

동해 연안에서 발생하는 중규모 와동류의 분포와 시간적인 변동에 관한 연구

김순영^{1*}, 김동주², 이형선², 이재철¹

¹ 부경대학교 해양과학공동연구소

² 한국해군사관학교 군사과학대학원

ABSTRACT

Temperature data observed by NFRDA and the satellite infrared imagery off the east coast of Korea from 1994 to 1998 for 5 years were analyzed to study the distribution, temporal change, and structure of mesoscale eddies appearing almost permanently off the east coast of Korea. Typically, the eddy distribution can be characterized by two cases: two-eddy case and three-eddy case. In 1995 and 1996, there were only two eddies, one northeast of Sokcho and the other around the Ulleung Island. In 1994, 1997 and 1998, three eddies were located off Wonsan, Sokcho and Youngduk. For two-eddy case, the Ulleung Eddy surrounded the Ulleung Island, whereas this eddy is located south of the island in three-eddy case.

I. 서론

1990년대 이후 기존의 수온, 염분자료의 분석 및 해양관측, 인공위성 영상자료 분석, 수치 모델을 이용하여 동해에서 발생하고 있는 와동류에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 특히 울릉도 근해에 존재하는 울릉와동류에 관한 연구가 많이 이루어졌으며, 최근에는 속초와동류에 관한 연구도 많이 발표되고 있다. 그리고 와동류의 발생기작을 알아보기 위하여 최근에는 수치 실험을 통한 연구가 활발히 수행되고 있다. 그러나 이러한 와동류들의 시,공간적인 변동특성에 대해서는 구체적으로 연구가 이루어지지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 1990년대에 들어와서 단편적으로 이루어진 속초와동류와 울릉와동류의 해양관측자료와 국립수산진흥원의 동해 정선 관측자료 그리고 인공위성 영상자료를 이용하여 동해안에 발생하고 있는 중규모 와동류의 분포 특성 및 시, 공간적인 변동 특성을 파악하고자 한다.

II. 자료 및 연구 방법

한국 동해안을 따라 거의 연중 존재하고 있는 중규모 와동류의 분포와 시간적인 변동을 연구하기 위하여 1994년부터 1998년까지 5개년 동안 국립수산진흥원 동해 정선관측자료중 수온자료와 NOAA 인공위성 영상자료를 이용하였다. 인공위

성 영상자료의 경우 1994년과 1995년에는 한국해양연구소 한반도 주변해역 NOAA 인공위성사진 자료집을 이용하였으며, 1996년, 1997년, 1998년은 한국해양연구소와 국립수산진흥원의 홈페이지에 제공된 NOAA 인공위성 영상사진을 이용하였다.

수온의 수평분포도에서 파악된 와동류의 위치를 중심으로 중규모 와동류의 존재, 규모 및 변동을 알아보기 위하여 해양정선 관측일과 가까운 일자를 근거로 하여 매월 비교적 와동류가 선명하게 나타나는 인공위성 영상사진을 선택하였다. 와동류의 연구해역은 북위 $34^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$, 경도 $127^{\circ}\sim 133^{\circ}\text{E}$ 로 정하였으며, 와동류의 중심위치가 37°N 이남에 존재할 경우에는 A, $37^{\circ}\sim 38.5^{\circ}\text{N}$ 에 존재할 경우에는 B, 38.5°N 이북에 존재할 경우에는 C라 명명하였다. 수온의 수평분포도에서 나타난 와동류의 위치 및 인공위성 영상사진에서 나타난 와동류의 형태로서 매월별로 와동류의 분포도를 작성한 다음 분포도로부터 매년 와동류의 중심위치를 파악하여 연별 와동류의 이동특성을 살펴보았다.

III. 결과 및 고찰

1994년 1월부터 12월까지의 한국동해연안에 존재하는 와동류의 분포를 살펴보면, 동해연안을 따라 직경이 약 90 km ~ 180 km 되는 3개의 와동류 A, B, C가 분포하고있다. 즉, 울릉도 이남해역에 와동류 A가, 울릉도 이북과 속초 이남해역 사이에 와동류 B가, 속초와 원산해역 사이에 와동류 C가 존재하고 있다. 1월의 경우 동해연안을 따라 형성된 3개의 와동류가 2월이 되면서 약간 외해로 밀려났다가 3월이 되면서 다시 연안으로 이동하였다. 그리고 4월, 5월, 6월의 경우 위치 변동이 거의 없었다. 7월의 경우에는 부산-포항 해역에서 강하게 발생한 용승에 의하여 와동류 A가 외해로 밀려나고 있는 모습을 보여준다. 8월에도 용승현상이 울릉도 남단까지 밀고 올라가 와동류 A와 B를 완전히 분리시켰다. 따라서 와동류 A는 남쪽으로 밀려 내려가 중심위치가 131.5°E , 36.0°N 에 있으며 와동류 B는 북상하여 중심위치가 130.0°E , 37.5°N 로 나타났다. 9월에는 로스비파의 서진에 의해 와동류 A, B, C가 동해 연안으로 다시 이동했으며, 10월에는 와동류 A가 북상하여 와동류 B와 연결되었다. 11월에는 10월과 거의 특징이 비슷하나 12월이 되면서 와동류 A의 경우가 줄어들고 있으나, 와동류 B의 경우에는 직경이 180 km 정도로 커졌다.

이상에서 살펴본 바와 같이 한국 동해연안을 따라 발생한 와동류는 거의 고정된 위치에서 1년동안 지속적으로 존재하는 것 같이 보이며, 여름철 부산~포항 해역에 나타나는 용승현상에 의해 위치 및 크기가 변동되었다. 그리고 Kim *et al.*(1998)의 연구에서와 같이 겨울철 속초~동해 외해역에 존재하는 강한 바람의 영향에 의해 와동류 B(속초와동류)가 강화되는 것처럼 보인다.

1995년의 경우에는 1994년과는 달리 1월부터 12월까지 한국 동해안을 따라 2개의 와동류가 분포하였다. 와동류 B의 경우에는 중심위치가 북위 $37^{\circ}\sim 38^{\circ}\text{N}$, 동경 $129.8^{\circ}\sim 131^{\circ}\text{E}$ 였으며, 와동류 C는 북위 $38.5^{\circ}\sim 39.1^{\circ}\text{N}$, 동경 128.8

°~129.7 °E였다. 1994년의 경우에는 와동류 A에 비해 와동류 B가 상대적으로 이동이 적었으나 1995년의 경우에는 포항외해역에 와동류 A가 존재하지 않아 1994년에 비해 와동류 B의 이동폭이 상대적으로 크게 나타났다.

1996년 한국 동해안에 존재하는 중규모 와동류의 중심위치를 나타낸 것이다. 1996년의 경우에는 1995년과 마찬가지로 한국 동해안을 따라 2개의 와동류가 1월부터 10월까지 지속적으로 존재하다가 11월이 되면서 포항외해역에 새로운 와동류 A가 형성되어, 11월과 12월에는 한국연안을 따라 3개의 와동류가 존재하였다. 1994년, 1995년과 마찬가지로 1월에 존재하던 와동류가 12월까지 지속적으로 존재하고 있으며, 와동류 B의 중심위치는 북위 37 °~38.1 °N, 동경 129.6 °~131.1 °E사이에 있으며, 1995년과 마찬가지로 와동류 B의 이동폭이 크게 나타나고 있다.

1997년 한국 동해안에 존재하는 중규모 와동류의 중심위치를 나타낸 것이다. 1996년 12월에 와동류 B가 약해지면서 1997년 1월에 사라졌다가 2월이 되면서 와동류 B가 다시 생성 1997년 3월부터는 1994년과 같이 한국 동해연안을 따라 3개의 와동류가 존재하였다. 용승이 시작되면서 와동류를 북상시켜 7월이 되면서 와동류 A와 B가 서로 합쳐졌다. 그리고 9월이 되면서 대마난류의 유입이 증가하면서 다시 와동류 A가 형성되었다. 이상에서 살펴본 바와 같이 1997년의 경우에도 와동류 A의 중심위치는 북위 35.8 °~37 °N, 동경 130.5 °~131.5 °E에 있어 와동류 B, C에 비해서 이동폭이 가장 크게 나타났다.

1998년 한국 동해안에 존재하는 중규모 와동류의 중심위치를 나타낸 것이다. 1998년의 경우 한국 동해연안을 따라 3개의 와동류가 거의 1년 동안 존재하고 있는데, 1994년, 1995년, 1996년, 1997년에 비해 와동류 A, B, C의 이동폭이 상대적으로 아주 작게 나타났다. 그리고 와동류 A의 경우 중심위치가 북위 36 °~37 °N, 동경 130.5 °~131 °E 에 있고, 와동류 B는 북위 37.8 °~38.6 °N, 동경 130 °~130.5 °E였다. 그리고 와동류 C는 북위 38.9 °~39.5 °N, 동경 128.6 °~129.4 °E 사이였다.

Isoda(1994)는 1985년부터 1992년의 JMSA의 수온자료를 이용하여 와동류의 중심위치를 구하여 일본 서해안에 나타나는 와동류의 이동을 연구하였다. 즉 봄에 Oki 섬 근처에서 와동류가 생성되어 동쪽으로 이동하면서 인근 와동류와 병합되거나 분리되면서 일본 북쪽에 도달하여 결국 소멸한다고 설명하였다. 그러나 한국 동해안을 따라 존재하는 중규모 와동류는 2개 혹은 3개로 존재하며, 그 부근에서 상하좌우의 수평적인 이동은 하지만 이동폭은 크게 나타나지 않았다. 또한 와동류가 2개로 존재하든지 3개로 존재하든지 간에 가장 남쪽에 존재하고있는 와동류의 이동폭이 상대적으로 크게 나타났다. 그리고 Lie *et al.* (1995)과 Shin *et al.* (1995)의 연구에서와 같이 한번 생성된 와동류는 거의 1년간 지속되는 것 같이 보인다. 그리고 대마난류의 계절적인 변동, 동해상에 부는 해상풍의 영향에 의해 서로 합쳐지거나, 더욱 발달하거나, 혹은 소멸하는 과정을 거치지만, 와동류가 완전히 소멸되기 전에 해상풍과 대마난류의 유입에 의해 와동류가 다시 생성되는 것으로

판단된다. 이에 대한 연구는 추후 더 자세히 이루어질 것이다.

IV. 결 론

1994년부터 1998년까지 수산진흥원의 동해정선 해양관측자료중 수온자료와 NOAA 인공위성 영상자료를 이용하여 동해안에 존재하는 중규모 와동류의 분포 및 시간적인 변동특성을 연구하였다. 한국 동해안을 따라 1994년, 1997년, 1998년의 경우에는 직경이 80~150 km에 이르는 3개의 와동류가 발달하였다. 즉, 울릉도를 기준으로 와동류 A는 포항외해역에 중심 위치를 두고 울릉도 남쪽에 존재하였다. 와동류 B는 속초외해역에 중심위치를 두고 울릉도 북쪽에 존재하였다. 그리고 와동류 B 이북인 원산 외해역에 와동류 C가 존재하였다. 그러나 1995년과 1996년의 경우에는 속초 외해역을 기준으로 동해안을 따라 남북으로 2개의 와동류가 분포하였다. 즉 와동류 B는 속초이남에 형성되어 울릉도 주위에 존재하였다. 그리고 와동류 C는 속초와 원산 사이의 외해역에 주로 존재하였다. 한국 동해안에 존재하는 와동류의 경우 그 이동폭은 크지 않으며, 특히 와동류 C의 경우 그 중심위치 변동은 거의 없었다. 그러나 동해연안을 따라 3개의 와동류가 존재할 경우에는 와동류 B, C에 비해서 와동류 A가 상대적으로 월별로 이동폭이 크게 나타났다. 또한 2개의 와동류가 존재할 경우에는 와동류 B 이남에 와동류가 존재하지 않아, 와동류 B의 이동폭이 크게 나타났다.

V. 참고 문헌

- An H. S., K. S. Shim, H. R. Shin , "On the Warm Eddies in the Southwestern Part of the East Sea", Korean Soc. of Oceanogr., 29(2) 152~163, 1994.
- Isoda Yutaka, "Warm Eddy Movement in the Eastern Japan Sea", J. Oceanogr., 50, 1~15, 1994.
- Kim S. Y., H. S. Lee and J. C. Lee, "Numerical Experiment on the Sogcho Eddy due to the strong offshore winds in the East Sea.", J. Fish. Soc. Tech. 1(1), 7~18, 1998.
- Lee, J. C., D. H. Min, T. B. Shim, H. S. Lee and H. S. Yang "The Sogcho Eddy, I: Observation on May 1992.", J. Korean Fish. Soc. 28(2), 354~364, 1995.
- Lie H. J, S. K. Byun, I. K. Bang, C. H. Cho, "Physical Structure of Eddies in the Southwestern East Sea", J. Korean Soc. of Oceanography, 30(3), 170~ 183, 1995.