

AIS data 분석에 의한 제주도 주변 해역에서의 예망 어선들의 출현빈도와 어장탐색

이창헌 · 안장영*
제주대학교 해양과학대학 교수

A study on appearance frequencies and fishing ground exploration of trawl vessels obtained by analyzing AIS data of vessels in the sea around Jeju Island

Chang-Heun LEE and Jang-young AHN*

Professor, College of Ocean Sciences, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

The purpose of this paper is to explore the fishing grounds of trawl fishery, which are operating in the waters around Jeju Island, and to investigate the monthly shifting changes of the explored fishing grounds. Information on AIS of fishing vessels operating near Jeju Island was collected and analyzed from October 16, 2016 to October 16, 2017. Thus, the location of fishing vessels with the same operational characteristics as those in this industry was extracted and displayed on Google Maps' location drawings to analyze the dense distribution of fishing vessels according to the frequency of their appearance. In the distribution of fishing vessels that appeared in October, a wide range of fishing grounds connecting the upper and lower waters of the 221 and 222 sea of fishing area was found to have gradually expanded and increased density, showing the widest range and highest density in December, and then gradually decreasing from January 2017 to near extinction in May. The distribution of fishing vessels that appeared in the left and lower waters of the 243 sea estuary increased not only in November and December, but also in the appearing sea areas gradually moved to the 242 sea and the range of their appearance was extended to the 241 sea. In other words, the highly dense fishing area in December indirectly shows that it is winter fishing grounds for these industries. The distribution of these dense fishing vessels gradually moved north and west with each passing day, reducing their density and reaching a near extinction in August. However, in September, the density was gradually restored again. Fishing vessels that appeared in high density in the northern waters of the 224 sea east of the Yeoseo island in December were thought to be fishing vessels, whose density decreased over time, almost disappeared in May, and reappeared in July and August, showing a certain degree of density, and then decreased again.

Keywords : AIS data, Fishing ground exploration, Trawl fishery

*Corresponding author: ahn@jejunu.ac.kr, Tel: +82-64-754-3416, Fax: +82-64-756-3483

서론

우리나라에서 VTS(해상교통관제)시스템이 처음 도입된 것은 1993년 포항항으로, 포항제철에 철광석을 조달하기 위해 자주 드나들었던 대형선박들의 안전한 입·출항을 도모하기 위해서였다. 이 시스템이 도입되어 운영됨으로써 선박의 입·출항이 보다 안정적이고, 해양사고의 예방과 감소에도 긍정적인 효과가 예상됨에 따라 1996년부터 2005년까지 10년에 걸쳐 무역항을 중심으로 순차적으로 확대되어(Jung, 2013) 13개의 항구로 늘어나게 되었으며, 더욱이 연안 수역에도 VTS를 확대할 필요성이 있어 2006년에 진도연안을 시작으로 2012년에 여수연안, 2014년에 통영연안 등으로 현재는 전국 18개 VTS 센터가 설치되었는데, 2021년까지 8기가 추가로 구축될 예정에 있다(Lee et al., 2017; MoPSS, 2017).

이렇듯 VTS 센터가 설치된 곳은 우리나라의 기간산업과 깊은 관련이 있는 무역항이나 대형선의 항해가 빈번한 연안 수역으로 한정되어 있고, 의무관제해역도 제한되어 있어서 실질적으로 해양사고의 비율이 높은 어선들이 활동하는 곳까지 선박을 관제하거나 항행정보를 송수신하는 등의 역할을 기대하는 것은 무리라고 할 수 있다. 더욱이 소형어선들에서 인명사고가 동반된 해양사고가 자주 발생함에 따라 해양수산부도 사고예방과 원활한 구조 활동의 일환으로 2012년부터 어선위치발신장치의 장착을 단계적으로 의무화하였고, 2014년의 세월호 사고를 계기로 한층 강화되어 2017년에 어선법 시행규칙 개정으로 완전히 의무화가 되었다. 이 과정에서 2015년에 개정된 어선설비기준은 “자동식별장치(AIS)”를 설치하여야 하는 대상선박을 45 m 이상 어선에서 총톤수 10톤 이상 어선으로 대폭 확대하기에 이르렀다.

어선은 어획가능성이 높은 어장정보를 항상 필요로 하며 일반적으로 조업 위치 뿐만 아니라 본선에서 사용하는 어구와 어업기계 등의 어로작업과 어장 관련 정보를 타인에게 노출하는 것을 싫어하고, 정보누출을 막기 위해 일부 어선들은 조업 중에 고의로 어선위치발신장치의 작동을 정지시키는 불법을 행하는 경우도 있다. 따라서 성공적인 어선어업으로 연결될 수 있을 정도의 객관적인 어장정보는 확보하기가 대단히 어렵다.

VTS 센터에서는 주변 해역을 항행하는 선박으로부터 송신되어 오는 모든 AIS 정보를 끊임없이 수신하여 Big data로 저장하고 있고, AIS 수신기를 장착한 선박에서도

이러한 data를 동일하게 수신하고 저장할 수 있다. 선박의 AIS 정보에는 시간, 위치, 속력, 선종 등 다양한 정보가 내포되어 있어서, 조업시 선박의 운항특성에 맞게 이들 정보를 적절히 분석·활용하면 충분히 가치가 있는 새로운 기타정보를 탐색해 낼 수 있다.

이와 관련된 연구로서, VTS Big data를 활용하여 선박에 작용하는 외력의 영향 평가(Kim et al., 2013)를 하거나 효율적인 VTS 통신 데이터 분석 방법을 연구(Kim and Park, 2016)하기도 하고, 채낚기어선의 조업특성과 일치하는 선속을 가진 어선의 출현빈도를 분석하여 어장을 탐색하는 연구(Kim and Ahn, 2018) 등이 있다. 그러나 제주도 주변에서 저인망어선들이나 트롤어선들이 조업하는 어장에 관해서는 근거가 미약한 조업예상어장도(NIFS, 2016; Suhyup, 2016; KMA, 2016)는 있으나 어선들이 실제로 출어하고 있는 어장을 탐색하는 연구는 보기 어렵다.

이 논문은 제주도 주변해역에서 저인망어선들이나 트롤어선들의 출어어장을 탐색하고, 이들 어장의 월별 이동변화를 규명하기 위하여, 제주도 주변해역을 운항중인 어선들의 AIS 정보를 수집·분석하였고, 이 어선들과 동일한 운항특성을 가진 어선의 위치를 추출한 후, 출현빈도의 분포도를 분석·연구하였다.

재료 및 방법

제주도 주변해역에서 조업하는 어선들의 AIS 정보는, 2016년 10월 16일부터 2017년 10월 16일까지, 해발 약 305 m의 제주대학교 건물 옥상에 AIS (SLR200, UK) 수신기의 안테나를 설치하여 수신하였으며, 수신된 정보는 AisDecoder (NA, 2018)라는 프로그램을 통하여 하

Table 1. Conditions to extract the position of the fishing vessel that are consistent with the operational characteristics of trawl vessels based on AIS data analysis

Item	Criteria
Type of the ship	Fishing
Period	2016. 10. 16 ~ 2017. 10. 16
Time	Day & Night (0h~24h)
Observation area	Lat. 32°30' N ~ 34°12' N
	Long. 125°00' E ~ 128°00' E
Grid size	1 NM × 1 NM
SOG	3~5 Knot
Renewal cycle of MMSI	24 Hour

드디스크에 저장하였다. 이 자료는 다시 재생 · 분석하여 Table 1과 같은 조건에 맞는 어선을 추출한 다음, 그 어선들의 위치정보를 밀집도 분석에 활용하였다 (Kim and Ahn, 2018).

AIS 정보 분석은 Message Type별로 구성된 포맷에 따라 선종 및 화물에 관한 정보로써 어선임을 확인하고, MMSI (Maritime Mobile Service Identity)로써 동일선박인지 아닌지를 식별하였다. 또 측정시각, 선박위치, 대지속력에 관한 동적 정보도 동시에 추출하였으며, 추출어선의 위치범위는 Fig. 1과 같다. 제주도를 중심으로 한 주변해역의 위도범위는 32°30' N ~ 34°12' N, 경도범위는 125°00' E~ 128°00' E로서, 어업 해구도에서 104, 110, 113, 115, 210~214의 일부 해구, 220~224, 230~234, 240~244 해구가 포함되었다(Kim and Ahn, 2018).

이렇게 설정된 조건을 모두 만족하는 어선들의 위치만을 추출하여 출현밀도 분석에 활용하였으며, 추출한 어선들이 어느 위치에 얼마나 출현하는지를 조사하기 위한 출현밀도 분석은 우선 추출범위의 전체를 가로 및 세로로 각각 1해리가 되도록 총 18,360개의 그리드로 분할한 다음, 동일 그리드에 출현하는 어선수를 1개월 단위로 카운트하는 방법으로 실시하였다. 이 과정에서 같은 그리드 내에 동일 어선이 여러 번 출현하더라도 24시간 이내에는 한번만 카운트하였다(Kim and Ahn, 2018).

제주도 주변 해역에서 시간의 제한을 받지 않고 조업할 수 있는 어선은 쌍끌이대형저인망어선, 외끌이대형저인망어선, 서남구중형저인망어선, 트롤어선, 연승어

선, 통발어선, 자망어선 및 선망어선 등이 있다. 그런데 예망 어선을 제외한 타 업종 어선들은 조업 특성상 투 · 양망 혹은 투 · 양승 때의 행동범위가 1~2해리 정도로 좁을 뿐만 아니라 선속이 3~5 Knots로 유지되는 시간이 아주 짧고 기다리는 시간이 길다. 따라서 어선의 출현위치를 그리드별로 구분하여 동일 그리드내에서 24시간 동안에 선속3~5 Knots 어선의 출현여부만을 카운트하는 방법으로 자료를 수집할 경우에는 예망 조업어선에 비하여 타 업종 어선의 출현빈도가 상당히 낮을 수밖에 없다. 따라서 연구는 조업시에 선속이 3~5 Knots로 지속되는 예망 어선들을 중심으로 하였다.

그런데 제주도 주변 해역에서의 해조류는 제주해협과 그 외의 해역에서의 속력이 약간의 차이가 있다. 그래서 조업시에 이를 감안하여 대지속력의 범위를 정한다면 그 범위가 너무 넓어 다른 업종의 어선들이나 일반 항행선들이 이 업종의 어선으로 잘못 편입될 가능성이 있으므로 이러한 오류를 배제하기 위하여 자료분석시의 대지속력은 3~5 Knots로 고정하였다.

수집 · 관찰된 각 그리드마다의 어선들의 출현빈도는 시각적으로 쉽게 구별되도록 하기 위하여, Fig. 1과 같이 출현빈도에 따라 0~4번(바탕색), 5~9번(청색), 10~14번(검청색), 15~19번(연두색), 20~24번(주황색), 25~29번(주홍색), 30~34번(홍색), 35번 이상(검홍색)으로 8단계로 나누어 그리드의 색을 달리하였으며, 각 그리드의 상대위치를 알 수 있도록 조사해역을 Google Maps의 프로그램상 위치도에 표시되게 하였다. 이렇게 분석된 어선의 월별 출현빈도를 나타내는 분포도를 상호 비교하여 어선의 위치이동에 따른 어장변동 특성을 관찰하였다.

결과 및 고찰

제주도 주변해역에서 저인망어선들이나 트롤어선들의 조업어장을 탐색하기 위하여, 1년간의 AIS data를 수신 · 분석한 다음, 이들 어선들과 동일한 운항특성을 가진 대지속력 3~5 Knots 어선들의 위치를 추출하여 출현밀도의 분포도를 월별로 나타낸 결과는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서, 2016년 10월의 출현어선의 분포도는 보름 동안의 자료로서 출현빈도 자체가 대체적으로 낮을 뿐만 아니라 높은 밀집도를 나타내는 곳도 많지 않으나, 대략 어장이 형성되고 있는 해역임은 알 수 있었다. 232

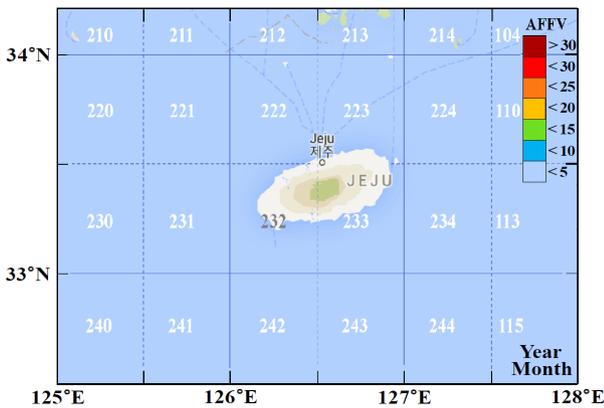


Fig. 1. Fishing zones for the extraction of vessels positions and remarks for the appearance frequency of the fishing vessels (AFFV).

해구 전역, 242해구의 상측 중앙 해역 및 232해구와 233해구의 경계선부근 해역에 고밀도의 어선출현을 보이고 있고, 그리고 221해구의 상측 해역과 222해구의 하측 해역을 연결하는 넓은 해역과 243해구의 좌·하측의 넓은 해역에 어장이 형성되어 가고 있는 것을 알 수 있다.

이 현상은 11월에 들어서 밀집도가 높아져서 완전한 어장의 형태를 나타내고 있다. 특히 11월의 출현어선 분포도는 마치 0~1.5 Knots에서 조업하는 채낚기어선들의 11월 출현 분포도(Kim and Ahn, 2018)와 전체적으로 아주 흡사하여, 제주도 서쪽해안에는 비양도, 차귀도 및 마라도를 연결하는 벨트모양으로 둘러싸여 있는 형태를 하면서, 고밀도의 출현빈도를 나타내고 있다. 이것은 저인망어선이나 트롤어선의 출현분포도라기 보다 이 시기에 형성된 방어어장에 채낚기어선들이 빈번히 드나들며 지속항행을 한 결과로 보인다. 그리고 10월에 243해구의 좌하측 해역에 밀집되어 나타났던 저인망어선들이 11월에는 242해구의 좌·하측 해역 및 241해구의 우·하측 해역으로 이동하였음을 알 수 있다.

12월의 출현어선 분포도를 보면, 우선 제주해협에 해당하는 221해구에서 222, 223 및 124해구로 연결되는 해역에 고밀도의 출현빈도를 나타내고 있다. 이것은 0~1.5 Knots에서 조업하는 채낚기어선들의 12월 출현 분포도와도 흡사한 결과이지만, 이 시기에 이 해역에서는 채낚기어선들과 저인망어선들이 섞여 조업하고 있다고 볼 수 있다. 또한, 232해구와 233해구의 경계선부근 해역과, 242해구와 243해구의 경계선부근의 해역에 고밀집도를 나타낸 것은 채낚기어선의 잦은 항행의 결과로 생각된다. 그리고 242해구의 좌측 해역과 241해구의 우측 해역에 고밀도로 출현한 어선의 분포는 이 해역이 트롤어선 및 저인망어선들의 조업어장임을 나타내고 있다고 생각된다.

2017년 1월에는 2016년 12월에 제주해협에 길게 벨트모양으로 형성되었던 고밀집도의 어선출현 해역이 222해구의 좌측 해역과 224해구의 좌측 해역으로 그 범위가 아주 좁아지면서 갈라졌는데, 그럼에도 그 밀집도는 유지되고 있다고 볼 수 있으나 세력이 급격히 약화될 조짐을 보이고 있다. 그리고 12월에 241해구와 242해구에 강하게 형성되어 있던 고밀집도의 출현어선 분포는 세력이 약화되어 230해구의 하측 해역과 240해구의 상측 해역으로 이동해가는 현상을 보였다.

2월에 들어서는 전체적으로 출현빈도가 낮은 동시에 출현어선의 고밀집도 해역은 거의 보이지 않았다.

3월의 출현어선 분포도에서는, 특징적인 양상은 보이지 않고, 제주도 주변 전역에 골고루 분포하고 있었다. 다만 241해구를 중심으로 하여 그 주변까지 전월에 비하여 밀집도가 점점 높아지고 있음을 알 수 있었다.

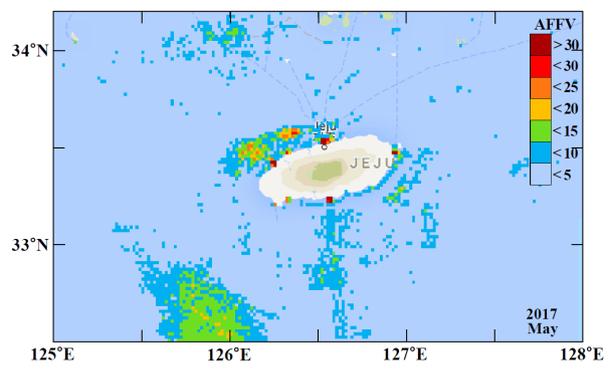
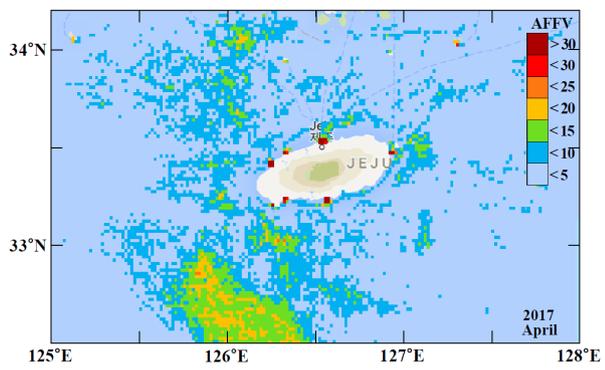
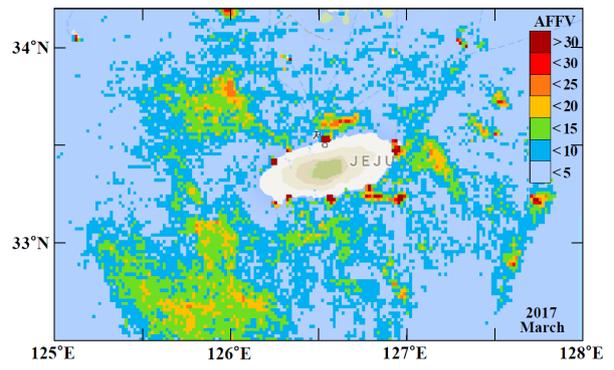
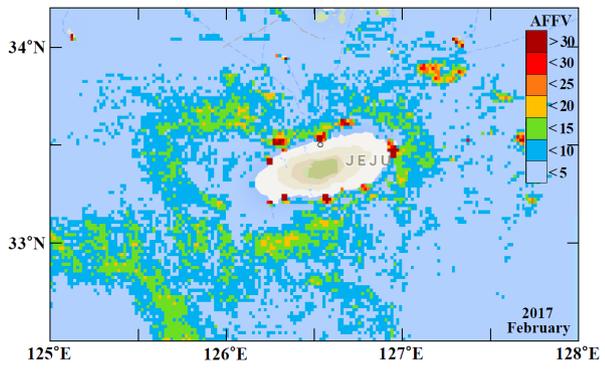
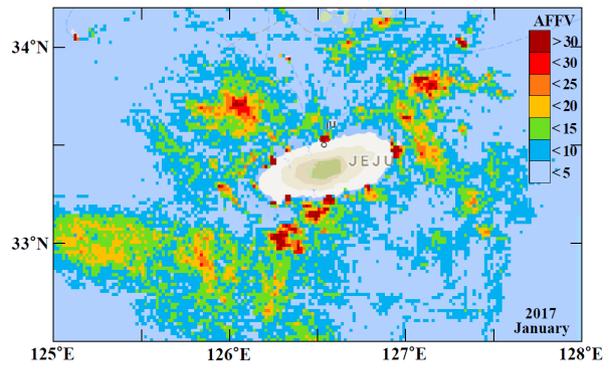
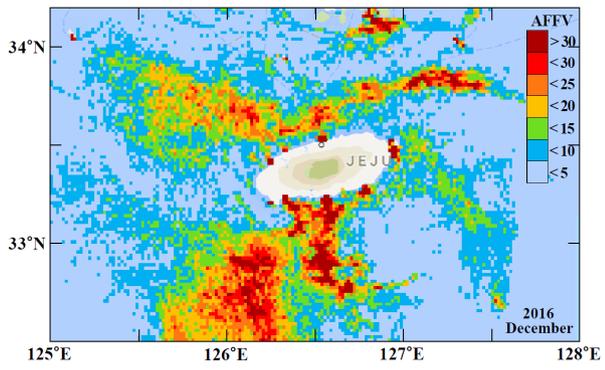
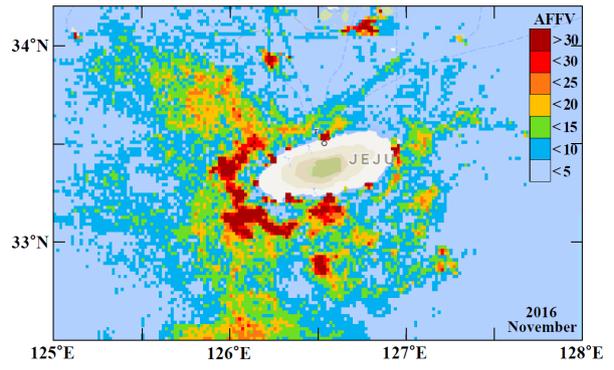
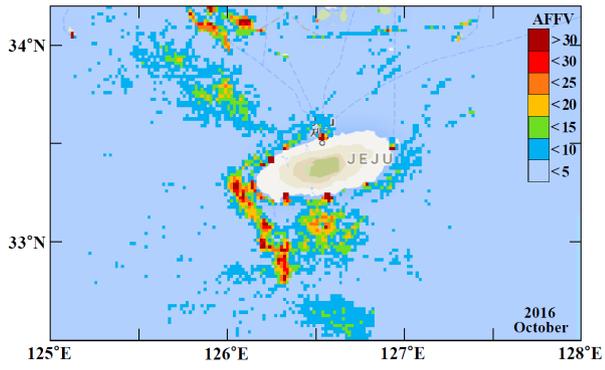
4월에 접어들어서는 전체적으로 3월의 출현밀도보다 아주 약화되었는데, 반면에 3월에 241해구를 중심으로 형성 되어 있던 고밀도 출현어선 분포가 4월에는 241해구의 우측 해역과 242해구의 좌·하측 해역으로 이동하여 나타나면서 밀집도는 유지되었지만 범위는 작아졌다.

5월에는 제주도 주변에서 가까운 북서연안을 제외하면 출현어선이 거의 사라지고 없다고 할 수 있을 정도이며, 전년도 12월부터 형성되어 있던 제주해협에서의 출현어선 분포는 완전히 사라졌다고 할 수 있다. 그리고 전월에 비해 밀집도가 약화되어 남아있던 241해구의 출현어선 분포는 그 범위와 밀집도가 더욱 약화되었다. 그리고 6월에도 전 해역에서 지속적으로 약화되어 갔다.

7월에 들어서는 출현어선의 범위와 밀집도에서 6월보다 전체적으로 더욱 감소하긴 하였으나, 242해구의 하측 해역에서는 유지하였다고 볼 수 있다. 그리고 224해구에서는 새롭게 고밀집도의 출현어선이 분포하기 시작했으며, 또한 제주도 남동쪽 해안에서도 아주 높은 밀도로 출현어선의 분포를 나타내었다. 이것은 0~1.5 Knots에서 조업하는 채낚기어선들의 7월의 출현 분포도와도 거의 같은 결과로 미루어 볼 때, 이시기에 이 해역에서 갈치 및 오징어 등의 채낚기어선들이 빈번히 항행한 결과가 유입된 것으로 판단된다.

8월에는 223 및 224해구에서 고밀도의 출현어선이 분포하였으며, 또한 제주도 주변 가까운 연안에도 저밀도의 분포를 나타내었다. 이것은 오징어 및 갈치 채낚기어선들이 유입된 결과로 보이는 반면, 211해구의 하측 해역 및 221해구의 상측 해역에 나타난 출현어선의 분포와 242해구의 하측 해역 및 243해구의 하측 해역에 나타난 출현어선의 분포는 밀도는 낮으나 저인망어선의 분포로 볼 수 있다.

9월의 출현어선 분포도에서, 제주도의 주변을 둘러싸고 있는 형태의 고밀도 및 저밀도의 분포는 방어, 오징어 및 갈치 채낚기어선들의 출현이 유입된 결과로 보이나, 242해구와 243해구에서 나타난 출현어선의 분포는 8월



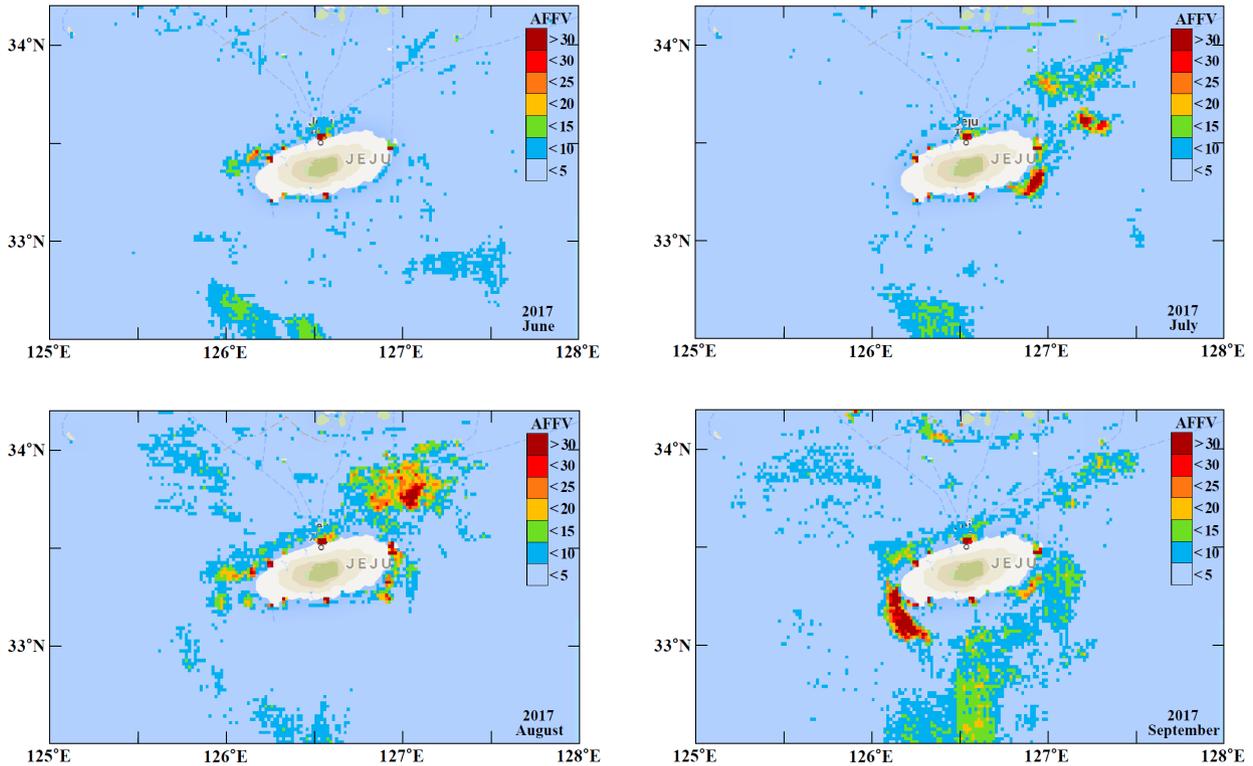


Fig. 2. Monthly distribution charts on the appearance frequency of trawl vessels obtained by receiving and analyzing AIS data of vessels around the Jeju Island from October 16, 2016 to October 16, 2017.

보다 훨씬 밀집도가 높은 것은 타 해역에서 조업하던 저인망어선들이 이 해역으로 점차 이동하고 있음을 나타내고 있다.

이상의 결과에서, 출현어선의 분포도를 분석하여 보면, 10월의 출현어선 분포도에 나타났던 221해구의 상측 해역과 222해구의 하측 해역을 연결하는 넓은 범위의 어장은 11월을 거쳐 12월까지 그 범위와 밀집도가 증가하다가 2017년 1월부터 차차 감소하여 5월에 소멸하는 것으로 나타났다.

그리고 10월의 출현어선 분포도에서 243해구의 좌·하측 해역에 나타났던 출현어선의 밀집도는 11월과 12월로 가면서 점점 증가하였고, 출현해역도 242해구로 이동하고, 그 범위도 241해구까지 확대되었다. 즉, 12월에는 아주 고밀집도의 어선이 출현함으로써 이 해역이 저인망어업의 겨울어장임을 간접적으로 나타내고 있다. 이렇게 고밀집된 출현어선의 분포는 2017년도로 넘어갈수록 점점 서북방향으로 이동하면서 밀집도도 낮아지

더니 8월에는 거의 소멸되었고, 다시 9월에 들어 점점 밀집도도 회복하는 추세를 보였다.

또한, 12월에 여서도 동쪽에 있는 224해구의 북측 해역에 고밀집도로 출현한 어선은 저인망어선이나 트롤어선으로 보이는데, 이 어선들은 시간이 지날수록 점점 밀집도가 낮아져서 5월에는 거의 사라져 보이다가 7월과 8월에 다시 나타나면서 약간의 밀집도를 보여주다가 또다시 감소되어가는 양상을 보였다.

결론

제주도 주변해역에서 저인망어선들이나 트롤어선들의 출어어장을 탐색하고, 이들 어장의 월별 이동변화를 규명하기 위하여, 제주도 주변해역을 운항중인 어선들의 AIS 정보를 수집·분석하여 이 어선들과 동일한 운항특성을 가진 어선의 위치를 추출한 후, 출현밀도의 분포도를 분석·연구하였다.

10월의 출현어선 분포도에 나타났던 221해구의 상측

해역과 222해구의 하측 해역을 연결하는 넓은 범위의 어장은 11월을 거쳐 12월까지 그 범위와 밀집도가 증가하다가 2017년 1월부터 차차 감소하여 5월에 소멸하는 것으로 나타났다.

그리고 10월의 출현어선 분포도에서 243해구의 좌·하측 해역에 나타났던 출현어선의 밀집도는 11월과 12월로 가면서 점점 증가하였고, 출현해역도 242해구로 이동하고, 그 범위도 241해구까지 확대되었다. 즉, 12월에는 아주 고밀집도의 어선이 출현함으로써 이 해역이 저인망어업의 겨울어장임을 간접적으로 나타내고 있다. 이렇게 고밀집된 출현어선의 분포는 2017년도로 넘어갈수록 점점 서북방향으로 이동하면서 밀집도도 낮아지더니 8월에는 거의 소멸되었고, 다시 9월에 들어 점점 밀집도도 회복하는 추세를 보였다.

12월에 여서도 동쪽에 있는 224해구의 북측 해역에 고밀집도로 출현한 어선은 저인망어선이나 트롤어선으로 보이는데, 이 어선들은 시간이 지날수록 점점 밀집도가 낮아져서 5월에는 거의 사라져 보이다가 7월과 8월에 다시 나타나면서 약간의 밀집도를 보여주다가 또다시 감소되어가는 양상을 보였다.

사 사

이 논문은 2018학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음.

References

Jung CY. 2013. An empirical study on the functional reinforcement of coastal vessel traffic services. ME. Thesis, Mokpo Maritime University, Korea, 79.

Kim BH and Park YS. 2016. A Study on the effective VTS communications analysis by the method of VCDF in Busan port. J KOSOMES 22(4), 311-318. (DOI:10.7837/kosomes.2016.22.4.311).

Kim KI and Ahn JY. 2018. A study on appearance frequencies

and fishing ground exploration of low-run fishing obtained by analyzing AIS data of vessels in the sea around Jeju Island. J Korean Soc Fish Ocean Technol, 54(2), 157-163. (DOI:10.3796/KSFOT.2018.54.2.157).

Kim KI, Jung JS and Park GK. 2013. Assessment of external force acting on ship using big data in maritime traffic. J KIIS 23(5), 379-384. (DOI:10.5391/JKIIS.2013.23.5.379).

KMA. 2016. Weather informations for coastal and offshore ship. Retrieved from http://www.kma.go.kr/marine/marine_08/pdf/data_201611.pdf~201710.pdf. Accessed 9 Feb 2019.

Lee SH, Kim KI, Ahn JY, Lee CH and Choi CM. 2017. A study on installation location of radar for minimizing blind area in the construction of VTS system of Kangjeong Port. J Korean Soc Fish Ocean Technol 53(2), 187-195. (DOI:10.3796/KSFOT.2017.53.2.195).

MoPSS. 2017. Retrieved from <http://www.vtskorea.go.kr/Service.do?id=intro02>. Accessed 10 Jan 2017.

Neal Arundale. 2018. Retrieved from http://arundale.com/docs/ais/ais_decoder_v3_downloads.html. Accessed 28 Mar 2018.

NIFS. 2016. Weekly information of sea and fishing condition in the south sea Retrieved from http://www.nifs.go.kr/bbs?id=wforecast&flag=pre&boardIdx=52728&sc=&sv=&site=&cPage=100&viewChk=&view_gubn=cms. Accessed 9 Feb 2019.

Suhyup. 2016. Operating information of coastal and offshore fishing vessels. Retrieved from https://www.suhyup.co.kr/service/data_90.jsp?incPage=dt01_view&sh_site=6&sh_class=149&sh_no=11157&PAGE=3&FIELD=sh_title&KEY=. Accessed 9 Feb 2019.

2019. 02. 11 Received

2019. 03. 12 Revised

2019. 03. 25 Accepted