

어류 체장의 자동 식별을 위한 어종별, 체장별 및 주파수별 음향 반사 강도의 데이터뱅크 구축 -III - 갈치 음향반사강도의 주파수 및 체장 의존성 -

이대재 · °황보영
부경대학교

서론

갈치(*Trichiurus lepturus*)는 동중국해 및 황해의 난수역에 널리 서식, 분포하고 있는 어종으로서 우리나라에서는 2004년도에 근해 안강망, 대형쌍끌이 기선저인망, 근해연승, 대형트롤, 대형선망 등에 의해 66,291^M/T 이 어획된 중요 어업자원중의 하나이다.

현재, 세계 각국에서는 자국의 영해에 대한 중요 어업생물자원의 과학적인 평가, 관리 및 보호를 위한 각종의 연구 조사가 활발하게 진행되고 있다. 우리나라에서도 국립수산물과학원을 중심으로 한반도 주변수역 및 기타 해역에 있어서 음향학적 조사와 저중층 트롤 조업에 의한 시험 조사가 매년 실시되고 있다. 그러나, 대상 어류의 체장 조성 평가를 위한 음향학적 연구는 아직까지 수행되고 있지 않는 바, TAC 제도를 시행하고 있는 우리나라로서는 한반도 주변 수역에 서식하는 어종별, 체장별, 사용 주파수별 어류의 체장 추정에 필요한 음향 반사 강도의 data bank 구축 및 현장 적용을 위한 연구가 시급하게 요구되고 있다. 본 연구에서는 제주도 인근해역에서 채낚기에 의해 어획된 갈치를 대상으로 대형음향수조에서 현수법에 의해 체장별 및 주파수별에 대한 음향반사강도를 측정하였다. 또한, 이들 정보를 토대로 한반도 주변해역에 서식하는 갈치에 대한 음향반사강도의 체장 의존성에 대한 data bank를 구축하고자 하였다.

재료 및 방법

갈치의 음향반사강도는 대형 콘크리트 실험수조(L5m×W6m×H5m)에서 50kHz, 75kHz, 120kHz, 200 kHz의 4개 주파수를 대상으로 현수법에 의해 측정하였다. 실험장치의 구성 모식도는 Fig. 1과 같다. 실험은 대형수조 차대 상면에 1m×0.5m의 현수창을 설치하고, 이 공간을 통해 실험어류 및 송수파기를 현수시킨 후, PC에 의해 구동되는 음향반사강도 자동측정 및 해석장치를 이용하여 행하였다. 수중에 초음파 신호를 송수신하기 위한 장치로서는 현재 어선에 널리 보급되어 있는 상용의 어군탐지기(SF-7000, 삼영ENC)를 실험목적으로 부합하도록 송수신부

를 개조하여 사용하였다. 본 실험에서 사용한 갈치는 제주도 인근해역에서 채낚기에 의해 어획된 것을 당일 방장상태로 운송하여 어체 표면의 변형과 내부 조직의 손상이 없는 것만을 선택하여 실험에 사용하였다.

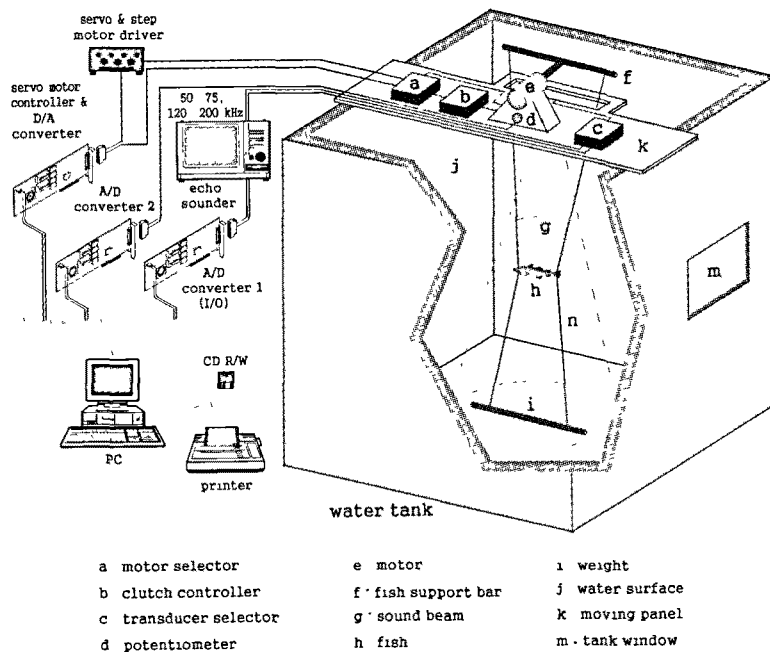


Fig. 2. Block diagram of experimental setup developed in this study.

본 연구에서 실험대상으로 한 갈치의 경우, 체장범위가 740~1,100mm로써 매우 긴 측편형의 체장특성을 갖고 있기 때문에 어체에 의한 음향산란 에너지를 모두 수신하기 위해서는 어체가 완전히 송수파기의 sound beam내에 수용되어야 한다. 현재까지 실험수조에서 갈치에 대한 음향반사강도의 측정에 대한 연구가 전혀 이루어지지 못한 이유는 바로 이 문제 때문이다. 본 연구에서는 이 문제를 해결하기 위해 실험수조에서의 잔향, 송수파기의 side lobe 및 수신기 잡음 등의 영향을 고려하여 공시어의 현수 깊이를 275cm로 설정하고, 이 깊이에서 송수파기의 -3dB 지향각에 대한 폭이 110cm 이상이 확보될 수 있는 진동자를 특별 제작하여 사용하였다. 이를 위해 본 실험에서는 50kHz, 75kHz, 120kHz, 200 kHz에서 각 주파수에 대한 지향각이 45°, 29°, 38°, 24°인 압전형 송수파기를 사용하였다. 실험은 본 연구에서 개발한 TS processing software를 이용하여 송수파기 차대의 현수창을 통해 수면하의 음축상에 현수시킨 공시어로부터 산란되는 초음파 신호를 수신, 처리하여 tilt angle에 따른 TS 변동특성을 분석하였다. 이 때, 어군탐지기의 송신신호의 펄스폭은 0.5ms이었고, 공시어의 echo 신호는 수신부의 포락선

검파단에서 추출하여 트리거 신호와 함께 신호처리장치(COMI-LX201, Comizoa)에 입력하였다. 실험어류를 수중에 현수시켜 제어하기 위한 어류위치제어장치는 stepping motor 및 구동 unit(UDK5114N, Oriental Motor), 감속장치(감속비 1/30), 클러치제어장치, D/A 변환장치(COMI-SD301, Comizoa) 등으로써 구성하였다.

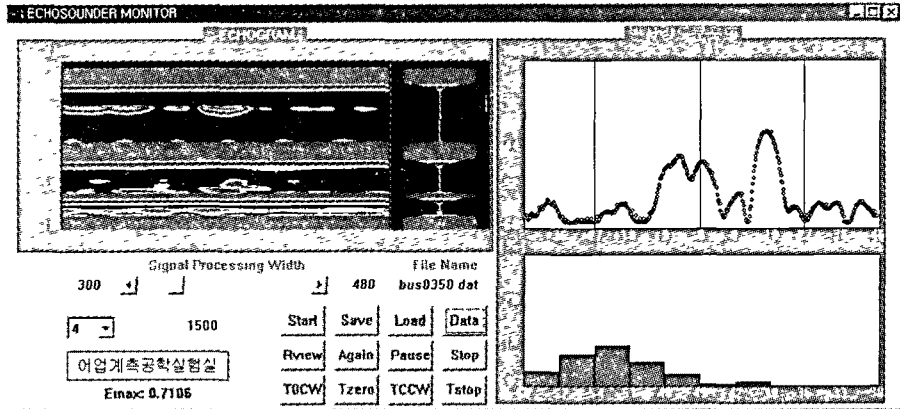


Fig. 2. Layout of echo processing software developed in this study.

실험은 대형수조에 현수되어 있는 어류의 $\pm 45^\circ$ 범위에 대한 자세각의 변화에 따른 echo 신호의 변동을 정량적으로 측정후, 이들 데이터는 전처리 과정을 거쳐 Fig. 2와 같이 일차적으로 도표화하였다. 이 때, 전처리 과정에서는 자세각의 변화에 따른 echo level의 변동과 반사강도의 빈도분포가 표시되는 데, 만일 실험상의 문제가 발생하여 반복적이 실험이 요구될 때에는 이들 실험 데이터를 폐기하고 다시 실험을 실행할 수 있도록 하였다. 이와 같은 과정을 통해 실험 데이터의 신뢰성이 인정되면 software 모듈의 데이터 수록 명령을 실행하여 harddisk에 저장, 데이터의 수, 자세각별 echo 전압 등을 수록하고, 이들 데이터에 대해서는 후일 실험실에서 정량적인 분석을 행하였다. 갈치의 반사강도 $TS_f(dB)$ 는 각 주파수별의 교정구(copper sphere)에 의한 간접법을 이용하여

$$TS_f = 20 \log \frac{V_f}{V_{ref}} + TS_{ref}$$

에 의해 구하였다. 여기서, TS_{ref} 는 교정구의 반사강도, V_f , V_{ref} 는 각각 실험어류 및 교정구에 대한 echo 신호의 전압(V)이다.

어체의 자세각(θ), 즉, pitch 각(θ) 변화에 기인하는 평균후방산란단면적 $\langle \sigma \rangle$ 와 평균반사강도 $\langle TS \rangle$ 는

$$\langle \sigma \rangle = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \sigma(\theta) f(\theta) d\theta, \quad \langle TS \rangle = 10 \log \left(\frac{\langle \sigma \rangle}{4\pi} \right)$$

에 의해 구하였다. 여기서, $f(\theta)$ 는 pitch angle θ 에 대한 확률밀도함수이다. 본 연구에서는 갈치의 TS가 체장(L, cm)의 2승에 비례한다는 가정하에서 $\langle TS \rangle = 20 \log L + b_{20}$ 의 회귀직선식을 구하여 체장계수 b_{20} 을 산출하였다.

결과 및 요약

1) 총 104 마리의 갈치를 대상으로 음향반사강도의 체장 의존성을 검토한 결과, 50, 75, 120, 200 kHz의 주파수에서 체장의 2승에 근사시킨 체장변환계수는 각각 -76.54, -79.46, -77.79, -79.51 dB이었다.

2) 50, 75, 120, 200 kHz에 대하여 총 104 마리의 개체를 대상으로 σ/λ^2 과 L/λ 의 관계를 추정한 결과, $\sigma/\lambda^2 = 0.00432 (L/\lambda)^{1.75101}$ 의 회귀직선식을 얻었다. 여기서, σ 는 어류의 음향산란단면적(m^2), λ 는 사용 주파수의 파장(m), L 는 어류의 체장(m)이다.

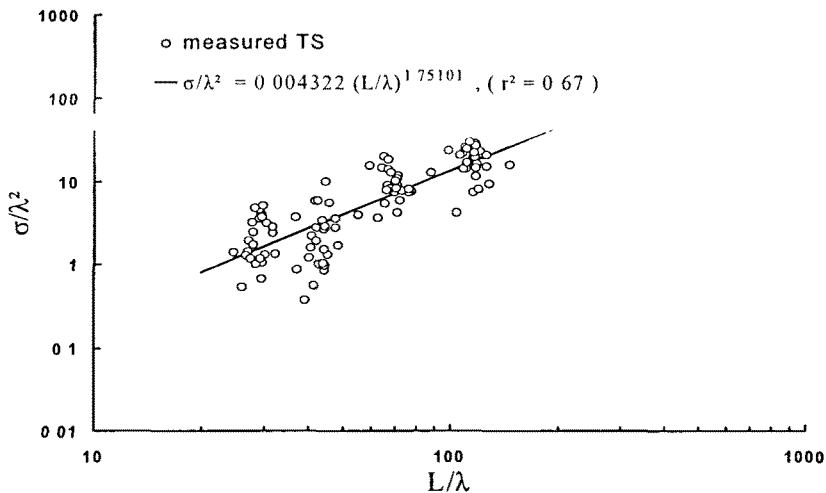


Fig. 3. Relationship between L/λ and σ/λ^2 for largehead hairtail at 50, 75, 120 and 200 kHz. The solid line is the values from regression equation for the relation between tilt averaged target strength(σ/λ^2) and fish length (L/λ). The σ , L and λ is the backscattering cross section, total length of fish and wavelength, respectively.