

漁船機關室內 振動과 騒音考察

한국기계연구소 축계동력실

선임연구원 이동환

목 차

1. 서언
2. 기관실내의 진동소음특성
 - 2.1. 디젤기관의 진동소음전달기구
 - 2.2. 디젤기관의 진동
 - 2.3. 디젤기관의 소음
3. 기관실의 진동소음규제
 - 3.1. 디젤기관의 진동허용치
 - 3.2. 기관실 소음허용치
4. 기관실의 진동소음대책
 - 4.1. 기관실의 진동방지
 - 4.2. 기관의 소음방지
5. 결언

요구되고 있고 그에 관한 연구도 비교적 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 국내 어선의 경우는 지금까지 진동, 소음에 대한 고려가 거의 없으므로 인하여 열악한 작업환경과 더불어 소음의 수준 전파가 어군을 쫓는 효과를 가져오기도 하여 어획량의 감소에도 영향을 끼치고 있다.

따라서 본고에서는 어선의 주진동, 소음원인 디젤 주기관을 중심으로 주변기기를 포함한 기관실내의 진동, 소음현상과 그 특성, 국제적 진동·소음 허용기준과 더불어 그 저감대책을 열거함으로써 국내 중소형 어선의 작업환경 개선방안을 소개하고자 한다.

조기관 및 기타 기진력을 발생시키는 기계류가 탑재되어 있을 뿐만 아니라 프로펠러의 기진력까지 작용하고 있어 기관실의 진동·소음은 이들 기진력과 기관실의 구조에 의해서 지배된다.

기관실의 구조는 이중저, 선측구조, 갑판구조로 되어 있으며 이것은 선체로의 진동 전달경로가 될 뿐더러 소음 분포에도 큰 영향을 준다. 특히 이 중에서 주기관은 사용빈도와 발생마력이 타에 비하여 월등히 높으므로 기관실의 주 진동·소음원으로 알려져 있다.

2.1 디젤기관의 진동·소음전달기구

일반적으로 모든 소음방사는 진동의 발생에 의해서 야기되며 진동 주파수와 시스템의 크기 및 형상에 따라 달라진다. 이러

1. 서언

최근 중소형 어선에 대해서도 미국, 일본, 영국 등지에서는 진동, 소음환경의 개선이 강력히

2. 기관실의 진동·소음특성

어선의 기관실은 주기관, 보

한 면에서는 복잡한 구조와 여러 성질의 기진력에 의해서 진동하게 되는 디젤기관의 경우에도 기관의 소음이 기진력의 형태와 크기 및 엔진구조의 응답 특성에 의해서 지배된다는 견지에서는 원리적으로 다를 바가 없다.

소음이너지는 무과급의 경우에 기관 회전속도의 3승, 과급의 경우에는 4승에 비례하여 커지게 되는데, 최근 기관이 소형 고효율화 되는 추세에서 감속기를 부착한 중고속형 주기관 및 1800rpm 4극 고속 발전기관에서의 진동, 소음문제는 중요한 과제로 대두되고 있다.

디젤기관의 기진원은 대별하여 연소에 의한 것과 기계적인 것으로 나눌 수 있는데 특히 디젤기관의 주 기진원이 연소에 의한 것임은 앞선 여러 문헌에^{1),2)} 나타나 있다. 그러나

엔진의 주 소음주파수 대역이 500~5000Hz인 반면, 엔진의 연소로부터 발생되는 높은 힘의 주파수대역은 대개가 500Hz 이하로 나타난다. 그 이유는 엔진의 연소력이 피스톤, 콘로드, 크랭크축, 베어링 등의 전달경로를 통해 엔진표면에 이르는 과정에서 그 전달경로의 도중에서 힘의 스펙트럼이 각 구조성분의 응답함수로 변해버리는데 이 때 그 구조적 공진의 주파수 범위가 대개 500~5000Hz에 속하므로 그 범위가 엔진의 주 소음주파수 대역이 되기 때문이다.

이 소음발생기구를 개략하면 Fig 1과 같다.

2.2 디젤기관의 진동

중소형 어선 추진계통으로는 주로 300~1300마력의 6 또는 8기통의 4행정 직립디젤기관

과, 3익 또는 4익의 고정 혹은 가변프로펠러 축계로 구성되어 있다. 이 때 6, 8기통의 기관은 불평형모우멘트를 소멸시킬 수 있으며 단지 6차 혹은 8차의 불평형력만 발생하므로 타 형식의 기관에 비해 진동이 적고 큰마력을 낼 수 있으므로 널리 채택되고 있다.

그러나 이러한 불평형력은 피스톤의 측압으로 작용하여 기관의 횡진동을 유발한다. 횡진동은 그 형상에 따라 H형 및 X형 진동으로 분류되는데 이러한 진동의 벡터 합은 Table 1과 같이 차수 별로 표시된다.

그리고 프로펠러는 소형기관에서는 주로 3익, 중형기관에서는 4익을 사용하며 유체의 추진성능 및 캐비테이션 현상을 줄이기 위하여 가변피치를 이용하기도 하는데 이것은 기진력을 줄여주므로 진동방지에 어느 정도 도움을 준다.

이들 프로펠러 및 기관의 크랭크 축계를 포함한 추진축계의 진동에는 비틀림진동, 종진동, 횡진동 및 이들의 연성진동을 들 수 있는데 이러한 진동은 프로펠러의 유체력, 기관의 연소가스 압력, 크랭크의 왕복 관성력 등에 기인된다.

비틀림진동은 기관의 토오크 변동에 의해서 발생되는데 기관의 운전속도나 그 조화성분이 추진축계의 비틀고유진동수와 일치할 경우 비틀공진이 발생하게 된다. 이 때 비틀진폭이 커짐으로써 축계에는 큰 응력을 받게 되는데 1절 진동의

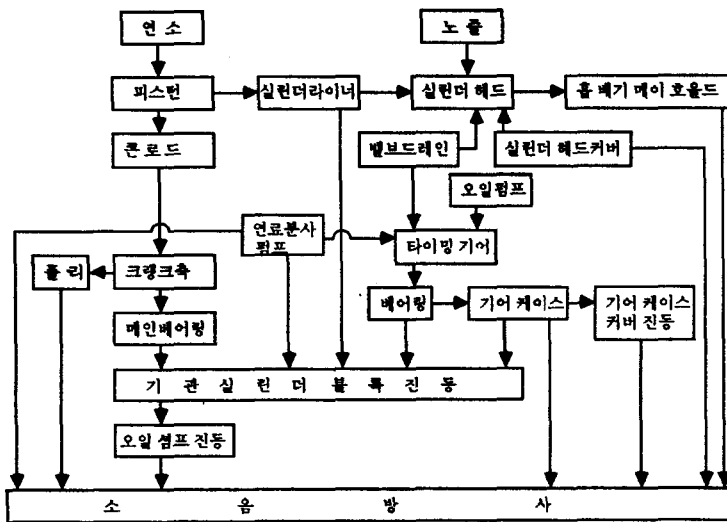


Fig 디젤엔진 소음 발생 기구

Table 1. H형 및 X형 진동기진토오크합

실린더 數		6	7	8	9	10
着火順序		1, 5, 3, 6 2, 4	1, 7, 2, 5 4, 3, 6	1, 8, 3, 4 7, 2, 5, 6	1, 6, 7, 3 5, 8, 2, 4 9	1, 9, 4, 7 2, 10, 3 6, 5, 8
H型	실린더 數次	6	7	8	9	10
	1 次	0	0.20	0.05	0.20	0.11
	2 次	1.16	0.18	0	0.25	0.15
	3 次	4.0	3.44	3.81	4.06	1.89
	4 次	1.16	3.44	1.0	1.11	0.80
	5 次	0	0.18	3.81	1.11	6.0
	6 次	0	0.20	0	4.06	0.80
	7 次	0	0.14	0.05	0.25	1.89
X型	8 次	1.16	0.20	0	0.20	0.15
	9 次	4.0	0.18	0.05	0.33	0.11
	10 次	1.16	3.44	0	0.20	0
	11 次	0	3.44	3.81	0.25	0.11
	12 次	0	0.18	1.0	4.06	0.15
	13 次	0	0.20	3.81	1.11	1.89
	14 次	1.16	0.14	0	1.11	0.80
	15 次	4.0	0.20	0.05	4.06	6.0

경우는 대개 중간축에서, 2절 진동의 경우는 크랭크 축에서 절점이 존재하게 되어 이 부위에 특히 심한 진동응력이 가해짐으로써 파손 및 손상의 원인이 되기도 한다.

또한 중진동은 프로펠러 및 기관의 과도한 관성력에 의한 크랭크 암의 종방향 운동, 축계의 종방향 추력 등에 의하여 스러스트 베어링의 손상 원인이 되고, 횡진동은 주로 프로펠러 회전체의 관성 및 축의 강도에 의해서 발생되는데 모두 축의 손상과 소음을 야기시

키는 원인이 된다.

2.3 디젤기관의 소음

앞의 Fig 1에서 보이는 바와 같이 기관내부에서 기진되는 진동은 기관블록 및 각 기관구조물의 고정부위를 따라 연결 구조물로 전달되는데 이 진동은 공기전파 소음을 야기하게 되어 승조원의 작업환경에 나쁜 영향을 주게 된다.

어선기관의 경우 대개가 6기통 기관, 드물게 8기통 기관이 채택되는데 이러한 기관의 각 부위별 공기소음 방사 예³⁾가

Fig2에 나타나 있다.

Fig2는 각 부위마다 마이크로폰으로 음압레벨을 측정 한 것³⁾인데 이를 관찰하면 전체 기관소음에 대해서 상대적으로 특히 높은 소음기여도를 나타내는 부위가 있음을 알 수 있다. 즉 기여도 순서는 크랭크 케이스 측벽 20%, 흡기관 10%, 오일팬 10% 등이다.

또 하나의 예⁴⁾로는 Fig3을 들 수 있다. 이 경우는 과급기, 배기관, 흡기관계통, 타이밍 기어 순으로 기여도가 큼을 알 수 있다.

3. 기관실의 진동·소음 규제

3.1 디젤기관의 진동허용치

선박 주기관의 진동허용치는 ISO/TC180, IEC 및 일본박용기관학회 기관진동 연구위원회 등에서 제안되고 있는 기준들을 들 수 있다. 선박 주기 디젤기관은 기관의 출력과 회전수에 따라 대개 1500rpm 이상을 중고속기관, 1500rpm 이하를 저속기관이라 칭한다. 따라서 중소형 어선의 경우는 거의 중고속기관에 해당 된다.

중고속 기관의 경우 상기의 규격 및 경험치에 의하면 기관블록 상부의 횡진폭이 0.35mm이내, 진동도(Vibration Severity) 측면에서는 18mm/sec이내 안전한 것으로 알려져 있다.

진동도란 진폭과 진동각속도를 이용한 진동속도의 자승근으로 나타낸다. 즉,

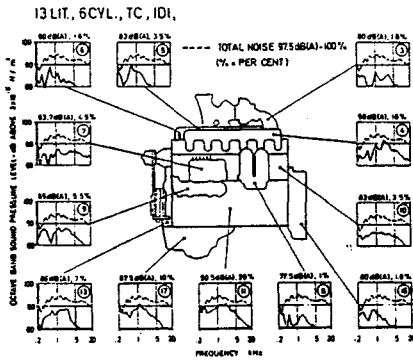


Fig. 2. 6기통다젤기관의 진동 기여도(I)

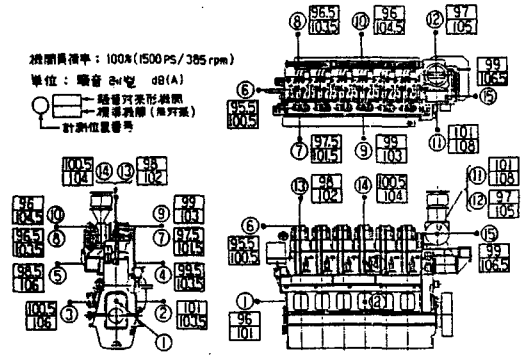


Fig. 3 6기통다젤기관의 진동기여도(II)

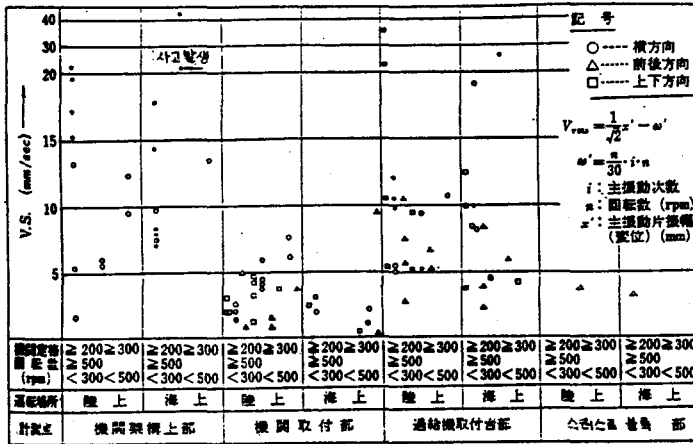


Fig. 4 중고속 디젤주기관기의 진동비교도⁵⁾

3.2 기관실 소음허용치

현행 IMO 등 국제적 소음기준의 기관실 소음허용치는 저속 디젤기관을 탑재한 대형 상선의 경우 92 ~ 106 dB(A), 중소형선 및 어선의 경우 Fig. 5⁶⁾에서 보듯이 101 ~ 111 dB(A) 정도로 정하고 있다.

일반적으로 소음레벨의 한계치는 선형의 대소에 따라 큰 차이는 없으므로 어선 및 소형선의 기관실 소음을 110dB(A) 이하로 유지할 수 있다면 별로 문

제는 없다.

Fig. 6, 7, 8은 일본 어업실습선의 해상공시운전시의 기관실내의 소음 분포를 실측한 예⁴⁾이다. Fig. 6에서 보면 주기관기 100% 부하운전시에는 주기관기 부근의 소음이 가장 크고 주기관 및 좌현발전기관 주변의 소음레벨은 비슷하다. 또한 Fig. 7, 8에서 보면 해상공시운전시에는 육상공시운전시 보다 4000Hz 이하의 성분이 급증하여 5~8dB(A)의 높은 소음을

$$V \cdot S = (X\omega)_{rms}$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2} X_i^2 \omega_i^2}$$

여기서, X_i : i 차 진폭(mm)

ω_i : i 차 각속도(rad/sec)

발생시키는 것을 알 수 있다. 그러나 주기관 정지중에는 상당히 낮은 소음레벨을 유지하는 사실에 비추어 주기관의 저소음화가 특히 요망된다.

4. 기관실의 진동·소음 대책

4.1 기관실의 진동방지⁶⁾

기관 진동을 저감하는 데는 기진력의 감소, 공진회피, 진동

에너지의 흡수 등의 방법이 있다. 기진력을 감소시키는 방법 으로서는 크랭크의 적절한 배치, 플라이 휠의 치수 및 무게 조정, 밸런서의 부착 등을 들 수 있다. 크랭크의 배치는, 6기 통 4행정 기관의 경우 1,6-2,5-3,4 순의 120° 실린더 배치를 함으로써 1,2차 불평형 및 불평형 모우먼트가 소멸될 수 있다. 또한 플라이 휠은 진동 에너지를 흡수하는 효과를 가지므로 진동이 클 경우 플라이 휠을 크게 할 필요가 있다. 그리고 밸런서는 1차 밸런서인 경우 기통마다 그것을 부착시킴으로써 1차 불평형력을 소멸시킬 수 있으나 2차인 경우는 구동기어나 체인에 의해서 2배의 속도로 회전할 수 있는 불평형 질량을 설치함으로써 소멸시킬 수 있다.

다음으로, 공진을 회피하기

위한 방법은 기관지지대의 강성을 높임으로써 기관 고유진동수를 상승시키는 방법과 기관의 블록에 보강판을 설치하는 방법이 있다.

마지막으로, 진동 에너지를 흡수함으로써 진동을 방지하는 방법은 기관을 탄성지지하거나 흡진기 및 진동댐퍼를 설치하는 등 방진지지대나 기구를 설치하는 것이다. 이 방법은 기관 및 지지구조물의 엄밀한 해석이 필요하므로 진동에 관한 전문지식이 필요하다.

4.2 기관의 소음방지⁷⁾

디젤기관의 소음을 제어하기 위해서 지금까지 국제적으로 많은 시도가 이루어지고 있다.

그것을 대별하면, 기계적 소음을 줄이기 위한 엔진의 블록 강성 강화, 진동 절연 (Isola-

tion), 기관의 구조변경 등의 방법과 연소소음을 줄이기 위한 저소음 연소실 설계, 엔진의 일부 혹은 전부를 차폐하는 방법, 흡배기 소음기 설치 등의 방법으로 분류될 수 있다. 그러나 이들 방법의 대부분은 매우 복잡하며 전문적이어서 비 전문가로서는 적용하기가 어렵다. 그러므로 본고에서는 소음원의 제어 개념만 간단히 언급하기로 한다.

디젤기관은 그 자체가 직접적이든 간접적이든 소음원이 되는데 그것은 다음과 같다.

- (1)엔진표면과 부속품에서 발생하는 공기절단 소음
- (2)엔진에서 고정부분을 통하여 지지대에 전달되는 진동에 기인한 소음
- (3) 동력전달장치 소음
- (4) 흡배기 소음
- (5) 냉각기계통 소음

이러한 소음원을 제어하기 위해서는 다음과 같은 방법이 있다.

- (1) 연소완화
- (2) 피스톤슬랩 감소
- (3) 블록의 강성강화, 감쇠 및 커버의 진동절연
- (4) 기관블록의 부분차폐 및 완전차폐

그러나 여기서 연소완화나 피스톤슬랩 감소 등은 엔진제작사에서 설계단계에서부터 고려하여야 할 사항이며 이것은 기관의 성능과 관련되므로 엄밀한 해석이 요구된다. 그러므로 기존 엔진의 소음제어를 위해서는 기관의 강성강화, 진동절연, 차

	USA 1979	UK 1978	W-Germ. 1979	France 1979	Norway 1973	Sweden 1973	Denmark 1975	Finland 1978	Iceland 1986	The Nether. 1978
Engine Room	110 ¹⁾	110	110	105	110	105 ¹⁾	110	-	110	110
Control Room	75	75	75 + k ¹⁾	70/75 ¹⁾	75	70	75	-	80	80
Workshop	-	90	85	85	85	75	85	-	85	90
Wheelhouse	65	65	65	65	65	65	65	-	65	65
Radio Room	65	60	60	60	65	55	65	-	65	65
Cabins	60	60	60	55/60	60 + k ¹⁾	55	60	60 + k ¹⁾	65	60
Hospital	60	60	60	-	55	55	-	-	-	60
Mess/Recr.rm	65	65	65 + k ¹⁾	65/70	65	65	65	60 + k ¹⁾	65	65

	Italy 1973	Israel 1976	Canada 1971 ¹⁾	USSR 1981	DDR 1977	Poland 1973	Yugoslavia 1970	Australia 1979	Japan 1975	IMO
Engine Room	110	90	- ¹⁾	100 ¹⁾	-	-	-	-	-	110 ¹⁾
Control Room	75	75	-	65	80	75	75	75	75 ¹⁾	75
Workshop	90	80	-	85	90	-	85	90	85	85
Wheelhouse	-	65	-	55	60	65	-	70	-	65
Radio Room	65	65	-	55	60	60	-	60	-	60
Cabins	55	60	70	45 + k ¹⁾	60	60	65	60	60 + k ¹⁾	60
Hospital	60	-	-	45	55	55	-	55	60 + k	60
Mess/Recr.rm	65	70	74	60(55)	60	65	65	65	60 + k	65

USA 1) As submitted to IMO from the Maritime Administration.
 W-Germ. 2) k = 10 if GRT < 4000 t
 3) k = 5 if GRT < 8000 t
 France 4) Turbine/Diesel Engine
 Norway 5) k = 5 if GRT < 2000 t
 Sweden 6) -Rough check--limits. True limits given as max. permissible octave band levels. For several locations these correspond to dB(A)-levels which are higher than the levels given in the table, e.g. in cabins approx. 60 dB(A).
 Finland 7) k = 5 if GRT < 2000 t
 8) k = 5 if GRT < 10,000 t
 Canada 9) Canadian Towboat Operators
 USSR 10) Approx. limit. Other limits are max. equivalent noise exposure level (8 hr)
 11) k = 5 for ships with restricted operation, less than 100 miles offshore.
 Japan 12) Limits are target levels if GRT < 20,000 t
 13) k = 5 if GRT < 65,000 t
 IMO 14) Target levels if GRT < 1500 t

Fig.5 세계 각국의 선박소음 기준치

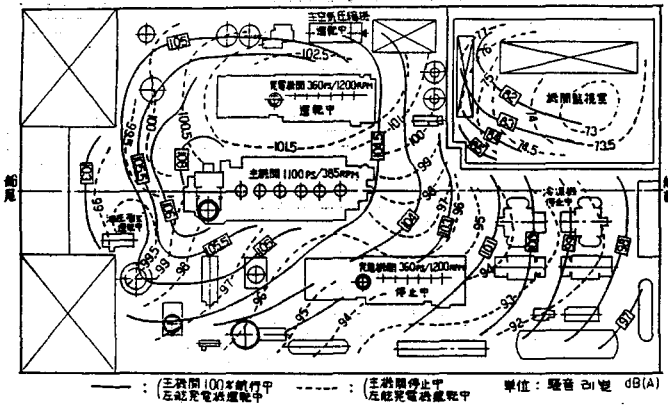


Fig. 6 기관실내의 소음 분포도

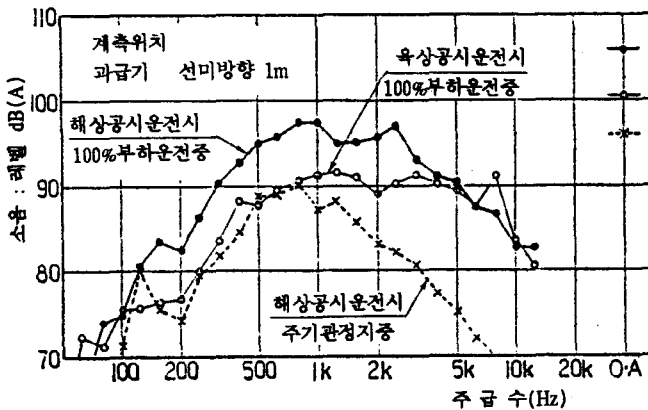


Fig. 7 기관소음(실린더 상부)

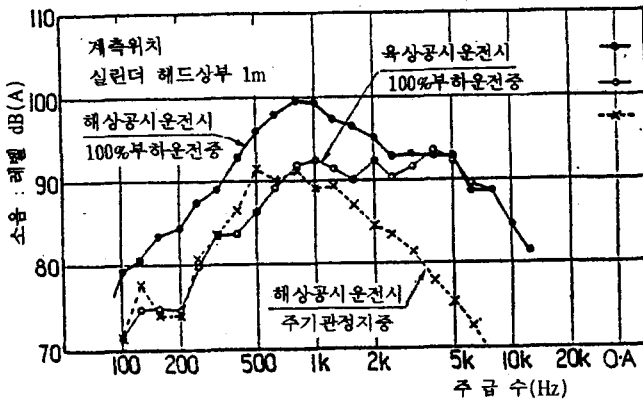


Fig. 8 기관소음(과급기축)

폐 및 흡배기관 소음기 설치 등의 방법이 이용가능하다.

5. 결론

지금까지 소형디젤기관의 진동·소음의 중요성, 특성 등을 언급함으로써 어선기관의 진동·소음원리를 소개하였고 아울러 어선기관에 해당되는 국제적 진동·소음허용치를 조사하여 제시하였다. 그러나 진동·소음저감 대책에 관한 사항은 매우 전문적이므로 개념만 간단히 소개하였다. 그 이유는 진동·소음의 문의한일지라도 기본적인 개념을 파악함으로써 위급하거나 필요할 때 응급조치를 취할 수 있는 능력을 부여하고자 하는 심정에서다.

향후 점점 진동·소음에 대한 관심이 높아지는 추세이므로 어선인들도 이에 대한 관심을 기울여야 할 것이다.

참고 문헌

- 1) T. Priede, "Relation Between Form of Cylinder Pressure Diagram and Noise in Diesel Engines", Proc. I. M. E. Automobiles Division, (1960 ~61), 63 ~ 67
- 2) P. J. Yorke, "Application of Idealization and Response Analysis to Diesel Engine Noise Assessment", SAE, 750836, pp. 156 ~ 167
- 3) G. E. Thien, "The Use

of Specially Designed Covers and Shields to Reduce Diesel Engine Noise. "SAE 730244, Detroit, Jan. 1973

4) 赤阪鐵工所, "漁船用機關 騒音 對策", 日本 漁船 第 251號, 昭和 59年 6月

5) 船舶振動設計指針, 日本 海事協會, 昭和 56年 (1981)

6) Shipboard Acoustics, ISSA '86, 2nd International Symposium on Shipboard Acoustics

7) C. F. Taylor, The International-Combustion Engines in

Theory and Practice, Vol. 2, MIT Press (1968)

8) 이동환, 엔진본체 진동분석에 의한 소음저감 기법개발, 과기처, 1987. 12.

바다의 건강식품 "미역"

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여 있을 뿐만 아니라 동·남해안에서는 한류와 난류가 교차해서 흐르고 있어서 좋은 어장이 형성되고 4백여종의 해조류가 생산되고 있다.

그중에서 식용으로 활용될 수 있는 것이 50여종이나 되며, 그 가운데서도 대표적인 것이 미역이라고 할 수 있다.

유럽인들은 비교적 해조류를 먹지 않았으나 동양인들은 오래전부터 해조류를 식용으로 삼아왔다. 우리나라는 삼국시대와 고려시대 문헌에 이미 미역과 다시마에 관한 기록이 있는 점으로 미루어 상당히 오래전부터 해조류를 먹어 온 것이 확실시 된다. 미역은 먼 옛날부터 우리들의 식탁에 자주 올라 매우 친근한 전통식품으로 간주되어 왔다. 특히 우리나라에서는 오래전부터 산모에게 미역국을 먹여왔는데 이는 유구한 경험으로 보아 여러가지 좋은 점을 발견했기 때문일 것이다. 미역국이 산모에게 좋은 점을 몇 가지 생각해보면

첫째, 산모는 변비가 생기기 쉬운데 미역에는 점성다당류(粘性多糖類)가 많아 장을 통과하면서 장벽을 자극하여 장의 운동을 활발히 해주고 배변을 용이하게 해 준다는 점이다.

둘째로는 미역에는 산모에게 필수적인 무기질과 양질의 단백질이 많아 영양섭취에 크게 도움이 되며, 세째로는 젖을 많이 분비할 수 있도록 수분 단백질을 충분히 공급해 준다는 점이다.

미역의 성분은 철분, 칼슘, 단백질과 탄수화물 및 각종 비타민 등 양질의 영양소를 골고루 갖추고 있어 성인병인 고혈압예방과 치료에 도움을 주고 비만증의 해소, 강장작용 등 효과적인 건강식품으로 널리 꼽히고 있다. 최근 양식기술의 발달로 그 자원량이 풍부해진 미역은 언제 어디서나 싼값으로 구할 수 있을 뿐만 아니라 여러가지 요리법도 개발 보급되어 가정주부가 누구나 부담없이 식탁에 올려놓을 수 있는 우수식품임이 입증되고 있다.