

# NOAA 수온영상 재처리 기법에 관한 연구

김상우\* · 강용균\*\*† · 안지숙\*\*\*

\* 동해수산연구소 자원환경과, \*\* 부경대학교 해양학과, \*\*\* 국립수산물품질관리원 수산해양종합정보과

## Study on the Retreatment Techniques for NOAA Sea Surface Temperature Imagery

Sang-Woo Kim\* · Yong Q. Kang\*\*† · Ji-Sook Ahn\*\*\*

\* Fisheries Resources and Environment Division, East Sea Fisheries Research Institute, Gangneung, 210-861, Korean

\*\* Department of oceanography, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

\*\*\* Fishery and Ocean Information Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan, 619-705, Korea

**요 약** : 본 연구에서는 동북아시아 NOAA AVHRR 위성관측 16년간(1990-2005) 해양표면 수온영상을 이용하여 에러 값 제거와 결측 자료 보완을 위하여 마르코프 계수를 결정하였고, 이 값에서 현재 수온평년 값을 더하여 구름 없는 해양표면수온 생성 기법을 제시하였다. 마르코프 연쇄 모델의 결과에 의하면, 마르코프 계수는 해류가 강한 쿠로시오 해역 등이 해류가 약한 동해 북서부의 대부분 해역과 동중국해보다 그 계수가 상대적으로 낮게 나타났다. 평균 수온의 변동은 봄과 가을이 겨울과 여름에 비하여 분산이 크게 나타났고, 계절별 일간 수온 차이도 수온의 계절적 변동이 큰 봄과 가을이 여름과 겨울에 비하여 큰 지역적인 차이를 보였다. 그 지역적인 분포는 봄과 가을의 경우 전 해역의 대륙 인접부에서 대부분 크게 나타났고, 동해 극전선 남부해역과 쿠로시오해역에서는 난류에 의한 열수송으로 일간 수온의 차이가 작았다.

**핵심용어** : 위성영상, NOAA AVHRR, 해양표면수온, 마르코프 계수, 동북아시아

**Abstract** : We described for the production of cloud-free satellite sea surface temperature(SST) data around Northeast Asian using NOAA AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer) SST data during 1990-2005. As a result of Markov model, it was found that the value of Markov coefficient in the strong current region such as Kuroshio region showed smaller than that in the weak current. The variations of average SST and regional difference of seasonal day-to-day SST in spring and fall were larger than those in summer and winter. In particular, the distribution of the regional difference appeared large in the vicinity of continental in spring and fall. The difference of seasonal day-to-day SST was also small in Kuroshio region and southern part of East Sea due to the heat advection by warm currents.

**Key Words** : Satellite image, NOAA AVHRR, Sea surface temperature, Markov coefficient, Northeast Asian

### 1. 서 론

해양에서 광범위한 해역의 수온 자료를 획득하는 방법 중에서 가장 널리 사용되는 것이 위성관측 영상을 이용하는 것이다. 위성관측 자료 중에서 NOAA AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer) 열적외선 영상은 해양표면에서 수온의 매일변화, 월변화 및 연변화 등과 같은 시간적인 변화에서부터 연안용승, 수온전선, Eddy 등과 같은 해양물리화학적 측면의 공간적인 분포 현상을 모니터링 하는 도구로서 유용하다는 것은 잘 알려져 있다(Isoda et al., 1991; Lee et al., 1998; Suh et al., 2001; Kim et al., 2002; Kim et al., 2010). 그러나 NOAA와 같은

위성관측 수온영상은 합성개구레이더 SAR(Synthetic Aperture Radar)와 같이 능동형 위성이 아니고 수동형 위성이기 때문에 구름이나 안개 등의 영향이 있으면 해양의 상태를 정확하게 알기 어렵다.

NOAA 위성의 수온영상과 같이 하루에 6-8회 이상 수신되는 매일 영상의 합성은 하루 중의 최대 수온 값으로 계산하고 있다. 이렇게 생산된 수온 영상은 사용된 영상 중에 구름 등에 의한 에러 값이 해당 격자에 하나라도 있을 경우에는 좋은 방법이다. 그러나 합성에 사용된 모든 수온 자료에 에러 값이 포함된 경우는 비록 여러 자료 중에서 최대 값을 선택하더라도 그 값은 실제 수온보다 낮게 나타나게 된다. 영상자료에서 결측된 곳의 수온자료 자체에 대한 신뢰할만한 추정 값을 알아내는 것은 상당히 어렵다. 그 이유 중의 하나는 해양의 표면수온

\* 대표저자 : 종신회원, swkim@nfrdi.go.kr, 033-660-8535

† 교신저자 : 정희원, yqkang@pknu.ac.kr, 051-629-6569

(SST)이 계절에 따라 변하기 때문에 현재의 시기에 해당되는 수온의 상승과 하강의 정도를 알아내는 것이 힘들다.

최근 Sakaida et al.(2009)은 이러한 결측 자료를 보완하기 위하여 NOAA의 열적외선 영상과 MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer)의 마이크로파 AMSR-E(Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth observing system) 영상을 이용하여 구름이 없는 새로운 영상인 NGSST(New Generation Sea Surface Temperature)를 만드는 방법을 제시한 바 있다. NGSST 영상은 0.05° 격자 간격으로 NOAA 위성의 해상도가 1 km × 1 km인데 비하여 그 해상도가 낮지만 매일 결측 자료가 없는 영상 생산이 가능한 장점이 있다.

위성관측 수온 및 해양에 적용된 예는 거의 없지만, 기상학적 변동 요소에 Katz(1985)와 Kang(1987)은 마르코프(Markov) 연쇄 모델을 적용한 바 있으며, Kang and Gong(1987)은 한국 남동연안 이상수온의 마르코프 연쇄에 대한 통계적 분석 결과를 제시하였다. Kang and Gong(1987)의 이상수온 변동에 대한 다단계 마르코프 연쇄 분석에 의하면, 연안역 이상수온이 마르코프 연쇄성을 보유하는 기억은 약 3개월 정도 유지되는 것으로 나타났다. 동해와 같이 열저장용량이 큰 해역의 경우, 현재 수온의 수온편차는 이전 수온편차에 의존한다. 즉, 연속된 자료 사이의 수온편차의 전이(Transition)는 마르코프 연쇄 과정을 가질 것이다. 과거 수일 전의 수온편차가 양수인 지역은 현재도 양수일 확률이 높기 때문에 수온편차의 시간적 변동은 마르코프 연쇄 과정 모델로 근사화하는 것이 가능할 것이다.

본 연구에서는 국립수산과학원 NOAA 위성에서 1990-2005년까지 매일 관측한 수온 영상을 이용하여 마르코프 연쇄 모델 적용에 의한 구름 없는 맑은 위성영상 생성 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 자료 및 방법

본 연구에서는 국립수산과학원에서 1990-2005년까지 16년간 수신한 NOAA 수온영상을 이용하여 재처리하였다. 국립수산과학원에서 수신영역을 지정하는 마스터(Master) 자료는 중심 경위가 135°E와 35°N이고, 전체 영역은 북위 약 25-45°N, 동경 118-142°E로서 2000 × 2000 격자로 구성되어 있다(Fig. 1). 마스터 지역 내에서 처리된 수온 자료의 용량은 약 4Mb 정도이며, 여기서 마스터 영역 및 용량은 수신을 받는 곳마다 약간의 차이가 있다.

매일 수신 영상은 구름 없는 수온 자료를 생산하기 위하여 5일 간격 수온 영상을 합성하여 이용하였다(Table 1). 16년간(1990-2005) 자료는 1995년과 1996년을 제외하고 5일간 합성영상 65개 이상이 이용되었다.

구름 등에 의해 오염된 수온 자료의 제거는 수온편차 값을 이용하여 오염여부를 판정하고, 결측 자료의 보완은 수온편차에 대한 마르코프 모델을 적용하였다. 또한, 본 연구에서는 관측 자료와 수온편차 값을 결합하여 구름 없는 수온 자료 생산에 대한 알고리즘을 MOM(Merge Observation and Memory)

모델이라고 부르고, 이것을 이용하여 결측이 없는 영상을 생산하였다. MOM 모델에 의해 생성되는 자료의 특성 분석은 2006년 1월 1일에서 1월 6일까지 6일간의 대표 자료를 이용하였다. MOM 모델에 의한 계산은 먼저 최근 5일간의 수온자료에 대한 가중평균 방법으로 현재 수온의 자료를 더 많이 확보하고, 그 다음 수온편차를 계산한 후 자료가 없는 곳의 추정은 수온편차에 대한 마르코프 모델을 적용하였다. 그리고 관측수온 자료 지역과 보충된 자료 지역의 경계선에서 나타날 수 있는 불연속을 매끄럽게 하기 위하여 3 × 3 격자 이동평균 방법을 적용하여 공간적으로 평활화하였다.

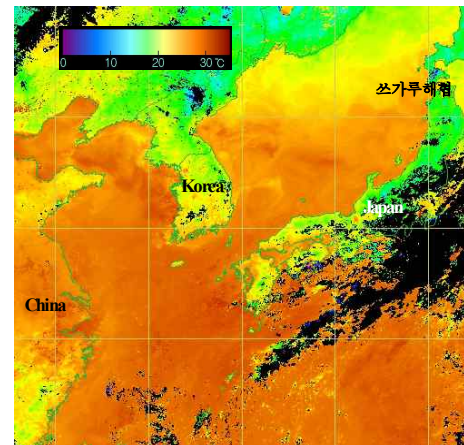


Fig. 1. NFRDI observation coverage area, which is 2000 × 2000 pixels centered at 135°E, 35°N.

Table 1. Numbers of pentad SST imagery during 1990-2005

Year	Data	Year	Data
1990	70	1998	71
1991	71	1999	71
1992	65	2000	72
1993	73	2001	72
1994	67	2002	73
1995	55	2003	73
1996	38	2004	73
1997	73	2005	73

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 오류수온 자료 제거

일반적으로 NOAA 수온 영상에서 얇은 구름 등에 의한 영향을 받은 수온은 실제 수온보다 낮게 나타나며, 실제 수온보다 높게 나타날 가능성은 비교적 희박하다. NOAA 수온 자료를 합성할 경우 같은 격자점에서 최대 수온 값을 통상 취한다. 그러나 때로는 기계적인 오류로 인해 수신된 수온 값이 실제보다 높게 나타나는 경우도 있다. 그 예로서, 국립수산과학원에서 2005년 11월 18-22일의 5일간 수신한 수온 영상 45개를 최대

수온 값으로 합성하여 살펴보았다(Fig. 2). 지역적으로 보면, 영상에서 색상으로 직접 비교할 수 있을 정도로 동해 중부 이북해역과 황해 전해역 등에서 주변의 수온보다 아주 높게 나타나는 곳(적색 점 부분)을 볼 수 있다.

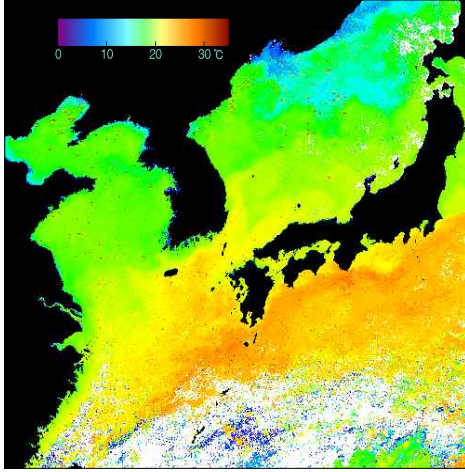


Fig. 2. NOAA sea surface temperature(SST) composite 5-day image during the period 18-22 November, 2005.

기존의 구름지역 식별은 수온이 0℃ 이하인 곳의 경우 구름에 가린 곳으로 취급한다. 이 방법은 얇은 구름 지역에서 온도가 낮게 나타나더라도 0℃ 이상이기만 하면 수온 자료로 취급되며, 이로 인한 오류 자료가 포함되게 된다. 이러한 오류 자료를 제거하기 위해서는 어떤 수온 자료가 오류인지를 판단할 수 있는 기준이 있어야 한다. 이 기준에 해당되는 값이 누년간의 계절적 수온변동 특성을 대표하는 평년수온 값이다. 개별 수온 자료 중에서 평년수온 값에 비하여 심하게 낮거나 높은 자료는 오류 자료로 판정하여 최대 수온 값의 적용에서 배제함으로써 기계적인 결함에 의한 문제를 해결할 수 있다.

수온 영상에서 오염 여부를 판정할 수 있는 보다 객관적인 기준은 수온편차(Anomalies)값을 이용하는 것이다. 수온편차는 5℃를 초과하는 경우는 거의 없으므로, 본 연구에서는 평년 수온 값에 비하여 5℃ 이상 차이가 나는 수온자료는 오염된 자료로 취급하였다. 수온편차 즉, 이상수온 값의 특성은 1) 수온편차는 그 값이 크지 않으며, 통상 5℃를 초과하는 경우가 거의 없고, 2) 수온편차는 음이나 양의 값으로 나타날 수 있으며, 3) 장기간에 걸친 수온편차의 기대 값은 0에 접근하며, 4) 수온편차는 상당한 시간적 지속성을 가지며, 어제의 수온편차가 양수인 지역은 오늘도 양수일 확률이 높다.

### 3.2. 마르코프 모델의 적용

일별 수온 영상은 하루 24시간 동안 수신된 자료에 대한 최대 값으로 계산되며, 여기에는 구름 등에 가린 지역이 상당히 많이 포함되어 있다. 비록 현재 수온의 자료는 없지만 과거 수온의 자료가 있는 곳은 과거 수온을 현재 관측수온에 포함시킴으로써 구름에 가린 지역을 줄일 수 있다. 이러한 관점에서 ‘현

재’의 수온이란 최근 수일간 관측된 일별 수온 값에 대해 가중 평균한 수온을 말한다. 가중평균에 적용된 기간은 현시점을 포함한 최근 5일간으로 하였다. 5일간의 가중평균으로도 수온 자료가 없는 구름 지역에 대해서는 이 지역 최근 수온편차 정보를 이용하여 보충하였다.

구름 등의 원인으로 하루 중에 수신한 6-10개 정도 영상을 합성해도 결국 지역이 상당히 넓게 나타난다. 최근 자료에 가중치를 크게 주는 가중평균 방법은 5일간 자료를 순차적으로 입력하면서 새로운 평균값은 이전의 자료와 새로운 자료 간의 산술평균으로 하였다. 이것은 5일중 자료가 있는 날짜가 어떻게 분포하더라도 최근의 자료에 높은 가중치가 주어지기 때문이다. 예를 들면, 5일간 모두 자료가 있는 경우 식(1)과 같이 처음에는 1일 자료  $T_1$ 과 2일의 자료  $T_2$ 를 평균하여  $T_{12}$ 를 계산한다. 3일째의 평균값  $T_{123}$ 은  $T_3$ 과  $T_{12}$ 의 산술평균 식(2)로 나타나고, 이것은 식(3)과 같다. 같은 방법으로 4일 자료까지 포함한 가중평균값은 식(4)와 같이 된다.

$$T_{12} = 0.5 \times (T_1 + T_2) \quad (1)$$

$$T_{123} = 0.5 \times (T_{12} + T_3) \quad (2)$$

$$T_{123} = \left(\frac{1}{4}\right) \times T_1 + \left(\frac{1}{4}\right) \times T_2 + \left(\frac{1}{2}\right) \times T_3 \quad (3)$$

$$T_{1234} = \left(\frac{1}{8}\right) \times T_1 + \left(\frac{1}{8}\right) \times T_2 + \left(\frac{1}{4}\right) \times T_3 + \left(\frac{1}{2}\right) \times T_4 \quad (4)$$

즉, 최근의 값일수록 가중평균이 크며, 시간경과가 오랜 자료일수록 가중치가 작아지지만 처음 2개 자료의 가중치는 같게 된다. 이 방법은 5일 중의 자료 분포에 관계없이 최근 자료에 높은 가중치가 적용되게 된다. 그리고 합성된 자료는 단순평균의 경우와 비슷하게 공간적으로 평활화 된다.

또한, 현재 수온 예측을 위한 수온편차의 정량적인 값은 마르코프 모델을 적용하였다. 수온편차에 대한 마르코프 모델을 적용하기 위해서는 마르코프 파라미터가 미리 결정되어야 한다. 마르코프 모델은 수온편차(이상수온)가 양수로 바뀌거나 음수에서 양수로 바뀌는 시기에 대해서는 제대로 구현되지 못하는 단점이 있다. 그러나 나머지 성질을 잘 만족하기 때문에 이상수온의 시간적 변동 특성에 마르코프 모델을 적용할 수 있다.

수온편차의 마르코프 특성 계수는 과학적인 관점에서도 흥미의 대상이지만, 구름 없는 SST 영상 자료를 만들고자 할 경우 반드시 필요한 파라미터이다. 마르코프 과정에 의한 시계열은 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$X(t+1) = aX(t) + \varepsilon(t) \quad (5)$$

여기서,  $X(t+1)$ 은 미래의 시계열 값,  $X(t)$ 은 현재의 시계열 값,  $a$ 는 마르코프 계수,  $\varepsilon(t)$ 는 오차 값을 나타낸다.

마르코프 계수  $a$ 의 값이 1보다 크면 이 시계열은 시간이 지남에 따라 무한대로 증폭하며,  $a$ 의 값이 1이면 시간이 지나더라도 과거의 상태를 그대로 일정하게 유지하게 된다. 마르코프 계수  $a$ 의 값이 양수이면서 1보다 작은 경우에는 과거 상태의 일

부분을 기억하는 메모리 과정을 나타낸다. 예를 들어  $\alpha = 0.9$ 인 경우 현재 값은 과거 값의 90%가 남아 있게 된다. 일별 수온편차의 경우  $\alpha$ 의 값이 1에 가까운 양수로 모델화되면 이것을 이용하여 이상수온을 예측한다. 마르코프 계수  $\alpha$ 의 값이 음수인 경우에는 매일 부호가 뒤바뀌게 되므로 이때는 이상수온 변동의 모델로 활용될 수 없는 경우이다.

마르코프 계수  $\alpha$ 는 식(5)를  $\epsilon(t)$ 에 대하여 계산하면  $\epsilon(t) = X(t+1) - \alpha X(t)$ 이 되며, 여기서 오차 값  $\epsilon(t)$ 의 제곱을 최소로 하는  $\alpha$  값으로 결정된다. 모든  $\epsilon^2(t)$ 의 합을 최소화하는 조건을 적용한 최소자승 방법에 의하면 마르코프 계수는 식(6)과 같이 주어진다.

$$\alpha = \frac{\sum X(t)X(t+1)}{\sum X^2(t)} \quad (6)$$

마르코프 계수  $\alpha$ 의 값은 모든 격자에서 같은 값이 아니라 지역에 따라 다른 값을 가질 수 있으며, 각 격자별로 과거의 일별 수온편차 값에서 각 격자점의 마르코프 계수가 결정된다.

일별 수온편차 자료는 구름 등으로 인한 결측 부분이 상당히 많다. 결측 부분이 포함된 시계열에서 마르코프 계수는 2일간의 자료가 연속적으로 있는 경우에 대해서만 식 (6)의 분자와 분모에 해당되는 값을 누적하였다가 나누어주면 된다.

수온영상의 기하보정에 따른 오차를 줄이기 위하여 일별 수온편차 16년간(1990-2005) 자료는 공간적으로 11 × 11 격자에 대한 이동 평균한 값으로 마르코프 계수  $\alpha$ 의 공간 분포도를 작성하였다(Fig. 3). 여기서 Fig. 3에서 제시한  $\alpha$ 값의 색상 범위는 0.5-1.0 사이이다.

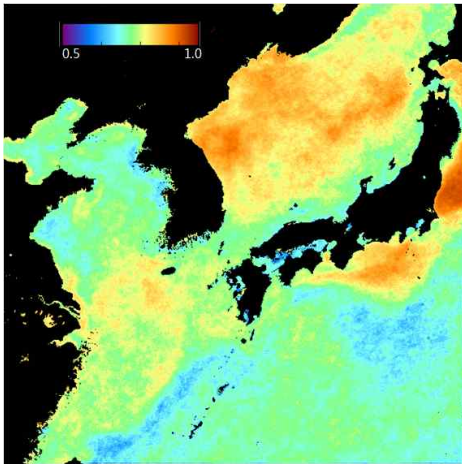


Fig. 3. Horizontal distribution of Markov coefficient during 1990-2005.

일별 수온편차 16년간 5,884개의 자료 중에서 마르코프 계수를 계산하는데 이용된 자료는 전체 자료의 약 26%이었다. 이는 구름분포 빈도와 관련하여 조사한 9년간(1997-2005) 일별 수온자료 자체의 가용치 비율인 49.3%의 약 절반에 해당되는 수준이었다. 본 연구 기간에서 계산한 마르코프 계수 값은 해역에 따른 차이는 있지만, 그 전체 평균값은 0.76을 나타내었다.

마르코프 계수는 지역적으로 동일하지 않으며, 특히 해류가 강한 곳에서는 마르코프 계수 값이 0.6 정도로 전체적인 평균치 0.76보다 낮게 나타났다. 그 원인은 해류가 강한 곳에서는 고정된 장소에서 볼 때 현재 해수는 과거 해수가 아니기 때문이다. 과거 해수는 그 자리에 머물러 있지 않고 다른 곳으로 이동하였기 때문에 해류가 강한 곳에서의 동일 지점 마르코프 계수 값은 상대적으로 작게 된다. 마르코프 계수 값이 작은 지역은 1) 강한 해류에 의한 해수의 이동이 있는 쿠로시오 해역, 2) 동중국해와 한국 남해에서 쓰시마난류가 동해로 유입되는 곳, 3) 일본 서부연안에서 쓰가루해협, 4) 동해 북부해역의 리만난류가 남하하는 곳, 5) 조류가 강하고 조류에 의한 해수 이동이 있는 우리나라 서해안 부근과 상동반도 남쪽 중국 연안에 나타났다. 반면에 마르코프 계수 값이 상대적으로 높은 곳은 해류가 약한 동해 북서부의 대부분 해역과 동중국해에서 쿠로시오 서쪽 연안의 해류가 거의 없거나 미약한 곳에서 나타났다.

이런 성질을 가지는 이상수온의 시간적 변동은 마르코프 과정(Markov process) 또는 1차 자기회귀(Auto regression) 모델로 근사화하는 것이 어느 정도까지는 가능하다. 마르코프 모델로 위에 열거한 이상수온의 성질을 대부분 만족할 수 있으나, 이상수온이 양수에서 음수로 바뀌거나 음수에서 양수로 바뀌는 시기에 대해서는 제대로 구현되지 못하는 단점이 있다.

### 3.3. 구름 없는 SST 자료 생성

본 연구에서 결측된 곳이 없는 매일 수온 자료를 생성하는 기본적인 원리는 “해양 각 지점의 현재 수온편차는 과거 수온편차와 거의 같다”라는 전제를 두고 있다. 현재 수온 자료가 있는 곳은 관측 값이 사용되지만, 구름 등의 영향으로 수온 자료가 없는 곳은 수온편차 값을 이용하였다. 또한, 관측 자료와 이전의 수온편차 값 결합에 의해 결측 없는 수온 자료를 생산하는 MOM 모델의 자료 특성을 보여주기 위하여 대체적으로 구름 등의 영향이 많이 발생했던 2006년 1월 1일부터 1월 6일까지 6일간에 대한 대표적인 결과를 Figs. 4-6에 제시하였다.

Fig. 4는 2006년 1월 1일부터 1월 6일까지 NOAA 위성에서 하루동안 10개 내외에서 수신된 영상의 매일 합성 수온 영상이다. 여기서 하루 동안에 수신된 10개 전후의 수온 자료를 합성하더라도 일별 분포에 따라 구름 등의 영향으로 결측된 자료가 상당히 넓게 분포하는 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 최근 5일 동안 관측된 수온자료에 대한 가중평균 수온이다. 이 자료는 MOM 모델에서 매일 수온 예측을 할 때에 새롭게 계산되며, 예측일의 수온편차 값을 만드는데 필요한 자료이다. 다음날에는 5일간 자료의 가중평균이 다시 새롭게 계산되며, MOM 모델에 의해 구름 없는 SST 자료를 생성할 때 이 자료는 관측 값으로서의 수온 자료로 활용되므로 모든 지역에 구름이 없는 MOM SST 자료와 비교할 때 유용하다.

Fig. 6은 최근 5일간의 관측 값을 활용하고 관측 자료가 없는 곳은 마르코프 모델에 의한 수온편차 자료를 활용하여 결합한 결측된 곳이 없는 자료이다. 여기서 오늘의 수온편차 값을 더하면 Fig. 7과 같은 구름 없는 SST 자료가 생성된다.

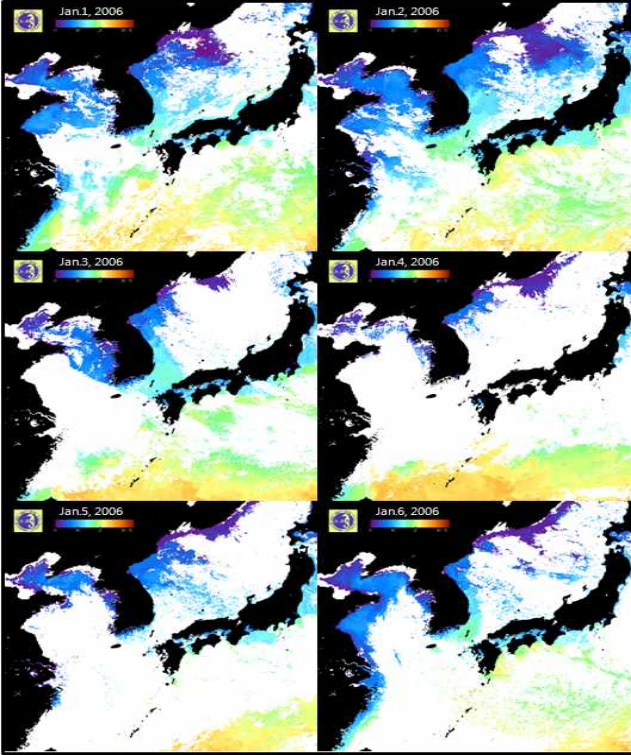


Fig. 4. Daily composite SST images during the period 1-6 January 2006.

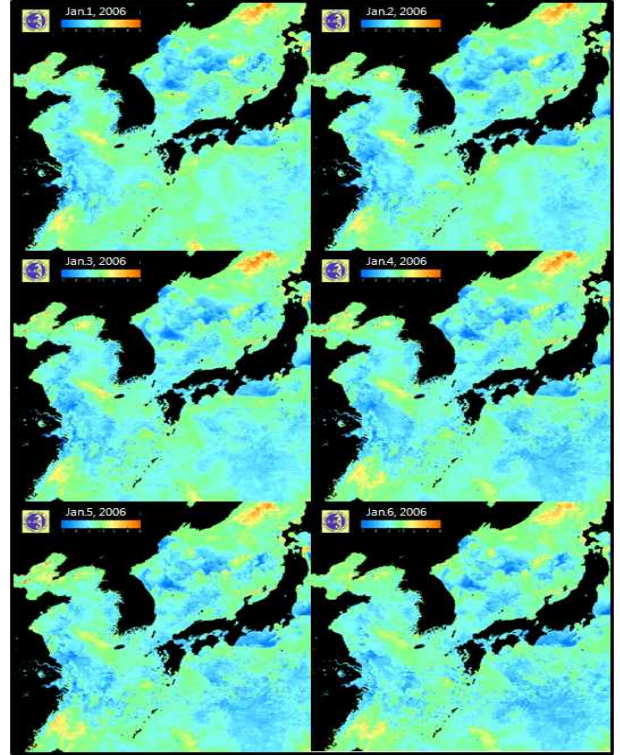


Fig. 6. SST anomalies by observation data and Markov coefficient during the period 1-6 January 2006.

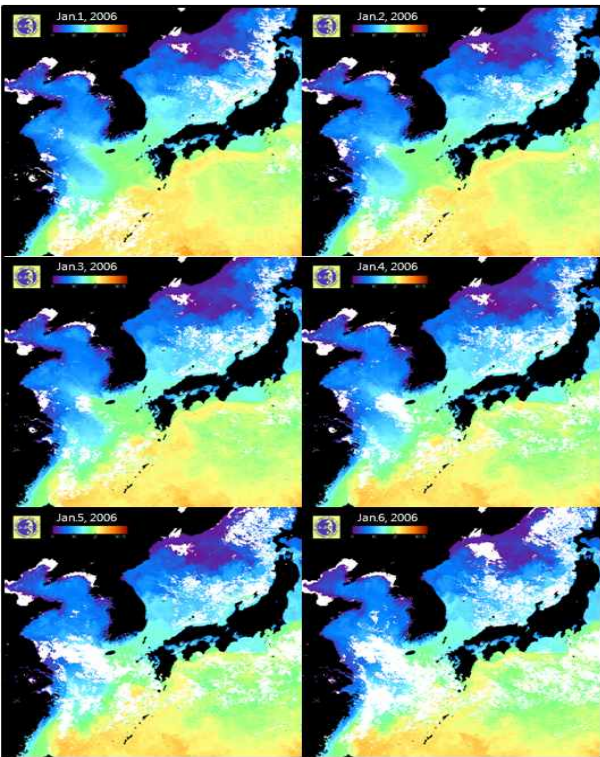


Fig. 5. 5-day weighted average SST images during the period 1-6 January 2006.

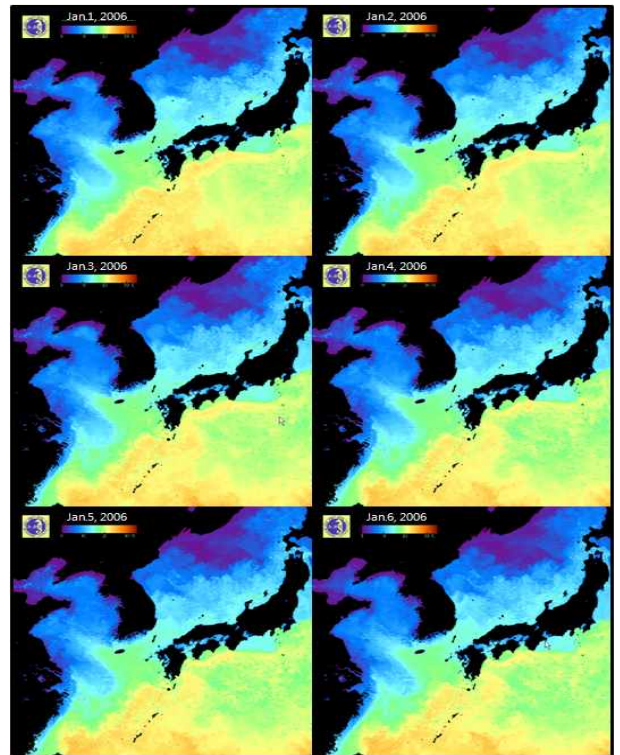


Fig. 7. Cloud free daily SST images by MOM model during the period 1-6 January 2006.

**3.4. 일간 수온 차이의 계절별 특징**

하루 사이 수온 변동이 어느 정도인지에 대한 정량적인 조사를 하기 위하여 9년간(1997-2005)의 매일 SST 자료를 이용하였다. 여기서 일간 수온 차이는 이틀간 연속된 관측 수온 자료로부터 과거 수온과 현재 수온 차이를 계산하였다.

일별 자료로부터 계산한 9년간 일간 수온의 차이는 해양수온의 계절적 특징을 기준으로 겨울은 1-3월, 봄은 4-6월, 여름은 7-9월, 가을은 10-12월로 하였으며, 계절별 일간 수온 차이의 모든 해양격자 평균과 표준 편차를 Table 2에 나타내었다. 평균 수온의 변동은 관측 SST와 본 연구에서 새롭게 생성한 MOM SST 사이에서 비슷하게 봄과 가을에 큰 분산을 나타내었고, 겨울과 여름은 분산이 작게 나타났다. 이러한 계절별 수온 차이의 공간적인 분포를 Fig. 8에 나타내었다.

Table 2. Mean and standard deviation of seasonal daily SST for observation SST and MOM SST

Data Form	Season	Month	Mean /STD(°C)
Obs.	Win	Jan-Mar	= 1.06 ± 0.10
Obs.	Spr	Apr-Jun	= 1.43 ± 0.25
Obs.	Sum	Jul-Aug	= 1.00 ± 0.06
Obs.	Fall	Oct-Dec	= 1.19 ± 0.23
MOM	Win	Jan-Mar	= 0.53 ± 0.11
MOM	Spr	Apr-Jun	= 1.11 ± 0.35
MOM	Sum	Jul-Aug	= 0.51 ± 0.07
MOM	Fall	Oct-Dec	= 0.90 ± 0.35

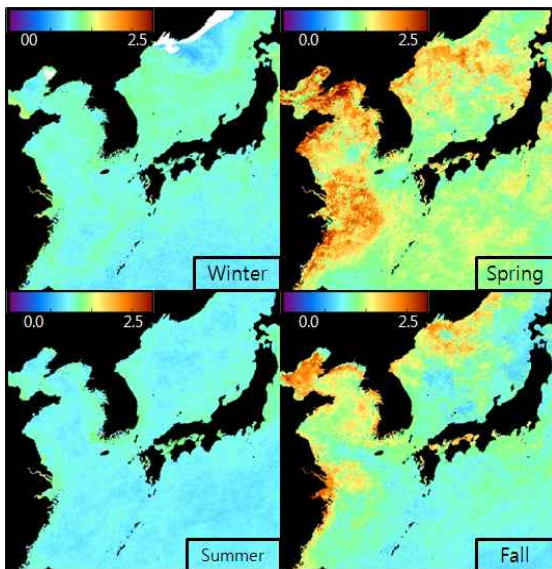


Fig. 8. Seasonal distribution of day-to-day SST difference during 1997-2005.

계절별 일간 수온 차이의 공간 변동은 수온의 계절적 변동이 큰 봄과 가을이 그 계절적 변동이 작은 여름과 겨울에 비하여 지역적인 수온 차이가 크게 나타났다(Fig. 8). 지역적인 수온의

차이는 봄과 가을의 경우 전 해역에서 대륙 인접부에서 대부분 크게 나타났다. 반면에 동해의 극전선 남부해역인 쓰시마난류 해역과 쿠로시오해역에서는 난류에 의한 열수송으로 인하여 일간 수온의 차이가 작은 경향을 보였다(Kang, 1985). 수온의 계절적 변동이 작은 여름과 겨울에는 일간 수온 차이가 전체적으로 작으며, 지역적으로도 쿠로시오 해역에서 그 변동이 작지만 큰 차이는 보이지 않았다.

**4. 결론**

NOAA 위성에서 관측된 수온영상의 경우는 구름 등의 영향에 의해 결측되거나 그 주변이 오염된 영상이 많이 생산되고 있다. 본 연구에서는 이러한 결측이나 오류가 포함된 영상에서 구름 없는 맑은 영상을 생산하기 위해 수온편차를 이용한 에러값 제거와 결측 자료를 보완하여 새로운 수온영상을 생성하는 방법을 제시하였다. 구름 등의 영향으로 결측된 자료의 보완은 마르코프 모델의 적용으로 각 격자별로 과거의 일별 수온편차값에서 각 격자점의 마르코프 계수를 결정하여 조사하였다. 본 연구해역에서 마르코프 계수는 지역적으로 동일하지 않았으며, 특히 해류가 강한 해역 등에서 마르코프 계수 값이 전체적인 평균값보다 낮은 반면에 해류가 약한 동해 북서부의 대부분 해역과 동중국해에서는 그 계수가 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 이상수온 변동에 대한 마르코프 계수가 해류 등과 관련되어 분포하는 것이 위성영상의 결과에서만 나타나는 것인지 일반적인 현상인지를 규명해 보는 것도 흥미 있을 것으로 생각된다. 또한, 계절별 일간 수온 차이의 공간 변동은 봄과 가을이 여름과 겨울에 비하여 지역적인 차이가 크게 나타났다. 특히, 지역적인 수온의 차이는 봄과 가을에 본 연구해역의 대륙 인접부의 대부분에서 크게 나타났다.

본 연구에서는 NOAA 위성에서 관측된 수온영상을 보완하는 연구결과를 제시하였지만, 태풍 등과 같은 특이 해황이 발생했을 경우에는 제대로 표현되지 못하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 현상 등을 규명하기 위해서는 다중위성에 의한 새로운 알고리즘 개발이나 연안해역을 제외한 근해의 수온이 중요한 경우에는 AMSR-E와 같은 마이크로파 위성을 이용한 수온 자료를 이용하면 해양환경에 대한 정보를 손쉽게 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

**감사의 글**

본 논문은 국립수산과학원 "동해 연안어업 및 환경생태조사(RP-2011-ME-035)" 시험연구사업의 일환으로 수행되었습니다.

**참고 문헌**

[1] Isoda, Y., S. Saitoh, M. Mihara(1991), SST structure of the polar front in the Japan Sea. In Oceanography of

- Asian Marginal Seas, Vol 54. ed K. Takano, Elsevier, Amsterdam, pp. 103-112.
- [2] Kang, Y. Q.(1985), Influences of the Asan monsoon and the Kuroshio on the sea surface temperatures in the Yellow, the Japan and the East China Seas. J. Oceanol. Soc. Korea., 20, pp. 1-9.
- [3] Kang, Y. Q.(1987), Markov chain model for daily amount of cloud in Korea. J. Korean Met. Soc., 23, pp. 1-11.
- [4] Kang, Y. Q. and Y. Gong,(1987), Markov chain properties of sea surface temperature anomalies at the southeastern coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea., 22, pp. 57-62.
- [5] Katz, R. W.(1985) Probabilistic models. In Probability, Statistics, and Decision Making in the Atmospheric Science. ed A.H. Murphy and R.W. Katz, Westview Press, Boulder, pp. 261-288.
- [6] Kim, S. W., S. Saitoh,, and D. S. Kim(2002), Spatial distribution of pigment concentration around the East Korean Warm Current region derived from satellite data. J. Korean Fish. Soc., 35, pp. 265-272.
- [7] Kim, T. R., J. J. Park, and S. W. Kim(2010), Spatial distribution of pigment concentration around the East Korean Warm Current region derived from satellite data. Korean J. Remote Sensing, 26, pp. 109-114.
- [8] Lee, D. K., J. I. Kwon and S. B. Hahn(1998), The wind effect on the cold water formation near Gampo-Ulgi coast. J. Korean Fish. Soc., 31, pp. 359-371.
- [9] Sakaida, F., H. Kawamura, S. Takahashi,, T. Shimada, Y. Kawai, K. Hosoda and L. Guan,(2009), Research and development of the new generation sea surface temperature for open ocean (NGSST-O) product and its demonstration operation. J. Oceanogr., 65(6), pp. 859-870.
- [10] Suh, Y. S., L. H. Jang and J. D. Hwang(2001), Temporal and spatial variations of the cold waters occurring in the eastern coast of the Korean Peninsula in summer season. J. Korean Fish. Soc., 34, pp. 435-444.

---

원고접수일 : 2011년 10월 05일

원고수정일 : 2011년 11월 11일 (1차)

2011년 12월 01일 (2차)

게재확정일 : 2011년 12월 26일