

東支那海 底棲漁業資源의 調查研究*

尹甲東 · 梁龍林 · 申亨鎰 · 李珠熙 · 曹圭大, 李昊在

釜山水産大學校

(1993년 8월 2일 접수)

Acoustic-Trawl Surveys for Demersal Fisheries Resources in the East China Sea

Gab - Dong YOON, Yong - Rim YANG, Hyeong - Il SHIN,

Ju - Hee LEE, Kyu - Dae CHO, Dae - Jae LEE

National Fisheries University of Pusan

(Received August 2, 1993)

A cooperative Korea-Japan investigation for the demersal fisheries resources of the East China Sea carried out by using the training ship "Oshoro Maru" belong to Hokkaido University, Japan, during 1-8 November, 1991.

The research vessel sampled 15 stations with demersal trawls on the East China Sea, and 1,364 nautical miles of track line were surveyed hydroacoustically.

The hydroacoustic observations were taken with a scientific echo sounder operating at two frequencies of 25 *kHz* and 100 *kHz*, and a microcomputer-based echo integrator.

Fish samples were collected by demersal trawling, and temperature, salinity and dissolved oxygen were measured with a CTD system.

The target strength of fish school was estimated from the relationship between mean scattering strength and catches caught by demersal trawling.

The results obtained can be summarized as follows:

1. The mean backscattering strength for 15 layers occupied by demersal trawls at 25 *kHz* ranged from -70.4 *dB* to -59.1 *dB*. Then the catch per one hour ranged from 8.2 to 587.5 *kg/hour*.

2. The mean backscattering strength for the entire layer between transducer and seabed in the survey area of the East China Sea at 25 *kHz* and 100 *kHz* were -68.0 *dB* and -73.1 *dB*, respectively.

* 이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 대학부설연구소 지원 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

3. The mean fish-school target strength per one kilogram at 25 kHz and 100 kHz were -28.3 dB/kg, and -30.4 dB/kg, respectively.

緒 言

東支那海는 漁業 生産力이나 그 규모면에서 동북아시아의 중요한 大陸棚 漁場으로서, 지리적으로 韓國, 日本, 中國에 서로 인접하고 있는 관계로 이들 三國의 연근해 어업이 서로 경합을 벌이고 있는 해역이기도 하다.

현재 동지나해에서는 우리나라의 大型旋網漁船, 大型汽船底引網漁船, 大型트롤漁船, 鮫鱈網漁船 등이 出漁하여 고등어, 쥐치, 갈치 등을 포함하여 수많은 어종을 어획하고 있다.

그러나, 최근 동지나해의 漁業資源이 감소하여 어장의 生産性이 저하됨에 따라 각국 어선간의 어업 경쟁이 날로 심화됨으로서 資源 枯渴의 징후가 나타나고 있는 가운데 각 주변국은 동지나해 어업 자원을 공동으로 평가해서 합리적으로 管理하기 위한 대책의 수립에 부심하고 있는 실정이다.

釜山水産大學校는 이와같은 동지나해 어업 환경의 악화에 능동적으로 대처하기 위한 방안의 일환으로, 1989년도에 日本 北海道大學과 공동조사팀을 구성하여 동지나해 어업자원 및 어업환경의 조사를 실시하여 왔다.

본 연구에서는 이 공동조사중에서 1991년도에 주로 計量魚群探知機를 이용하여 魚族資源의 現在量을 추정하는 데 필요한 기초자료를 수집, 분석한 결과에 대하여 보고한다.

實驗裝置 및 方法

本 調査는 1991년 11월 1일부터 동년 11월 8일까지 北海道大學 實習船 Oshoro Maru(stern trawler, G/T 1,383)를 이용하여 Fig. 1과 같이 설정한 15개의 트롤 조사점과 30개의 해양관측정점을 대상으로 실시하였다.

計量魚探시스템(海上電機, KFC-200)에 의한

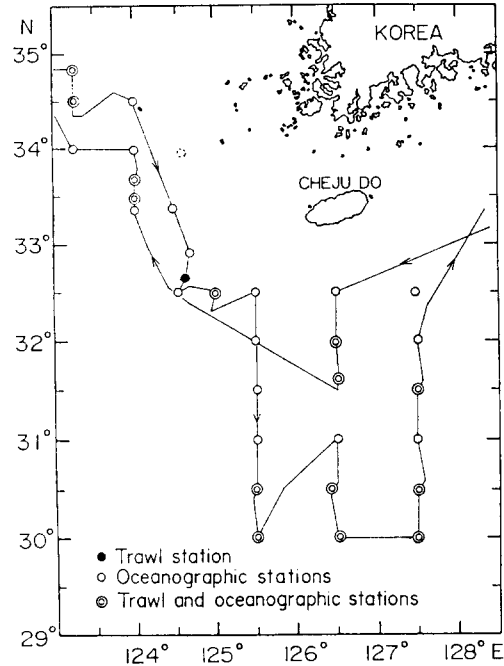


Fig. 1. Track line of the research vessel during the KOREA-JAPAN demersal trawl surveys in the East Chia Sea in November, 1991.

魚群 echo 信號의 計測은 Fig. 1에서와 같은 survey line(1,364 mile)을 대상으로 晝夜에 걸쳐 연속적으로 실시하였고, 트롤조업은 survey line상에 설정된 15개의 조사점을 대상으로 曳網針路 000°와 180°, 船速 3~4 knots, 曳網時間 2시간으로 하여 주간에만 실시하였다.

한편, 본 조사에서는 計量魚探시스템에 의한 資源 調査에 병행하여, survey line상에 설정한 30개의 해양관측점에서 CTD시스템(Neil Brown Mark III)에 의한 해양관측을 행하였다. 또한, otter graph(海上電機, KOG-101)에 의한 展開板의 間隔測定 및 net recorder(海上電機, G-10)를 이용하여 트롤그물에 入網되는 어군의 入網狀況의 파악

과 網高의 측정 등도 행하였다.

現場에서는 計量魚群探知機에 연결되어 있는 echo integrator에서 어군의 超音波散亂信號가 積分處理되어 각각의 수층별 體積散亂強度가 산출되면, 이것을 RS-232C interface를 통하여 micro-computer(Epson, PC-286C)로서 수신하여 floppy disk에 수록하였다. 이때, GPS의 位置, 船速, 曳網針路와 같은 航海情報과 風向 및 風速, 流向 및 流速과 같은 海況情報도 동시에 digital화 하여 floppy disk에 수록하였다.

實驗室에서는 floppy disk에 수록된 이들의 자료를 재생시켜 micro-computer(NEC, PC-9801vm2 및 TAEIL MEDIA, TIM-286DX)로서 분석, 고찰하고, 그 결과를 X-Y plotter (GRAPHTEC, MP3000)로서 圖表化하였다.

트롤 조업에 의해 어획된 漁獲物은 어종별로 분류하여 體長, 體重, 體高 및 體幅 등을 측정하였다.

調査海域에 대한 어군의 分布量을 추정할 때, 水深에 대해서는 해당해역의 수심을 1 m 간격으로 分割하여 각 수층별 어군의 體積散亂強度를 구하였고, 航走距離에 대해서는 survey line을 10 mile 間隔으로 나누어 體積散亂強度를 구하였다. 최종적으로는 이들 수심에 대한 평균값과 survey line에 대한 평균값을 집합 평균하여, 10 mile 단위로 각 해역에 대한 어군의 空間的인 平均體積散亂強度를 구하고, 그것을 魚群의 分布量으로 하였다.

한편, 魚群 1kg당에 대한 超音波散亂強度는 저층트롤에 의한 漁獲量과 그때의 트롤 曳網層에 대한 平均體積散亂強度와의 관계로부터 추정하였다. 이 때, 트롤 예상층에 대한 掃海 體積은 otter graph에 의한 展開板의 間隔과 Net Recorder에 의한 網高로부터 산출하였다.

結果 및 考察

1. 漁獲物의 組成과 超音波散亂強度

1991年 11月 동지나해에서 저층 트롤에 의한 어획된 어획량(kg/hour)과 그 때 어획된 魚種數

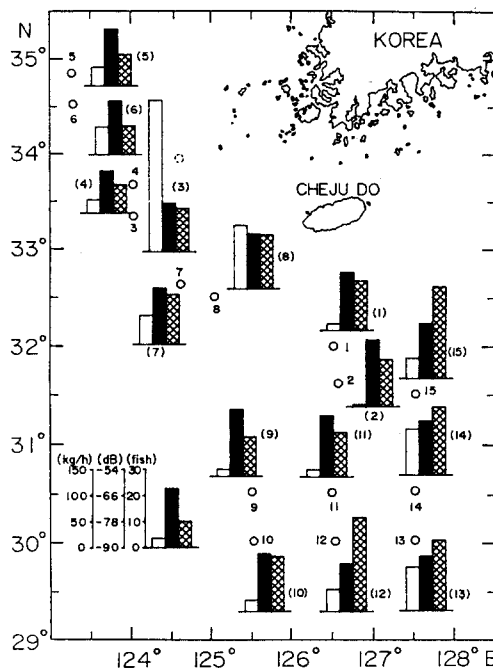


Fig. 2. Distributions of CPUE(kg/hour), number of species and mean volume scattering strength(SV, dB) at bottom layers of the East China Sea in November, 1991.

및 트롤 예상층에 대한 平均體積散亂強度(dB)는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 조사대상으로 한 15개의 trawl station에 대한 單位時間當의 어획량은 8.2~587.5 kg/hour, 魚種數는 11~36 어종이었고, 또한 이 때의 트롤 예상층에 대한 平均體積散亂強度는 -70.4~-59.1 dB이었다. Fig. 2에서 가장 많은 어획이 있었던 해역은 station No. 3(Lat. 33° 22'.00N, Long.124° 00'.04E)으로서, 총어획량 587.5 kg중에서 꽃게(*Portunus trituberculatus*)가 약 76%, 물매기(*Liparis tessellatus*)가 약 15%, 그 밖에도 약간의 아귀(*Lophiomus setigerus*)와 살오징어(*Todarodes pacificus*)가 어획되었다. 또한, 가장 많은 魚種이 어획되었던 해역은 station No.12(Lat. 30° 00'. 10N, Long.126° 32'.70E)로서, 36개 魚種에 모두 84.1 kg이 어획되었는데, 그 어획물중에서 약

19%는 칼오징어(*Photolgio edulis f. budo*)였다. 한편, 트롤 예망층에 대한 體積散亂強度가 가장 높았던 해역은 station No.9(Lat. 30° 29' 20N, Long.125° 27'.70E)로서, 그 값은 -59.1 dB이었다. 그러나, 이 해역에 있어서의 트롤 조업에 의한 漁獲量은 26.5 kg으로서 매우 작았고, 또 그 당시 트롤 그물의 날개부분부터 끝자루에 이르기까지에는 칼치의 치어가 대량으로 끼어 올라왔다. 이와같은 사실로 부터 미루어 볼 때, 당시 이 해역의 底層에는 칼치의 치어군이 분포하고 있었으나, 그물의 網目 選擇性에 의해 그 대부분이 그물을 빠져나가 魚探의 反應에 대응하는 어획이 이루어지지 않았던 것으로 판단된다. 따라서, 今後에는 計量魚群探知機를 이용하여 漁業資源을 조사할 때, 그물의 網目 選擇性에 대한 효과도 충분히 검토되어야 한다고 판단된다.

2. 魚群의 分布와 漁場環境

Fig. 3은 調査船의 航跡을 따라 계측한 어군의

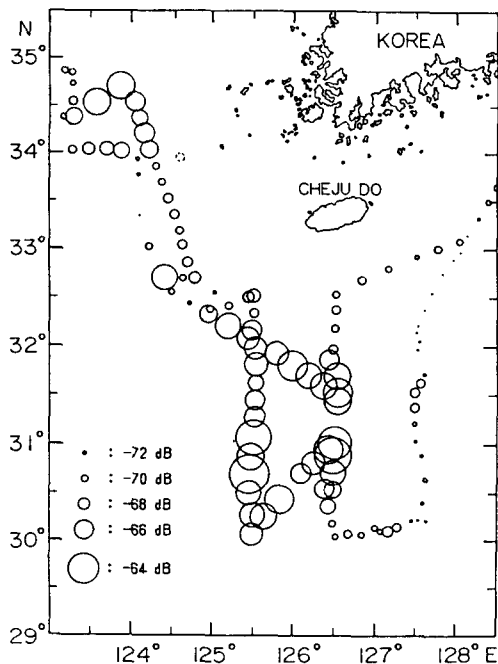


Fig. 3. SV map in the East China Sea in November, 1991.

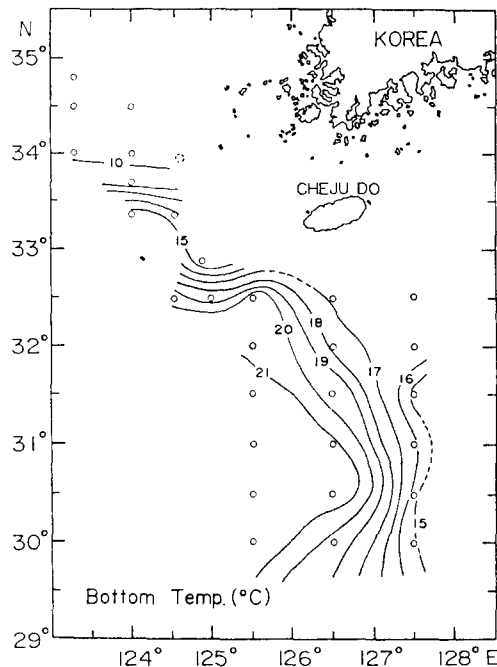


Fig. 4. Horizontal distribution of bottom temperature in November, 1991.

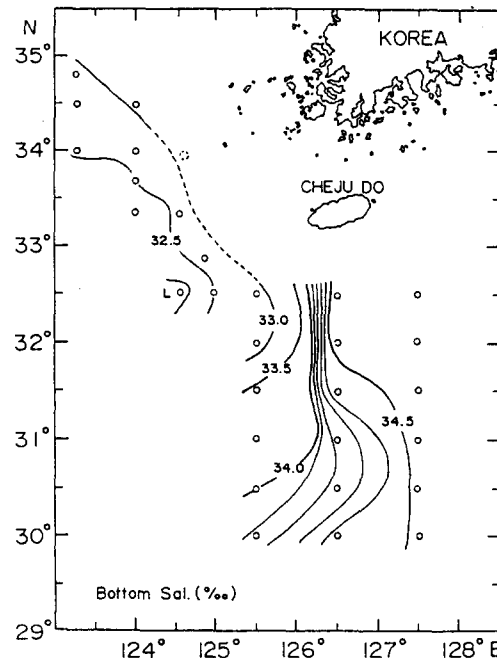


Fig. 5. Horizontal distribution of bottom salinity in November, 1991.

分布圖를 나타낸 것이다.

Fig. 3에서 어군의 分布는 計量魚群探知機에 의해 계측한 單位體積當에 대한 어군의 平均體積散亂強度(dB)의 값으로서 나타내고 있다. 따라서, 대상해역에 분포하고 있는 어군 1 kg 당에 대한 平均反射強度나 대상어군을 구성하고 있는 魚體 1마리당의 平均反射強度를 알고 있으면, Fig. 3의 平均體積散亂強度의 값으로부터 單位體積當에 분포하는 魚群의 量을 추정할 수 있다.

Fig. 3 나타낸 어군의 分布圖와 당시의 조사해역에 대한 漁場環境과의 관계를 비교, 검토하기 위해서, 1991년도 11월의 조사기간 동안에 대한 東支那海의 底層水溫과 底層鹽分의 水平分布圖를 나타내면 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다. 본 연구에서 조사해역의 底層에 대한 水溫과 鹽分의 水平分布圖에 주목하

고 있는 것은 魚探에 의한 어군의 反應이 주로 底層에서 강하게 나타나고 있기 때문이다.

Fig. 4의 底層水溫의 水平分布圖에서 Lat. $34^{\circ} 00'$, Long. $124^{\circ} 00'E$ 의 해역을 중심으로 하는 黃海中央域에서는 水溫 $10^{\circ}C$ 以下の 冷水가, 또 Lat. $32^{\circ} 30'N$, Long. $125^{\circ} 30'E$ 의 제주도 남서부 해역에서는 수온 $20^{\circ}C$ 이상의 高溫水가 각각 존재하여, 이들 두 수괴사이에는 약 2° 정도의 南北方向의 緯度差를 갖고 溫度傾度가 $0.07^{\circ}C/km$ 인 전선이 형성되어 있다. 한편 Lat. $30^{\circ} 30'N$, Long. $126^{\circ} 45'E$ 를 기점으로 그 以西 海域에서는 $21^{\circ}C$ 이상의 高溫水가 중국대륙방향으로 광범하게 분포하나, 그 以東에서는 Long. $127^{\circ} 30'E$ 에 이르기까지 역시 $0.07^{\circ}C/km$ 의 수온경도를 갖는 아주 조밀한 전선대가 형성되고 있음을 알 수 있다.

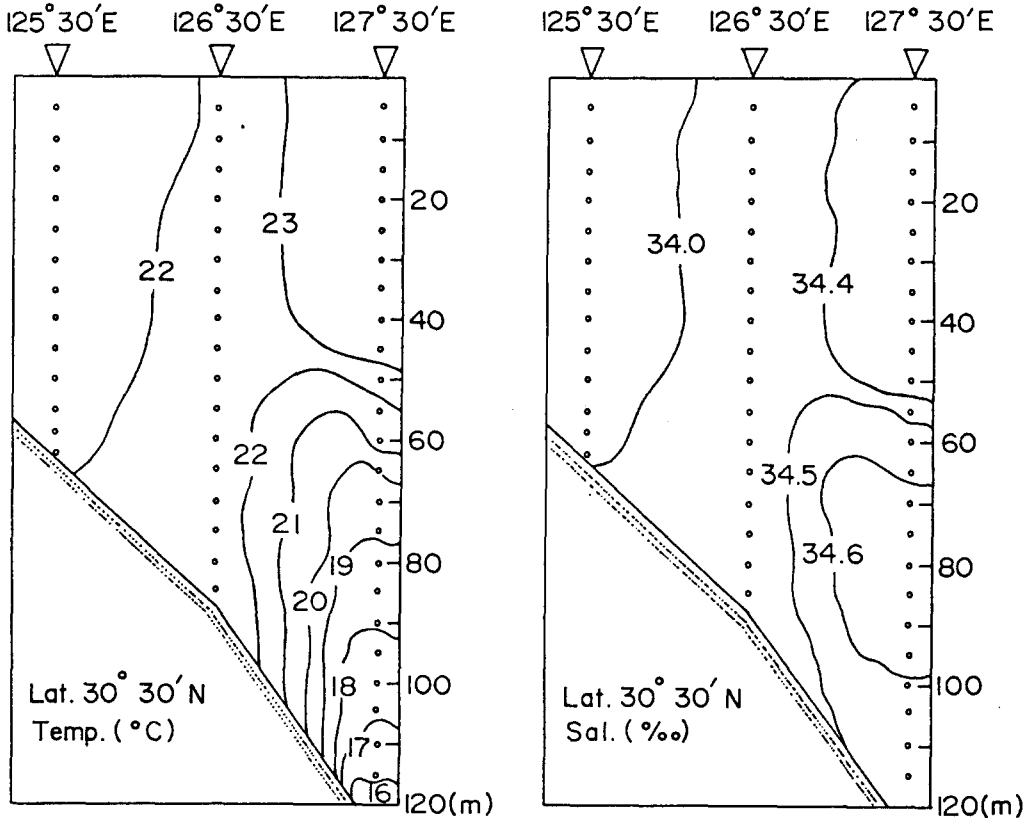


Fig. 6. Vertical distribution of temperature and salinity on Lat. $30^{\circ} 30'N$ in November, 1991.

한편, Fig. 5에서 底層 鹽分의 水平分布圖는 水溫 分布와는 달리 東支那海의 東서방향으로 鹽分 濃度가 서로 다른 양상을 나타내어, 중국대륙쪽에서는 32.5% 이하의 低鹽分이고, 이로부터 동쪽으로 갈수록 차츰 그 濃度가 높아져 34.5% 까지 높아지는 분포양상을 나타내고 있다. 또한, 제주도 남부에 있어서는 33.0~34.5% 사이에서 조밀한 전선대가 형성되고 있음을 알 수 있다.

Fig. 6은 Lat. 30° 30'N의 緯度線에 대한 水溫과 鹽分의 鉛直分布圖를 나타낸 것이다. Fig. 6에서 Lon.126° 45'E를 기점으로 그 以西海域에서는 표면으로 부터 해저까지 수온 22℃, 염분 34.0%의 混合層이 연속적으로 거의 일정하게 분포하나, 그 以東海域에 있어서는 수심 50 m 부근에 형성된 22℃의 等溫線을 경계로 0.09℃/m의 溫度 傾度를 갖는 水溫躍層이 존재하고, 또 그 하층 수괴의 중심부에 대한 鹽分은 34.6%이었다.

Fig. 3~Fig. 6를 상호 연관시켜 魚群의 分布와 漁況과의 關係를 고찰해 볼 때, 魚群의 분포는 水溫 10℃, 鹽分 33.0%의 黃海 中部의 底層 冷水域과 水溫 21℃이상의 東支那海 中央 海域의 底層 高溫水域, 또 쿠로시오계의 暖流와 黃海 冷水 및 大陸 沿岸水의 사이에 형성된 水溫 18~21℃, 鹽分 32.5~34.5%의 제주도 남부의 전선역에서 그 群集度가 매우 높은 것을 알 수 있다. 한편, Lon.126° 30'N에서 Lon.127° 30'E까지의 전선역에 대해서는 計量魚群探知機에 의한 體積散亂強度의 資料가 없어 Fig. 6의 水溫躍層에 대한 어군의 분포를 정확하게 파악할 수 없었다.

3. 魚群의 體積散亂強度와 漁獲量과의 關係

東支那海의 조사대상해역에 대한 平均體積散亂強度의 頻度 分布圖는 Fig. 7 과 같다. Fig. 7에서 (A)와 (B)는 각각 25 kHz와 100 kHz의 周波數에 대한 결과로서, 데이터의 수는 양자가 모두 9,912개이다. 조사대상해역 전체에 대한 어군의 體積散亂強度는, 25 kHz에서 -85.4~55.4 dB의 범위였고, 그 평균치는 -68.0 dB이었다. 또한,

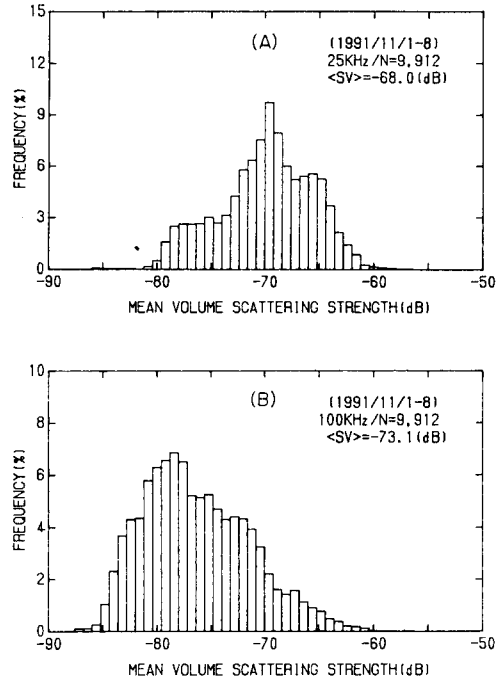


Fig. 7. Histograms of mean volume scattering strength at 25 kHz(A) and 100 kHz(B)

100 kHz의 경우는 -87.4~57.6 dB의 범위로서, 그 평균치는 -73.1 dB이었다.

일반적으로 積分方式을 채용하고 있는 計量魚群探知機를 이용하여 漁業資源을 평가하는 경우, 특히 多數의 魚種이 混獲되는 해역에 있어서는, 그 전체의 魚種을 대표할 수 있는 個體魚의 평균적인 反射強度를 알고 있어야 한다. 따라서 해당해역에 분포하는 개개의 魚種에 대한 反射強度를 측정하고, 그들을 평균하여 個體魚의 평균적인 反射強度를 구하는 방법을 생각할 수 있으나, 本研究에서는 트롤 曳網層에 대한 어군의 平均體積散亂強度와 그 때의 漁獲量과의 關係로부터 魚群 1 kg 당에 대한 反射強度를 추정하는 문제에 대하여 검토를 행하였다.

東支那海에 설정한 15개의 트롤 station에서 底層 트롤에 의해 어획한 漁獲量과 그 때의 트롤 曳網層에 대한 平均體積散亂強度의 關係는 Fig. 8와 같다.

Fig. 8에서 (A)와 (B)는 각각 25 kHz와 100

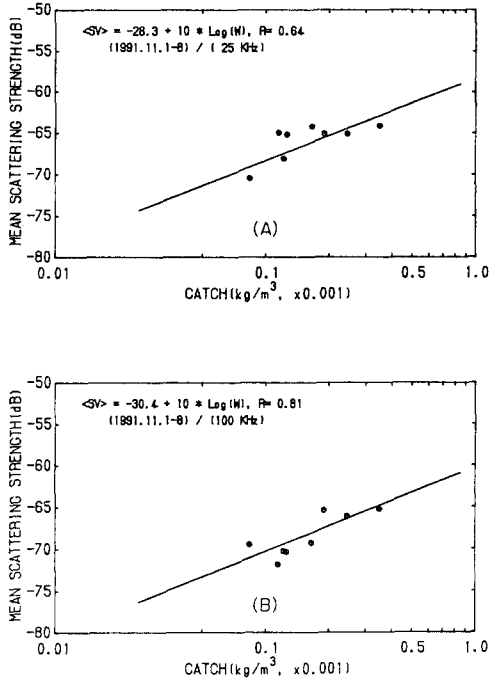


Fig. 8. The relationship between catch (kg/m^3) and mean volume scattering strength (SV, dB) at 25 kHz (A) and 100 kHz (B)

kHz 의 周波數에 대한 결과로서, 縱軸은 어군의 平均體積散亂強度이고, 橫軸은 트롤에 의한 漁獲量이다. Fig. 8에서 트롤 曳網層에 대한 어군의 平均體積散亂強度($\langle SV \rangle, dB$)와 單位體積當의 漁獲量($W, kg/m^3$)과의 사이에 다음의 回歸直線式을 얻었다.

$$25 \text{ kHz} : \langle SV \rangle = -28.3 + 10 \text{Log}(W) \dots (1)$$

$$100 \text{ kHz} : \langle SV \rangle = -30.4 + 10 \text{Log}(W) \dots (2)$$

(1)식과 (2)식에서 25 kHz 와 100 kHz 의 周波數에 대한 魚群 1 kg 당에 대한 平均反射強度는 각각 -28.3 dB , -30.4 dB 로서, 低周波의 경우가 高周波보다 2.1 dB 더 높은 값을 나타내었다.

한편, 東支那海의 조사대상해역에 대한 漁業資源의 現存量은, Fig. 7에서 구한 대상해역 전체의 單位體積當에 대한 어군의 平均體積散亂強度와 Fig. 8에서 구한 어군 1 kg 당에 대한 反射強度의 값과의 관계로부터 추정할 수 있으나, 현재 조사

가 계속되고 있기 때문에 그 조사가 종료되는 시점에서 이에 대한 검토를 행할 예정이다.

要 約

東支那海의 漁業資源의 現存量을 定量的으로 평가하기 위한 시도로서, 1991년도에 釜山水產大學校와 北海道大學이 공동으로 실시한 조사중에서, 주로 計量魚群探知機를 이용하여 수집한 자료를 분석, 고찰한 결과를 要約하면 다음과 같다.

1. 동지나해에 설정한 15개의 조사정점에서 저층 트롤에 의한 漁獲量은 8.2~587.5 $kg/hour$ 이었고, 그 때 어획된 魚種數는 11~36 어종이었다.

2. 1991년 11월에 동지나해에 있어서의 魚群의 分布는 황해 중부의 底層 冷水域과 동지나해 중앙해역의 底層 高溫水域, 또 쿠로시오계의 暖流와 黃海 冷水 및 大陸 沿岸水의 사이에 형성된 제주도 남부의 전선역에서 그 群集度가 매우 높았다.

3. 동지나해의 조사대상해역 전체에 대한 어군의 平均體積散亂強度는, 25 kHz 와 100 kHz 의 周波數에서 각각 -68.0 dB , -73.1 dB 이었다.

4. 트롤 曳網層에 대한 어군의 平均體積散亂強度($\langle SV \rangle, dB$)와 트롤에 의해 어획한 漁獲量($W, kg/m^3$)과의 사이에 다음의 回歸直線式을 얻었고,

$$25 \text{ kHz} : \langle SV \rangle = -28.3 + 10 \text{Log}(W)$$

$$100 \text{ kHz} : \langle SV \rangle = -30.4 + 10 \text{Log}(W)$$

25 kHz 와 100 kHz 의 周波數에 대한 어군 1 kg 당의 反射強度는 각각 -28.3 dB/kg , -30.4 dB/kg 이었다.

參考文獻

- 1) 李昊在(1991) : 魚群探知機에 의한 魚群量 推定에 관한 基礎的 研究-I, 魚群量推定理論의 檢證實驗, 漁業技術 27(1), 1-12.
- 2) 李昊在(1991) : 魚群探知機에 의한 魚群量 推定에 관한 基礎的 研究-II, 魚群의 分布와 超

- 音波散亂強度의 關係, 漁業技術 27(1), 13-20.
- 3) 朴仲熙, 辛亨鎰, 尹甲東, 李昊在, 卓圻錫 (1990): 東支那海 底棲魚類의 資源調查 研究. - 底棲魚類資源의 音響學的 調查 (1989年) -. 漁業技術 26(2), 143-150.
 - 4) 李昊在, 辛亨鎰, 朴仲熙(1990): 東支那海의 超音波散亂層에 관한 研究 - II, 體積散亂強度의 鉛直分布, 漁業技術 26(1), 20-25.
 - 5) Johannesson, K.A. and R.B.Mitson (1983): Fisheries Acoustics, FAO Fish. Paper 240, 240p.
 - 6) Thorne R.E. and G.L.Thomas(1990): Acoustic observations of gas bubble release by pacific herring(*Clupea harengus pallas*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47, 1920-1928.
 - 7) Rose G.A. and W.C.Legget(1988): Hydroacoustic signal classification of fish schools by species. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45, 597-604.
 - 8) MacLennan D.W.(1990): Acoustical measurement of fish abundance. J. Acoust. Soc. Am. 87, 1-15.