 매체로 하여 주위에 전파되는데 공기에 의한 것을 공기전달 소음, 구조부재에 의한 것을 고체전달 소음이라 하며, 선체구조는 육상구조물과는 달리 상대적으로 중량이 가벼우며 강제 용접구조물이고 또 강도 및 수밀 유지관점에서 구조적 불연속을 피하고 있기 때문에 고체전달소음의 이상적인 전파매체로 작용한다.

선내소음과 IMO 소음기준과 비교 평가

각 선박의 부위별 선내 소음을 Table 3에 나타낸 IMO 소음 규제치와 비교 평가한 결과는 Fig. 6과 같다. Fig. 6에서 검은색 막대그래프는 IMO 소음 규제치와 24m 이상의 선박을, 흰색 막대그래프는 24m 이하의 선박을 나타낸 것이다. 선내 소음 비교 평가에서 24m 이상은 본 연구의 시험선인 채낚기선 총톤수 367톤, 전장 45.01m와 선미 트롤선 총톤수 1,737톤, 전장 81.7m의 Kim et al. (2010)의 자료를 이용하였고, 24m 이하는 근해 연승선 총톤수 11톤, 15.56m의 Choi et al. (2003)의 자료를 이용하였다.

Fig. 6의 기관 제어실의 경우, 채낚기선에서는 83.2dB (A)을 나타내었고, 선미 트롤선에서는 71.0dB (A)을 나타내어 IMO 기관 제어실 소음 규제치인 75dB (A)와 비교하여 채낚기선에서는 8.2dB (A)이 높게 나타났으나, 선미 트롤선에서는 소음 규제치 이하를 나타내어 비교적 양호한 근무환경이라는 것을 알 수 있었다. 한편, 24m 이하의 소형어선에서는 기관 제어실이 별도로 존재하지 않아 비교에서 제외하였다. 선내 소음의 대부분을 차지하는 주기관의 소음은 출력이 비슷한 경우에도 진동 및 소음 레벨이 기관의 제작사마다 상이함으로 진동 및 소음 레벨이 낮은 제작사의 것을 선택하고, 방진 및 차음을 위한 구조로 설치하는 것이 소음을 줄이는 가장 효과적인 방법 중의 하나라고 할 수 있겠다.

Fig. 6의 부하시 브리지에서 측정된 소음 레벨과 IMO의 브리지에 대한 소음 규제치와 비교한

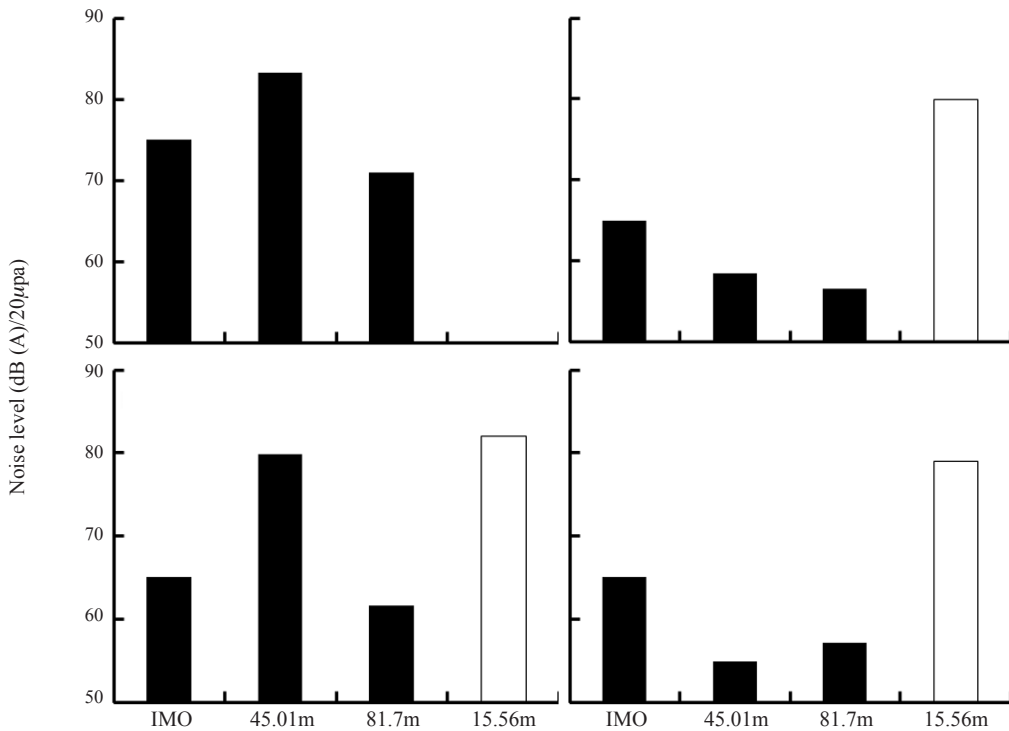


Fig. 6. Comparison on noise level of at the measured point of observed vessel and IMO guideline. Open bar is less than 24m.

결과, 채낚기선에서는 58.5dB (A)을 나타내었고, 선미 트롤선에서는 56.6dB (A)을 나타내어 IMO의 브리지 소음 규제치인 65dB (A)와 비교하여 낮게 나타났다. 그러나, 24m 이하의 소형어선의 브리지에서는 80dB (A)를 나타내어 IMO의 브리지 소음 규제치보다 15dB (A) 높게 나타났다. 소음 레벨이 이렇게 높게 나타나는 근본적인 원인으로선 선미부의 추진기에서 발생하는 프로펠러 소음이 바로 전달되어 소음 레벨이 큰 것으로 사료되며, 출입문 등을 방음재로 제작·시공하는 방법으로 소음을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 상대적으로 기관 및 추진장치 소음원과 가까이에 브리지가 설치되는 구조인 24m 이하의 어선에는 작업공간의 협소를 고려할 때 기관구역에 차음재를 설치하고 선미관의 방진구조개선이 필요하다.

Fig. 6의 거주실에서 측정된 소음과 IMO 거주

실 소음 규제치 60dB (A)을 비교한 결과, 채낚기선에서 상부 거주실에서는 54.8dB (A)을 나타내었으나, 기관실에 가까운 하부 거주실에서는 79.8dB (A)을 나타내어 같은 거주 공간임에도 불구하고 25dB (A)의 차를 보였고, 하부 거주공간의 경우 IMO 거주실 소음 규제치 60dB (A)보다 19.8dB (A) 높게 나타났다. 한편, 선미 트롤선에서 상, 하부 거주실은 각각 57.1dB (A)과 61.6dB (A)을 나타내어 하부 거주실에서 IMO 거주실 소음 규제치보다 1.6dB (A) 높게 나타났으나 상, 하부 모두 비교적 양호한 결과가 얻어졌다. 그러나, 24m 이하의 소형어선의 상, 하 거주실에서는 각각 79dB (A)와 82dB (A)를 나타내어 IMO 거주실 소음 규제치보다 19-22dB (A) 높게 나타났다.

소형 어선에서는 거주구역에서도 매우 열악한 소음환경을 나타내고 있는데, 그 원인으로 공

간제약에 따른 방음재의 미사용과 기관실 격벽과의 연결된 침실조건으로 제시하고 있고 소음을 줄이는 방법으로는 기관실 격벽에 방음재를 붙이거나, 격벽과 격벽사이 공간을 띄워 이중으로 설치하여 공간에 흡음 재료를 넣는 방법 등이 있다 (Choi et al., 2003).

서론에서도 언급하였듯이 ILO 2007년 어선원 노동협약 부속서 Ⅲ장 제5편 거주구역 및 식량과 2007 어선원노동권고 제3편 거주구역에서의 소음·진동에서 제시되고 있는 조건에 대하여 거주구역에서 소음·진동으로부터 어선원을 적절히 보호하기 위해 소음·진동에 대한 명확한 기준을 마련하기 위한 어선에 대한 연구가 진행되고 있으나, 아직 그 결과가 미미한 실정이다. 협약 발효의 가능성이 높은 점을 고려하면 길이 24m 이상 어선에 대해서는 명확한 기준을 시급히 제정해야할 필요가 있으며 이에 대하여, 원양채낚기 어선 (45.01m)과 선미 트롤선 (81.7m)에서는 거주 구역을 확보하기 위해 무리하게 기관실 가까이에서 거주실을 만들어 고체전달 소음이 높은 경우를 제외하면 국제항해에 종사하는 총톤수 1600톤 이상의 상선 거주실 소음 규제치 60dB (A)를 동일하게 적용하거나, 그것보다 약 5dB (A)이 향상된 생활소음규제 기준의 주간 소음 규제치 65dB (A)을 어선의 거주실의 소음 규제치로 적용하여도 좋을 것으로 판단된다. 또한 선박의 다른 구역 즉, 기관 제어실과 브리지 등에 대해서는 방음만 적절하게 한다면 IMO 소음 규제치를 적용하여도 좋을 것으로 판단된다. 그러나 길이 24m 이상이지만 충분한 공간을 확보하지 못하는 현존 근해 어선에 대해서는 소음·진동이 취약할 것으로 추정되므로 업종별 또는 선형 별로 조사 분석이 필요하며 신조되는 어선에 대해서는 선형개선이 필요할 것으로 판단된다.

24m 이하 어선에 대해서도 현존 어선의 선내 소음은 IMO 소음 규제치보다 약 20dB (A) 높은 값을 나타내고 있으므로 협약에서 요구하는 과도한 소음·진동을 제한하는 조치를 이행하기

위해서는 보다 많은 어선에서 선내 소음을 측정, 비교한 후 합리적인 소음 기준을 구해야 될 것으로 판단되며, 아울러 소형 어선어업의 인적요소 경쟁력 강화를 위해서는 현존선의 소음이 과다하므로 적절한 방음 대책을 선행적으로 수립할 필요가 있을 것으로 판단된다.

결론

본 연구는 24m 이상 어선의 합리적인 선내 소음허용기준 설정의 기초자료로 활용하고자, 300톤급 오징어채낚기 어선의 선내 공중소음을 측정, 분석하여 이들에 대한 IMO의 허용기준상의 적합도를 비교, 평가하였다. 그 결과, 선내 최대 소음 레벨은 54.8dB (A)–83.2dB (A)을 나타내었고, 소음원의 하나인 주기관으로부터의 직선 거리와 각 측정위치별 최대 소음레벨간의 상관관계는 $y = -13.8 \log(r) + 92.91$, $r^2 = 0.821$ 을 나타내었다. 한편, 길이 24m 이상인 채낚기 어선 (45.01m)에서는 거주 구역을 확보하기 위해 무리하게 기관실 가까이에서 거주실을 만들어 고체전달 소음이 큰 경우를 제외하면 국제항해에 종사하는 총톤수 1600톤 이상의 상선 거주실 소음 규제치 60dB (A)를 동일하게 적용하거나, 그것보다 약 5dB (A)이 높은 생활 소음규제 기준의 주간 소음 규제치 65dB (A)을 어선의 거주실의 소음 규제치로 적용하여도 좋을 것으로 판단되었다.

참고문헌

- Choi, H.K., H.I. Shin, B.S. Yang, Y.W. Lee and K.H. Kim, 2003. A study on the characteristics of noise in small boats. *J. Kor. Soc. Tech.*, 39 (2), 134–142.
- IMO Resolution A.468 (XII), 1981. Code on noise levels on board ships. IMO, pp. 73–102.
- Kim, M.S., H.O. Shin, M.S. Kim and B.K. Hwang, 2010. Boarding environment of training ship KAYA to the noise during the voyage. *J. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 22 (2), 218–230.
- Kim, W.S and M.G. Park, 2010. A study on the work

- fishing convention, 2007 and the fishing vessel's accommodation facilities standards in national fishing act. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 46 (4), 466–475.
- KR, 1997. Ship vibration and noise guidelines. 49–57, 445–510.
- Kubo, S. and T. Yamada, 1983. Report on the noise aboard the GFRP fishing boat. Bull. Nat. Res. Inst. Fish. Eng., 4, 57–60.
- Kubo, S. and T. Yamada, 1984. Noise level aboard the coastal fishing boat. Bull. Nat. Res. Inst. Fish. Eng., 5, 207–215.
- Mikami, T., N. Yamashita and S. Igarashi, 1990. Machine noise on the deck of coastal fishing boats. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 41 (1), 43–50.
-
- 2012년 1월 27일 접수
2012년 2월 13일 1차 수정
2012년 2월 27일 수리