# 한국 연안에서의 수중소음 수준의 변화

# The Variability of Ambient Noise Levels in Coastal Waters of Korea

* 김 성 부 (Kim. Sung Boo)
** 장 지 원 (Chang. Jee Won)

## 요 약

한국 연안에서 높게 보고되고 있는 수중소음의 소음원을 규명하기 위하여 해상교통량 변화에 따르는 소음수준의 변화를 2KHz 이하에서 관측하였다.

100Hz 부근의 소음은 이미 잘 알려진대로 선박에 기인함이 실험결과에서 드러났지만, 그 수준은 100~110dB 로 높게 관측되었다. 더우기 관측선으로 부터의 거리 변화율이 심한 근거리에 다수의 선박들이 분포해 있을 때, 10분 간격의 소음변화는 특히 1KHz 이상에서 최고 10 dB까지 변화를 보였다.

이것은 연근해의 밀집해 있는 선박들이 이 주파수대에서도 하나의 소음원 으로서 작용함을 의미한다.

## ABSTRACT

The variability of Ambient Sea Noise levels due to the variation of ship traffic has been measured in coartal waters of Korea. The noise at frequences near 100HZ apparently depended only on ship traffic and it's level was as high as 100-110 dB. In addition, when a large number of ships were distributed over short distance from measurement ship, the noise levels during 30 ninutes created on variability of perhaps 10 dB.

These results imply that high ship traffic in coastal waters is apparently a part of the noise makers at frequencies around 1KHZ.

## Ⅰ. 서 론

해양에서 발생하는 수중소음에 관한 연구는 제 2차 세계대전 이래로 집중적으로 수행되어져 왔으며, 이러한 덕택으로 소음원에 관해서는 이미 상당 부분이 밝혀져 있는 상태이다.

일반적으로 심해에서는 선박과 수면파 ( Surface Waves )가 주요 소음원이며, 먼거리에 있는 선박통행으로부터 발생하는 소음의 주파수 분포는 100Hz 부근으로, 그리고 수면파에 의해서는 500Hz~25KHz사이에서 우세하게 나타나는 것으로 알려져 있다.[1] 이것은 선박들이 내는 방사소음 ( Radiated Noire )이 선박의 크기나 속도에 따라 다르긴 해도 대체로 100Hz 부근에서 가장 높으며, 주파수가 증가할 수록 Spectrum level이 -6dB/octave 정도로 감소하고 있기 때문이다.[2] 더구나 먼거리에서는 주파수가 증가할수록 더 큰 음파전달손실이 생기므로 결국 수면파에 의한 소음값이 보다 우세하게 나타난다.

뿐만아니라 먼거리의 선박이나 수면파가 각각의 주파수 대에서 주요소음원으로 작용하는것은 전체적인 소음

* 부산 수산대학 교수
** 부산 수산대학 교수

수준이 5～10dB 정도 높기는 하나 천해 혹은 연안에서도 마찬가지인 것으로 보고되고 있다.

그러나 한국연안에서 관측된 많은 수중소음 자료들중에는 전체적인 소음 수준이 다른 천해 자료들에 비해 월등히 높게 관측되거나 혹은 수면파가 더 잔잔할 경우에 오히려 500Hz 이상에서 높게 관측되고 있는 기이한 현상들이 보고되고 있다. 물론 생물적인 소음이나 인근 육지로부터 발생하는 산업소음이 영향을 미친다는 보고도 있으나[5] 이런 소음은 일시적이라는 점을 고려한다면 납득하기 어려운점이 여전히 남게 된다.

그래서 한국연안에서 발생하는 수중소음을 좀더 체계적으로 분석해내는 일이 무엇보다 시급한 과제로 지적되고 있다.

일반적으로 소음에 관한 제반 정보를 근본적으로 이해하기 위해서는 소음을 발하는 소음원에 관해서 우선적으로 규명할 필요가 있다. 이를 위해서는 여러가지 방법이 있겠으나 소음원의 변화에 대한 소음수준의 시간변화성을 연구하는 것이 매우 주요하다. 이를테면 R.J.Urick 등은 선박이나 수면파가 어느 주파수 범위까지 소음원으로서 작용하는가를 알아보기위해 1시간 간격으로 소음을 관측하였는데, 선박통행량의 변화에따라 100Hz 미만에서 5～7dB의 표준편차를,[6] 그리고 해황 (Sea state)에 따라 1～5KHz 사이에서 2～3dB의 표준편차가 있음을 발견하였다.[7] 이러한 방법으로 그동안 해양생물이나, 조석, 그리고 산업활동이 갖는 소음원으로서의 역할을 여러차례 보고해왔다.

본 연구에서는 한국 연안에서 높게 보고되고 있는 수중소음의 소음원을 규명하고자 하는 장기적인 계획의 일환으로 해상교통량이 많은 해역에서 선박의 이동에 의한 수중소음의 변화를 짧은 시간간격 ( 10분간격 )으로 관측하여 보았다.

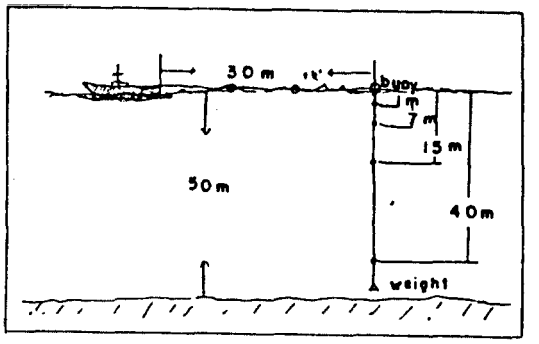
이렇게 함으로써 해상교통량 이외의 주변조건을 일정하게 유지시킬 수 있어 연안에서의 선박들이 어느 주파수 대역까지 소음원으로서 역할을 하는지를 규명하려 한다.

## Ⅱ. 실험 장치

관측은 육지로부터 약 20㎞ 가까이 떨어지고 비교적 선박통행량이 많은 남해의 연안( 수심 50 m )에서 실시하였다. 관측장비를 닻이 내려져 있는 소형 어선에 설치했으며, 무지향성 수중청음기들은 어선으로부터 30m 떨어진 작은 부표에 매달려 1 m , 7 m , 15 m , 40 m 의 깊이에 각각 설치 되어졌다. ( 그림 - 1 )

실험기간 동안의 해황은 파고가 1 - 15 m 정도의 비교적 조용한 상태 였으며, 소형어선을 비롯한 선박들의 이동이 빈번하였다. 실제의 녹음은 관측선으로부터 반경 1㎞이내에 한척의 선박도 없는 경우에 한하였는데, 이것은 한척이 내는 방사소음이 60dB혹은 그 이상 감쇠됨으로서 전체 주변소음에 결정적 변화를 미치지 않게하기 위함이였다.

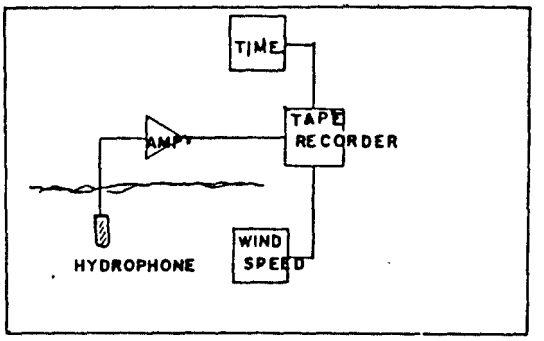
해상교통량에 관한 자료는 관측선으로부터 약 10㎞ 떨어져 선박 엔진을 가동하지 않는 상태에서 레이다에 의해 5분 간격으로 수집되어 졌으며, 실험실에서 관측선을 중심으로 재 구성하였다.




( 그림 - 1 ) 수중청음기들의 수직 배열도

관측장비의 배치를 그림 - 2에 나타내었다. 각 장비에 공급되는 전원은 관측선 자체에서 발생하는 발전기소음 등과 같은 소음을 줄이고자 밧데리로 부터 DC-AC Inverter를 거쳐 공급하였다.

저소음 전치증폭기를 내부에 장착한 수중청음기(B&k 8101)에서의 신호음은 증폭기( B&k 2610 )를 통해 곧바로 녹음기( B&k 7004 )에 녹음 되었는데, 본 실험에서는 우선 2KHz 이하에 중점을 두기위해 1.5ips로 녹음했다.

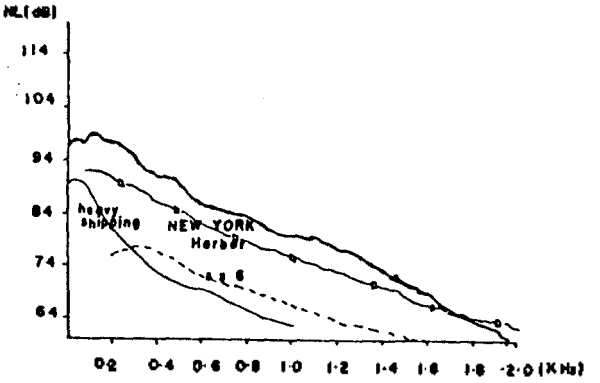



(그림 - 2) 관측장비의 구성도

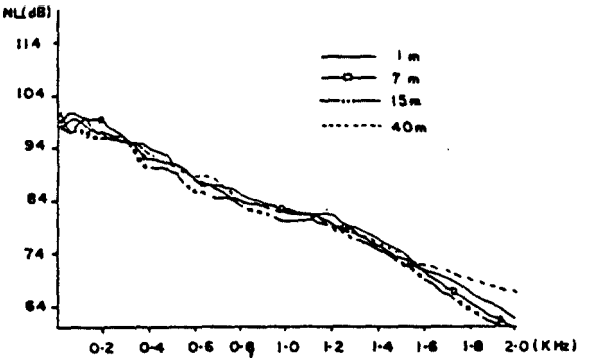
## Ⅲ. 분석 및 토의

녹음된 자료는 5Hz 대역폭의 filter를 통해 분석되어졌으며, 낮시간동안 관측한 수중소음의 평균값을 그림 - 3에 나타내었다. 100Hz ~ 2KHz 사이의 소음값(dB rel$\mu$pa)은 Wenz의 천해소음모델중[1] heavy Shipping 과 해황 상태 6일때 보다 10-15dB 정도 높게 나타나고 있으며, 제 2 차 세계대전중 뉴욕항 입구에서 낮동안 관측된 소음값보다 전반적으로 4~6dB 정도 더 높게 관측되고 있다.[3] 한편 이러한 경향은 깊이에 따라 거의 변화를 보이지 않았는데, 이것은 심해에서는 수중소음 수준이 깊이에 따라 달라 진다는 보고[9]와는 다르게 천해에서는 깊이에 무관함을 보여주고있다. (그림 - 4)

이렇듯 높게 관측되는 소음을 해상교통량의 변화에 대하여 좀더 주의깊게 관찰하기 위하여 관측선을 중심으로 하는 선박분포가 상이하면서 주변환경, 이를테면해황상



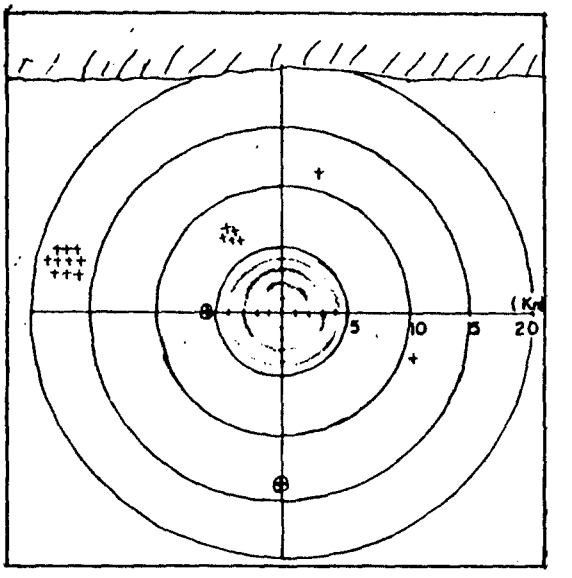

(그림 - 3) 연안에서의 수중 소음수준



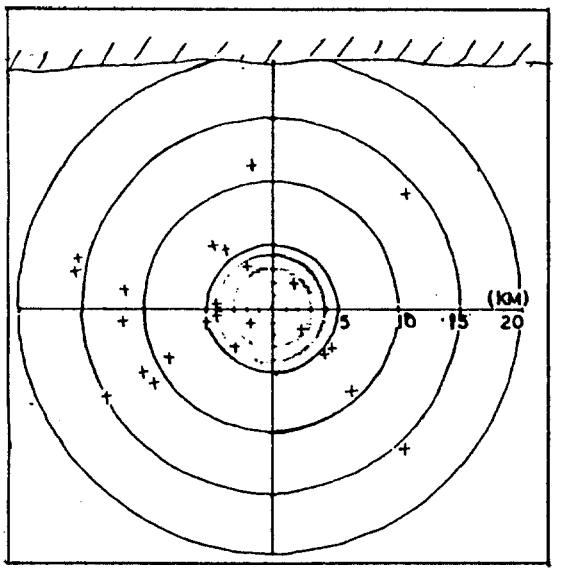

(그림 - 4) 수심변화에 따른 수중 소음수준

태나 유속, 그리고 관측시기(산업활동에의한소음고려) 등이 유사한 부분을 집중적으로 분석하였다. 이들중 관측 첫째날의 오후1시 25분부터 1시55분 사이와 둘째날의 12시 에서 12시30분 사이의 30분간 자료가 그 구분이 뚜렷하였다. 그때의 선박분포를 그림 - 5에 나타내었다. 20㎞이내의 선박 척수는 20여척으로 양일 모두 비슷하면서도 전일에 비해 후일의 선박 분포는 관측선에 다수의 선박들이 접근해 있는 상태였다.

이와같은 선박분포의 차이는 쉽게 식별 가능할 정도의 몇가지 변화를 가져다 주고있다. 그림 6 ~ 9에 10분 간격의 평균소음 값들을 선박분포에 따라 각 깊이별로 나




A



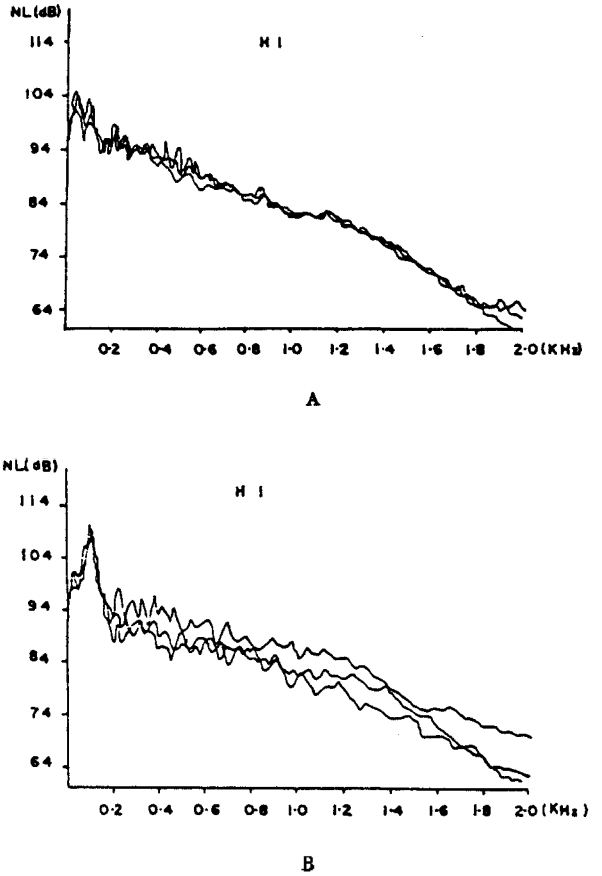

B

(그림 - 5) 관측선을 중심으로한 선박분포도 (+ : 선박1척) A는 첫째날의 선박분포이고 B는 둘째날의 선박분포이다.

타내었는데, 관측선을 중심으로 근거리에 많은 선박이 분포해 있는 후일의 자료가 갖는 하나의 특징은 100Hz 부근에서 전일에 비해 7~10dB 정도 높게 관측되고 있다는 사실이다.

이러한 결과는 미리 예측했던 사실로 이 주파수대에서는 선박들이 주요 소음원임을 여실히 증명하고 있다. 그러나 여기서 더욱 관심을 끄는 것은 100Hz 부근의 소음값이 Wenz의 천해모델중 heavy Shipping일때 보다 두 자료 모두 10~20dB 더 높게 나타난다는 점이다. 이것은 소음원인 선박들이 비교적 근거리에 있었다는것과 천해에서의 음파전달 특성에 기인한 것으로 해석할 수 밖에 없다.

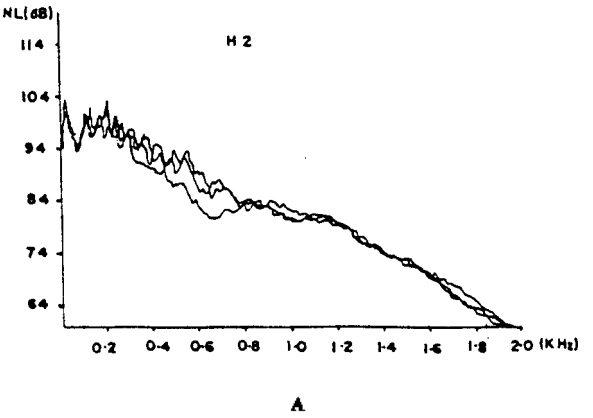
따라서 1kHz 에서의 선박소음은 선박의 방사소음이 -6dB/octave로 감소한다고 볼때, 100Hz 의 소음값에 비해 20dB 낮은 80-90dB 수준이 될 것임을 말해주고 있다. 이 값은 실제 1KHz 부근의 소음값과 비슷한 값을 갖고있어 선박통행량이 근거리에 비교적 많은 연안에서는 이와같은 주파수대의 선박소음도 함께 고려해야 한다는 것을 암시하고 있다.



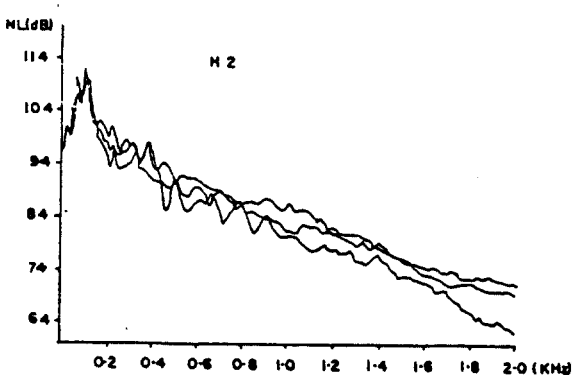

A

B

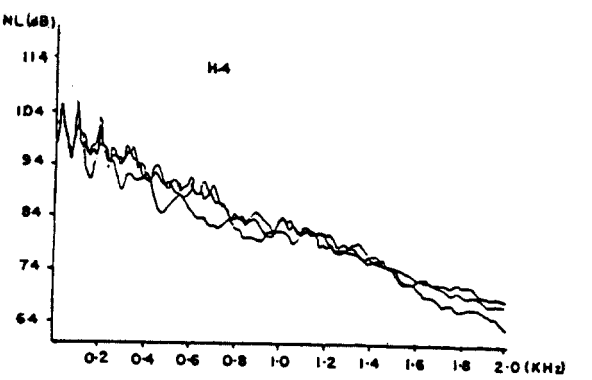
(그림 - 6) 1 m수심에서의 선박분포별 소음수준




A

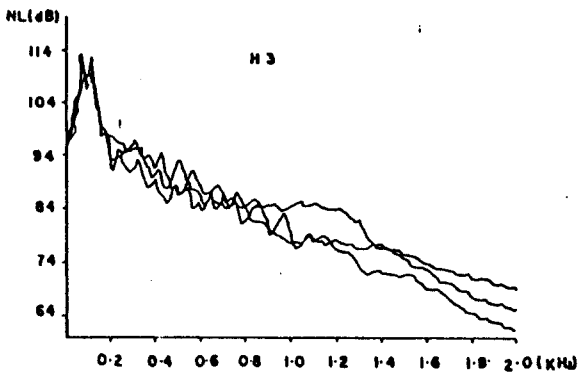



B

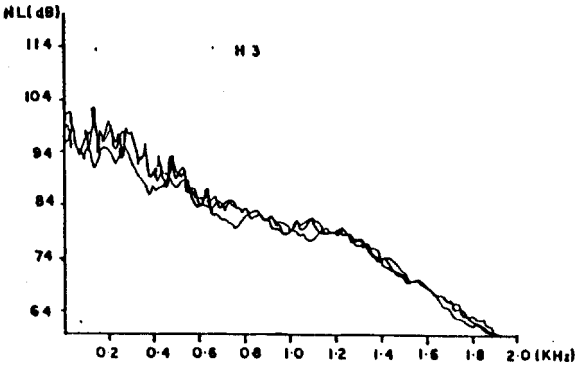



A

(그림 - 7) 7 m수심에서의 선박분포별 소음수준

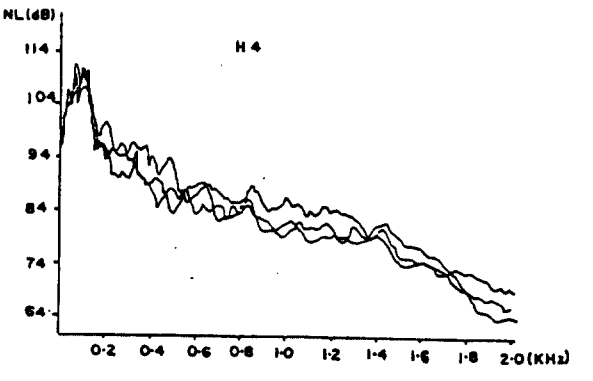



A




B

(그림 - 8) 15 m수심에서의 선박분포별 소음수준




B

(그림 - 9) 40 m수심에서의 선박분포별 소음수준

실제로 이러한 결론은 그림 6～9를 좀더 세밀히 관찰하면 알 수있게 된다. 즉 선박들이 비교적 먼 거리에 분포한 전일의 경우는 전 주파수대에서 시간별 변화가 적음을 발견할 수 있는 반면 후일의 자료에서는 많은 변화, 특히 1KHz이상에서는 10dB까지의 변화를 보이고 있다. 이것은 전일의 경우, 관측선에서 본 선박들의 거리가 비교적 멀었기 때문에 10분간의 이동에 의한 거리 변화율이 적었던 까닭으로 판단되어지나, 후일의 경우는 그 변화율이 높았기 때문으로 풀이된다. 그리고 1KHz 이하에서 소음의 시간적 변화가 적은것은 이 해역에서의 거리를 음파전달손실이 저주파에서 매우 완만하게 감쇠하고 있었다는 실험적 결과가 보완해주고 있다.

그러나 실험자료가 내포하고 있는것중 주의깊게 고찰해야할 부분이 있다. 근거리에 많은 선박이 분포되어있는 후일의 경우, 200Hz 이상의 주파수에서는 소음수준의

증가가 전일에 비해 뚜렷하지 못하다는 점이다. 밀집된 선박의 이동에 의해 소음의 시간변화성이 뚜렷하면서도 200Hz 이상의 평균 소음값이 전일에 비해 비슷하거나 (물론 2KHz 부근에서는 40 m 수심을 제외한 세 수심에서 5～10dB 높게 나타나지만) 2～3dB 정도 높을 뿐이다. 이것은 여태까지 소음원으로 여겨져 왔던 수면파라던지 산업활동, 해양생물, 그리고 유수등이 주요 소음원이기 때문으로 해석될 수도 있지만, 앞서의 결과들을 종합해 보면 해상 교통량이 많은 연안에서는 선박에 의한 소음이 지금까지 알려져 왔던 100Hz 부근의 소음영역을 넘어선 주파수대에 까지 하나의 소음원으로 작용함이 분명하다.

## Ⅳ. 결 론

소음원이 될수있는 모든 조건들을 비슷하게 일치시킨 가운데 선박통행량의 변화에 대한 소음의 시간 변화성을 관측 하였다.

실험결과에 의하면 100Hz 부근의 소음은 이미 잘 알려진대로 선박들에 기인한 것으로 확인할 수 있었으나 소음수준은 Wenz의 천해모델중 heavy shipping 때보다 10 - 20dB 더 높게 관측되었다.

이것은 많은 선박통행량에다 천해에서의 유파전달특성에 기인한 것으로 믿어진다. 이러한 결과는 선박이 내는 더 높은 주파수대의 방사소음도 연안에서는 소음원으로서 역활이 가능함을 암시하고 있다.

실제로, 근거리에서 이동하는 선박들의 분포에 따라 10분 간격의 평균 소음수준의 변화는 1KHz 이상에서 최고 10dB까지 관측할 수 있었다.

이와같은 결과들을 종합해 볼 때 여태까지 500Hz 이상의 소음에 대하여 천해의 주요 소음원으로 여겨져왔던 수면파, 산업활동, 그리고 해양생물 등 에도 선박통행량이 많은 연안에서는 선박들도 하나의 소음원으로 추가되어져야 할 것으로 믿어진다.

## 참 고 문 헌


1. Wenz, G.M.; "Acoustic Ambient Noise in the ocean: Spectra and Source" J. Acoust. Soc. Am., 34; 1936-1956 (1962).
2. Dow, M.T., J.W. Emling, and V.O. Knudsen: "Survey of Underwater Sound No. 4: Sounds from Surface Ships", Nat. Def. Res. Comm. Div. 6 Sec. 6.1-NDRC-2124, 1945.
3. Knudsen, V.O., R.S. Alford, and J.W. Emling: "Underwater Ambient Noise" J. Mar. Res. 7:410 (1948).
4. Piggott, C.L: "Ambient Sea Noise at Low frequence in Shallow water of the Scotian Shelf" J. Acoust. Soc. Am. 36:2152 (1965).
5. Wenz, G.M.: "Informal Communication" U.S. Navy Electron, Lab. Rep. 338, 1962.
6. Urick, R.J., G.R. Lund, and T.J. Tulko: "Depth Profile of Ambient Noise in the Deep Sea North of St. Croix, Virgin Islands" U.S. Nav. Orq. Lab. Tech. Rep. 72-176, 1972.
7. Urick, R.J. G.R. Lund, and T.J. Tulko "Further Mearurements of the Ambient Acoustic Background at Different Depths of a Deep Sea Location" U.S. Nav. Ord. Lab. Tech. Rep., 1973.
8. Willis, J., and F.T. Dietz: "Characteristics of 25 cps Shallow-water Ambient Noise", J. Acoust. Soc. Am. 37:125 (1965).
9. Perrone, A.J.: "Ambient Noise levels as a Function of Water Depth" J. Acoust. Soc. Am. 48:362 (1970).