한국 진해만 대구자치어 (*Gadus macrocephalus*) 현존량 추정을 위한 음향자원조사기법의 적용

김주일 · 황보규^{1*} · 이유원² · 이경훈³ · 신현옥⁴ · 김정년

남동해수산연구소, ¹군산대학교 해양생산학과, ²한국해양수산연수원 운항교육팀,
³국립수산물품질관리원 시스템공학과, ⁴부경대학교 해양생산시스템관리학부

Application of hydro-acoustic survey technique for abundance estimation of juvenile cod (*Gadus macrocephalus*) in Jinhae bay, Korea

Ju-Il KIM, Bo-Kyu HWANG^{1*}, Yoo-Won LEE², Kyonghoon LEE³,

Hyeon-Ok SHIN⁴ and Jung Nyun KIM

*Southeast Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute,
Tongyeong 650-943, Korea*

¹*Dept. of Marine Science & Production, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea*

²*Ship Operating Education Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology,
Busan 606-773, Korea*

³*Fisheries System Engineering Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea*

⁴*Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

Hydro-acoustic surveys with scientific echo sounder were carried out to estimate the total density and distribution of the juvenile cod in Jinhae bay, Korea. The surveys were conducted 4 times from May to June using 2 frequency method (38kHz and 120kHz) and beam trawl were used to investigate the species composition. Also the catch amounts of juvenile cod were compared with the cod density estimated by the hydro-acoustic method. It was confirmed that the juvenile cod was stayed in Jinhae bay in early June and There was the relationship between catch of juvenile cod and the estimated density by hydro-acoustic survey. The number of juvenile cod was consequently about 365,000 fish (CV 12.9%) in May and 113,000 fish (CV 9.2%) in May based on the hydro-acoustic data.

Keywords: Juvenile cod, *Gadus macrocephalus*, Acoustical survey, Target strength, Abundance estimation

*Corresponding author: bkhwang@kunsan.ac.kr, Tel: 82-63-469-1812, Fax: 82-63-469-1811

서론

대구 (*Gadus macrocephalus*)는 우리나라 서해 중부, 남해동부, 이북의 동해, 일본, 오키노츠보네해, 북태평양 베링해, 미국 남부까지 널리 분포하며, 주로 수온 5~12℃의 수심 45~450m 되는 한랭한 깊은 바다에 군집해서 서식하는 냉수성 어종으로, 대구의 어획량은 1982년에 약 4천 4백톤으로 최고치를 기록하였으나, 그 이후 감소하여 1990년대에는 약 5백톤 수준으로 아주 낮은 어획수준을 나타내었다. 그래서 정부와 지방자치단체에서는 불법어업 단속 및 감척사업을 통한 어획강도를 감소시키고, 대상 어업자원의 종묘생산 및 방류사업을 시작하였다. 또한 주 산란철인 1월 한 달 동안 금어기와 30cm이하 체포금지체장 설정과 같은 산란장 보호와 관련된 자원보호규정을 마련하고 어업인 홍보에 힘을 기울인 결과, 1999년부터 어획이 증가하기 시작하여 최근 2010년에는 약 7천톤 정도의 어획수준을 회복하고 있다.

대구는 청어와 같이 산란장 회귀 경향을 갖고 있는데, 이러한 회귀특성을 이용하여 산란장 별로 자원관리를 하고 있으므로, 산란장에서의 대구의 환경특성을 구명하는 것이 필요하고 (Kwak, 2012), 이와 더불어 산란장에서 가입된 대구의 생태적 특성을 구명하는 것은 수산자원의 효율적인 관리에도 매우 중요하다.

진해만은 우리나라로 내유하는 대구의 대표적인 산란장으로서, 산란친어는 11월 말경부터 내유하기 시작하여 산란 후 이 해역을 빠져나가는데, 이듬해 2월경이 되면 내유하였던 대구는 거의 사라진다. 그래서 진해만에서는 겨울에 자망과 호망을 이용하여 대구를 어획하여 수입을

얻는 어업자가 많은데, 이들은 대구가 내유하지 않는 다른 계절에는 수산업에 종사하지 않거나 적극적인 어로활동을 하지 않을 정도로 대구에 대한 의존도가 높다. 이렇게 대구 친어 자원 및 자치어 자원의 관리 및 보호는 지역 수산업의 유지와 어업 생산량의 증대와 직접적으로 관련하므로, 친어 자원량의 추정과 산란 부화된 자치어의 초기 가입량을 정확도 높게 추정할 필요가 있다. 그러나, 우리나라 대구에 대한 연구는 주로 계군 및 성숙도 등 생태적 연구에 집중되어 있고, 대구자치어의 분포 및 생태, 자원관리에 필요한 현존량 등에 관한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다 (Seo et al., 2007; Lee et al., 2007; Chung and Kim, 1971; Cha et al., 2007).

어업자원의 직접적인 조사법 중, 과학어군탐지기를 이용한 음향자원조사법은 어업자원이 분포하는 공간의 일부분을 조사하고, 추정된 자원량을 전체에 대하여 확장하는 Line transect법의 일종으로, 대상자원의 지리적 분포와 현존량을 추정할 수 있다. 최근에는 고주파수의 활용으로 동물플랑크톤이나 자치어와 같은 소형의 어류자원의 생태 및 현존량 추정에도 활용이 가능하게 되었다.

본 연구에서는 음향자원조사법을 이용하여 대구자치어의 지리적 분포를 추정함과 동시에, 시험어획조사를 통하여 진해만 자·치어의 현존량을 추정하고 고찰하였다.

재료 및 방법

진해만에서 부화된 대구자치어의 현존량을 추정조사는 2012년 5월~6월까지 총 4회를 실시하였고, 현장조사일자는 Table 1, 조사정선은

Table 1. Date and track of hydro-acoustical survey for juvenile cod in Jinhae bay

Date	Survey	Track	Frequency (kHz)	Remark
7 May 2012	Acoustical + Fishing	Fishing track	120	
21 May 2012	Acoustical + Fishing	Fishing track	38, 120	
26 May 2012	Acoustical	Chilchundo~Daejukdo	38, 120	
4 June 2012	Acoustical	Chilchundo~Daejukdo	38, 120	

Fig. 1. Five acoustic transect lines for hydro-acoustic survey with fishing investigation in Jinhae bay on 7 and 21 May 2012.

Fig. 2. Acoustic transect lines for separate hydro-acoustic survey in Jinhae bay on 26 May and 4 June 2012.

Fig. 1 및 Fig. 2에 나타내었다. 총 4회의 현장조사 중 2회는 새우조망으로 시험어획 조사정선과 동일한 정선을 설정하여 공동조사를 실시하여 수신되는 음향신호와 대구자치어의 밀도 사이의 관계를 파악하고자 하였다. 공동조사시 새우조망 어선인 시험어획 조사선이 망을 투망할 때, 음향조사선이 시험어획 조사선의 앞으로 이동하여 같은 침로로 조사함으로서, 예망 지점과 동일한 음향자료가 기록되도록 하였다. 그리고, 나머지 2회는 칠천도에서 대죽도에 이르는 진해만 내만의 광역에 대해 어군분포와 분포밀도를 추정하고자 실시하였다.

현장 음향자료의 수집에는 과학어군탐지기(EK60, Simrad, Norway) 38kHz 및 120kHz의 분할빔(split)을 사용하였다. 조사 시스템의 송수파기는 선박의 현측에 수심 약 1.5m까지 내려가도록 설치하였고, 위치좌표는 DGPS 측위시스템(SPR-1400, Samyung, Korea)을 이용하여 연속적으로 음향자료를 기록하였으며, 선속은 안정된 신호수신을 위하여 약 5~6.5knots를 유지하였다. 조사 정선수는 공동조사에서는 5개, 광역조사에서는 동서 방향으로 총 10개였다.

음향 자료는 기포 및 해저에 의한 잡음을 제거하고, 에코그램에서 0.1n.mile의 EDSU(elementary distance sampling unit)간격으로 추출

된 NASC (nautical area scattering coefficient) 값을 이용하여 어군의 시공간 분포 특성을 추정하였고, 시험어획조사에서 어획된 대구자치어의 체장조성자료를 음향자료와 결합하여 자원량을 추정하는데 활용하였다(Fig. 3).

음향자료를 어류의 분포밀도로 환산하기 위한 대구자치어의 음향산란강도(Target strength, 이하 TS)는 다양한 체장의 샘플을 준비하여 실제 측정을 통하여 정확하게 얻어져야 하지만, 본 연구에서는 음향산란 이론모델을 이용한 추정값을 적용하였다. 이 때 사용한 모델은 대구 성어의 음향산란특성을 추정하기 위해 개발된 Kirchhoff-ray mode model (Clay and Horne, 1994)의 모델이며, 자세각 평균 TS특성은 일반적인 어류의 유연 자세각 특성인 확률밀도함수(-5, 15)를 적용하여, 38kHz와 120kHz에 대한 평균 TS특성을 추정하였다. 또한, 이 관계를 2주파수법에 적용하여 음향자료로부터 크기가 작은 대구자치어의 음향신호를 추출하는데 활용하였다.

결과 및 고찰

음향자료로부터 분포밀도 및 생체량을 추정하기 위해서는 조사해역에 서식하는 어종의 체장분포 및 체장과 체중 사이의 관계를 추정해야 한다. 먼저, 조망을 이용한 시험어획조사를 통하

Fig. 3. The example of acoustic echogram for extracting acoustic signal of fish echoes.

Fig. 4. Total length frequency the number of juvenile cod caught in Jinhae bay on May and June, 2012. (a) 7 May, 2013 (b) 21 May, 2012 (c) 4 Jun, 2012, (d) Number of samples for each station.

여 얻은 체장조성 및 정점별 개체수를 Fig. 4에 나타내었다.

5월 7일 시험어획조사에서는 총 1,407마리, 5월 21일에는 총 2,592마리가 어획되었으나, 6월 4일에 실시된 어획조사에서는 채집된 마리수가 59마리로 급격히 감소하였다. 6월 4일에 실시된 어획조사에서는 채집된 마리수가 급격히 감소한 것은 조사정점의 차이나 시험조사선의 조업 실패에 따른 영향이라 생각할 수도 있으나, 동일한 조사정점에 대하여 숙련도 높은 어업자에 의해 어획된 것이고, 그 개체수가 매우 큰 차이를 보이고 있기 때문에, 주요 원인은 대구자치어가 6월에 들어 진해만을 대부분 빠져나갔기 때문으로 판단된다.

또한, 5월 7일 시험어획조사에서는 채집된 대구자치어의 체장범위는 3.39~8.67cm 이었으며, 평균체장은 5.32cm이었으나, 5월 21일 어획조사에서는 체장범위는 3.08~9.2cm, 평균 체장

4.78cm로 나타나 평균체장이 감소하였는데, 이것은 두 시기에 어획된 대구자치어의 부화된 시기가 다르기 때문으로 판단된다. 자원량 추정을 위하여 시험어획 조사자료로부터 추정된 대구자치어의 체장과 체중 사이의 관계식은 다음과 같다.

$$w=0.01471L^{2.4917} (R^2=0.7312)$$

새우조망을 이용하여 공동조사를 수행하였던 2013년 5월 7일과 5월 21의 정점별 NASC값을 Fig. 5와 6에 나타내었다. 2012년 5월 7일 조사에서는 잠도 위쪽 정점인 3번 정점에서 높은 NASC값을 나타내었고, 그 외에 정점에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 그리고, 5월 21일 공동조사에서는 1번과 2번 정점에서 다소 높은 값을 나타내었고, 3번~5번 정점은 낮은 값을 나타내었다. 그러나, 시험어획조사로 어획한 각 정점별 어획개체수를 나타낸 Fig. 4의 (d)를 보면, 5월 7

Fig. 5. Fish distribution of each fishing station by beam trawl on 7 May 2012.

Fig. 6. Fish distribution of each fishing station by beam trawl on 21 May 2012.

일 조사에서는 잠도 부근인 정점 3에서 가장 많은 개체가 어획되었으며, 다른 정점에서는 어획 개체수가 적어 정점별로 차이를 적었으며, 5월 21일에는 정점 1을 제외한 위치에서 약 500마리 정도의 대구 자치어가 어획되어 비교적 고른 어획량을 나타내었다.

결과적으로, 5월 7일 조사에서는 음향조사에서 얻은 NASC값과 시험어획조사 결과인 어획 개체수 사이에 매우 유사한 경향을 나타내었으나, 5월 21일 조사에서는 두 조사 결과 사이에 차이를 보였다. 이것은 음향조사선과 시험어획조사선의 정선이 완전하게 일치하지 않았기 때문에, 두 조사선의 샘플링 위치에 따라서 차이가 발생한 것으로 판단된다. 또한, 대구자치어가 주간에는 대부분 해저면 가까이에 체류하므로 음향시스템의 dead zone의 영향으로 대구자치어가

음향산란의 기여하는 부분이 매우 낮았을 가능성이 있다.

각 정점에 대하여, 조사거리에 대해 표준화한 NASC값은 Table 2와 같다. 이 값을 ρ (number/m³)로 환산해보면, 0.01에서 0.634 정도로 나타났다. 새우조망조사는 대구자치어가 저층에 체류하는 주간에 실시하는 것이 좋지만, 음향조사는 어류가 일주행동으로 해저면에서부터 부상할 것으로 예상되는 일몰시부터 야간 및 일출 전에 수행하는 것이 해저면과의 음향신호를 분리하기 쉽다. 따라서, 음향적 조사와 시험어획조사를 동시에 실시하는 것보다, 시험어획조사는 주간에 실시하고 음향적 조사는 일몰 후나 새벽녘에 집중하여 수행하는 것이 보다 유리할 것으로 판단된다.

특히, 거제도 위쪽과 잠도 부근, 그리고, 2012년도에서 대구자치어의 음향신호가 탐지되었던

Table 2. Comparison of (number/m³) for survey stations on 7 and 21 May 2012

Station number	7 May 2012		21 May 2012	
	Weighted mean NASC (m ² /n.mile ²)	ρ (number/m ³)	Weighted mean NASC (m ² /n.mile ²)	ρ (number/m ³)
1	13.0	0.132	14.1	0.144
2	1.9	0.019	32.2	0.328
3	62.2	0.634	2.2	0.022
4	10.7	0.109	0.9	0.009
5	1.0	0.010	1.8	0.018

Fig. 7. Example of echogram detected around Chilchundo in Jinhae bay on 7 May 2012.

Fig. 8. Spatial distribution of fish from hydro-acoustic survey in Jinhae bay on 26 May 2012.

Fig. 9. Spatial distribution of fish from hydro-acoustic survey in Jinhae bay on 4 June 2012.

지역에서 상대적으로 높은 어군신호가 탐지되었다 (Fig. 7). 어민들 사이에는 진해만으로 산란하기 위해 내유한 대구는 잠도부터 오른쪽으로 해역으로 내려가 산란한다는 이야기가 전해지고 있고, 겨울이 되면 이 해역에 대구를 잡기 위한 자망이 많이 부설되어 있는 것으로 미루어 보아, 산란한 자치어가 많이 분포하고 있을 가능성이 높다. 시험어획조사에서는 5월 7일에 1번과 2번 정점에서 상대적으로 적은 대구자치어가 어획되었으나, 좀 더 조사해 볼 필요가 있을 것으로 판단된다.

5월 26일 칠천도에서부터 거가대교 위쪽에 이르는 진해만 내의 광역에 대해 조사한 어류의 공간적 분포를 Fig. 8에 나타내었다. 5월 26일 조사에서는 칠천도 앞보다 거가대교 위쪽 및 잠도 주변으로 강한 어군신호가 탐지되었으나, $50\text{m}^2/\text{n.mile}^2$ 이상의 어군의 신호는 12.9%로 나타났고, $100\text{m}^2/\text{n.mile}^2$ 의 강한 어군신호는 0.3%를 나타내었다. 에코그램 형상에서는 강한 군집성을 나타내는 고밀도 어군은 나타나지 않았고, 소형 어군이나 정착성 어종에 의한 개체어들이 많이 탐지되었다. 실제로, 어종별 음향반사강도의 영향도 있으나 멸치와 같은 고밀도 어군은 약 $1000\text{m}^2/\text{n.mile}^2$ 의 높은 값을 보이기도 한다. 따라서, 수신된 음향신호는 정착성 어종 및 진해만 내의 소형 개체어에 의한 음향신호인 것으로 판단된다. 2012년 6월 4일의 현장조사로부터 얻은 진해만 어류의 공간적 분포를 Fig. 9에 나타내었다. 6월 4일 조사에서 NASC 값은 $5\text{m}^2/\text{n.mile}^2$ 이하의 낮은 값이 약 60%를 차지하였고, $50\text{m}^2/\text{n.mile}^2$ 이상의 강한 어군신호는 나타나지 않아 전반적으로 낮은 어군신호 특성을 나타내었다. 그러나, 본 조사에서도 잠도 상부와 하부, 그리고, 대죽도 위쪽을 다른 지역에 비하여 상대적으로 높은 값을 가지는 것으로 추정되어 이 주변지역으로 어류가 많이 분포하고 있음을 알 수 있었다.

이론모델을 이용하여 계산한 38kHz와 120kHz에 대한 대구자치어의 대한 자세각 평균 TS와

체장 관계식은 아래와 같이 유도되었다.

$$\begin{aligned} <TS_{38\text{kHz}}> = 20\log(TL(\text{cm})) - 70.6 \\ <TS_{38\text{kHz}}> = 20\log(TL(\text{cm})) - 68.8 \end{aligned} \quad (2)$$

또한, 2주파수법의 적용을 위해서 앞에서 언급한 각 시험어획조사의 체장범위를 기준으로 하여 이론모델로 부터 추정한 시험어획조사일별 주파수 차는 다음과 같이 결정되었다.

$$\begin{aligned} 2012\text{년 } 5\text{월 } 7\text{일} : 1.4\text{dB} <\Delta SV_{120\text{kHz}-38\text{kHz}}> < 3.7\text{dB} \\ 2012\text{년 } 5\text{월 } 21\text{일} : 1.4\text{dB} <\Delta SV_{120\text{kHz}-38\text{kHz}}> < 4.1\text{dB} \\ 2012\text{년 } 6\text{월 } 4\text{일} : 1.5\text{dB} <\Delta SV_{120\text{kHz}-38\text{kHz}}> < 3.5\text{dB} \end{aligned} \quad (3)$$

어류의 TS와 체장 관계식, 어획된 대구자치어의 체장-체중 함수, 체장분포를 이용한 음향변환계수와 2주파수법을 적용하여 얻은 대구자치어의 NASC값에 조사면적 (9885.47ha)을 적용하여 구한 진해만 대구자치어의 현존량은 Table 3과 같다. 음향기법으로 추정한 진해만 대구자치어의 분포밀도는 5월 26일에 $0.002\text{g}/\text{m}^2$ (CV 12.9%), 6월 4일에는 0.00061 (CV 9.2%)로 추정되었으며, 그 때의 현존량은 각각 약 360,000마리, 약 113,500마리인 것으로 추정되었다.

음향자원조사의 결과는 시험어획조사에 의한 소해면적법이나 자원통계적 분석에 의한 결과와 비교되기도 하며, 이 때 그 결과들은 서로 큰 차이를 보이기도 한다. 음향적 조사는 무엇보다도 대상생물의 생태적인 습성과 음향적 특성에 크게 영향 받는다. 주간에 대구자치어의 대부분이 해저면과 아주 가까이에 체류하고 있다면, 음향법의 공간적 분해능과 관계하는 dead zone의 문제로 인하여 탐지되지 못하므로, 현존량이 상대적으로 낮게 추정될 수 있다. 이러한 생태적인 습성을 가진 어종들은 dead zone에 의한 영향을 줄이기 위해서는 가능한 한 중층으로 부상하는 일출 전에 또는 일몰 직후부터 조사를 실시해야 한다.

실제로 현장조사에서 주간에 음향자료를 취

Fig. 10. Example of echo signal during day time and night time at same station.

득 할 때에 대구자치어로 추정되는 어군을 발견하기 어려웠으나, 일몰 후로부터 해저면에서 부상하는 많은 어류들을 관찰되었으며, 이 음향신호들은 성어보다 낮은 경향을 나타내었다 (Fig.10). 따라서, 실제 현장조사에서 기상 조건, 조사선의 상태, 어구의 부설, 지형적인 조건 등으로 인하여, 지리적 또는 시간적으로 많은 제약이 따르는 경우가 많으나, 야간조사가 가능하면 주간 보다는 야간을 중심으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

또한, 공동조사시에 수집된 음향신호를 분석한 결과인 Table 2의 ρ (n/m^3)값의 결과를 보면, 정선조사를 통하여 얻은 ρ (n/m^3)값보다 매우 높게 나타났는데, 이것은 시험어획조사가 이루어진 정점이 기존의 연구성과로부터 대구자치어가 채집되는 위치를 파악하여 실시한 것이기 때문에 상대적으로 높은 밀도를 나타내었을 가능성이 있다. 따라서, 현존량 조사의 정확도를 높이기 위해서는 시험어획조사의 결과나 기존의 연구자료를 바탕으로 대구의 주요 산란위치를

파악하여 조사해역을 보다 좁은 해역으로 한정시킨 후, 이 해역에 대하여 세세한 조사를 수행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

한편, 본 연구에서는 대구자치어의 음향산란 특성을 이론모델을 이용하여 추정하고, 그 값을 적용하여 산출하였는데, 이론모델의 추정 정확도를 높이기 위해서는 다수의 샘플을 활용하여 이론모델에 활용되는 음향적 파라미터를 직접 측정하여 적용해야 할 뿐만 아니라, 유영 자세각 변동에 따르는 음향산란특성에 대해서도 주목하여 실내수조나 가두리에서 대구자치어의 유영자세각 변동 특성을 파악할 필요가 있다.

진해만 대구자원의 관리를 위해서는 무엇보다도 어획시기에 내유하는 대구 성어에 대한 조사가 필요하다. 산란을 위해 회유해 들어오는 산란 친어가 내유하는 산란기에 정기적이고 지속적으로 현존량을 추정한다면, 어획대상이 되는 산란친어자원의 현존량뿐만 아니라, 자원량의 변동 추이를 분석하는 데에도 유용할 것으로 판단된다.

Table 3. Total density of juvenile cod estimated by hydro-acoustic survey in Jinhae bay on 25 May and 6 June 2012

Transact	26 May 2012		4 June 2012	
	$n_i^{(1)}$	NASC ⁽²⁾	$n_i^{(1)}$	NASC ⁽²⁾
Transect 1	20	8.59	19	5.3
Transect 2	39	5.88	39	4.6
Transect 3	17	2.38	14	2.9
Transect 4	22	3.85	23	4.8
Transect 5	17	5.84	16	3.7
Transect 6	37	5.20	36	3.2
Transect 7	34	3.78	32	2.5
Transect 8	17	2.30	13	2.3
Transect 9	14	1.38	13	4.8
Transect 10	15	2.80	14	3.3
$\sum n_i$		232		219
Weighted mean NASC		0.45		0.38
Partitioning NASC		0.804		0.299
Conversion factor		0.0054		0.0054
ρ (g/m ²)		0.002		0.00061
Survey Area (ha)		9,885.47		9,885.47
Biomass (ton) ⁽³⁾		0.19		0.06
the number of juvenile cod		365,348		113,492
Coefficient of variation (%)		12.9		9.2%

⁽¹⁾ number of 0.1n.mile averaging intervals on the ith transect⁽²⁾ mean backscattering area per 0.1n.mile²⁽³⁾ mean biomass

결론

본 연구에서는 음향자원조사법을 이용하여 대구자치어의 지리적 분포를 추정함과 동시에, 시험어획조사를 통하여 진해만 자·치어의 현존량을 추정하고 고찰하였다.

진해만에서 부화된 대구자치어의 현존량을 추정조사는 38kHz와 120kHz의 두 주파수를 사용하여 2012년 5월~6월까지 총 4회를 실시하였는데, 2회는 새우조망으로 시험어획 조사정선과 동일한 정선을 설정하여 공동조사를 실시하여 수신되는 음향신호와 대구자치어의 밀도 사이의 관계를 파악하고자 하였고, 나머지 2회는 진해만 내만의 광역에 대해 어군분포와 분포밀도를 추정하고자 실시하였다. 자료분석에서는 2주파수법을 적용하여 크기가 작은 대구자치어의 음향신호를 추출하였으며, 이 때 대구자치어의 음향반사강도는 이론모델을 활용하였다.

5월 7일 조사에서는 음향조사에서 얻은 NASC값과 시험어획조사 결과인 어획개체수 사

이에 매우 유사한 경향을 나타내었으나, 5월 21일 조사에서는 두 조사 결과 사이에 차이를 보였다. 음향적 조사와 시험어획조사를 동시에 실시하는 것보다, 시험어획조사는 주간에 실시하고 음향적 조사는 일몰후나 새벽녘에 집중하여 수행하는 것이 보다 유리할 것으로 판단된다.

진해만 대구자치어의 현존량은 평균은 5월 26일에 0.002g/m² (CV 12.9%), 6월 4일에는 0.00061 (CV 9.2%)로 추정되었으며, 그 때의 현존량은 각각 약 360,000마리, 약 113,500마리인 것으로 추정되었다. 대구자치어 현존량 조사의 정확도를 높이기 위해서는 시험어획조사의 결과나 기존의 연구자료를 바탕으로 대구의 주요 산란위치를 파악하여 조사해역을 보다 좁은 해역으로 한정시킨 후, 이 해역에 대하여 세세한 조사를 수행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 국립수산물과학원 사업 (RP-2013-FR-

071)의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Cha HG, Lee SI, Yoon SC, Kim YS, Jun YY, Jang DS, Yang JH. 2007. Maturation and spawning of the Pacific cod, *Gadus macrocephalus* TILESUS in East Sea of Korea. J Kor Soc Fish Tech 43, 320–328.
- Chung TY, Kim YU. 1971. Length-weight relationship of *Gadus macrocephalus* TILESUS of the Yellow sea. Kor J Fish Aquat Sci 4, 103–104.
- Clay CS and Horne JK. 1994. Acoustic models of fish: the Atlantic cod (*Gadus morhua*). J Acoust Soc Am, 96, 1661-1669.
- Gwak WK, Choi BE, Lee SG. 2012. Spawning time and early growth of pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in Jinhae bay, Korea. Kor J Ichthyology 24, 110–117.
- Kang DH, Im YJ, Lee CW, Yoo JT, Myung JG. 2008. Hydroacoustic survey of spatio-temporal distribution of demersal fish aggregations near the west coast of Jeju island, Korea. Ocean & Polar Research 30, 181–191.
- Lee CS, Ha YH, Lee JY, Kim WK, Hwang SH, Hwang SJ, Choi SH. 2005. Maturity and spawning of pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the East sea. J Kor Fish Soc 38, 245–250.
- Matukura R, Mukai T, Ando Y, Iida K. 2009. The variation of density and sound speed contrasts and theoretical target strength estimation of *Euphausia pacifica*. Nippon Suisan Gakkaishi 75, 38–44.
- NFRDI. 2010. Ecology and fishing ground of main fisheries resources in littoral sea. Report of NFRDI, 72–82.
- NFRDI. 2012. http://portal.nfrdi.re.kr/oceanlife/search/moreinfoview.jsp?mf_tax_id=MF0005786. Accessed 18 Oct 2012.
- Oh TY, Kim JI, Seo YI, Lee SK, Hwang DJ, Kim EH, Yoon EH, Jung SB. 2010. Comparison of geostatic and acoustic estimates of anchovy biomass around the Tongyeong inshore area. Kor J Fish Aquat Sci 42, 290–296.
- Seo YS, Park ME, Kim JG, Lee SU. 2007. Egg development and juvenile growth of the pacific cod *Gadus macrocephalus* (Korea east sea population). J Kor Fish Soc 40, 380–386.
- Simmonds EJ and MacLennan DN. 2005. Fisheries acoustics. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, 1–437.

2013년 7월 4일 접수

2013년 8월 13일 1차 수정

2013년 8월 13일 수리