고등학교 과학 교과서 인공위성 해수면온도 영상 오류 분석과 예비교사들의 반응

박경애^{1,*} · 최원문²

¹서울대학교 지구과학교육과/해양연구소, 151-742, 서울특별시 관악구 관악로 1

²서울대학교 과학교육과, 151-742, 서울특별시 관악구 관악로 1

Error Analysis of Satellite Imagery for Sea Surface Temperature in the High School Science Textbooks and Responses of Pre-service Teachers

Kyung-Ae Park^{1,*} and Won-Moon Choi²

¹Department of Earth Science Education/Research Institute of Oceanography,
Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

²Department of Science Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Abstract: Sea Surface Temperature (SST) is one of the most important oceanic variables to understand rapidly-changing climate, so that accurate and error-free SST images should be presented in school science textbooks. However, satellite-observed SST images in the high-school textbooks presented some errors caused by various reasons. This study analyzed 36 satellite images for SST presented in 24 kinds of high-school textbooks (earth science I and II textbooks on the basis of the 7th National Curriculum) for 17 items. This study investigated errors in image processing such as cloud removal, land masking, color bar, geological and time information, and some erroneous expressions related to the fundamental information of satellites. Twenty five pre-service teachers filled out a survey about several problematic satellite images, and their responses were analyzed. As a result, most of the pre-service teachers did not recognize the errors associated with image processing and tended to comprehend the SST errors as real oceanographic phenomena such as sea ice, river outflow, or cold current. Therefore, satellite SST images in the textbooks should be accurately presented by including detailed items suggested in this study.

Keywords: sea surface temperature, image, textbook, satellite, pre-service teacher

요 약: 해수면온도는 급변하는 기후를 이해하는 가장 중요한 해양 변수 중의 하나이므로 과학 교과서에는 정확하고 오류없는 해수면온도 영상이 제시되어야 한다. 그러나 고등학교 교과서에 제시된 해수면온도 영상들은 다양한 원인에서 비롯된 많은 오류들을 가지고 있었다. 본 연구는 제 7차 교육과정에 근거한 24종의 고등학교 과학 교과서, 지구과학 I, 지구과학 II 교과서의 36개의 인공위성 해수면온도 영상을 17개 항목에 대하여 분석하였다. 해수면온도 영상 처리 과정에서 생긴 구름 제거, 육지 마스크, 색상표, 위치 정보, 시간 표시와 관련된 오류와 인공위성에 대한 기본적인 표현 오류를 조사하였다. 예비교사 25명에게 문제가 있는 대표적인 인공위성 영상들을 제시하고 설문을 실시하고 반응을 분석하였다. 그 결과 대부분의 예비교사들은 해수면온도 영상 처리 과정에서 발생할 수 있는 오류에 대하여 인지하지 못하였으며, 해빙, 강수 유입, 한류와 같은 실제 해양현상과 연관지어 해수면온도를 이해하려는 경향을 보였다. 따라서 교과서 해수면온도 영상은 본 연구에서 제시한 세부 항목들을 고려하여 정확하게 처리되어야 한다.

주요어: 해수면온도, 영상, 교과서, 인공위성, 예비교사

서 론

해수면온도는 최근 기후변화와 지구온난화로 인한 지구환경의 변화를 이해하는 데 중요한 변수 중의 하나이다. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)는 1901년부터 2000년까지의 지구온도는 $0.74^{\circ}\text{C}/100\text{ years}$ 정도로 상승하고 있다고 보고하였다 (IPCC, 2007). 해수 온도의 상승으로 인해 해수는 열적 팽창하게 되고 해수면이 상승하여 여러 가지 자연 재해의 요인이 되고 있다. 또한 북극의 해빙이 줄어들어(Comiso et al., 2008), 해수 속으로 입사되는 태양에너지가 증가하여 수온이 다시 상승하는 되먹임 과정(feedback process)이 연쇄적으로 일어나고 있다. 이와 같이 해수면온도는 끊임없는 대기와의 상호작용을 통하여 기후 변화와 해양 대순환의 변화를 일으키는 중요한 요소이므로 시공간적 변화를 지속적으로 감시하여야 한다.

해수면온도 자료는 여러 가지 해양 관측 기기와 인공위성 센서(sensor)를 통하여 획득할 수 있다. 특히 인공위성 자료는 넓은 해역을 동시에 그리고 반복적으로 관측할 수 있고, 관측된 자료들 사이에 시간적 차이가 거의 없는 장점을 지니고 있다. 이러한 자료를 활용하면 해양의 장단기 변동성을 파악할 수 있고, 기후 및 기상변화와 관련된 해양-대기 상호작용에 대한 이해를 증진시킬 수 있다. 또한 발생 빈도는 낮지만 막대한 피해를 주어왔던 악기상들을 예측하는데도 도움을 줄 수 있다. 그러나 인공위성 자료는 먼 우주 공간에서 관측한 자료이므로 대기 보정을 하여야 하며 해양의 현장 관측 자료를 수집하여 지속적으로 비교하고 검증하는 과정을 거쳐야 정확도를 높일 수 있다.

지구환경 감시와 기후변화에 대한 해양의 역할이 강조되면서 해수면온도 영상을 활용한 지구과학교육의 필요성이 증대하는 추세이다. 과학 교과서는 과학 수업에서 중요한 요소이며 학생 및 교사들이 교수 학습에 있어서 의존도가 높다(Abraham et al., 1992; Ball and Feiman-Nemser, 1988; Tobin, 1990; Chian-Soong and Yager, 1993). 특히 삽화(illustration)는 현행 과학 교과서에서 핵심적인 시각적 표상 요소 중의 하나로서(이기영, 2007), 색상과 공간을 가지는 이차원적인 배열이므로 텍스트로 표현할 수 없는 정보를 담고 있으며, 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 과학 교과서에 주로 사용된다(Pozzer and Roth, 2003).

제 7차 교육과정에 기초한 과학 교과서는 이전의 흑백 교과서와 달리 컬러로 제작되면서 시각적 효과가 높아져서 학생들이 내용을 이해함에 있어 삽화의 역할이 매우 중요하게 되었다. 하지만 학생들의 이해를 돕기 위해 과학 교과서에 제시된 그림들이 오히려 학생들에 의해 잘못 해석될 수 있다(김문수와 정영란, 1997). 고등학생들이 가지는 오개념의 형성 원인 중의 하나로 개념의 설명을 위한 그림이 문제가 있었음이 보고되었다(최승일과 조희영, 1987). 제7차 과학과 교육과정에 따른 고등학교 지구과학 I 교과서 6종을 분석한 결과, 삽화에서 정보의 누락, 잘못된 정보의 제공, 잘못된 용어 사용, 잘못된 그림의 표현 등의 문제점들이 발견되었고, 예비교사들은 이러한 삽화들이 문제점이 있으며 학생들에게 오개념을 유발할 가능성이 있다고 지적하였다(채동현, 2010).

과학 교과서는 과학적 개념 이해에 효과적이고 오류가 없는 올바른 삽화를 제시하여야 하고, 표준화된 형식으로 제공하여야 하며 정보의 누락도 없어야 한다. 그런데 제7차 중등 교육과정에 근거한 고등학교 과학 및 지구과학 교과서들은 인공위성 해수면온도 영상과 관련하여 여러 가지 문제점을 가지고 있었다. 현재까지 이런 문제점에 대한 정확한 분석이 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구는 교과서가 제시하고 있는 인공위성 해수면온도 영상의 문제점을 제시하기 위하여 1) 고등학교 과학 및 지구과학 교과서에 있는 위성 영상 자료를 수집하고, 2) 해수면온도를 산출하는 과정을 조사하고, 3) 해수면온도 영상 자료를 분석하여 영상이 가지고 있는 문제점을 유형별로 분류하여 제시하고, 4) 문제가 있는 영상에 대해 예비교사들이 어떻게 생각하고 있는지 설문을 통해 분석 결과를 제시하고, 5) 이를 근거로 교과서에 수록된 인공위성 관측 해수면온도 영상을 개선할 방안을 제시하고자 한다.

해수면온도 산출 방법

Prabhakara et al.(1974)는 인공위성 적외선 영역의 자료를 이용하여 해수면온도를 경험적으로 추정할 수 있는 다중채널 해수면온도(MCSST; Multi-Channel Sea Surface Temperature) 산출에 대한 이론적 배경을 제안하였다. 이후 McMillin(1975), McClain et al.(1985), Walton(1988) 등 일련의 연구를 통하여 식(1)과 같이 적외선 영역 부분의 자료를 활용하여 해수면온도를 산출하는 기본적인 형태를 갖추게 되었다.

Fig. 1. A flow diagram for the estimation of SST from satellite data.

$$SST = a + bT_i + c(T_i - T_j) + d(T_i - T_j)(\sec\theta - 1) \quad (1)$$

여기서 a , b , c , d 는 해양관측 자료와 인공위성 자료를 활용하여 산출한 해수면온도 산출계수이고, T_i 와 T_j 는 일반적으로 $10.3\text{--}11.3\ \mu\text{m}$ 와 $11.5\text{--}12.5\ \mu\text{m}$ 영역의 파장대에서 관측한 휘도온도(brightness temperature)이다. θ 는 위성천정각(satellite-zenith angle)으로 현재 관측하고 있는 지점의 천정과 인공위성 사이의 각도이다.

Fig. 1은 위성 자료를 이용하여 해수면온도를 산출하고 영상화하는 과정을 나타낸 것이다. 지상 수신국에 실시간으로 수신된 인공위성 자료는 전체 관측 영역 중에서 연구 영역에 대하여 다시 추출이 되고, 각 파장대 자료는 복사보정을 거쳐 반사도와 휘도온도로 전환된다. 이후 해안선이나 다른 표적물을 이용하여 위성 관측과 실제 지형이 일치하도록 지형보정 과정을 수행한다. 다음 단계에서는 각 화소(pixel)에서 구름이나 구름으로 인해 오염된 화소를 제거하고,

위성과 관측점 사이의 각도, 태양 반사각 등 관측 화소에 오차로 남을만한 부분을 해수면온도 계산과정에서 모두 제거한다. 그리고 식 (1)에서 해수면온도 산출 계수들과 위성천정각을 이용하여 해수면온도를 산출한다. 이후 해수면온도 자료는 수온의 분포를 고려하여 시각적 효과가 최대한으로 표출될 수 있도록 최적 영상으로 제작된다.

1970년대 이후로 미국 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 산하 NESDIS(National Environmental Satellite, Data, and Information Service)와 JPL(Jet Propulsion Laboratory)은 전구 규모의 해수면온도를 생산하고 운영하여 왔다. 교과서에서 다루고 있는 대부분의 해수면온도 영상은 극 주변부를 선회하고 있는 약 1.1 km 의 공간해상도를 가진 극궤도위성 자료를 활용하여 생산된 것이다. 정지위성은 4 km 정도의 공간해상도를 가지며 적도를 중심으로 동서남북 방향으로 $\pm 60^\circ$ 에 해당하는 영역을 관측하고 있다. 정지위성 자료는 광역의 해역에 대한 해수면온도 분포를

이해하는 데 적합하고, 우리나라 주변해와 같은 국지적 해역의 해수면온도 분포를 이해하는 데 극궤도 위성 자료를 많이 활용하고 있다.

연구 자료 및 방법

분석교과서 종류 및 위성 자료

인공위성 관측 해수면온도 영상에서 발생한 문제점을 유형별로 분류하여 각 유형별로 문제점이 발생한 원인을 분석하고 문제점을 제시하기 위하여 제7차 고등학교 과학 교과서 24종을 사용하였다. 각 교과서는 Table 1과 같이 편의상 기호를 부여하여 연구에 활용하였다. 사용한 교과서는 고등학교 교과서이므로 기호의 첫 문자는 ‘High School’의 H를 사용하였으며 10학년 과학 교과서는 ‘Ha’, 지구과학 I 교과서는 ‘Hb’, 지구과학 II 교과서는 ‘Hc’로 표기하였다(박경애와 최지영, 2009). 각 과정별 교과서는 출판사명을 가나다순으로 정리하고, 문자 다음에 1부터 오름차순으로 순서대로 숫자를 표기하는 방법으로 구분하여 활용하였다. 대부분의 고등학교 과학 교과서에는 교과서당 한 개의 해수면온도 영상이 제시되어 있지만

지구과학 I과 지구과학 II 교과서에서는 한 교과서에 여러 개의 해수면온도 영상을 제시하는 경우가 많았다. 따라서 이들 영상을 구분하기 위하여 교과서 내에서 영상이 제시된 순서에 따라 교과서 기호에 일련의 번호를 붙여서 ‘Ha8_1’, ‘Ha8_2’와 같이 영상에 대한 고유 기호를 부여하였다. 교과서에서 제시한 해수면온도와 관련된 영상은 모두 36개가 수집되었으며 연구에 활용한 전체 삽화를 Fig. 2에 나타내었다. 각 영상 내의 기호는 앞서 선정한 영상의 고유기호이다. Fig. 2를 자세히 보면 크기와 관측영역이 약간씩 다르지만 동일한 영상으로 추정되는 그림이 발견되는데, 우리나라 주변해의 해수면온도를 표현한 Ha1_1, Ha4_1, Ha8_2, Hb1_2 영상은 구름의 모양과 위치, 해수면온도의 범위 등으로 유추해 볼 때 동일한 영상으로 판단되며, 미국 동부 멕시코만류를 나타낸 Hb4_3, Hc2_1, Hc4_2도 Fig. 2에서 보는 바와 같이 동일한 영상으로 판단되고, 전구 해수면온도 분포를 제시한 Hb6_2와 Hc6_3도 색상표를 다르게 표현하였지만 동일한 영상으로 판단된다.

교과서에 실린 대부분의 영상자료는 NOAA 극궤도 위성 자료를 처리하여 획득한 것으로 유추되어

Table 1. Information of the textbooks analyzed for the study

Course	Textbook	Authors (year)	Pages	Symbol
10th grade Science	High School Science	Kang et al. (2001)	271	Ha1
		Chung et al. (2001)	-	Ha2
		Lee M.W. et al. (2001)	-	Ha3
		Kim et al. (2001)	280	Ha4
		Sung et al. (2001)	300	Ha5
		Lee G.S. et al. (2001)	-	Ha6
		Lee Y.W. et al. (2001)	257	Ha7
		Wu et al. (2001)	299, 303	Ha8
		Lee M.W. et al. (2001)	-	Ha9
		Cha et al. (2001)	-	Ha10
		Hyun et al. (2007)	-	Ha11
		Song et al. (2001)	292	Ha12
11th grade Science	Earth Science I	Wu et al. (2002)	126, 135	Hb1
		Lee M.W. et al. (2002)	184, 186	Hb2
		Lee G.S. et al. (2002)	152, 154	Hb3
		Kyung et al. (2002)	162, 164, 166	Hb4
		Ho et al. (2002)	13, 158, 161	Hb5
		Kim et al. (2002)	142, 145, 148	Hb6
12th grade Science	Earth Science II	Wu et al. (2002)	305	Hc1
		Lee M.W. et al. (2002)	165, 193	Hc2
		Lee G.S. et al. (2002)	161, 168	Hc3
		Kyung et al. (2002)	157, 169, 174, 175	Hc4
		Ho et al. (2002)	166	Hc5
		Kim et al. (2002)	160, 161, 173	Hc6

Fig. 2. A collection of satellite images in the textbooks used for SST analyses, where each symbol represents the name of textbook and the sequential number of the image.

본 연구에서는 서울대학교 해양연구소 원격탐사연구센터가 직접 수신한 NOAA/HRPT(National Oceanic and Atmospheric Administration/Advanced Very High Resolution Radiometer) 자료를 부분적으로 사용하였다. NOAA/HRPT 자료의 처리과정에 근거하여 교과서 영상과 유사한 문제점이 있는 해수면온도 영상을 검색하고, 원인을 파악하기 위해 원시 위성자료를 활용하였다.

분석 항목

교과서에 제시된 해수면온도 영상에서 다양한 문제점이 발견되었으며, 하나의 영상에서도 다른 여러 종류의 문제점이 나타나서 각 영상에 대한 개별적인

분석을 실시하기가 용이하지 않았다. 따라서 해수면온도 영상에서 공통적으로 빈번하게 발생할 수 있는 오류를 분석할 수 있는 세부 항목들을 선정하여 Table 2에 제시하였다. 각 세부항목은 해수면온도 영상에 대한 과학적 논의를 바탕으로 선정되었으며, 각 세부 항목은 영문자 C와 분석 순서를 조합하여 C1과 같은 형식으로 기호를 붙였다. 구름 및 육지제거 문제, 영상과 관련된 색상표, 지리정보, 시간정보 그리고 나머지 사항 등 모두 6가지의 큰 주제를 선정하였고, 다시 각 주제를 분류하여 모두 17가지의 세부 항목으로 구성하였다.

C1은 해수면온도 영상에서 구름과 관련된 문제점들을 잘 처리하였는지를 분석하는 항목이고, C2와 C3은 육지의 값을 처리하여 영상 마스킹(masking)을 하였는지, 육지와 해양을 명확히 구별하도록 해안선을 잘 표시하였는지에 관한 항목이다. C4부터 C9는 색상표와 관련된 항목으로 C4는 색상표와 관련된 단위를 제대로 제시하고 있는지에 대한 항목이고, C5는 색상표가 제시된 위성 영상에 적합하도록 최대와 최소의 온도 범위를 적절히 선정하였는지를 분석하기 위한 항목이다. C6-C8은 색상표를 제시하고 있는지, 제시된 색상표를 정성적이 아닌 정량적으로 표현하였는지, 또한 색상표에 해수면온도의 최소 및 최대 범위를 제시하고 중간에 일정한 간격을 두어 해수면온도 수치를 제시하였는지를 확인하는 항목이다. 위성 영상과 색상표가 일치하지 않고 독립적인 경우가 발견되어 C9에서는 해수면온도 영상과 색상표의 일치 여부를 분석하였다. 영상 내의 위치 정보와 관련하여 C10과 C11의 분석항목을 두어 위경도선이 표시되어 있는지, 또한 위경도의 수치가 해수면온도 영상 내에서 명확히 판별될 수 있는지를 분석의 기준으로 삼았다. C12는 해당 해수면온도 영상에 대한 시간 정보를 제공하고 있는지에 관한 분석항목이며, C13은 제공된 시간 정보가 한국 표준시(KST; Korea Standard Time)인지에 관한 것이다. C14-C17은 기타 항목으로서 영상의 정보 제공과 관련하여 발생한 부수적인 문제점을 분석하도록 하였다. 영상과 관련하여 위성의 이름을 잘못 제공하고 있지는 않은지(C14), 해수면온도를 표현하고 있지 않은 영상을 해수면온도로서 제시하고 있지는 않은지(C15), 보조 설명(caption)과 출처는 올바르게 제시되어있는지(C16-C17) 등을 기타 항목으로 구성하였다.

Table 2. Topics and detailed contents for the analyses of SST images in the high school science textbooks

Subject	Item #	Analysis Contents
Cloud	C1	Removal of cloudy or cloud-contaminated pixels and cloud mask overlays
Land	C2	Land mask overlays
	C3	Demonstration of coastline
Color Bar	C4	Presentation of proper unit ($^{\circ}\text{C}$) for SST
	C5	Selection of temperature range
	C6	Existence of color bar
	C7	Quantitative information of SST values
	C8	Presentation of numbers between both ends of color bar
Geological Information	C9	Presentation of proper color bar coincident with an SST image
	C10	Expression of latitudinal and longitudinal lines
Time Information	C11	Discernible texts on geolocation information
	C12	Time information corresponding to the SST image
Others	C13	Time information as Korea Standard Time
	C14	Satellite name
	C15	Use of other satellite image instead of SST image
	C16	Proper caption of each figure
	C17	References or website information

설문 조사

인공위성을 활용한 교과서 해수면온도 영상에 대한 반응을 조사하기 위하여 서울 소재 대학교과 대학원에 재학 중인 예비교사 25명을 본 연구에 활용하였다. 이 예비교사들은 고등학교 교육과정을 마친지 수 년 밖에 경과하지 않아서 교과서의 해당 삽화를 본 경험이 있었고, 대학교에서 대부분 인공위성 관련한 수업을 수강한 경험도 있었다. 이들을 대상으로 교과서에 실린 해수면온도 관련 인공위성 영상을 몇 가지 제시하고 설문지에 답을 하도록 하였고, 설문지 응답을 바탕으로 교과서 삽화의 문제점을 분석하였다.

설문지는 교과서에 실린 해수면온도 영상들 중 대표적인 5개 영상들을 선정하여 구름 처리, 육지 제거 및 위치 정보, 색상표, 시간 표시에 대하여 크게 네 부분으로 범주화하여 구성하였다. 설문지는 간단한 인적사항을 제외하고 총 10개의 문항으로 구성하였으며 일부 문항에서는 소문항을 따로 두어 설문 대상자가 선택한 답에 대하여 그 이유를 기술하도록 하여 분석에 활용하였다. 구름 처리에 대한 설문들 중 한 가지 예를 들면, Fig. 3b와 Fig. 4b를 제시하면서 동해 중앙부, 황해, 동중국해에서 구름 처리 오류로 발생한 저온의 영역을 원으로 표시한 다음 그 원인에 대해 응답하도록 하였다. 해수면온도가 낮게 나타난 이유에 대해 해빙, 용승, 식물성 플랑크톤, 강수, 한류, 양쯔강 유출수, 조류, 구름 등 다양한 보기

를 제시하여 해수면온도 영상에 영향을 줄 수 있는 요인들을 선택할 수 있도록 하였다. 또한 기타 항목을 두어 각자의 의견을 자유롭게 쓰는 공간을 별도로 만들었다.

설문 결과를 분석하기 위하여 다양한 방법을 사용할 수 있지만 본 연구에서는 단순 통계분석을 실시하였다. 각 문항에 대한 선택지들에 대한 응답자 수를 확인하여 총 응답자 수에 대한 응답자의 백분율을 계산하여 제시하고 분석에 활용하였다.

연구 결과

구름 처리

인공위성 적외선 센서는 해수면이나 지표면으로부터 방출되는 적외선 영역의 복사에너지를 측정하고 해수면온도 산출 알고리즘을 이용하여 지구표면의 온도를 산출한다. 대기 중에 구름이 존재할 경우 해수면에서 방출되는 에너지는 구름의 종류와 두께에 따라 다르지만 대부분 구름에 의해 흡수되므로, 인공위성 센서는 구름에서 위성 방향으로 방출되는 에너지를 탐지한다. 따라서 위성 센서의 시야(IFOV; Instantaneous Field of View) 안에 구름이 존재할 경우는 해수면온도 산출에 상당한 오차가 발생한다. 이러한 점을 고려하여 해수면온도를 산출할 때 각 화소에 대하여 구름 유무를 먼저 판단하고 구름이 있거나

Fig. 3. Examples of cloud-contaminated errors in the SST images of (a) Ha4_1, (b) Hb3_2, (c) Hb4_2, and (d) Ha5_1.

구름에 의해 오염된 화소는 해수면온도 산출과정에서 제외한다. 적운 계통의 수직적으로 두꺼운 구름은 복사 회도온도가 주변 화소들의 값에 비해 상대적으로 낮고, 가시영역에서 반사도는 매우 높아서 낮과 밤 자료 모두에 대해 쉽게 탐지되고 제거될 수 있다. 그러나 권운과 같은 얇은 구름이 부분적으로 존재할 경우 해수면으로부터 방출된 에너지가 구름에 의해 일부 흡수되고, 남은 에너지가 위성 센서에 도달하기 때문에 구름 화소로 판단하기가 쉽지 않다. 이러한 어려움 때문에 구름 처리 과정을 단계적으로 상세하게 설계하지 않으면 각 화소에서 발생한 구름에 의한 영향은 최종적으로 산출된 해수면온도 영상에 오차로 잔류하게 되고, 해수면온도는 주변에 비해 상대적으로 낮은 값으로 산출된다. 이러한 구름 처리의 오류로 인해 해수면온도가 낮은 값으로 산출되고, 이러한

현상은 주로 야간 자료에서 빈번하게 발견된다.

Fig. 3은 교과서에 실린 삽화들 중에서 구름 처리가 제대로 이루어지지 않은 대표적인 사례를 제시한 것이다. Table 2의 C1 분석 항목에 대하여 24종 교과서의 36개 삽화를 분석한 결과, Table 3에서 제시한 바와 같이 13개 영상에서 발견되어 약 36.1%에 달하는 영상들이 구름으로 인해 발생한 문제점을 포함하고 있었다. Table 3은 해수면온도 영상에서 발생할 수 있는 문제점에 대한 17가지 분석 항목에 대하여 교과서에 실린 각 영상들을 분석한 결과를 나타낸 것이다. 영상이 분석 항목을 잘 만족시키고 있으면 O, 반대로 오류를 포함하고 있어서 수정이 필요한 경우는 X, 해당사항이 없을 경우 - 로 표시하였다.

Fig. 3a의 Ha4_1 영상을 보면 위도 41°N, 경도 134°E 부근의 해수면온도는 약 10°C로 푸른 색으로

Table 3. A chart showing the analysis results of textbooks concerning the analysis items from C1 to C17, where **O**, **X**, and **-** represent 'satisfied', 'unsatisfied', and 'not applicable', respectively

Item Image	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
Ha1_1	X	O	O	X	X	O	O	O	O	O	X	X	-	O	O	O	O
Ha4_1	X	O	O	O	X	O	O	O	O	O	X	O	X	O	O	X	O
Ha5_1	X	O	O	O	X	O	O	O	O	O	X	X	-	O	O	X	O
Ha7_1	X	X	O	X	O	O	O	O	O	O	X	O	X	O	O	O	O
Ha8_1	X	X	O	X	O	O	O	O	O	O	X	X	-	O	O	O	X
Ha8_2	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	X	X	-	O	O	X	X
Ha12_1	O	O	O	-	-	X	-	-	-	X	X	X	-	O	O	O	O
Hb1_1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	-	O	O	O	X
Hb1_2	X	O	O	X	X	O	O	O	O	O	X	X	-	O	O	X	X
Hb2_1	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	O	O	O	O	O	X
Hb2_2	X	O	O	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Hb3_1	O	O	O	-	X	O	X	-	O	X	X	O	O	X	X	O	X
Hb3_2	X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O
Hb4_1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	O	O	O	O	X	X
Hb4_2	X	O	O	-	-	X	-	-	-	O	X	O	O	O	O	O	O
Hb4_3	O	O	X	-	-	X	-	-	-	X	X	X	-	O	O	X	X
Hb5_1	X	O	O	-	-	X	-	-	-	O	X	X	-	O	O	O	X
Hb5_2	X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O
Hb5_3	X	X	O	X	X	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	X	O
Hb6_1	O	O	O	-	-	X	-	-	-	X	X	X	-	O	O	O	O
Hb6_2	O	O	O	-	X	O	X	-	O	O	O	O	O	X	O	O	O
Hb6_3	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O
Hc1_1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	X
Hc2_1	O	O	X	-	-	X	-	-	-	X	X	X	-	O	O	O	O
Hc2_2	O	O	O	-	X	O	X	-	O	X	X	X	-	O	O	X	O
Hc3_1	O	O	O	-	-	X	-	-	-	X	X	X	-	O	O	X	X
Hc3_2	O	O	O	-	X	O	X	-	O	X	X	O	O	O	O	O	X
Hc4_1	O	O	O	-	-	X	-	-	-	X	X	O	O	O	O	O	X
Hc4_2	O	O	X	-	-	X	-	-	-	X	X	X	-	O	O	X	X
Hc4_3	O	O	O	O	X	O	O	O	X	-	-	X	-	O	X	X	X
Hc4_4	O	O	O	-	-	X	-	-	-	-	-	O	O	O	X	O	X
Hc4_5	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	-	O	O	O	O
Hc5_1	O	O	O	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	O	X	X	X
Hc6_1	O	O	O	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	O	O	X	X
Hc6_2	O	O	X	-	O	O	X	-	O	O	X	X	-	O	O	O	X
Hc6_3	O	O	O	-	O	O	X	-	O	O	O	O	O	O	O	O	X

표현되어있는데 이는 20°C 정도인 주위의 온도에 비해 약 10°C 정도 낮은 값을 나타내고 있다. 또한 제주도 남서쪽 동중국해에서 대한해협에 이르는 해역과 일본 규슈 북쪽에서도 주변 해역에 비하여 10-15°C 정도로 매우 낮은 해수면온도가 분포하였다. 이와 같이 해수면온도가 주변에 비하여 매우 낮게 산출된 곳은 앞에서 언급한 것처럼 구름 처리가 제대로 이루어지지 않았기 때문에 발생한 것으로 판단된다. 특히 대한해협은 대마난류가 유입되는 해역으로 주위보다 높은 해수면온도가 관측되어야 하지만, 상당히 낮

은 해수면온도를 나타내고 있어서 학생들이 한류 또는 다른 해양의 실제 현상으로 오인할 가능성이 매우 높다(Fig. 3a). 그러나 여름철 동해안에는 용승이 활발하게 일어나서 외해 해수면온도와 10°C 이상의 온도 차를 보이기도 하므로(Park and Kim, 2010) 구름 처리로 인한 문제와 구별된다. 또한 난류와 한류가 만나는 전선대에서도 수 °C에 이르는 온도차를 동반하기 때문에 주의가 필요하다(Park et al., 2007). 전선대에서는 공간적으로 해수면온도 차이가 커서 영상에서 색상 대비가 크게 나타나지만 해양학적 현상

Fig. 4. Examples of poor land masks in the SST images of (a) Hb6_3 and (b) Ha7_1.

은 공간적으로 연속성을 가지므로 구름 처리 오류에 의해 발생한 불연속선과는 확연하게 구분이 될 수 있다.

Fig. 3b의 Hb3_2 영상에서도 40°N, 133-135°E 부근 해역에 8°C 이하의 매우 낮은 해수면온도가 표현되어 있는데 이 영상이 7월 여름철에 관측되었다는 사실을 고려하면 영상에 나타난 5°C 이하의 해수면온도는 확실하게 잘못된 영상으로 유추할 수 있다. Fig. 3b 영상은 특정 시각에 관측한 해수면온도 영상이 아니라 1999년 7월 5일에서 11일까지 관측한 영상들을 모두 모아 합성영상을 생산한 것이다. 이 경우 개개의 영상이 구름으로 인한 오류를 포함하고 있을 경우 합성한 영상은 더욱 많은 오류를 포함할 가능성이 높다. 중국 양쯔강에서 제주도 에 이르는 해역이 모두 0-10°C 수온을 보이는 것은 구름 처리 과정에서 문제가 발생하였음을 확실하게 보여준다. 황해 전체에 노란색과 초록색으로 표현된 해수면온도들은 모두 이러한 구름 처리의 오류에 기인한 것으로 판단된다. Hb4_2 영상은 해수면온도 영상위에 등온선을 표현하고 있는데 원형의 소용돌이(eddy) 구조와 유사한 원형의 등온선이 많이 발견된다(Fig. 3c). 동해 울릉분지 남쪽 해상에 대표적인 원형의 등온선이 나타나 있으며, 제주도 서쪽 해역을 보면 주변부에 비하여 공간적으로 불균일한 해수면온도가 다수 표현된 것을 볼 수 있다. 일본과 가까운 동해의 경우에도

원형의 등온선이 많이 나타나는데 이러한 현상들은 모두 구름이 제대로 제거되지 않아서 발생한 낮은 수온과 주변 수온 사이에 급격한 온도차에 의하여 나타난 결과로 판단된다. 이러한 영상을 본 학생들은 원형의 등온선을 다양한 형태의 소용돌이나 난류 등에 기인한 현상으로 잘못 판단할 가능성이 있다. Ha5_1 영상은 황해와 동해 중부에 있는 구름을 잘 처리하고 있으나, 일본 남부 해상에서 23°C 정도 되는 주변 해수에 비해 10°C 이상 낮은 푸른색의 해수면온도가 나타나며, 이 해역도 구름 제거와 관련된 오류로 인하여 발생한 비정상적 수치임을 쉽게 유추할 수 있다(Fig. 3d).

육지 제거

해수면온도는 앞에서 설명한 것과 같이 인공위성에서 수신한 적외선 영역의 에너지를 이용하여 산출한다. 바다와 마찬가지로 육지도 적외선 영역에서 지구 복사에너지를 방출하기 때문에 인공위성자료로부터 지표면온도도 산출할 수 있다. 해수면온도와 달리 지표면온도는 다른 여러 알고리즘을 거쳐 계산되므로 해수면온도 알고리즘을 지표면온도 산출에 적용할 수 없다. 그러나 Fig. 4a에 나타난 지표면온도는 해수면온도 산출 알고리즘을 활용한 온도로서 실제 값과 상당한 차이가 있어서 문제가 있다. 이러한 현상을 막기 위하여 구름과 더불어 육지 영역도 해안선과

지표면 고도를 고려하여 영상에서 제거해 주어야 한다. 일반적으로 검은색, 회색, 또는 흰색을 사용하지만 어떤 색상을 사용하든 상관은 없다. 학생들에게 해수면온도를 제시하는 것이 목적이므로 바다 현상을 자세하게 볼 수 있도록 영상의 시각적 대비 효과를 고려하여 육지를 배제하는 것이 바람직하다.

이러한 육지 제거와 관련하여 분석한 결과를 Table 3의 C2 항목에 제시하였다. Fig. 4a에서 육지가 제거되지 않고 약 5°C에 해당하는 파란색으로 표시되어 있다. 해안선이 표현되어 있어 해양과 육지가 구분되나, 대부분의 서해와 동해 북부의 지표면온도가 해수면온도와 유사하여 해수면온도에 대한 시각적 대비 효과가 현저히 떨어진다. 또한 지표면온도는 실제 온도가 아닌 해양에 적합한 알고리즘으로 산출된 것이기 때문에 과학적으로도 근거가 없는 수치이다. 이 영상을 접한 학생들은 해수면온도와 지표면온도를 상호 비교하여 육지와 바다의 온도 분포를 판단할 가능성이 있다. 육지의 검은색 부분은 바다 위에 존재하는 구름을 탐색하는 알고리즘을 육상에 적용하여 구름 처리 알고리즘에 의해 제거가 된 부분을 표현하고 있다. 하지만 색상표에는 검은색에 대한 정보가 없기 때문에 육지에 관심이 학생들에게 혼동을 줄 수 있다.

Fig. 4b에서 검은색으로 표시되어 있는 영역은 구름 처리과정에 의해 제거된 부분을 나타낸다. 한반도 중앙부와 같이 육상의 지표면온도는 해수면온도 알고리즘으로 계산된 것으로 유추되며, 극전선 이북과 동해 북동부에 있는 푸른색은 구름 제거에 실패하여 구름에 의한 효과가 해수면온도 산출 과정에 그대로 남게 된 사례를 보여준다. 하지만 영상을 접한 학생들은 이를 동해에 나타난 냉수 혹은 다른 해양 현상으로 오인할 수 있다. 이와 같이 여러 종류의 오차로 인하여 해수면온도 영상이 명확하게 표현되지 않았으며, 또한 해안선을 표시하였음에도 불구하고 육지와 바다와의 경계가 시각적으로 크게 대비되지 못하였다.

해안선을 명확하게 표시하고 있는지 C3 항목을 두어 분석하였다. 육지와 해양의 경계가 모호하다면 시각적 효과는 감소할 것이며 영상을 이해하는 데 있어서 학습자가 혼란을 가질 수도 있다. 따라서 인공위성으로 관측한 해수면온도 분포 영상을 통하여 시각적 학습 효과를 극대화하기 위해서 육지를 우선 해양과 뚜렷하게 구분하여 표현하여야 하며, 특히 해

수면온도가 아닌 육지의 값들을 모두 동일한 색으로 표현하는 것이 바람직하다고 판단된다. 24종 교과서에 제시된 36개의 삽화 중에서 8개가 육지를 제거하지 않았거나 육지와 해안의 구별이 어려웠으며, 이는 22.2%에 해당하였다(Table 3).

이외에도 인공위성 영상의 지형보정이 잘 이루어지지 않는 문제점도 다수 발견되었다. 예를 들면 Fig. 6c의 Ha1_1 영상은 한반도 근해의 해수면온도를 나타내고 있는데, 검은색으로 표현한 육지 부분과 해안선이 서로 일치하지 않고 어긋나 있는 것을 볼 수 있다. 제주도와 북한 동쪽 해안의 경계 부분에서 이러한 불일치를 잘 볼 수 있다. Ha4_1, Ha8_2, Hb1_2 영상에서도 동일한 문제점이 발견되었다. 개별 영상이 아닌 일정기간 동안의 해수면온도를 합성한 영상인 경우는 더 큰 문제점을 가지고 있다. Hb5_2 영상은 대마도 좌측에서 매우 낮은 해수면온도가 관측되는 것을 보여주는데, 이것은 지형보정이 제대로 이루어지지 않은 상태에서 여러 개의 영상을 합성하는 과정에서 나타난 것이다. 따라서 일정 시간 동안의 합성장을 제시할 때에는 개별 영상에 대한 구름 처리 및 지형 보정을 보다 정확히 할 필요성이 있다.

색상표

교과서에 실리는 해수면온도 관련 삽화들은 특정지역의 해수면온도 분포를 쉽게 파악할 수 있도록 도와주기 때문에 학습 보조 자료로 매우 중요하게 활용된다. 특히, 제 7차 교육과정에 근거한 교과서에는 과거의 흑백 영상이나 등온선 자료와 달리 색상으로 해수면온도를 표현하고 있으므로 시각적 대비가 커야 교육적으로 큰 효과를 가져온다. 따라서 학생들에게 해양학적 지식을 효과적으로 전달하기 위해서 올바른 색상표를 제시하여야 하며 주어진 영상 내의 해양학적 현상이 뚜렷하게 구분되도록 색상 범위도 적절하게 선정하여야 한다.

Fig. 5는 해수면온도의 크기를 나타낸 색상표에 대한 문제점을 가지고 있는 교과서 영상들 중 몇 가지 사례를 나타낸 것이다. Hb5_2 영상은 구름처리도 비교적 잘 되어 있으며 육지와 해양의 경계도 뚜렷하게 표현하고 있고, 색상표에도 수치를 표현하여 좋은 영상자료가 될 수 있지만, 수온의 단위를 제시하지 않은 점은 단점이 될 수 있다(Fig. 5a). 일반적으로 온도 단위는 섭씨로 다루고 있으나 대기 온도의 경

Fig. 5. SST images of (a) Hb5_2, (b) Hc2_1, (c) Hc6_3, and (d) Hb2_1 used for the analyses of color bars.

우 화씨 단위도 가끔씩 사용하기 때문에 영상에 표시를 하거나 그림의 보조 설명에 반드시 단위에 대한 정확한 정보를 제공하는 것이 바람직하다. 제시된 예시 외에도 Ha7_1과 Ha12_1 영상에서는 단위가 명시되어 있는 영상을 그대로 사용하지 않고 크기를 조정하여 교과서에 제시하는 과정에서 단위표시가 식별할 수 없을 정도로 훼손되었다. 색상표에 관한 세부 항목 중 단위에 해당하는 부분을 C4로 설정하였고, 이를 분석한 결과를 Table 3에 제시하였다. 정량적인 수치를 가지는 색상표는 제시되어 있지만 단위가 제시되지 않은 경우가 36개의 삽화 중에서 8개가 발견되어 전체 약 22.2%에 달하였다.

Fig. 5a 영상은 무지개색 색상표(rainbow color bar)를 사용하여 색이 점진적으로 변하므로 영상 내에서 소용돌이와 같은 세밀한 구조를 확인할 수 있다. 하지만 영상에 나타난 최고 온도가 20°C인 반면 색상표의 최고 온도는 30°C로 주어져서 색상 대비가 크지 못한 것이 단점이다. 이처럼 색상표의 범위가 필요 이상으로 넓다면 시각적 대비 효과가 줄어들어 교육적 효과를 감소시키므로 색상표의 범위를 영상에서의 온도 범위에 맞게 적절하게 조절하여야 한다. 색상표의 온도 범위는 영상 내의 최저 온도에서 최고 온도까지로 설정하는 것이 바람직하다. 분석 항목 C5에서 온도 범위의 적절성 여부를 결정하여 Table

3에 그 결과를 제시하였다. 색상표는 제시되었으나 색상의 범위가 지나치게 넓은 영상은 12개로 전체의 33.3%에 해당하였다.

Fig. 5b의 Hc2_1 영상은 북아메리카 동쪽 대서양의 해수면온도 분포를 나타내고 있으나 색상표가 제시되지 않아서 각 색상에 해당하는 수온의 절대값에 대한 정보를 얻을 수 없다. 색상표 제시 유무를 C6 항목으로 분석한 결과, 전체 33.3%에 해당하는 12개의 삽화가 색상표없이 해수면온도를 제시하고 있었다(Table 3). Fig. 5b는 해양에서의 시각적 색상 대비 효과는 뛰어나서 사행하는 멕시코만류를 잘 식별할 수 있게 나타내고 있으나 일반적으로 사용하는 무지개색 색상표를 사용하지 않아 학생들에게 혼돈을 일으키게 할 수도 있다. 또한 플로리다의 육상 부분은 고온의 멕시코 만류와 색상차가 거의 없어 육상과 해상의 구분이 어려우므로 앞에서 언급한 바와 같이 육상을 다른 색상으로 가리는 것이 좋다고 판단된다. 대서양 북부 해수면온도는 붉은색으로 표현되어 있고 저위도의 붉은색과 유사하여 혼돈을 유발할 수 있다.

또한 해수면온도 분포와 관련한 색상표에 해수면온도의 절대값을 제시하고 않고 ‘높다’ 혹은 ‘낮다’와 같이 정성적인 범위를 제시하여 문제점이 발견된 영상도 다수 발견되었다(Fig. 5c). 전구의 해수면온도를 표현하고 있는 Fig. 5c의 Hc6_3 영상을 접한 학생들은 저위도보다 고위도의 해수면온도가 낮다는 사실은 쉽게 확인할 수 있지만, 정성적인 색상표로 인하여 각 위도의 해수면온도의 절대값과 위도에 따른 온도차는 알 수 없을 것이다. 또한 일반적으로 수온을 표시할 때 낮은 값부터 높은 값으로 단계별로 표시하는데 이 영상에서는 반대로 표시하고 있어서 학생과 교사 모두에게 혼돈을 줄 우려가 있다. C7 항목으로 색상표의 정량적인 정보를 분석하였으며 분석 결과, 전체 36개의 영상 중 6개(16.7%)가 정성적으로만 제시하여 만족스럽지 못하였다(Table 3).

색상표 중에는 수온을 정량적으로 표시하였으나 색상표 사이에 적절한 간격을 두어 해당되는 수온을 표시하지 않고 색상표의 시작(-3°C)과 마지막 해수면온도(35°C)만을 제시한 사례도 있었으며, C8 항목으로 분석한 결과 전체 영상 중 하나만 발견되어 비율(2.7%)은 작으나 학생들이 해수면온도 분포를 파악하는데 어려움을 줄 것으로 판단된다(Fig. 5d). Fig. 5d는 우리나라 동해안에서 여름철에 발생하는 용승으로 인하여 해수면온도가 주변에 비하여 수 $^{\circ}\text{C}$ 낮음을

보여주는 영상이다. 이 영상으로부터 학생들이 해수면온도의 절대값을 이해하려고 할 때 중간 단계에 해당하는 수온 값을 어렵해서 읽기가 매우 난해할 것으로 판단된다. 또한 이 영상에서 다른 종류의 문제점도 보이고 있는데, 동해의 대마난류는 일반적으로 수온이 주위보다 높기 때문에 Fig. 5 영상에서 붉은색이 가장 높은 수온에 해당하고, 용승이 일어나는 푸른색 영역과 대마난류와 만난 경계면에 해당하는 노란색은 붉은색보다 수온이 낮을 것이 확실하다. 그런데 색상표에는 노란색이 가장 높은 해수면온도로 표현되어 있어서 실제 현상과 매우 다른 문제점을 발견할 수 있다. 이는 다른 영상의 색상표를 잘못 사용한 것으로 유추된다. 이와 같이 영상과 관계없는 색상표를 제시한 경우는 2개(5.6%)로 나타났다(Table 3의 C8).

위에서 제시한 예시 외에도 색상표의 범위와 관련한 다양한 문제점들이 존재한다. Ha4_1 영상은 계절에 따른 해수면온도의 변화를 보여주기 위하여 동일한 해역에 대하여 여름과 겨울철의 두 영상을 제시하였다. 계절 변동을 제시하는 것이 목적이면 두 영상을 학생들이 잘 비교해볼 수 있도록 동일한 색상표를 활용하여 제작하여야 할 것이다. 이와 같이 학생들이 해수면온도 영상을 분석할 때 잘못된 색상표 혹은 정성적인 색상표로부터 정보를 얻는다면 자료 해석이 제한적일 것이고 올바른 결과를 도출할 수 없을 것이다. 따라서 영상에 해당하는 올바른 색상표를 제시해야하고 수온도 정확하게 읽을 수 있도록 세심하게 배려해야 한다.

위치 정보

교과서에서 제시한 대부분의 해수면온도 영상이 우리나라 주변해에 대한 것이기 때문에 학생들은 지도에 익숙하여 비교적 쉽게 해역을 식별할 수 있다. 그러나 원칙적으로 과학 및 지구과학 교과서에 실리는 인공위성 영상은 위도와 경도에 대한 정확한 정보를 제시하는 것이 바람직하다. Fig. 6은 이러한 지리 정보에 대한 문제점을 보이는 몇 가지 사례를 나타낸다. Fig. 6a의 Hb6_1 영상은 구름 및 육지, 그리고 바다와 육지의 경계도 뚜렷하게 처리되었고, 학습자들이 해수면온도 분포를 쉽게 파악할 수 있도록 제작되었다. 그러나 수온에 해당하는 색상표도 제시하지 않았고, 위도와 경도에 대한 정보도 제시하지 않아 해수면온도와 위치 정보를 연결하기를 원하는 학

Fig. 6. Satellite images of (a) Hb6_1, (b) Hc5_1, (c) Ha1_1, and (d) Ha5_1 used for the analyses of geographical information.

생들은 지형의 모습으로 위도와 경도를 유추할 수밖에 없을 것이다. 일반적으로 Fig. 6b의 Hb5_1 영상과 같이 구형으로 지구를 나타낼 때에는 위도와 경도 정보를 제시하지 않는다. 그러나 Fig. 6c와 6d와 같이 우리나라 주변의 국지 해역을 설명할 때에는 위도와 경도에 대한 정보를 제시하는 것이 바람직하다. 그리고 위치 정보를 제공할 때에는 위도선과 경도선에 해당하는 정량적인 수치를 정확히 제시하여야 한다. Ha1_1은 Fig. 5c 상단에 세로로 12 혹은 13이라고 쓰여져 있는 것으로 볼 때 이미 제작된 인공위성 영상 파일에서 필요한 지역만 추출하는 과정에서 위도와 경도 정보의 일부가 훼손되어 식별하기 어렵게 제시된 것이라 유추할 수 있다. 또한 Fig. 5d는 위도와 경도선을 모두 표시하고 30°N와 같이 위도에 해당하는 수치를 표시하였으나 식별이 어려워

위치 정보를 제시하는 측면으로 볼 때 좋은 영상은 아니라고 판단된다. 과학 교과서에서 학생들에게 삽화에 대한 올바른 위치 정보를 제공하는 것은 가장 기본적인 일이라고 판단된다. 위도선과 경도선을 표현하지 않은 영상은 14개로 24종 교과서에 제시된 36개 삽화 중에서 38.9%를 차지하였으며, 위도와 경도의 수치 정보가 빠져있거나 식별이 불가능한 영상은 28개로 77.8%를 차지하였다.

학습자에게 정확한 위도와 경도의 수치 정보를 제공하는 것도 중요하지만 나라명 또는 지역명도 함께 제공하는 것도 학생들의 이해를 돕는 데 중요한 역할을 할 수 있다. Fig. 6에서 제시한 영상들은 우리나라 주변의 해수면온도 영상으로 학습자들이 이미 우리나라와 일본의 해안선 모양에 익숙해 있으므로 위치를 쉽게 파악할 수 있다. 하지만 학생들은 한반

도 이외의 다른 해역의 해수면온도 영상을 본다면 어느 곳인지 파악하지 못할 가능성이 크다. 따라서 육지에 나라명 또는 지역명을 참고 자료로 표기한다면 학생들이 위치를 파악하는 데 도움이 될 것이다.

시간 표시

해수면온도 영상을 제시할 때 영상에 해당하는 연도를 명확하게 제시하는 것은 중요하다. 예를 들면 Kim and Legeckis(1986)는 인공위성 영상과 관측 자료를 바탕으로 1981년 봄에는 한국 동해안을 따라 북상하는 동한난류가 북상하지 않았다고 보고하였고, 경년변동의 중요성을 제시하였다. 연변동이 강한 해역에서 이러한 영상이 연도 정보 없이 제공된다면 학생들은 마치 매년 그러한 현상이 발생한다고 판단할 수도 있을 것이다. Ha8_1 영상은 그림 보조 설명에 월 정보를 제공함으로써 겨울철 자료임을 알 수 있지만 연도와 관련된 정보가 빠져있어 학생들은 이 영상이 모든 연도의 겨울철 해수면온도 분포에 대한 대표성을 띄는 영상이라고 착각할 가능성이 있다 (Fig. 7a). 수십 년에 걸친 해수면온도의 기후학적 평균(climatology mean)을 나타낼 경우에는 연도에 대한 시간 정보를 제시할 필요가 없지만, Fig. 7a는 인공위성이 한번에 관측한 영상이므로 정확한 시간을 표시하는 것이 바람직하다. C12항목으로 분석한 결과, 전체 36개의 영상 중 19개(52.7%)가 만족스럽지 못하였다(Table 3).

영상의 시간 정보로서 해당 연도를 제시하는 경우도 중요하지만 월 정보를 제시하는 것도 중요하다. 우리나라 주변해의 해수면온도는 계절에 따라 변동이 매우 크다. 동해의 경우 여름철에 최대 32°C까지 해수면온도가 상승하며, 겨울철에는 -1.5°C까지 하강하는 등 크게 변화한다. 동해 극전선 이북의 경우 해수면온도의 연 진폭은 9°C 이상에 달하여 유사한 위도의 태평양에 비해 큰 변동성을 나타낸다(Park et al., 2005; Yashayaev and Zveryaev, 2001). 황해도 겨울철 북풍 계열의 계열풍의 영향과 황해 난류의 유입 등으로 해수면온도의 계절 변동이 크게 나타난다. 따라서 계절 변동이 큰 해역에 대한 해수면온도 영상을 제시할 때에는 관측 연도뿐만 아니라 1년 중 해당 월에 대한 정보도 명확히 제공하는 것이 바람직하다. Fig. 7b의 Ha12_1 영상은 앞서 언급한 바와 같이 구름을 잘 처리한 영상으로 쿠로시오 해류와 동해의 외동 등 해양 현상을 비교적 잘 표현한 영상

이다. 그러나 제공받은 영상자료를 원하는 범위에 맞게 편집하는 과정에서 시간과 관련된 정보가 손실되어 정확한 날짜를 확인할 수 없다. 전체 영상 중에서 시간 정보를 제시하지 않거나 불충분한 영상은 20개로 55.6%로 높은 비중을 차지하였다. 따라서 영상에 대한 시간 정보를 제공할 때 연도, 월, 날짜 등의 정보를 명확하게 제시하여야 하며 일정 기간을 합성한 영상인 경우 합성기간도 명시하는 것이 바람직하다.

또한 인공위성 영상들의 보조 정보들 중 한국 표준시와 세계시가 혼동되도록 제시한 교과서도 발견되었다. Fig. 7c의 Ha4_1 영상은 학생들이 해수면온도의 분포와 시간 변화를 연결할 수 있도록 관측 연도와 날짜를 모두 제시하고 있다. 그러나 영상의 시각을 '04:54'로 표시하였는데 이는 세계시(UT; Universal Time)인지 한국 표준시인지 명확하지 않다. NOAA 인공위성의 한반도 관측 시각을 고려해보면 Fig. 7c는 세계시를 나타낸 것으로 판단된다. 그러나 일반적인 상식이 부족한 학생들은 한국 표준시로 오전 4시 54분으로 착각할 수 있다. 학생들을 올바른 이해를 위하여 9시간을 더하여 오후 1시 54분으로 명시하고 'KST'를 추가로 덧붙여 나타내도록 하여야 할 것이다. 그런데 NOAA 위성은 한반도 상공을 수 분만에 통과하므로 54분에 대한 의문을 가질 학생들도 있으므로 분 단위의 시간 자료는 제시하지 않는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 해수면온도의 일간 변화를 고려하여 관측된 시각의 시간 단위의 정보만 제시하더라도 교과서의 내용 전개에 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다. Fig. 7에 제시한 대표적인 사례 외에도 Ha7_1 영상도 시간 정보 면에서 정확한 자료를 제시하지 않고 있었다. Table 3의 C13 항목을 분석한 결과, 시간 정보를 한국 표준시로 제시하지 않은 경우는 2개의 영상에서 발견되었고 전체의 5.6%에 해당하였다.

기타

(1) 기초 정보

제 7차 교육과정의 지구과학 분야의 세부 내용에 '최근의 해양 원격 탐사 자료를 통하여 해양 환경의 변화를 이해한다'라는 문구가 명시되어 있으며 우리나라 주변 해수의 수온, 염분 등의 실제 자료를 활용하여 우리나라 해양 환경이 어떻게 변하고 있는지를 알아보도록 제안하고 있다(교육부, 2000). 그런데 인공위성 해수면온도 영상과 관련된 내용 중에서 앞서

Fig. 7. Examples of SST images of (a) Ha8_1, (b) Ha12_1, and (c) Ha4_1 for the analyses of time information.

언급한 내용 외에 잘못된 정보를 제공하여 몇 가지 문제점이 드러났다. Fig. 8a는 TOPEX/Poseidon (Topography Experiment/Poseidon) 위성으로 관측한 해수면온도 영상이라고 Hb6_2 교과서에 기술되어 있지만, TOPEX/Poseidon 위성은 고도계(altimeter)를 탑재한 대표적 위성으로서 해수면온도를 관측할 수

없다. 따라서 Fig. 8a는 다른 적외선 자료를 활용하여 산출한 해수면온도 영상으로 유추된다.

Fig. 8b의 Hb3_1 영상은 TRMM(Tropical Rainfall Measuring Mission) 위성으로 관측한 해수면온도의 영상으로서 이 위성은 적도 상공을 돌면서 관측하여 35°S-35°N 위도 범위의 저위도 해역의 영상만을 제공한다. 교과서 내용의 목적이 적도 부근의 해양현상에 국한되지 않고 우리나라 부근을 포함한 중위도 해역을 포함한다면 태평양의 해수면온도 분포도로서 적절하지 않다고 판단되며 TRMM 위성의 관측범위가 제한적이므로 좀 더 넓은 해역을 관측하는 다른 인공 위성 영상으로 대체하는 것이 적절하다고 판단된다. 또한 TRMM은 극초단파(microwave)를 활용하여 해수면온도를 산출하는 데 50 km 정도의 공간 해상도를 가진다. 이는 1 km 정도의 해상도를 가진 NOAA와 같은 극궤도위성에 비하여 상당히 낮다. 해상도가 높은 영상을 이용하면 더 세부적인 해양 구조를 파악할 수 있으므로 해상도가 더 높은 위성의 영상을 사용하는 것이 바람직하다고 판단된다. 또한 Hb3_1 영상과 관련된 설명에서 해당 교과서는 해수면온도를 표현한 것이라고 서술하고 있지만 오류인 것으로 판단된다. 영상을 상세히 보면 동태평양에서 엘니뇨가 발생하는 곳의 수온은 높은 것으로 나타나 있으나 태평양 중앙부의 수온이 중위도 해역의 수온에 비하여 더 낮은 것으로 나타나 있다. 이러한 분포로부터 유추해보면 Hb3_1의 영상은 해수면온도가 아니라 해수면온도에서 수십 년 동안 관측한 해수면온도의 기후학적 평균(SST climatology)을 제거한 해수면온도

Fig. 8. Examples of satellite images of (a) Hb6_2, (b) Hb3_1, and (c) Hc4_3 related to wrong satellite names and auxiliary information.

의 이상치(SSTA: Sea Surface Temperature Anomaly)로 판단된다. 따라서 학생들은 온도 색상표에도 정확한 정량적인 정보도 없고 일반적인 수온의 남북 차이와 동떨어진 영상 자료로부터 실제와 달라서 여러 가지 오개념을 유발할 수 있을 것으로 우려된다. 또한, Fig. 8b는 인공위성의 이름을 TRMN으로 잘못 표기하여 학생들에게 위성에 대한 잘못된 지식을 전달하고 있으며, 학생들은 교과서에 제시된 정보가 옳다고 생각하므로 이를 그대로 수용할 가능성이 크다. 따라서 위성 이름을 비롯한 정보들은 정확하게 제시되어야 한다.

Fig. 8c의 Hc4_3 영상은 앞에서 언급한 다양한 문제점을 가지고 있었다. 태평양의 중앙부에 보라색이 넓게 분포하고 있음에도 불구하고 색상표에는 보라색이 존재하지 않아 정확한 정량적인 값을 유추할 수 없다. 이 영상에 나타나는 가장 큰 문제점은 이 영상이 내용에서 기술된 것처럼 해수면온도를 나타내는 영상이 아니라는 점이다. 이 영상은 앞에서 말했던 기후학적 평균값을 제거한 해수면온도의 이상치라고 생각해볼 수 있지만 지구상의 어느 해역에서도 18°C와 같이 높은 해수면온도의 이상치가 존재할 수 없다. 가장 극심한 엘니뇨와 라니냐도 평년 평균에 비해 수 °C 정도 밖에 차이가 나지 않는다. 예를 들면 1997-1998년에 발생한 극심한 엘니뇨 시기에 나타난 동태평양 수온의 변화는 4.5°C 정도이다(Vialard et al., 2001). 색상표에서 제시한 10-18이라는 수치 범위로 추정해보면 이 숫자는 cm 단위를 가지는 것으로 판단되며, 제시된 영상은 NOAA 위성으로 관측한 해수면온도 영상이 아니라 TOPEX/Poseidon과 같은 인공위성 고도계가 관측한 해수면높이 이상치(SSHA; Sea Surface Height Anomaly)를 나타낸 것으로 판단된다. Hc4_4와 Hc5_1 영상도 해수면높이의 이상치로 추정되는 영상을 해수면온도로 잘못 제시하였다.

이처럼 해수면온도 영상에 대한 위성 정보를 잘못 제시하는 등 Table 3의 C14 항목에 대하여 잘못된 정보를 제시한 경우가 2개 발견되었다. 이는 전체 교과서 영상의 5.66%만 차지하여 비율이 상대적으로 매우 낮았지만 명백한 오류로 인하여 학생들이 혼동할 수 있는 가능성이 가장 높은 사례로 판단된다. 또한 C15 항목에 대하여 해수면온도 대신 다른 인공위성 영상을 사용한 사례는 Hb3_1, Hc4_3, Hc4_4, Hc5_1로 4개가 발견되었으며 전체의 약 11.1%를 차지하였다(Table 3).

이외에도 영상과 관련된 정보를 제공하지 않는 문제점도 존재한다. Hc5_1 영상은 ‘위성 사진’이라고만 언급되어 있으며 제시된 영상이 구체적으로 어떤 해양학적 변수에 대한 것인지에 대한 설명이 없으며 출처 또한 표기되어 있지 않아 정확히 어떠한 해양학적 현상을 나타내는지 알 수 없었다. 학생들은 붉은색은 ‘고온’, 푸른색은 ‘저온’으로 생각하는 경향이 있으므로 정보가 제시되지 않은 영상들을 해수면온도 분포라고 판단하기 쉽다. 특히 이 영상은 본문에 ‘난수역’이라는 용어를 사용하여 학생들이 이 영상이 해수면온도를 나타내는 영상으로 오인하기 쉽다. 하지만 앞에서 언급하였듯이 이 영상은 저위도 지방이 고온으로 나타나고 고위도지방이 저온으로 나타나는 전형적인 해수면온도 분포를 표현한 것이 아니며, Hb6 교과서의 147쪽에 이 영상과 동일한 영상을 제시하고 TOPEX/POSEIDON 위성으로 관측한 해수면높이 영상이라 설명되어 있는 것으로 보아 여러 가지 문제점을 포함한 영상들이 검증 절차 없이 제시되고 있었다.

(2) 보조 설명

삽화에 대한 보조 설명은 필요한 정보를 추가적으로 제시하여 삽화가 지닌 의미를 좀 더 쉽게 파악할 수 있도록 짧은 문장으로 표현한 것이다. 해수면온도 영상에는 주로 날짜, 지역, 영상의 의미가 보조 설명으로서 표기되며 학생들은 보조 설명과 영상을 연관 지어 이해하기 때문에 해수면온도 영상을 이해함에 있어서 중요한 도구로 활용된다. 하지만 보조 설명란에 주어진 정보가 불충분하거나 오류를 포함한다면 오히려 학생들이 삽화를 이해하는 데 혼란을 줄 수 있다. 예를 들어 Hb4_2 영상에는 ‘멕시코 만류’라는 보조 설명이 달려있는데 이는 삽화가 보여주는 색의 의미가 제대로 전달되지 않기 때문에 학생들은 삽화의 의미를 완벽하게 이해하기 어렵다. 또한 일부 교과서는 보조 설명이 없는 경우도 있었다. Table 3의 C16 항목과 같이 보조 설명을 표기하지 않거나 보조 설명에 주어진 정보가 불충분한 영상은 총 13개(36.1%)가 발견되었다. 이 경우 학생들은 삽화에 대한 중요한 정보를 획득하지 못하여 삽화의 의미를 제대로 파악할 수 없을 것이다. 따라서 삽화와 보조 설명이 학습자에게 충분한 정보를 제공할 수 있도록 좀 더 상세히 기술할 수 있도록 구성하여야 한다.

(3) 출처

교과서에 삽입된 삽화는 대부분 인공위성과 관련된 특정한 기관에서 제작된 것으로 가능한 한 출처를 표기하는 것이 좋다. 해수면온도 영상의 경우 배포하는 기관에 따라서 다르지만 교과서에 실린 영상 이외에 실시간 혹은 준실시간의 영상자료를 해당 웹사이트(website)에서 제공하는 경우가 많기 때문에 출처를 표기한다면 관심이 있는 학생들과 교사들이 관련된 정보를 좀 더 용이하게 획득할 수 있을 것이다. 하지만 Hb1_2 영상과 같이 영상을 배포한 기관의 웹사이트 주소를 제시하지 않고 ‘인터넷 참조’로만 표기하거나, Hc6_3 영상처럼 배포 기관이 아닌 위성의 이름을 출처로 잘못 제시한 경우도 발견되었다. 전체 교과서를 분석한 결과, 출처 표기를 표기하지 않았거나, 잘못 표기한 영상은 총 20개(55.6%)에 달하였다. 이와 같이 잘못된 정보를 제시하거나 정보를 누락시키는 것은 학생들의 자유로운 탐구 활동을 저해하는 하나의 요인으로 작용할 수 있기 때문에 정확한 출처를 제시하는 것이 바람직하다고 판단된다.

예비교사들의 적용

앞에서 분석한 문제점에 대한 반응을 조사하기 위하여 예비교사 25명을 대상으로 설문을 실시하였다. 교과서에 제시된 해수면온도 영상들 중 문제점이 심각하게 대두되는 5개의 영상을 선정하여 이를 바탕으로 설문지를 만들고, 예비교사들이 설문 내용에 답하도록 하였다.

대표적인 주제는 구름 처리, 육지 제거 및 위치 정보, 색상표, 시간 표시 등으로 선정하였으며, 문제점이 있는 영상을 제시하고 질문에 응답하는 형식으로 구성하였다.

(1) 구름 처리

Fig. 4b의 동해 북부와 Fig. 3b의 제주도 서쪽 해역의 해수면온도 영상은 저온의 해수면온도를 가지는 것처럼 표현되어 있는데 이는 영상 처리과정에서 구름을 제대로 제거하지 못하여 발생한 것이다. 예비교사들에게 우선 Fig. 4b를 제시한 후 동해에서 해수면온도가 약 5°C로 주위보다 매우 낮게 표현된 원인에 대해 물었다. 해빙이 주요한 원인이라고 생각하는 응답자가 전체 25명 중 11명(44%)으로 가장 많았으며, 용승의 영향일 것이라고 답한 응답자는 5명(20%), 식물성 플랑크톤의 영향이라고 답한 응답자는 3명

(12%)으로 다양한 해양 현상과 연관지어 응답하였다(Fig. 9a). 강수와 한류의 영향이라고 답한 응답자도 각 1명(각 4%)씩 있었다. 설문지의 각 문항에 대해 자유롭게 서술한 학생의 응답을 주제별로 분류하여 Table 4에 제시하였다. Fig. 4b와 관련된 문항에 대해서는 ‘원인이 다름’이라고 기술한 학생이 한명 있었으며, 기타를 선택하였으나 자유로운 의견을 제시하지 않고 공란으로 남겨둔 학생도 한명 있는 등 원인에 대해 정확한 응답을 하지 않은 학생이 2명(8%) 있었다.

구름 처리 과정의 문제점을 바르게 지적한 응답자는 단 2명(8%)뿐이었다(Fig. 9a). 대부분의 응답자는 영상 처리과정에서 발생한 오류라고 생각하지 못하였고 해역이 동해 북부에 해당하므로 해빙에 의해 해수면온도가 낮다고 단순하게 판단한 것으로 유추된다. 동해에서 해빙은 타타르해협에서 형성되며 해빙이 녹은 해수는 주로 러시아 연안을 따라 남하하기 때문에 제시된 해역은 해빙으로 인한 해수면온도의 변화와는 무관하다.

Fig. 3b를 제시하고 제주도 서쪽에 해당하는 영역에 대해서 해수면온도가 주변에 비해 매우 낮게 표현되는 원인에 대하여 질문하였다. 분석 결과에 의하면 Fig. 9b에 지시한 바와 같이 양쯔강 유출수의 영향일 것이라고 답한 응답자가 21명(84%)으로 가장 많았으며, 식물성 플랑크톤과 강수의 영향이라고 답한 응답자는 각 1명(4%)이었다. ‘모르겠음’이라고 답한 응답자도 1명(4%) 있었고, 구름의 영향일 것이라고 답한 응답자가 1명(4%) 뿐이었다(Fig. 9b). 대부분의 예비교사들은 이러한 영상을 보고 영상 처리의 문제점도 발생할 수 있다는 사실을 유추하지 못하였고 저온 영역을 구름이 아닌 해양학적 현상과 관련지어 유추하였다. 이러한 결과는 예비교사들이 교과서에 실린 영상에 대해 높은 신뢰도를 가지고 있다는 것을 의미한다. 일정한 수준의 교육을 받은 예비교사들의 반응이 심각함을 미루어 볼 때 고등학교 학생들은 더 자유로운 반응을 보일 것으로 사료된다.

(2) 육지 제거 및 위치 정보

Fig. 4b는 육지와 해양의 구분이 불명확하고 어느 지역에 대한 영상인지 파악하기가 용이하지 않다. 예비교사들에게 Fig. 4b를 제시하고 어느 지역을 관측한 것이라고 생각하느냐는 질문을 주었고, 이에 23명(92%)의 응답자가 한국이라고 답하였다. 그러나 관측

Table 4. Descriptive responses for the questions of erroneous SST images in the high school science textbooks

Topics	Questions	Responses
Cloud masking	그림 1(Fig. 4b)과 그림 2(Fig. 3b)는 해수면 온도 영상입니다. 붉은 색으로 표시된 원 안의 영역에서 온도가 낮게 나타난 이유가 무엇이라고 생각하십니까?	<ul style="list-style-type: none"> • 원인이 다름 • (기타를 선택하였으나 자유로운 의견을 제시하지 않고 공란으로 비워둠)
	그림 2에서 푸른 색으로 표시된 원 안의 영역에서 온도가 낮게 나타난 이유가 무엇이라고 생각하십니까?	<ul style="list-style-type: none"> • 모르겠음
	그림 3(Fig. 5d)의 인공위성 영상과 색상표가 일치한다고 생각하십니까?	<ul style="list-style-type: none"> • 색상표에 없는 색이 나타나 있다 • 색이 다르다. 자두색이 중간 부분인데 없다 • 온도 구배가 연속하지 않음(분홍색) • 남해보다 동해의 온도가 높다 • 수온이 너무 높다 • 온도의 범위가 너무 넓다 • 색이 폭이 넓다 • 파랑-노랑(그림), 색상표는 파-보-주-노 • 다른 색 사용
	‘일치하지 않는다’를 선택하였을 경우 그 이유는 무엇입니까?	<ul style="list-style-type: none"> • 영상에 없는 색이 색상표에 있고, 색상표에 없는 색이 영상에 있다 • 영상에서 붉은색보다 높은 온도는 흰색으로 나타나는 것으로 보이는데 색상표에서는 갈색(고동색) 사용/영상에서 나타나는 자주색이 색상표에는 없음 • 남해쪽 온도가 색상표 값보다 더 높을 것 같아서 • 녹색이 색상표에 없어서
Color bar		<ul style="list-style-type: none"> • 온도스케일이 너무 크다 • 극에서 가장 차야할 것 같아서 • 색상표에 없는 색이 그림에 있다 • 해당하는 색이 없다(분홍색) • 색이 다르다. 수온 표기가 아니다 • 극지방이 적도보다 훨씬 높게 나타나있다 • 분홍색이 색상표에는 없다 • 분홍색이 색상표에 나타나 있지 않음 • 적도부분의 온도가 실제와 다르다 • 파란색보다 낮은 곳을 표시하는 곳의 색이 없다(핑크색)
	그림 3(Fig. 8c)의 인공위성 영상과 색상표가 일치한다고 생각하십니까?	<ul style="list-style-type: none"> • 온도의 범위가 너무 넓다 • 색상 자체가 맞지 않는다 • 색이 맞지 않음 • 색깔 요소가 일치하지 않는다 • 자주색이 없음 • 다른 색 사용 • 영상에 없는 색이 색상표에 있고, 색상표에 없는 색이 영상에 있다 • 영상에서는 푸른색-노란색-붉은색 순서로 온도가 높아지는 것으로 보임 • 일치하면 안 물어봤을 것 같다 • 분홍색이 없다 • 색깔이 맞지 않아서? • 분홍색이 색상표에 없어서 • 색깔이 다르다(자주색) • 색이 틀리다

지역이 유럽일 것이라고 생각하는 응답자도 1명(4%), 일본이라고 답한 응답자도 1명(4%)으로 나와서 해당 해역을 쉽게 찾아볼 수 없는 문제점이 있었다. 대부분의 예비교사들은 올바르게 판단하였지만, 동일한

질문을 고등학교 학생들에게 준다면 통계 결과는 더 나쁠 것으로 예상된다. 실제로 예비교사들에게 제시한 영상을 바탕으로 고등학생들이 해당 지역을 파악하는데 어려움이 있을 것이냐는 질문에 68%에 달하

Fig. 9. Diagrams of response ratios (%) by 25 pre-service teachers from inquiry surveys on the low SST values in (a) Ha7_1 and (b) Hb3_2 images.

는 17명의 예비교사들이 어려울 것이라고 응답하였다. 따라서 해안선 및 육지와 해양의 구분이 명확하도록 영상을 처리하여야 할 것으로 판단된다.

(3) 색상표

Fig. 5d의 색상표는 최소값과 최대값만을 표기하고 그 사이 값들을 표기하지 않아서 절대값을 읽기가 쉽지 않다. 예비교사들에게 색상표에서 실제로 26.5°C에 해당하는 부분을 선으로 표시하고, 학생들에게 표시된 부분의 온도가 얼마일 것이냐는 질문을 하였다. 질문에 대해 학생들은 10-30°C 온도 범위 내에서 다양하게 응답하였으며 26.5°C라고 응답한 학생은 한 명도 없었다(Fig. 10). 특히 Fig. 5d는 여름철 동해안에 나타나는 용승을 관측한 영상이기 때문에 해수 표면에 강한 수온전선이 동반되어서 많은 학습자들이 실제로 어느 정도 온도차가 존재하는지 궁금해 할 것으로 유추되나 제시된 색상표로는 이러한 추가 정보를 얻기가 용이하지 않을 것이다. 또한 Fig. 5d는 실제 영상과 무관한 색상표를 제시하여서 더욱 혼동을 일으킬 가능성이 높다. 붉은색이 가장 높은 수온을 가지며 용승이 일어나는 푸른색 영역과 대마난류가 만나는 경계면인 노란색 영역은 붉은색 영역보다 온도가 낮아야 한다. 하지만 주어진 색상표에서는 노란색을 가장 높은 온도로 표현하고 있어 잘못된 색상표를 제시한 것으로 판단된다. 응답자 중 12명(48%)이 색상표와 영상이 일치한다고 잘못 판단하였다. 색상표와 영상이 일치하지 않는다고 답한 13명(52%)의 응답자들이 구체적 원인에 대하여 기술한

Fig. 10. Response percentage (%) by 25 pre-service teachers for inquiry surveys on the reading a SST value from the color bars presented in the image Hb2_1.

내용을 Table 4에 제시하였다. 대표적인 몇 가지 예를 들면 ‘색상표에 없는 색이 나타나 있다’, ‘색이 다르다. 자주색이 중간 부분인데 없다’, ‘온도의 범위가 너무 넓다’, ‘다른 색 사용’, ‘녹색이 색상표에 없어서’라고 단순하게 생각한 경우도 있었으며, ‘수온이 너무 높다’, ‘온도의 범위가 너무 넓다’, ‘색이 폭이 넓다’ 등의 구체적 사실과는 먼 이유를 들기도 하였다. 실제 연안 용승과 일반적인 해양 현상을 고려하여 붉은색 영역이 노란색 영역보다 온도가 높다고 답한 응답자는 한명도 없었다.

이 색상표를 충실하게 본 학생들은 용승이 일어나는 영역과 대마난류가 만나는 경계면에서 더 높은

수온이 관측될 것이라고 오개념을 가질 가능성이 있다. 따라서 영상과 일치되는 정확한 색상표를 제시하여야 하고, 색상표 사이에 적절한 간격마다 해당되는 수온을 표시하여 학생들이 영상에서 정확한 해수면온도를 쉽게 파악할 수 있도록 배려하여야 할 것이다.

Fig. 8c는 실제로 해수면높이 이상치를 표현한 영상인데, 잘못된 색상표를 제시하고 색상표의 단위를 ‘C’로 표기함으로써 해수면온도 영상이라고 잘못 제시하고 있었다. 이 영상을 보고 96%(24명)에 달하는 예비교사들이 영상과 수온이 일치하지 않는다고 응답하였다. 그 이유로는 ‘색상표에 없는 색이 그림에 있다’, ‘해당하는 색이 없다(분홍색)’, ‘색이 다르다’, ‘분홍색이 색상표에는 없다’, ‘색이 맞지 않음’ 등 영상과 색상표의 색이 맞지 않기 때문이라는 응답이 가장 많았으며, ‘극지방이 적도보다 수온이 높게 나타나 있다.’, ‘색이 다르다. 수온 표기가 아니다’라고 한 응답자도 각각 1명이 있었다(Table 4).

이처럼 대부분의 예비교사들이 색상표에 문제가 있다고 생각했음에도 불구하고 이 영상이 무엇을 관측한 것이냐는 질문에 23명(92%)이 해수면온도라고 응답하였으며, 풍속이나 해수면높이일 것이라고 답한 응답자도 각 1명(각 4%)으로 대부분의 예비교사들은 이 영상을 해수면온도라고 인식하였다. 특히 앞에서 극지방이 적도보다 높은 수온을 보이기 때문에 문제가 있다고 설명한 응답자들도 색상표의 ‘C’라는 단위를 보고 해수면온도라고 생각하고 있었다. 이처럼 잘못된 단위를 제시하면 학생들이 영상을 이해함에 있어 혼란을 겪게 되므로 단위를 제시함에 있어 주의 기울여야 한다.

(4) 시간 표시

Fig. 7c는 시간 정보를 제공하고 있으나 한국 표준시가 아닌 세계시를 사용하여 학생들에게 혼란을 줄 수 있는 영상이다. 영상에서는 시각을 ‘04:54’로 표시하였는데 학생들은 이를 오후 1시 54분이 아닌 오전 4시 54분으로 착각할 수 있다. 설문결과 Fig. 7c가 오전 4시 54분에 관측되었다고 답한 응답자가 17명(68%)로 가장 많았으며, 오후 1시 54분이라고 생각하는 응답자는 6명(24%)이었다. 오후 4시 54분이라고 답한 응답자도 1명(4%) 있었으며, 알 수 없다고 한 응답자도 1명(4%) 있었다. 해수면온도의 일간변화(diurnal variation)가 중요한 경우에는 인공위성 영상 관측 시각이 매우 중요하며, 시각이 정확히 주어져야 관련된 내

용을 보다 잘 이해할 수 있을 것이고 이를 바탕으로 자유로운 탐구활동이 가능할 것으로 판단된다.

요약 및 제언

해수면온도는 급격하게 변하고 있는 기후 변화와 지구환경 변화를 이해하는 중요한 해양 변수 중의 하나이다. 지구온난화로 인한 해양 환경의 변화가 가속화되고 있는 시점에서 지구상의 가장 큰 열의 저장고인 해양의 변화를 학생들에게 효과적으로 알릴 수 있는 방법은 인공위성 영상자료를 활용하는 것이다. 최근의 과학 교과서는 학생들이 내용을 쉽게 이해할 수 있도록 글보다 사진, 삽화를 제시하는 경향이 증가하고 있다. 삽화는 학생들에게 직관적인 정보를 제공하는 반면 올바르게 묘사된 영상을 제공할 경우 오히려 오개념을 심어줄 수 있다. 따라서 오류가 없는 정확한 인공위성 영상이 제시되어야 하고, 관련된 교과 내용의 설명 부분도 충실하고 정확할 필요가 있다.

고등학교 지구과학 교과서 및 과학 교과서의 해수면온도와 관련된 인공위성 영상을 수집하여 분석한 결과, 인공위성 영상들 중 많은 수의 영상에서 구름 처리의 오류로 인하여 발생한 저온의 해수면온도 영상이 추가적인 처리과정 없이 그대로 제시되어 있었다. 특히 야간 자료에서 육지와 해상의 구분이 모호하게 제시되어 있고 바다에 대한 색상 대비가 현저히 떨어졌으며 정확한 위치를 찾기 어렵게 구성되어 있었다. 또한 제시된 인공위성 영상과 전혀 무관한 색상표가 제시된 경우도 발견되었고, 영상과 일치하는 색상표가 제시되었더라도 과학 교과서로서의 위상에 어울리지 않게 정성적으로 높고 낮음만을 제시한 문제점도 있었다. 위치 정보와 시간 정보도 정확하지 않은 경우가 많이 발견되었으며, 학생들이 추가로 영상자료 검색을 시도하더라도 대다수의 교과서가 필요한 출처를 표시하지 않아 학생들의 다양한 탐구활동을 제한하고 있었다. 예비교사를 대상으로 설문을 실시한 결과, 문제가 있는 해수면온도 영상을 보고 영상 처리 과정에서 발생한 오류임을 인식하지 못하였으며 대부분이 용승, 해빙, 한류, 강수 등 실제 해양 현상과 관련지어 이해하려는 경향이 있었다. 예비교사들의 응답 경향으로 미루어보면 고등학생들은 더욱 더 혼동을 일으킬 가능성이 클 것으로 예상된다.

교과서에 실리는 삽화 및 영상자료는 교과 내용을

가장 잘 설명해 줄 수 있어야 한다. 본 연구에서 분석한 교과서에 제시된 대부분의 영상들 중 국외 자료는 미국의 NOAA, JPL, 그리고 유럽의 ESA (European Space Agency) 등의 웹사이트에서 제공받아서 우리나라 주변해의 해수면온도 영상을 제시하는 단원에 적합하지 않을 수 있다. 국내에서 인공위성 영상을 수신하고 배포하는 기관도 일반적인 자료 이용자에 초점이 있기 때문에 교과서 내용과 정확히 일치하지 않은 면이 많다. 또한 해당 기관에서는 영상자료를 배포할 때 교과서에 실릴 삽화의 중요성에 대해 교육적으로 고민하지 않기 때문에 문제는 더욱 심각하다. 교과서 집필자도 인공위성 영상 자료에 대한 깊은 지식이 없기 때문에 제공받은 영상의 적절성을 검사하는 절차 없이 그대로 교과서에 활용하고 있다. 따라서 집필자 및 편집진은 교과서에 실릴 영상에 대하여 주의 사항이나 규격화된 양식을 마련하고, 배포기관에 충분히 설명하여 교과 내용에 가장 적합한 영상 자료를 제작하여야 한다. 그리고 전문가 집단에게 자문을 구하여 기관으로부터 제공받은 영상들이 교과서 삽화로서 타당한지를 검증하는 장치도 마련되어야 한다.

눈부신 과학기술의 발달과 더불어 인공위성 센서도 더욱 급격히 다양하게 발달하고 있어서 교육 자료로 활용할 수 있는 인공위성 영상들이 증가하는 추세에 있다. 해양조사선으로 취득된 자료는 매우 귀중한 자료이지만 공간적, 시간적 제약점 때문에 시각적 교육 자료를 생산하기에는 부족한 면이 없지 않다. 따라서 인공위성 영상 자료는 지구환경변화를 이해하고 예측하기 위한 과학적 목적으로도 앞으로 널리 활용될 것이고 중등학교의 현장 교육을 위하여 교과서를 통한 교수-학습 활동 뿐만 아니라 교내 및 교외의 다양한 지구과학관련 동아리 활동 및 탐구활동을 위한 기초 자료로서 매우 중요한 역할을 담당할 것으로 기대된다.

교사 및 학생들은 교과서에 대한 신뢰도가 매우 높기 때문에 교과서에 실린 삽화 및 영상에 대해서도 깊은 신뢰를 가지는 경향이 있다. 잘못된 삽화는 학생들이 해당 교육 내용을 잘못 이해하도록 유도하고 오개념을 형성할 수 있다. 또한 잘못된 오개념은 단계적으로 연속된 교과 내용의 이해를 방해하고 창의적이고 자유로운 탐구활동을 저해할 우려가 있다. 교육과정 해설서에서는 삽화 정확도에 대한 규정이 없기 때문에 교과서 집필진과 편집진이 책임지고 오

류없는 삽화를 만들기 위하여 노력하여야 한다.

오류가 없는 삽화도 중요하지만 삽화 및 영상의 질적 향상도 중요하다. 앞서 언급한 바와 같이 인공위성의 경우 세계 각국이 경쟁적으로 새로운 센서들을 개발하고 있기 때문에 교육적으로 활용할 수 있는 위성의 숫자가 빠른 속도로 증가하고 있다. 또한 영상 자체의 공간해상도도 초고해상도를 향하여 개발되고 있기 때문에 교과서를 집필할 때마다 가용할 수 있는 인공위성도 늘어나는 추세에 있어서 영상 선택의 폭이 점점 더 넓어지고 있다. 동일한 주제라도 교과서의 내용에 가장 적합하면서 동시에 학생들의 흥미를 유발할 수 있고 교육적 효과를 고양할 수 있는 가능한 최신의 인공위성 영상을 선택하거나 제작하여야 한다.

따라서 본 연구에서 제시한 인공위성 해수면온도 영상 자료에서 발견되는 문제점들을 수정하는 방안이 시급히 마련되어야 한다. 철저한 오류 검증을 거친 고해상도 인공위성 영상은 학생들로 하여금 과학에 대한 진정한 흥미를 느끼도록 하며, 영상을 분석하고 지구과학적 현상을 심도있게 탐구하는 능력을 향상시키는 데 도움을 줄 것이다. 또한 정확한 교과서 영상의 사용은 학생들의 호기심을 유발하여 학생들이 다양한 문제를 과학적이고 합리적으로 해결하는 데 필요한 과학적 역량과 태도를 길러줄 것이고, 창의적인 문제 해결 능력도 신장시킬 것이며, 더 나아가 과학과 기술 및 사회의 상호 관계를 인식하는 데도 도움이 될 것으로 사료된다.

사 사

이 연구는 해양 자료의 교육적 활용을 위하여 기상청 기상지진기술개발사업(CATER2008-4216)에 의해 일부 지원되었습니다. 논문을 세밀히 심사해주시고 귀중한 의견을 주신 두 심사위원님께 감사드립니다. 귀중한 의견을 주신 양우현 교수님과 문일주 교수님께도 감사드립니다.

참고문헌

- 강만식, 정창희, 이원식, 한인섭, 권숙일, 이민호, 박수인, 윤용, 이강석, 이태욱, 정규호, 양영주, 2001, 고등학교 과학. 교과사, 서울, 387 p.
경제부, 윤일회, 이경훈, 김기룡, 황원기, 이기영, 2002, 지구과학 I. 중앙교육진흥연구소, 서울, 267 p.

- 경제복, 윤일희, 이경훈, 김기룡, 황원기, 이기영, 2002, 지구과학 II. 중앙교육진흥연구소, 서울, 347 p.
- 교육부, 2000, 고등학교 교육 과정 해설(과학). 교육부, bbs7_1-62-2000-12-18-1, 244 p.
- 김문수, 정영란, 1997, 확산과 삼투 개념에 관한 학생들의 이해도 및 오개념의 원인으로서의 교과서 분석. 한국과학교육학회지, 17, 191-200.
- 김찬중, 서만석, 김희백, 심재호, 현종오, 한인옥, 권성기, 박성식, 2001, 고등학교 과학. 도서출판 디딤돌, 서울, 359 p.
- 김희수, 정남식, 신동원, 박정웅, 이정식, 한홍열, 박용선, 2002, 지구과학 I. 천재교육, 서울, 247 p.
- 김희수, 정남식, 신동원, 박정웅, 이정식, 한홍열, 박용선, 2002, 지구과학 II. 천재교육, 서울, 367 p.
- 박경애, 최지영, 2009, 중등 과학교과서에서 사용된 엮본 단위 분석 및 단위 개정을 위한 제안. 한국지구과학회지, 30, 513-526.
- 성민웅, 김봉곤, 조성동, 강대훈, 강충호, 구자옥, 노일환, 이용철, 임태훈, 최범선, 한은택, 2001, 고등학교 과학. 문원각, 서울, 415 p.
- 송호봉, 정용순, 유병선, 이운상, 김여상, 정태연, 이하원, 윤덕열, 2001, 고등학교 과학. 홍진 P&M, 서울, 396 p.
- 우규환, 이춘우, 오두환, 김영유, 경제복, 이경훈, 박태윤, 이영직, 백수관, 김병인, 김봉래, 이기영, 2001, 고등학교 과학. 중앙교육진흥연구소, 서울, 399 p.
- 우종욱, 정진우, 위수민, 임청환, 홍성일, 이석형, 2002, 지구과학 I. 교학사, 서울, 221 p.
- 우종욱, 정진우, 위수민, 임청환, 홍성일, 이석형, 2002, 지구과학 II. 교학사, 서울, 303 p.
- 이규석, 이창진, 김정률, 이용준, 강진철, 김재현, 2002, 지구과학 I. 미래엔 컬처그룹, 서울, 247 p.
- 이규석, 이창진, 김정률, 이용준, 강진철, 김재현, 2002, 지구과학 II. 미래엔 컬처그룹, 서울, 351 p.
- 이규석, 조희영, 박봉상, 박문수, 심국석, 심중섭, 최진복, 장정찬, 이창진, 이용준, 2001, 고등학교 과학. 대한교과서, 서울, 391 p.
- 이기영, 2007, 6차와 7차 교육과정에 따른 고등학교 지구과학 교과서에 사용된 사진과 삽화의 기능 및 구조 비교 분석. 한국지구과학회지, 28, 811-824.
- 이면우, 장병기, 고재덕, 윤상학, 이진승, 여상인, 김홍석, 임채성, 배진호, 백승용, 이성진, 최변각, 2001, 고등학교 과학. 지학사, 서울, 359 p.
- 이문원, 전성용, 권석민, 진만식, 신석주, 임부철, 2002, 지구과학 I. 금성출판사, 서울, 283 p.
- 이문원, 전성용, 권석민, 진만식, 신석주, 임부철, 2002, 지구과학 II. 금성출판사, 서울, 391 p.
- 이문원, 전성용, 최병수, 권석민, 노태희, 허성일, 김출배, 강석진, 박희송, 김경호, 김규상, 채광표, 김진만, 정대영, 2001, 고등학교 과학. 금성출판사, 서울, 415 p.
- 이연우, 강석본, 김인석, 김성진, 이진우, 안종제, 배미정, 전화영, 2001, 고등학교 과학. 이젠미디어, 서울, 383 p.
- 정완호, 권제술, 김대수, 김범기, 신영준, 우종욱, 이길재, 정진우, 최병순, 황원기, 2001, 고등학교 과학. 교학사, 서울, 350 p.
- 차동우, 김희수, 이명석, 이현주, 최종한, 이복영, 옥준석, 윤세진, 이원경, 정남식, 신동원, 2001, 고등학교 과학. 천재교육, 서울, 355 p.
- 채동현, 2010, 지구과학 I 교과서의 단일변화 정의, 삽화, 실험에 대한 예비 교사들의 반응. 한국지구과학회지, 31, 762-771.
- 최승일, 조희형, 1987, 고등학교 생물1의 세포분열, 생식, 수정개념에 대한 오인 분석. 한국과학교육학회지, 7, 19-31.
- 허창희, 박병훈, 정성표, 김병국, 2002, 지구과학 I. 지학사, 서울, 255 p.
- 허창희, 박병훈, 정성표, 김병국, 2002, 지구과학 II. 지학사, 서울, 335 p.
- 현종오, 이진승, 이용신, 이경호, 조광희, 한인옥, 정대훈, 최원호, 이태원, 김희백, 이상인, 김찬중, 박정웅, 서만석, 이태형, 이인선, 2007, 고등학교 과학. 한국과학문화재단, 서울, 580 p.
- Abraham, M.R., Grzybowski, E.B., Renner, J.W., and Marek, E.A., 1992, Understanding and misunderstanding of eight graders of five chemistry concepts found in textbook. Journal of Research in Science Teaching, 29, 105-120.
- Ball, D.L. and Feiman-Nemser, S., 1988, Using textbooks and curriculum guides: A dilemma for beginning teachers and teacher educators. Curriculum Inquiry, 18, 401-422.
- Chian-Soong, B. and Yager, R.E., 1993, The inclusion of STS material in the most frequently used secondary science textbooks in the U.S. Journal of Research in Science Teaching, 30, 339-349.
- Comiso, J.C., Parkinson, C.L., Gersten, R., and Stock, L., 2008, Accelerated decline in the Arctic sea ice cover. Geophysical Research Letters, 35, L01703, doi:10.1029/2007GL031972.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007, Climate Change 2007: Synthesis Report. IPCC, 52 p.
- Kim, K. and Legeckis, R., 1986, Branching of the Tsushima Current in 1981-1983. Progress in Oceanography, 17, 265-276.
- McClain, E.P., Pichel, W.G., and Walton, C.C., 1985, Comparative performance of avhrr-based multichannel sea surface temperatures. Journal of Geophysical Research Oceans, 90, 11587-11601.
- McMillin, L.M., 1975, Estimation of sea surface temperatures from two infrared window measurements with different absorption. Journal of Geophysical Research Oceans, 80, 5113-5117.
- Park, K.A. and Kim, K.R., 2010, Unprecedented coastal upwelling in the East/Japan Sea and linkage to long-term large-scale variations. Geophysical Research Letters, 37, L09603, doi:10.1029/2009GL042231.
- Park, K.A., Chung, J.Y., Kim, K., and Cornillon, P.C.,

- 2005, Wind bathymetric forcing of the annual sea surface temperature signal in the East (Japan) Sea. *Geophysical Research Letters*, 32, L05610, doi:10.1029/2004GL022197.
- Park, K.A., Ullman, D.S., Kim, K., Chung, J.Y., and Kim, K.R., 2007, Spatial and temporal variability of satellite-observed subpolar front in the East/Japan Sea. *Elsevier*, 54, 453-470.
- Pozzer, L.L. and Roth, W.-M., 2003, Toward a pedagogy of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 1089-114.
- Prabhakara, C., Dalu, G., and Kunde, V.G., 1974, Estimation of sea surface temperature from remote sensing in the 11- to 13- μm window region. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 79, 5039-5044.
- Tobin, K., 1990, Research on Science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90, 403-418.
- Vialard, J., Menkes, C., Boulanger, J.-P., Delecluse, P., and Guilyardi, E., 2001, A model study of oceanic mechanisms affecting equatorial Pacific sea surface temperature during the 1997-98 El Niño. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 31, 1649-1675.
- Walton, C.C., 1988, Nonlinear multichannel algorithms for estimating sea surface temperature with AVHRR satellite data. *Journal of Applied Meteorology*, 27, 115-124.
- Yashayaev, I.M. and Zveryaev, I.I., 2001, Climate of the seasonal cycle in the North Pacific and the North Atlantic oceans. *International Journal of Climatology*, 21, 401-417.

2011년 10월 24일 접수
2011년 12월 3일 수정원고 접수
2011년 12월 17일 채택