

## 채낚기 집어등 어선 주변에 유집된 살오징어, *Todarodes pacificus*의 분포 패턴

배재현 · 이경훈<sup>1</sup> · 조현정<sup>2\*</sup>

동해수산연구소 자원환경과, <sup>1</sup>전남대학교 해양기술학부, <sup>2</sup>강원도립대학교 해양경찰과

### Distribution patterns of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus* attracted around the luring lamp on the jigging boat

Jae-Hyun BAE, Kyounghoon LEE<sup>1\*</sup> and Hyeon-Jeong Jo<sup>2\*</sup>

East Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Gangneung 25435, Korea

<sup>1</sup>School of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

<sup>2</sup>Department of Marine Police and Technology, Gangwon State university, Gangneung 25425, Korea

This study investigated luring distributions by water layer of common squid which were targeted by angling fishing vessels equipped with LED and metal-halide lamps using a scientific echosounder with a 120 kHz frequency in order to develop energy-effective underwater fish aggregation devices. In the analysis, angles of a transducer were changed from 0° to 45° and were rotated every 10° horizontally. It was shown that common squid were densely distributed from the surface to 40 m and they were also distributed in directions of 10°~+30°, -30°~-60°, and -120°~-130° with the head of vessel as the center. Comparative results of angles of transducer on acoustical densities of common squid distributing in 21~40 m water depth showed an average 101.8 m<sup>2</sup>/nm<sup>2</sup> in vertical direction of 0°, 12.3 m<sup>2</sup>/nm<sup>2</sup> in angle of 30°, and 42.4 m<sup>2</sup>/nm<sup>2</sup> in angle of 45°, respectively. It implied that more considerations on acoustic scattering strength by incidence angle direction of the transducer and swimming oriental angle direction of common squid would be required.

Keywords : Common squid, Distributed patterns, Jigging boat, Luring lamp

#### 서론

우리나라를 비롯한 세계 각국에서는 연근해어업에서 발생하는 온실가스를 저감하고 조업기간 유류소모량의 많은 부분을 차지하고 있는 메탈헬라이트등을 대체할 새로운 집어시스템을 개발하고 있다. 이러한 집어시스템에 적합한 광원으로 내구성이 길고 필요한 파장만을

효과적으로 구현할 수 있는 LED가 관심의 대상이 되고 있으며, 일본과 우리나라를 중심으로 LED집어등의 방사 및 수중투과특성을 규명하고, 이에 대한 다양한 방식의 집어등 개발과 어획효과 등에 대한 연구가 진행되고 있다 (Inada, 1988; Bae et al., 2009).

우리나라에서 집어등을 사용하여 어획되는 종은 살오

\*Corresponding author: hnjjo@gw.ac.kr Tel : +82-33-660-8202 Fax : +82-33-660-8205

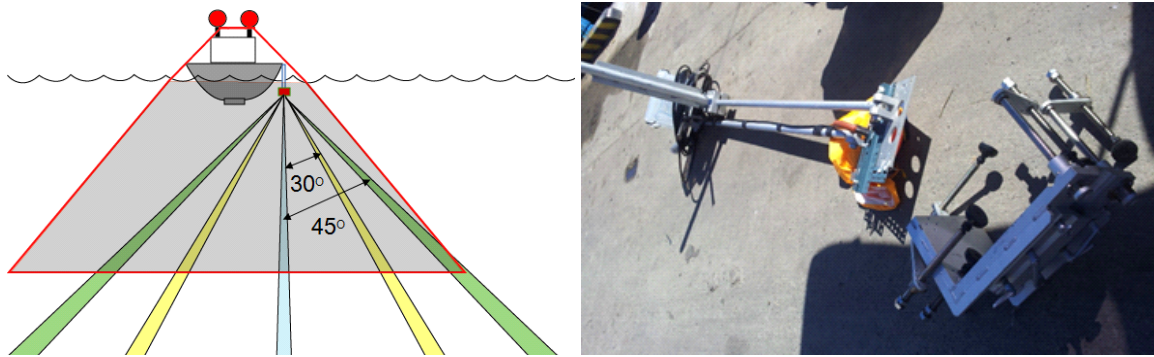


Fig. 1. Japanese common squid gathering effect experiment around ship mimetic diagram (left) and side installation 120 kHz scientific echosounder (right).

징어, 갈치, 꽁치 등이 있으며, 그 중 1년의 짧은 수명을 가진 살오징어는 상업어종으로 인기가 많고, 광범위하게 분포하고 있다. 또한 살오징어는 야행성으로, 주간에는 수심이 깊은 곳에 머물며, 야간에는 색이활동을 하기 위해 얕은 곳으로 부상한다 (An and Jeong, 2011). 조업 형태는 채낚기어업으로, 야간에 집어등으로 유집하여 어획한다.

최근에는 빛의 자극을 이용하여 어획하는 수산생물을 대상으로 어획 매카니즘을 규명하기 위하여 빛과 같은 외부적인 자극에 대한 수산생물의 망막세포를 통한 연구도 최근까지 많은 연구가 수행되었으며, 자유유영상태에서의 대상생물에 대한 행동특성 및 분포밀도는 수중음향카메라 (Moursund et al., 2003) 및 과학어군탐지기 등의 음향기술을 이용하여 대상생물의 모니터링 해석 기술에 적용하고 있다 (Kawabata, 2005; Lee et al., 2009).

본 연구는 에너지소모율이 적고 효율적인 수중집어시스템을 개발하기 위하여 수중모니터링이 가능한 Split Beam 방식 과학어군탐지기를 선박의 현측에 설치하고, LED 및 메탈헬라이트등이 탑재된 채낚기어업의 주요대상어종인 살오징어 (Japanese common squid, *Todarodes pacificus*)를 대상으로 조업어선 주변에 유집된 어군의 수층별 유집분포를 규명하였다.

## 재료 및 방법

해상실험은 2012년 10월 12일 죽변항 소재 LED 및 메탈헬라이트등이 탑재된 오징어채낚기어선 (9.77톤)을 이용하였다. 조사 기간 내 주로 오징어조업이 이루어지

는 어장에 도착하여 주파수 120 kHz의 과학어군탐지기 (EK60, Simrad, Norway)를 선박 현측에 고정시키고, 일몰 전 물돛을 설치하여 약 4시간 동안 살오징어의 유집을 확인한 후, 조사선박의 선저 주변에 위치한 살오징어 어군의 위치를 확인하였다 (Fig. 1).

집어등에 의해 유집된 살오징어가 선박의 선수미선을 중심으로 수층별 분포상황을 파악하기 위하여 선박 현측에 고정된 과학어군탐지기의 진동자 (빔 폭 : 7°)를 수직방향 (0°)을 기준으로 살오징어의 유집 유무를 확인하였고, 집어등의 수중투과면적을 고려하여 진동자의 경사각을 30° 및 45°로 유지하면서 수평으로 10° 간격으로 10초간 회전시키면서 수심 5 m 에서 80 m 까지 수층별 분포를 확인하였다. 자동조획기 및 맨손어법에 의해 어획된 살오징어의 외투장 (Mantle length, ML)을 측정하였다. 저장된 음향데이터는 후처리소프트웨어 (Echoview ver. 4.5, Myriax, Australia)를 이용하여 수평으로는 시간 10초, 수직으로는 수심 20 m 간격으로 적분하여 면적산란계수 (nautical area scattering coefficient, NASC,  $m^2/nm^2$ )로 추출하고, 수층별 살오징어 분포밀도의 지표로 설정하여 비교·분석하였다.

## 결과 및 고찰

일반적인 오징어의 유집과정에서 선박의 집어등에 의해 유집된 오징어는 선저에 위치하여 인공미끼가 설치된 조획기에 의해 어획되는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서도 Fig. 2와 같이 과학어군탐지기에 수집된 음향자료인 수직 에코그램 확인 결과, 집어등에 의해 유집된 살오징어 어군은 주로 선박 선저로부터 수심 21~40 m

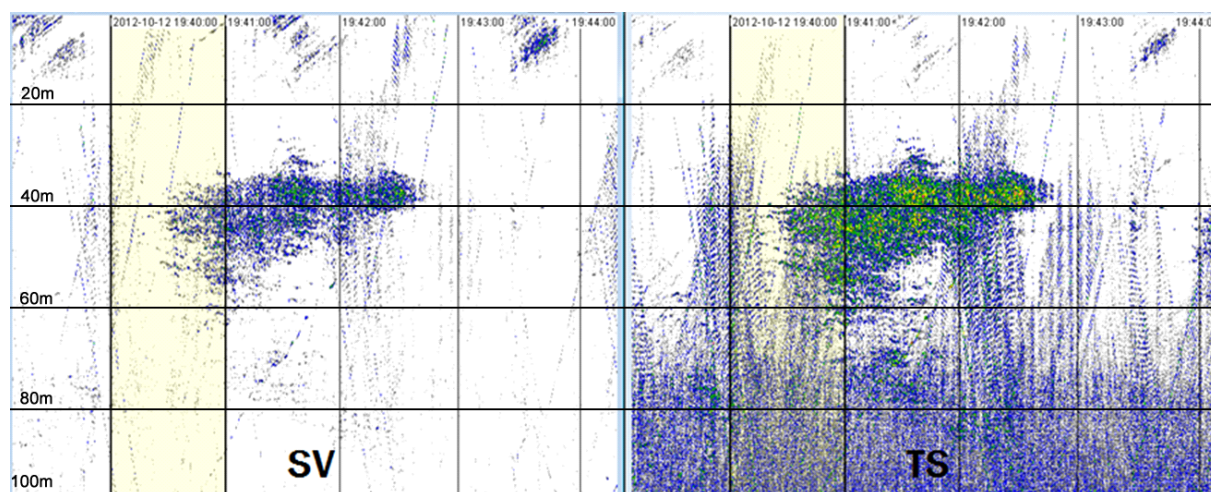


Fig. 2. Echogram of Japanese common squid that is gathered in the horizontal direction from the bottom of the ship.

에 농밀한 오징어 어군이 분포하는 것으로 확인되었다. 또한 표층으로부터 투입되는 채낚시의 추와 인공미끼도 에코그램에 확인되었으나, 어획된 오징어의 최소 외투장은 19.4 cm, 최대 외투장은 39.6 cm로, Kang et al. (2005)의 초음파산란강도 (Target strength, TS)-체장과의 관계식인  $TS_{120kHz} = 20\log(ML) - 73.5$ 에 대입한 결과, TS 값은  $-47.7 \sim -41.5$  dB로 평가되었다.

진동자  $30^\circ$  경사각도에서 수평으로  $10^\circ$ 씩 회전시켜 수심 20 m 간격으로 선저에 분포하는 수층별 살오징어의 군집도는 Fig. 3과 같으며, 수평적으로 수심이 깊어질수록 살오징어의 분포밀도는 낮은 것으로 나타났다. 수심 20 m까지는 선박의 선수미선을 중심으로  $30^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $160^\circ$ ,  $240^\circ$ ,  $290^\circ$ 에서 높은 밀도를 나타내었으며, 수심 21~40 m 부근에는  $10^\circ$ ,  $140^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $280^\circ$ ,  $330^\circ$  방향에서 높게 나타났고, 수심 41~80 m까지는  $20^\circ$ ,  $270^\circ$ 에 높은 분포밀도를 나타내었다. 따라서 살오징어는 표층으로부터 40 m까지 농밀하게 분포하고 있으며, 선수를 중심으로  $+10^\circ \sim +30^\circ$  방향과  $-30^\circ \sim -60^\circ$  방향,  $-120^\circ \sim -130^\circ$  방향에서 살오징어가 주로 분포하는 것으로 확인되었다.

진동자 경사각  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ 의 수심 21~40 m 수층에 분포하는 살오징어의 면적산란계수를 비교한 결과, 수직방향  $0^\circ$ 에서는 평균  $101.8 \text{ m}^2/\text{nm}^2$ , 경사각  $30^\circ$ 에서는 평균  $12.3 \text{ m}^2/\text{nm}^2$ , 경사각  $45^\circ$ 에서는 평균  $42.4 \text{ m}^2/\text{nm}^2$ 로 진동자의 입사각이 수직방향일 때 가장 높은 밀도를

나타내었다.

살오징어는 주간에는 수심 100~200 m, 야간에는 20~50 m로 부상하여 분포하는 것으로 알려져 있고 (Bae et al., 2008), 본 연구에서도 야간에 수심 5~40 m에서 군을 이루며 분포하는 것을 알 수 있었다. 또한 살오징어는 집어등이 비추는 밝은 곳보다는 빛 자극이 적은 선저에 유집된다는 보고가 있다 (An and Jeong, 2011). 본 연구 역시 군의 밀도가 진동자가 수직으로 탐지되는 선저와 가까운 부분에서 가장 높게 나타났다. 하지만 살오징어군의 음향학적 밀도는 살오징어의 유영 자세각에 따라 다르게 나타날 수 있다. 일반적으로 살오징어의 평균 유영 자세각 ( $\pm$ SD)은  $-17.7^\circ (\pm 12.7^\circ)$ 이다 (Kang et al., 2005). 진동자가 수직일 때는 평균 유영 자세각을 가지게 되지만, 진동자의 경사각이  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ 로 기울어지면 평균 유영 자세각은 각각  $-47.7^\circ$ ,  $-62.7^\circ$ 를 가지게 된다. 살오징어의 TS는 유영 자세각이 수평인  $0^\circ$ 일 때 가장 높게 나타나고, 유영 자세각이 기울어질수록 낮아지고, 유영 자세각에 관계한 TScm 회귀선은  $TS_{120kHz} = -72.6 + 0.53 \times \theta + 0.0134 \times \theta^2 + 0.00014 \times \theta^3$ 로 표현할 수 있다 (Kang et al., 2005). 위의 식을 이용하여 유영 자세각  $-17.7^\circ$ ,  $-47.7^\circ$ ,  $-62.7^\circ$ 일 때 TScm는 각각  $-78.6$ ,  $-82.6$ ,  $-87.7$  dB로 계산되며,  $-17.7^\circ$ 와  $-62.7^\circ$ 일 때 TScm는 9.1 dB 차이가 나타난다.

이와 같이, 진동자 경사각을 주었을 때 음향학적 밀도가 차이가 나타나는 것은 분포 밀도의 차이뿐만 아니라

동일한 수층에서 살오징어의 분포가 유사하다면 진동자의 빔 주사방향에 따른 TS 차이가 나타나기 때문으로 사료된다. 살오징어 어획과정에서 발생하는 진동자의 빔 주사방향에 대한 살오징어의 유영 자세각에 대한 불확실성이 발생될 것으로 판단되므로, 추후에는 과학어 군탐지기와 수중음향카메라를 동기화하여 살오징어의

유영 자세각 및 분포 관측이 필요하다. 또한 집어등에 의한 수중조도를 고려한 살오징어 군의 수층별 분포와 유집 해역을 명확하게 하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 집어등 어선 선저에 유집된 살오징어의 주요 수층별 분포와 수평적인 군집도 방향에 대한 정보를 제공하는 데 의의가 있다고 판단된다.

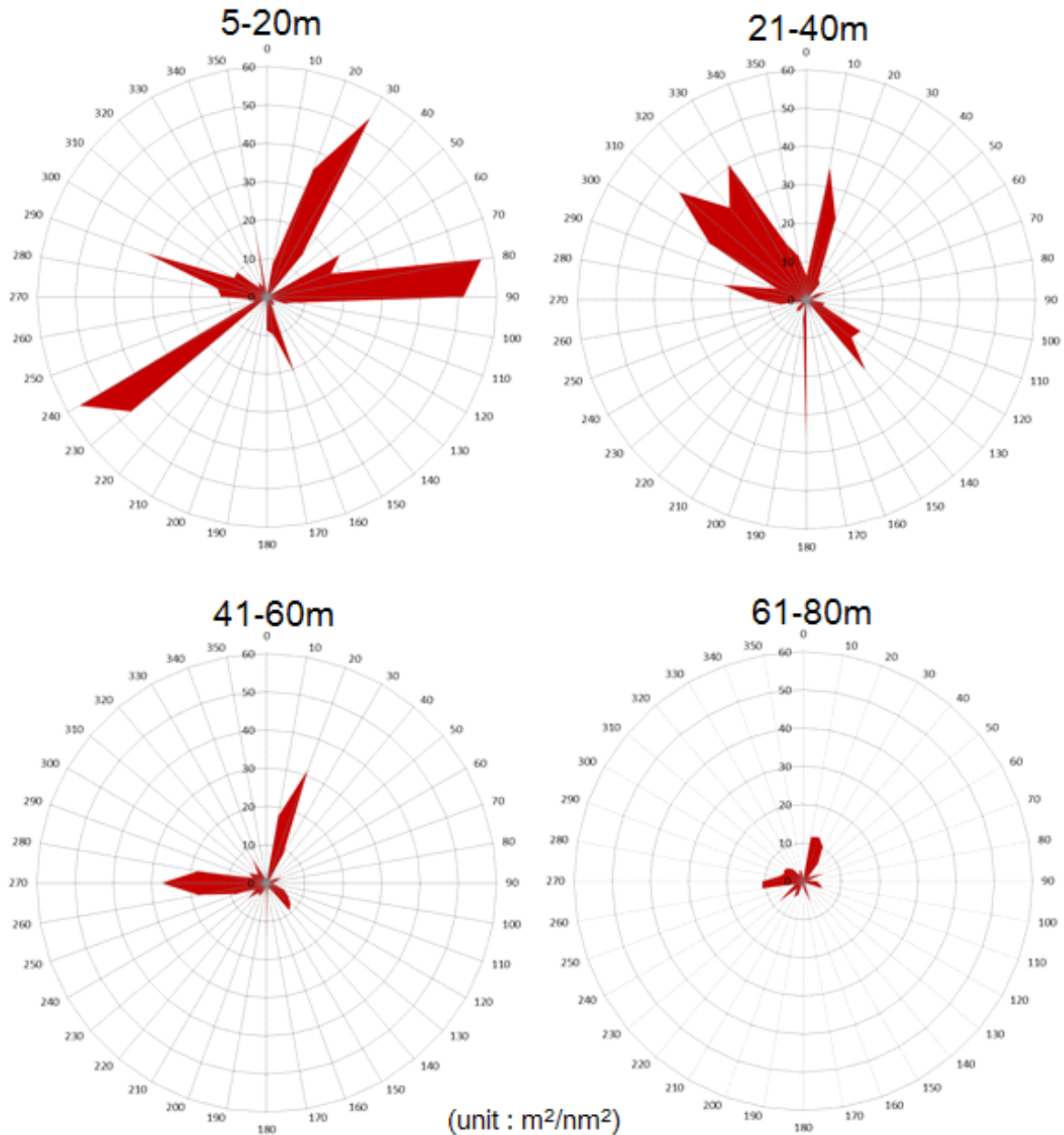


Fig. 3. Gathering distribution around ship in each water layer at 120 kHz transducer tilt angle 30°.



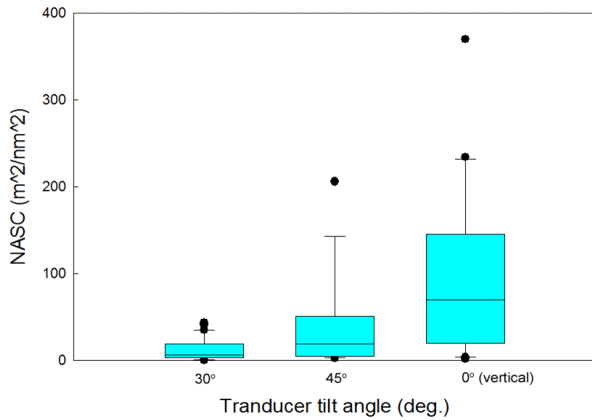


Fig. 4. Japanese common squid's distribution density (21~40 m) depending on transducer tilt angle.

### 결론

본 연구는 에너지소모율이 적고 효율적인 수중집어시스템을 개발하기 위하여 수중모니터링이 가능한 주파수 120 kHz (Split-beam)의 과학어군탐지기를 이용하여 LED 및 메탈헬라이트등이 탑재된 채낚기어업의 주요대상어종인 살오징어를 대상으로 조업어선 주변에 유집된 어군의 수평, 수층별 유집분포를 파악하였다. 진동자의 경사각을 0°, 30°, 45° 변화를 주었고, 수평으로는 10°씩 회전시킨 결과, 살오징어는 표층으로부터 40 m까지 농밀하게 분포하고 있으며, 선수를 중심으로 +10°~+30° 방향과 -30°~-60° 방향, -120°~-130° 방향에서 주로 분포하는 것으로 확인되었다. 진동자 경사각 0°, 30°, 45°의 수심 21~40 m 수층에 분포하는 살오징어의 음향학적 밀도를 비교한 결과, 수직방향 0°에서는 평균 101.8 m²/nm², 경사각 30°에서는 평균 12.3 m²/nm², 경사각 45°에서는 평균 42.4 m²/nm²로 진동자의 입사각이 수직방향일 때 가장 높은 밀도를 나타내었다. 따라서 추가적으로 진동자의 입사각 방향과 살오징어의 유영 자세각에 따른 음향산란강도의 검토가 필요한 것으로 판단된다.

### 사사

본 연구는 2016년도 국립수산과학원 수산과학연구소업 (R2016042)의 지원에 의해 수행되었으며, 현장 조사 수행에 도움을 준 전남대학교 수산과학과 대학원생 여러분과 본 논문을 사려 깊게 검토하여 주신 심사위원님들과 편집위원님께 감사드립니다.

### References

- An YI and Jeong HG. 2011. Catching efficiency of LED fishing lamp and behavioral reaction of common squid *Todarodes pacificus* to the shadow section of color LED light. *J Korean Soc Fish Technol* 47(3), 183-193. (DOI: 10.3796/ksft.2011.47.3.183)
- Bae BS, Jeong EC, Park HH, Chang DS and Yang YS. 2008. Behavioral characteristic of Japanese flying squid, *Todarodes pacificus* to LED light. *J Korean Soc Fish Technol* 44(4), 294-303. (DOI:10.3796/ksft.2008.44.4.294)
- Bae BS, Park BJ, Jeong EC, Yang YS, Park HH, Chun YY and Chang DS. 2009. Design and performance evaluation of fish-luring system using the air-cooled LED lamp for jigging and angling boat. *J Korean Soc Fish Technol* 45(2), 85-95. (DOI:10.3796/ksft.2009.45.2.085)
- Inada H. 1988. Measurement of the underwater spectral irradiance under the squid jigging boat. *J Tokyo Univ Fish* 75, 487-498.
- Kang DH, Mukai T, Iida K, Hwang DJ and Myoung JG. 2005. The influence of tilt angle on the acoustic target strength of the Japanese common squid (*Todarodes pacificus*). *ICES J Mar Sci* 62, 779-789. (DOI:10.1109/oceans.2004.1402944)
- Kawabata A. 2005. Target strength measurements of suspended live ommastrephid squid, *Todarodes pacifica*, and its application in density estimations. *Fish Sci* 71, 63-72. (DOI:10.1111/j.1444-2906.2005.00931.x)
- Lee KH, Choi JH, Shin JK, Chang DS and Park SW. 2009. Acoustical backscattering strength characteristics and density estimates of Japanese common squid distributed in Yellow Sea. *J Korean Soc Fish Technol* 45(3), 157-164. (DOI:10.3796/ksft.2009.45.3.157)
- Moursund RA, Carlson TJ and Peters RD. 2003. A fisheries applications of a dual frequency identification sonar acoustic camera. *ICES J Mar Sci* 60, 678-683. (DOI:10.1016/s1054-3139(03)00036-5)

2016. 08. 10 Received  
 2016. 08. 31 Revised  
 2016. 08. 31 Accepted