

위성추적장치를 이용한 구조치료 상괭이(*Neophocaena asiaeorientalis*)의 이동 모니터링 결과 및 표층수온과의 관계

박겸준 · Keiko Yamada^{1*} · 손호선

국립수산과학원 동해수산연구소 고래연구센터, ¹계명대학교 자연과학대학 환경학부 지구환경학전공

Results of Satellite Tag Monitoring and a Preliminary Study of the Influence of Sea Surface Temperature on a Rehabilitated Finless Porpoise *Neophocaena asiaeorientalis* in Korea

Kyum Joon Park, Keiko Yamada^{1*} and Hawsun Sohn

Cetacean Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Ulsan 44780, Korea

¹Major in Global Environment, College of Natural Sciences, Keimyung University, Daegu 42601, Korea

Little is known about the movements of finless porpoises *Neophocaena asiaeorientalis* and their relationship with sea surface temperature (SST). A female finless porpoise that was stranded alive on the shore at Busan was rehabilitated for 16 months at the Sea Life Busan Aquarium. The porpoise was released off Geoje Island with a satellite tag on her mid-ridge and tracking data were received for 7 days. The porpoise moved directly to the southern shore of Gadeok Island, where an earlier study reported that finless porpoises were most abundant around the island. The tracking route revealed two other potential primary habitats. The porpoise moved to the middle of the east coast of the Korean Peninsula at Uljin, beyond the distribution boundary known from earlier studies. Satellite infrared images detected a cold water mass off the Uljin coast and the tracking route showed that the porpoise avoided this low-temperature area.

Key words: Finless porpoise, *Neophocaena asiaeorientalis*, Satellite tag, SST, Cold water mass

서론

상괭이(*Neophocaena asiaeorientalis*)는 쇠돌고래과(Family Phocoenidae)에 속하는 소형 돌고래로 다른 돌고래류와 달리 등지느러미가 없고 대신 등에서 꼬리까지 낮은 등선이 돌출되어 있다. 분포지역은 우리나라와 일본, 중국 동부의 수심이 낮은 연안이다(Jefferson et al., 2008). 멸종위기에 처한 야생동식물의 국제거래에 관한 협약(CITES, convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora)에서 심각한 멸종위기에 처한 것으로 판단되는 종을 부속서 1에 등재하고 상업적인 국제 거래를 금지하고 있는데, 아시아 동부 지역 상괭이는 CITES 부속서 1에 등재되어 있다(CITES, 2017).

한반도에서 상괭이의 분포는 서해와 남해 전 연안과 동해 남부연안으로 돌고래류 중에서는 가장 넓게 분포하며(Sohn et al., 2012), 개체수는 우리나라 고래류 중에서 가장 많지만 서해

연안에서 최근 추정된 개체수가 약 13,000마리로 이전에 비해 60% 이상 감소한 것으로 추정되었다(Park et al., 2015). 이러한 급격한 감소 경향 등의 이유로 우리나라도 상괭이 보호를 위해 2016년에 보호대상해양생물로 지정했다(MOF, 2016). 따라서 최근 상괭이의 생태학적 특성에 관한 관심이 무척 높다.

Park et al. (2017) 및 Sohn et al. (2012)의 연구에 따르면 우리나라 연안에 서식하는 상괭이는 서해와 남해 연안 및 울산 이남의 동해 남부 연안역에 분포하는 것으로 알려져 있다. 이들의 연구는 육상 및 선박 목시조사를 통해 이루어졌다.

국외에서는 쇠돌고래와 큰돌고래 같은 돌고래류를 대상으로 위성추적장치를 부착하여 방류 후 이동 경로를 모니터링하거나(Mate et al., 1995; Westgate et al., 1998) 대서양낫돌고래의 이동과 잠수행동을 모니터링한 연구(Mate et al., 1994), 위치 추적을 통해 쇠돌고래의 밀집지역을 찾아내는 연구(Sveegaard et al., 2011) 등이 수행되었지만 우리나라에서는 아직까지 돌고래

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0456>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 51(4) 456-460, August 2018

Received 9 July 2018; Revised 19 July 2018; Accepted 1 August 2018

*Corresponding author: Tel: +82. 53. 580. 5211 Fax: +82. 53. 580. 6286

E-mail address: keikoy@kmu.ac.kr

류를 대상으로 위성추적장치를 이용한 이러한 연구결과가 없다. 특히 돌고래류의 위성추적장치 부착 위치로 가장 널리 활용되는 등지느러미가 상괘이는 없기 때문에 우리나라뿐만 아니라 국외에서도 상괘이를 대상으로 한 위성추적 연구는 전무하다.

Shirakihara et al. (1994)는 상괘이가 번식과 관련해서 계절적 분포에 변화를 보인다고 했으며 Park et al. (2017)은 부산 가덕도에서 상괘이가 비번식기인 여름에 가장 적게 관찰되었다고 했다. 하지만 상괘이의 분포가 표층수온과 같은 해양환경과 어떤 관계가 있지도 전혀 연구되지 않았으며, 다른 돌고래 종의 일부 종만 기후변화에 따른 큰 표층수온 변화에 따른 이동 변화가 알려졌다(Neumann, 2001).

본 연구에서는 2005년 5월 해양동물전문구조치료 기관인 SEA LIFE 부산아쿠아리움이 부산 연안에서 구조하여 16개월의 재활을 마치고 자연 방류를 하게 된 상괘이, 오월이에게 위성추적장치를 부착하고 위성을 통해 수신된 신호를 분석하여 이동경로를 모니터링하였으며, 위성 열적외선 자료를 통해 추정된 표층수온과 이동경로를 비교해 상괘이의 분포와 수온과의 상관에 대해 고찰하였다.

재료 및 방법

연구 대상 상괘이 오월이는 SEA LIFE 부산아쿠아리움에서 16개월의 재활을 마치고 2015년 9월 20일 야생적응훈련 및 방류장소로 결정한 거제도 연안에 있는 해상 가두리(N34°58', E128°43')로 이송되었다. 이송하면서 오월이의 뒷부분 윗가 가장 높게 돌출한 부분에 구멍을 한 개 뚫어 길이 13 cm, 무게 53 g의 위성추적장치(SPOT-265A, Wildlife Computers)를 부착하였다. 신호발신은 추적장치가 수면 위로 올라올 때 발신하도록 하였고 인공위성에서 수신한 위성추적장치의 위치를 Argos 회사 홈페이지(www.argos-system.org)에서 받아 오월이의 위치를 파악하였다. 오월이는 20일간 야생적응 기간을 거친 후 2005년 10월 21일 방류되었다. 방류 당일, 오월이를 야생적응훈련용 가두리에서 선박으로 옮겨 신고 안전한 방류를 위해 어구와 선박의 이동이 적은 해역까지 남동쪽으로 약 3.5 km를 이동하였으며 이동 중 오월이의 상태와 위성추적장치의 상태를 점검하였다. 방류는 들것을 이용해 오월이를 들어올리고 잠수사가 수중에서 받은 다음 들것을 열어 보냄으로 완료되었다.

오월이의 이동과 수온과의 관계를 알아보기 위해 NASA의 지구관측위성 Aqua에 탑재되어 있는 센서 MODIS (moderate resolution imaging spectrometer)의 표층수온 (SST, sea surface temperature) level2 daily 자료를 이용하였다. SST는 11-12 μm의 열적외선을 이용해서 추정되었으며 공간해상도는 1 km였다. 연구기간 동안에 비교적 구름에 의한 영향이나 결손이 적었던 2015년 10월 23일의 데이터를 NASA가 제공하는 무료 소프트웨어 SeaDAS를 이용해 기하보정을 하여, 33.8°-37.8°N, 127.5°-130.5°E의 해역에 대한 이미지를 작성하여 분석에 사용하였다.

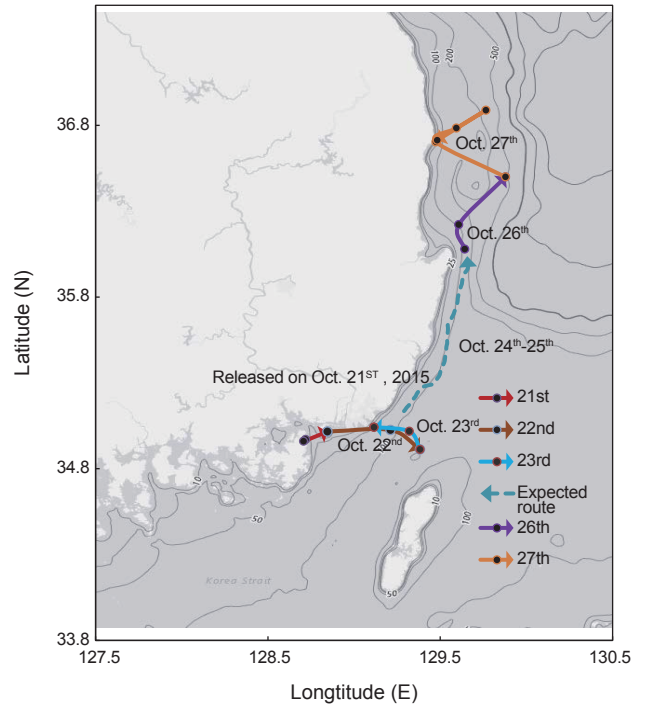


Fig. 1. Satellite tracking map for the rehabilitated finless porpoise *Neophocaena asiaeorientalis* released at eastern Geoje Island on Oct. 21st 2015. Closed dots represent locations obtained from satellite telemetry. Colored arrow lines represent the movement of the animal by date for 7 days. The dot line is an expected movement, assuming the animal moved along the coast line.

결 과

10월 21일 오월이가 방류된 후 위성위치정보는 10월 27일까지 7일간 수신되었다. 위성위치정보에 따른 오월이의 이동경로는 Fig. 1, 이동 거리는 Table 1에 요약했다. 10월 21일 거제도 동쪽에서 방류된 오월이는 부산 가덕도로 이동했고 이동거리

Table 1. Traveled distance based on satellite tracking by a rehabilitated and tagged finless porpoise *Neophocaena asiaeorientalis* for 7 days

Date	Day	Traveled distance (km/d)
21 st	1	15.61
22 nd	2	53.32
23 rd	3	36.57
24 th -25 th	4-5	114.44*
26 th	6	55.36
27 th	7	107.30

*Expected move distance of the finless porpoise if she moved along the coast line.

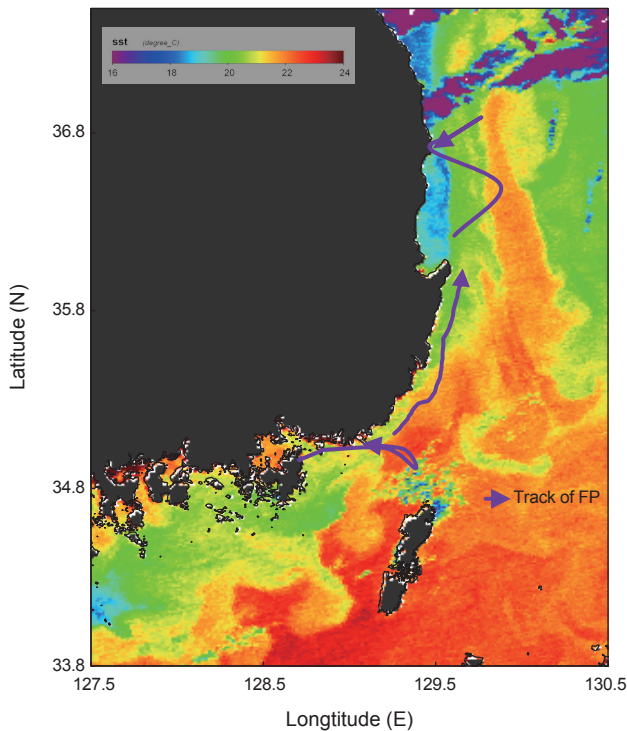


Fig. 2. SST map of study area derived from NOAA-MODIS infrared Imagery at 1 km resolution in Oct. 23rd 2015 with track lines of the released finless porpoise *Neophocaena asiaeorientalis* monitored by a satellite tag. Purple represents cloud mask superimposed area. SST, sea surface temperature.

는 15.61 km로 위치추적 모니터링 기간 중 가장 짧은 일일 이동 거리를 보였다. 그 다음날에는 부산 연안을 거쳐 부산과 대마도 사이의 해역까지 53.32 km를 이동했다. 23일에는 부산 영도로 이동하며 36.57 km를 유영한 후 24일과 25일, 이틀간은 위성위치정보가 수신되지 않았다. 26일 오월이가 포항 북동쪽 연안에 다시 나타나 38.2 km를 이동하며 먼바다까지 나간 것이 확인되었으며 이날 이동거리는 55.36 km였다. 오월이가 26일에 나타난 위치로 볼 때, 오월이가 이틀간 북상한 것을 알 수 있었으며 연안을 따라서 이동했을 것으로 가정할 경우 이틀간 약 114.44 km를 이동했을 것으로 추정된다. 27일에는 오월이가 경상북도 후포항 해안 아주 가까운 곳까지 들어왔다가 북동쪽 28.9 km 연안까지 이동하였고 다시 후포항 해안가까지 들어왔다. 오월이는 이날 모니터링 기간 중 가장 긴 107.30 km를 이동했다. 이후 29일에 비슷한 위치에서 한 차례 위성위치정보가 들어오고 더 이상 수신되지 않았다. 오월이는 7일간 총 382.59 km, 하루 평균 54.66 (SD=27.80) km를 이동했다.

오월이가 방류 후 남해에서 주로 수심 50 m 미만의 해역에 주로 머물렀지만 부산과 대마도 중간 지점, 수심 200 m 해역까지 나갔다가 다시 연안으로 이동했다. 오월이가 북상해서 동해 중

부로 이동한 첫날에는 수심 500 m 해역까지 밖으로 이동했으며 후포항 해안까지 들어왔다가 다시 수심 300 m 이상의 해역까지 나갔다가 돌아왔다(Fig. 1).

오월이의 이동 경로와 표층수온과의 관계를 알아보기 위해, 연구기간 중 구름과 안개 등 기상의 영향이 가장 적어 오월이의 전 이동 경로에 대한 표층수온 추정이 가능했던 10월 23일의 한반도 남동부 표층수온은 Fig. 2와 같다. Suh and Hwang (2005)은 동해 남부 연안에서 15°C 이하의 강한 냉수대가 발생할 경우 20일 이상 지속되며 17°C 정도의 약한 냉수대는 10일 정도 지속되는 것으로 보고하고 있다. 따라서 10월 23일의 표층수온 자료는 모니터링 기간의 수온 분포를 충분히 대표하는 것으로 판단된다. 남쪽에서 대한해협을 동수도·서수도를 통해서 쿠로시오해류의 영향을 받은 따뜻한 물이 동해로 유입되고 있는 반면, 남해안에는 서해로부터 온 비교적 차가운 물이 존재했다. 포항과 울진 사이 연안에는 연안 용승으로 인한 것으로 추정되는 냉수대가 나타났다. 오월이는 20-23°C의 따뜻한 해역에서만 이동하였다. 23일 이후로 비교적 차가운 동해로 북상했지만 마찬가지로 20°C 이상의 해역에만 머물렀고 특히 27일과 29일은 냉수대와 북한한류 사이에 형성된 따뜻한 연안 해역으로 돌아왔다.

고 찰

Sohn et al. (2012)은 2000년부터 2010년까지 고래목시조사를 수행한 결과 상괭이가 서해 중부해역부터 울산 앞바다까지 발견되었으며, 수심이 낮은 서해에서는 해안선에서 비교적 멀리 떨어진 곳에서도 발견되지만, 남해의 경우 해안과 근접한 곳에서 주로 나타난다고 분석했다.

본 연구를 통해 상괭이가 포항을 넘어 울진까지 분포한다는 것이 처음 확인되었으며, 남해에 있는 상괭이가 동해로 이동하는 경로도 처음으로 확인되었다. 또한 상괭이가 100 m 미만으로 수심이 낮거나 가까운 연안에만 분포하는 것으로 알려진 것과 달리 남해에서 부산과 대마도 중간의 수심 200 m 해역까지 나갔다가 왔으며 동해 중부에서 수심 500 m의 상당히 수심이 깊은 해역까지 밖으로 나간 것이 관찰되었다(Fig. 1).

Park et al. (2017)은 가덕도 부근에 상괭이가 많이 분포하는데, 그 중에서 가덕도 남단은 상괭이가 가장 많이 관찰되는 곳으로 하루에 최대 38마리까지 관찰된 적이 있다고 밝히고 있다. 오월이는 방류된 첫날 가덕도 남단으로 이동하여 동해역이 상괭이의 주요 분포지임을 강하게 시사했다. 오월이는 부산 영도와 경상북도 후포항 해안 가까운 곳에서도 비교적 긴 시간, 이틀씩 머물렀는데, 이들 해역도 상괭이가 머무르기에 적합한 해역인 것으로 예상되어, 향후 상괭이의 연안 주서식지를 규명하는 연구를 통해 확인이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 모니터링 결과 오월이가 냉수대를 회피하며 이동하는 경향을 보임으로 연안 냉수대와 같은 좁은 해역에서의 수온 차이는 상괭이의 이동과 분포에 영향을 끼치는 것으로 보인다

(Fig. 2). 또한 오월이가 26일과 27일 각각 수심 500 m와 300 m 해역까지 밖으로 나간 곳의 수온은 약 21°C로 연안을 비롯한 주변 해역보다 높았다. 이로 볼때 상괘이가 따뜻한 수온을 선호해서 수심이 깊은 해역까지 이동한 것으로 생각된다(Fig. 1, Fig. 2). 상괘이는 한반도 연안에 연중 서식하기 때문에 넓은 수온 적응력을 가지고 있을 것으로 추정된다(Kim et al., 2013). 그래서 동일한 계절에 1-3°C의 수온 차이가 상괘이의 분포에 영향을 주기에는 작은 변화로 보일 수 있다. 하지만, 상괘이가 먹이를 포식할 때 더 깊은 수심에 잠수 하는 것을 생각하면 상괘이가 더 낮은 수온에 접촉할 것으로 예상되고 3차원의 수온변화가 상괘이의 분포에 영향을 주는 것으로 생각된다. 국립수산과학원의 실시간 어장정보시스템에 따르면, 10월 27-28일에는 삼척에서 주변해역보다 5°C 이상 낮은 표층수온이 관측이 되었고 냉수대주의보도 발령되는 상황이었다(NIFS, 2015). 오월이가 10월 27일 이후 연안해역을 북상하지 않았던 이유는 이 냉수대 발생과 관련되는 가능성이 높다. 향후 동해 남부 해역의 냉수대 출현과 상괘이 분포를 파악하면 보다 정확한 결과가 도출될 것으로 기대된다.

참돌고래의 경우, Goold (1998)는 영국 아리리쉬해에서 가을에 연안 표층수온이 급격히 떨어지자 참돌고래가 더 먼바다로 나갔다고 했고, Reilly and Fiedler (1994)는 동태평양 열대해역에서 엘리뇨/라니냐에 의한 용승으로 변화한 표층 수온에 따라 참돌고래의 분포 또한 바뀌었다고 했다.

본 연구를 통해 상괘이가 남해와 동해를 회유하며 동해 중부 해역까지 분포한다는 것을 발견하여 지금까지 알려지지 않았던 분포해역을 확장할 필요성이 있는 것으로 판단되었다. 주요 상괘이 서식지일 가능성이 높은 두 곳(영도, 후포항)도 제안하였다. 또한 표층수온과 관계된 상괘이의 이동 특성을 처음으로 관찰하고 상괘이의 짧은 기간 분포 또는 회유가 수온 변화와 높은 상관성을 가질 가능성을 제시하였다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 2018년도 수산시험연구사업 「고래류 자원 및 생태 조사」(R2018026)의 지원을 받았습니다. 오월이 위성추적 연구에 협조해주신 SEA LIFE부산아쿠아리움 관계자 분들께 감사 드립니다.

References

CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). 2017. Appendices I, II, III [Internet]. Retrieved from <http://www.cites.org/eng/app/appendices.php> on Jun 28, 2018.

Goold JC. 1998. Acoustic assessment of populations of common dolphin off the West Wales coast, with perspectives from satellite infrared imagery. *J Mar Biol Assoc UK* 78, 1353-1364. <https://doi.org/10.1017/S0025315400044544>.

Jefferson TA, Webber MA and Pitman RL. 2008. Marine mammals of the world. A comprehensive guide to their identification. Academic Press, London, U.K., 221-223. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2009.00358.x>.

Kim DN, Sohn H, An YR, Park KJ, Kim HW, Ahn SE and An DH. 2013. Status of cetacean bycatch near Korean waters. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 892-900. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0892>.

Mate BR, Stafford KM, Nawojchik R and Dunn JL. 1994. Movements and dive behavior of a satellite-monitored Atlantic white-sided dolphin (*Lagenorhynchus acutus*) in the gulf of Maine. *Mar Mam Sci* 10, 116-121. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1994.tb00398.x>.

Mate BR, Rossbach KA, Nieuwkerk SL, Wells RS, Blair Irvine A, Scott MD and Read AJ. 1995. Satellite-monitored movements and dive behavior of a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in Tampa bay, Florida. *Mar Mam Sci* 11, 452-463. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1995.tb00669.x>.

MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2016. Conservation and Management of Marine Ecosystems Act [Internet]. Retrieved From <http://www.law.go.kr/eng/engLsSc.do?menuId=1&query=%ED%95%B4%EC%96%91%EC%83%9D%ED%83%9C%EA%B3%84&x=0&y=0> on Jul 4, 2018.

Neumann DR. 2001. Seasonal movements of short-beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) in the north-western Bay of Plenty, New Zealand: Influence of sea surface temperature and El Niño/La Niña. *New Zealand J Mar Fresh Res* 35, 371-374. <https://doi.org/10.1080/00288330.2001.9517007>.

NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2015. Forecast, Breaking News [Internet]. http://www.nifs.go.kr/bbs?id=seastate&flag=pre&boardIdx=1901&sc=&sv=&site=&cPage=30&viewChk=&view_gubn=cms on Jul 5, 2018.

Park KJ, Sohn H, An YR, Kim HW and An DH. 2015. A new abundance estimate for the finless porpoise, *Neophocaena asiaeorientalis*, on the west coast of Korea: an indication of population decline. *Fish Aquat Sci* 18, 411-416. <https://doi.org/10.5657/fas.2015.0411>.

Park KJ, Yoon YG, Sin JH, Sohn H and Choi YM. 2017. Distribution and Seasonal Changes in Finless Porpoise *Neophocaena asiaeorientalis* Populations Near Gadeok Island, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 50, 561-566. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0561>.

Reilly SB and Fiedler PC. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. I: Research vessel surveys, 1986-1990. *Fish Bull* 92, 434-450.

Shirakihara M, Shirakihara K and Takemura A. 1994. Distribution and seasonal density of the finless porpoise *Neophocaena phocaenoides* in the coastal waters of western Kyushu, Japan. *Fish Sci* 60, 41-46. <https://doi.org/10.2331/fishsci.60.41>.

Sohn H, Park KJ, An YR, Choi SG, Kim ZG, Kim HW, An DH,

- Lee YR and Park TG. 2012. Distribution of whale and dolphins in Korea waters based on a sighting survey from 2000 to 2010. Korean J Fish Aquat Sci 45, 486-492. <https://doi.org/10.5657/kfas.2012.0486>.
- Suh YS and Hwang JD. 2005. Study on the cold mass occurrence in the eastern coast of the Korean peninsula in summer. J Envir Sci Int 14, 945-953. <https://doi.org/10.7780/kjrs.2016.32.6.14>.
- Sveegaard S, Teilmann J, Tougaard J, Dietz R, Mouritsen KN, Desportes G and Siebert U. 2011. High-density areas for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) identified by satellite tracking. Mar Mam Sci 27, 230-246. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2010.00379.x>.
- Westgate, AJ, Read AJ and Cox T M. 1998. Monitoring a rehabilitated harbor porpoise using satellite telemetry. Mar Mam Sci 14, 599-604. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1998.tb00746.x>.