

수색표준액과 해면의 디지털 화상 분석에 의한 수색판정

崔漸珍* · 荒川久幸¹

特許廳 機械金屬建設審査局, ¹東京海洋大學 海洋科學部 海洋環境學科

Assessment of Seawater Color by Digital Photographic Imaging

Sokjin CHOI* and Hisayuki ARAKAWA¹

Machinery & Metals and Construction Examinations Bureau, Korean Intellectual Property Office, Daejeon 302-701, Korea

¹Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Marine Science and Technology 4-5-7, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108-8477, Japan

The purpose of this study was the development of a digital water color measurement system using a CCD optical device. Photographs of the standard medium of Forel and Ule water color scales in the laboratory, and one of sea surface above a Secchi disc ($Z=SD/2$) immersed in seawater were taken. The colors of these pictures were estimated with the value of CIE $L^*a^*b^*$. Water color assessment was conducted with a digital photo-image. In the case of the Forel scale (No. 1-11), the b^* value was so high that the water color number was large. In the Ule scale (No.11-21), the a^* value became high, which is why the number on the water color scale was large. The color of these pictures showed that the a^* value in the Forel scale and the b^* value in the Ule scale increase with the increase of the F value. The a^* value of seawater color was always lower than the one on the Forel and Ule water color scales. This indicates that the color of the scales differs from actual seawater color. It was concluded that water color number can more effectively be assessed by estimating the ΔEab^* color difference between the water scales and actual seawater color.

Key words: Digital image, Water color, Forel scale, Ule scale, CIE Lab

서론

수색은 해면 바로 위에서 본 바다의 색으로서, 이러한 수색의 측정에는 예로부터 포렐 (F.A. Forel)과 울레 (W. Ule)가 고안한 수색표준액이 사용되고 있다 (Japan Meteorological Agency, 1970). 포렐의 수색표준액은 남청색에서 황록색까지, 울레의 수색표준액은 황록색에서 적갈색까지 각각 11단계로 분류되어 있다. 포렐과 울레의 수색표준액 (이하 '수색표준액'이라 한다)에 의한 수색 측정은 관측자가 대상 해면과 수색표준액을 동시에 육안으로 바라보면서 관측대상이 되는 해면의 색과 수색표준액의 색이 가장 비슷한 수색표준액의 번호를 선택하는 방법으로 행해진다 (Japan Meteorological Agency, 1970). 해양관측 및 어장환경 조사 등에서 측정된 수색 값은 수온, 염분 및 투명도 등의 측정값과 함께 수괴분석 및 어장환경 분석을 위한 기초 지표로 활용되고 있다 (Fukuda and Tsuda, 1980; Okami and Kishino, 1975).

그러나 수색표준액을 사용한 측정방법은 매우 간단한 방법이나, 관측 당시의 날씨나 파랑 등의 해상조건에 따라 수색을 비교 판정하기가 곤란한 경우가 있고, 또한 관측자가 해면과 수색표준액을 보고 색을 비교하는 과정에서 시력, 색채감각

등의 개인차와 측정자의 주관적인 판단을 배제할 수 없는 등의 문제점을 포함하고 있다 (The Oceanographic Society of Japan, 1979). 이러한 문제점은 계측된 수색 측정결과의 신뢰성을 떨어뜨리는 주요인이 되어왔다. 특히, 수색표준액이 화학합성에 의해 제조된 것이기 때문에, 실제 해양의 수색과 일치하지 않는 경우도 많고, 판정 기준이 되는 수색표준액의 샘플 수 또한 21종류의 색으로 한정되어 있어, 다양한 해양 조건의 수색 측정에 이용하기에는 한계가 있다 (Japan Meteorological Agency, 1970).

한편, 바다의 색을 객관적이고 정량적으로 측정하기 위한 방법으로, 해면으로부터 반사된 빛의 분광분포 측정값으로부터 계산에 의하여, 바다의 색을 측정하는 방법 및 수중의 빛을 광전적으로 측정하는 측색계 등이 고안되었고 (Kuroki, 1982; Suginothara, 1969), 광학 센서를 인공위성에 탑재하여 지구대기권 밖에서 넓은 범위의 해색 등을 원격탐사하는 기술 등도 개발되고 있다 (Wood et al., 2001; Zhao et al., 1997). 또한, 고분해능의 수중 분광 방사조도계의 측정치로부터 CIE 표색계상에서 색채계산을 행하여 (Baba et al., 2001), 수색 및 각 심도에서 해중광의 색을 색차표 상에 나타냄으로써, 측정결과 값에 신뢰성을 부여할 수 있도록 한 측정방법도 행해지고 있다 (Smith et al., 1973). 그러나 이러한 측정방법은 수중 분광

*Corresponding author: sokjin@yahoo.co.kr

방사 조도계, 휘도계 등 고가의 계측기기를 필요로 함과 동시에, 기술적으로도 매우 복잡한 측정기기의 운용방법을 숙지해야 하므로, 누구에게나 간단하게 사용할 수 있는 측정방법이라고 말할 수 없다 (Okami and Kishino, 1975). 따라서 종래의 수색 측정방법을 사용함으로써, 관측결과 값에 포함될 수 있는 개인차, 관측환경 등의 영향에 따른 측정오차를 없애고, 수색을 보다 간단하고 정량적인 방법으로 측정할 수 있는 새로운 수색 측정방법 및 측정기기의 개발이 요구된다.

본 연구에서는 현재 일상적으로 보편화 된 디지털카메라를 이용한 디지털 수색 측정 시스템 개발을 위한 기초연구로서, 디지털카메라를 사용하여 수색표준액과 관측 해면의 화상을 촬영하고, 이로부터 얻어진 색채 값을 비교 분석하여 관측해역의 수색을 측정할 수 있는 방법에 대하여 검토하였다. 또한, 관측자가 육안에 의해 수색표준액과 관측대상 해면을 비교하는 종래의 수색 측정방법에 의한 측정결과와 비교하였다. 이로부터 수색표준액에 의한 수색 측정방법이 안고 있는 문제점을 개선함과 동시에 수색을 객관적이고 정량적으로 측정할 수 있는 측정방법에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

수색표준액의 색채 측정

수색표준액의 색채 측정은 2001년 7월 25일부터 8월 1일까지 8일간에 걸쳐 일본 수산공학 연구소의 실내 실험실에서 실시하였다. 수색표준액의 색채 측정에는 시판되고 있는 포렐과 울레의 수색표준액 (일본 離合社製)과 3CCD 디지털비디오카메라의 카메라 기능을 이용하여 (SONY DCR-TRV900; 이하 ‘디지털카메라’라고 한다) 수색표준액의 정지 화상을 촬영하였다. 실험에 사용된 디지털카메라는 38만 화소의 촬상 CCD 3개가 장착되어 빛의 3원색을 각각 독립하여 촬상 가능한 것으로, 촬상에 필요한 피사체의 최저조도는 8 lx이다. 수색표준액의 화상촬영은 백색도 85%의 흰색 용지를 배경으로 하여, 측정기간 중의 오전 12시부터 오후 14시 사이의 태양광을

자연조명으로 이용하였다. 수색표준액의 화상 촬영 실험 당시의 날씨는 구름이 없이 청정하였고, 태양광에 의한 자연조명은 태양광이 실험실의 창으로부터 직접 입사하여 수색표준액의 시료 면에 조사하도록 설정하였다. 디지털카메라의 수광부는 측정당일의 태양고도를 고려하여 입사광과 시료 면으로부터 반사된 빛과의 각이 45±10°의 범위를 유지하도록 고정하였다 (Baba et al., 2001).

디지털카메라에 의한 수색표준액의 화상촬영은 각 번호별 수색표준액에 대하여, 셔터 스피드를 1/125 sec로 고정하고, 디지털카메라의 조리개를 F4.0, F4.8, F5.6, F6.8, F8.0, F9.6 및 F11.0의 7 단계로 조절하면서, 각 단계별로 촬영하였다. 조리개의 조건에 따라 촬영된 수색표준액 및 배경으로 사용한 백색용지의 화상은 PC의 화상 편집 프로그램 (Photoshop Ver. 5.5)을 사용하여 디지털 처리한 후, 측정된 화상의 색채를 CIE L*a*b* 색공간 값으로 구하였다 (Fig. 1).

관측해역의 투명도와 수색 화상촬영

관측해역의 투명도와 수색 화상촬영은 동경해양대학 실습선 靑鷹丸 (170 Gt.)에 승선하여 2001년 11월12일부터 11월13일에 걸쳐 동경만 (東京灣), 와카야마현 고보우시 (和歌山縣 御坊市) 앞바다의 해역 (이하 ‘와카야마현’이라 한다)에서, 2006년 10월 3일에 치바현 핫츠시 (千葉縣 富津市) 앞바다의 해역 (이하 ‘치바현’이라 한다)에서 실시하였다. 관측해역에서의 투명도 및 수색 화상촬영은 오전 10시부터 오후 14시 사이의 자연조명을 이용하였고, 와카야마현의 날씨는 구름이 낫고 흐린 날씨였으며, 치바현은 맑은 날씨였다. 관측해역에서는 수색표준액과 관측해역의 해면을 육안으로 비교하여 해면의 색과 비슷한 수색표준액의 번호를 관측해역의 수색으로 결정하였다. 또한, 지름 30 cm의 투명도판의 공중화상을 디지털카메라로 촬영하고, 투명도판을 수중으로 내려 현장 해역의 투명도를 측정하였다. 측정된 투명도의 절반 수심까지 투명도판을 끌어올려 정지시킨 후, 수중의 백색 투명도판을 배경으로 하여 선상에서 바라본 수면의 화상을 디지털카메라로 촬영

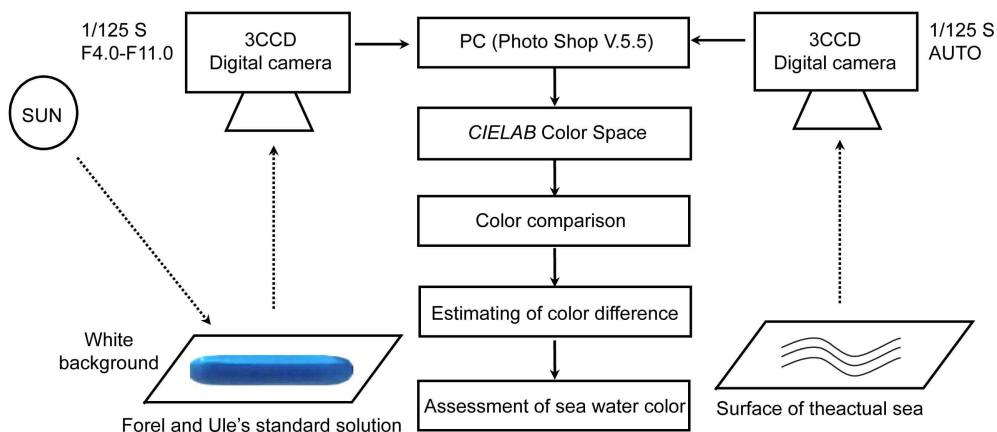


Fig. 1. The diagram showing the digital color measurement concept of Forel and Ule's standard solution and surface of the actual sea.

하였다.

디지털카메라를 이용한 화상촬영은 셔터 스피드를 1/125 sec로 고정하고, 조리개를 자동으로 설정하여, 수중에 정지된 투명도판의 법선에 대하여 디지털 카메라의 수광부 각도가 이루는 각이 10±5°를 넘지 않도록 하였다. 촬영된 화상은 수색표준액의 화상 자료와 같은 방법으로 PC 화상 편집 프로그램 (Photoshop Ver. 5.5)을 이용하여 디지털 처리한 후 측정 대상부의 색채를 CIE L*a*b* 색공간 값으로 구하였다 (Ohta, 1993; Komatsuhara et al., 2001).

관측해역의 색채 보정

관측 해역에서 촬영된 투명도판의 공중화상 및 투명도의 절반 수심에 정지된 투명도판의 화상을 선상에서 촬영하여 디지털 처리한 후 얻어진 색채 값 CIE L*a*b* 색공간 값으로부터 투명도판의 공중 및 수중의 색채 a*, b*값을 추출하였다. 수중에 정지된 상태에서 촬영된 투명도판의 색채 a*, b*값은 관측해역의 환경조건을 포함한 공중의 투명도판의 색채 a*, b*값과 투명도의 절반 수심까지의 수색변화를 반영한 색채 값에 해당한다. 따라서, 관측해역의 순수한 색채는 공중에서 촬영된 투명도판의 백색부분의 색채 a*, b*값과 수중에서 정지 상태로 촬영된 투명도판의 백색부분의 색채 a*, b*값의 차로부터 구할 수 있다. 즉, 공중에서 촬영된 투명도판의 백색부분의 색채 a*, b*값과 수중에서 정지된 상태에서 촬영된 투명도판의 백색부분의 색채 a*, b*값을 각각 x1, y1, x2, y2라고 하면, 관측해역의 순수한 수색의 색채 a*, b*값 x, y는 다음과 같다.

x=x2-x1, y=y2-y1 (1)

관측해역의 명도 L* 값과 수색 판단기준 색채 선정

관측해역에서 투명도판의 공중 화상을 촬영한 후, 디지털 처리하여 얻어진 측정 대상부의 색채 CIE L*a*b* 색공간 값으로부터 투명도판 백색부분의 명도 L*값을 추출하였다. 추출된 명도 L*값은 디지털카메라의 조리개 조건을 자동으로 설정하여 촬영한 것이므로, 이 값으로부터 관측 당시의 환경에 따른 디지털카메라의 조리개 조건 및 수색 판단기준 색채를 다음과 같이 선정하였다.

- ① 추출된 명도 L*값과 실험실에서 수색표준액의 화상 촬영 시 사용된 백색 배경을 디지털카메라의 조리개 조건별로 촬영하여 얻어진 명도 L*값을 비교하였다.
② 관측해역의 투명도판 백색의 명도 L*값과 실험실에서 촬영한 수색표준액 백색 배경의 명도 L*값이 일치하는 경우의 디지털 카메라의 조리개 조건 값을 관측해역에서의 디지털 카메라의 조리개 조건 값으로 추정하였다.
③ 실험실에서 측정된 디지털카메라의 조리개 조건별 수색표준액의 색채 값 중에서, 관측해역의 조리개 조건 값으로 측정된 수색표준액의 색채 a*, b*값을 관측해역의 수색을 판단하기 위한 기준 색채로 선정하였다.

④ 수색판단 기준 색채로 선정된 수색표준액의 색채 a*, b*값과 관측해역의 색채 a*, b*값을 CIE L*a*b* 색공간의 색좌표 값으로 표시하였다.

관측해역의 수색 판정

CIE L*a*b* 색공간의 색좌표 값으로 표시된 관측해역의 색채 값과 관측해역의 명도 L*값으로부터 수색판단기준 색채로 선정된 수색표준액의 색채 값을 각각 L1*, a1*, b1* 및 L2*, a2*, b2*라고 하면, 2개의 측색 값 사이의 색차 ΔEab*는 다음과 같다 (Ohta, 1993; Komatsuhara et al., 2001).

ΔEab*=[(ΔL*)² + (Δa*)² + (Δb*)²]¹/² (2)

단,

ΔL*=L1* - L2*
Δa*=a1* - a2* (3)
Δb*=b1* - b2*

이다.

한편, L1*와 L2*는 각각 관측해역에서 촬영한 투명도판 공중화상의 색채 값으로부터 추출된 명도 L*값 및 이와 동일한 값을 갖는 수색 판단기준이 되는 수색표준액 백색 배경의 명도 L*값에 해당하므로, ΔL*값은 0이 된다. 따라서 수색판정은 관측 해역에서 얻어진 색채 a1*, b1*값과 수색 판단기준 색채로서 선정된 수색표준액의 색채 a2*, b2* 값과의 사이에서 계산된 색차 ΔEab*값이 최소인 경우의 수색표준액의 번호를 관측 해역의 수색으로 판정하였다. 단, 서로 이웃하는 2개의 수색 번호와 색차 ΔEab*의 최소값이 동일한 경우의 수색은 2개의 수색값의 평균으로 정하였다.

결 과

수색표준액 백색 배경의 명도 L*값 및 색채 a*, b*값의 변화

실험실에서 수색표준액의 화상 촬영시 배경으로 사용된 백색용지의 명도 L*값의 변화를 디지털 카메라의 렌즈 조리개의 조건별로 정리하여 Fig. 2에 나타내었다. 백색용지의 명도 L*값은 렌즈 조리개의 조건이 F4.0, F4.8에서는 100을 나타내었고, F5.6에서는 99, F6.8에서는 최대값 98, 최소값 94의 범위를 갖고 변화하였다. 또한, 렌즈 조리개의 조건이 F9.6에서는 81-89의 범위, F11.0에서는 최대값 80, 최소값 69의 범위를 갖는 것으로 나타났다. 렌즈 조리개 조건에 따른 명도 L*값의 변화는 렌즈 조리개 조건 값이 커질수록 명도 L*값이 감소하고, 변화의 폭이 증가하는 경향을 보였다.

수색표준액의 화상 촬영시 배경으로 사용된 백색용지의 색채 a*, b*값의 변화를 디지털카메라 렌즈 조리개의 조건별로 정리하여 Fig. 3에 나타내었다. 백색용지의 색채변화는 렌즈 조리개의 조건 F4.0에서는 색채 a*, b*값이 모두 0을 중심으로 분포하여 표준 백색의 색채 값과 같았다. F4.8에서는 a*값이 -0.3, b*값이 0.8을 보였고, F5.6에서는 a*값이 -2.5, b*값

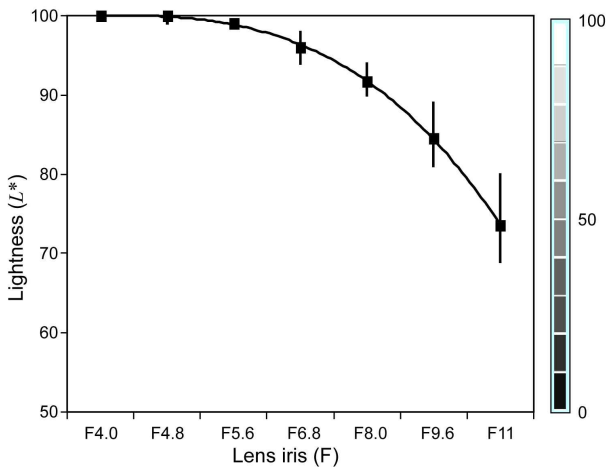


Fig. 2. Change of lightness of white background according to the lens iris (F) of CCD optical device.

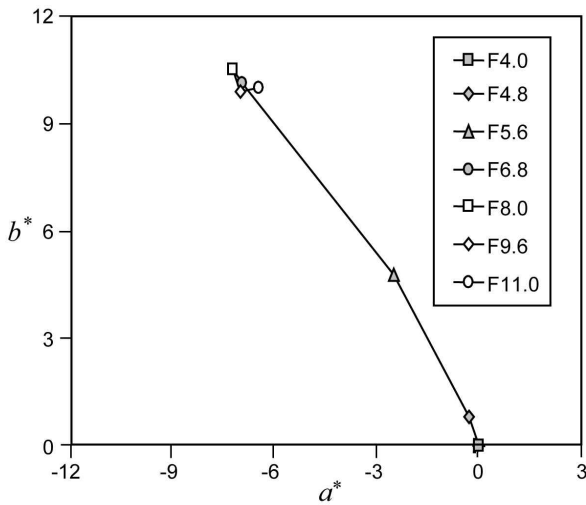


Fig. 3. Change of color coordinates a^* and b^* value of white background according to the lens iris (F) of CCD optical device in CIE $L^*a^*b^*$ color space.

이 4.8을 나타내어 원점인 백색을 중심으로, 제2사분면의 녹색 영역으로 변화하였다. 조리개 조건이 F6.8, F8.0 및 F11.0으로 증가하는 경우, a^* 값은 -6.9, b^* 값은 10.0을 중심으로 수렴하여, 전체적으로 렌즈 조리개의 값이 증가할수록 색채 a^* 값이 감소하고 b^* 값이 증가하는 경향을 보였다.

수색표준액의 색채 a^* , b^* 값의 변화

수색표준액의 색채 a^* , b^* 값의 변화를 렌즈 조리개 조건별로 정리하여 Fig. 4에 나타내었다. 동 그림에서 표시된 색채 a^* , b^* 값은 수색표준액의 화상 촬영시 배경으로 백색용지를 사용하였기 때문에, 측정된 수색표준액의 색채 값은 렌즈 조리개의 조건에 따른 백색용지의 색채 a^* , b^* 값의 변화가 포함된 색채 값에 해당한다. 따라서 수색표준액의 색채 a^* , b^* 값으로부터 백색배경의 색채 a^* , b^* 값을 식(1)에 의하여 보정 계산

하였다.

수색표준액의 색채 a^* , b^* 값의 전체적인 변화는 렌즈 조리개 F값이 증가하여 빛의 입사량이 감소함에 따라, 포렐의 수색표준액에서는 색채 a^* 값이 감소하는 경향을 보였고, 울레의 수색표준액에서는 색채 b^* 값이 증가하는 경향을 보였다. 즉, 포렐의 수색표준액에서는 적색영역에서 녹색영역 방향의 제3사분면에서 제2사분면의 방향으로 변화하였고, 울레의 수색표준액에서는 황색영역에서 청색영역 방향의 제2사분면에서 제1사분면의 방향으로 변화하였다. 또한, 수색표준액의 각 번호별 색채 a^* , b^* 값은 포렐의 수색표준액에 해당하는 1번에서 11번까지는 색채 a^* 값이 최대 -4.6에서 최소 -32.5의 폭을 갖는 것으로 나타났다. 색채 b^* 값은 최대 66.2에서 최소 -35.5의 범위를 갖고 분포하여, 색채 b^* 값이 색채 a^* 값에 비해 3배의 폭을 갖는 것으로 나타났다. 울레의 수색표준액에 해당하는 11번에서 21번까지의 수색표준액의 경우는 색채 a^* 값이 최대 11.9에서 최소 -27.5의 폭을 갖고 분포하여 색채 b^* 값이 색채 a^* 값에 비해 약 2배의 폭을 갖는 것으로 나타났다.

관측해역의 색채 a^* , b^* 값의 변화

관측해역에서 투명도 절반 수심에 투명도판을 정지시키고 선상에서 바라본 투명도판의 백색부분을 디지털 카메라로 촬영하여 얻어진 관측해역의 CIE $L^*a^*b^*$ 색공간 값으로부터 색채 a^* , b^* 값을 추출하여 Fig. 5 및 Fig. 6에 나타내었다.

동경만과 와카야마현의 관측해역에서는 포렐의 수색표준액이 사용되었다. 동경만의 색채 a^* , b^* 값의 분포는 색채 a^* 값이 -40에서 -60의 범위, 색채 b^* 값이 10에서 25의 범위로 둘러싼 원점을 기준으로 한 제2사분면의 중앙 하단부의 연두색계열의 색 영역에 분포하는 것으로 나타났다. 와카야마현의 경우는 색채 a^* 값이 -27에서 -60의 범위, 색채 b^* 값이 -20에서 25 범위를 둘러싼 영역으로 하는 연두색과 녹색계열의 제2사분면과 제3사분면에 걸친 넓은 범위에 분포하는 것으로 나타났다 (Fig. 5). 울레의 수색표준액이 사용된 치바현의 경우, 색채 a^* 값이 -16에서 -5의 범위, 색채 b^* 값이 -11에서 44의 범위로 둘러싼, b^* 축에 매우 근접한, 제2사분면에 분포하는 것으로 나타났다. 치바현의 색채 a^* , b^* 값은 동경만과 와카야마현의 색채 a^* , b^* 값에 비해 색채 a^* 값의 폭이 좁고, b^* 값의 폭이 넓은 범위를 갖는 것으로 나타났다 (Fig. 6).

관측해역의 명도 L^* 값과 수색 판단기준 색채 선정

디지털카메라의 셔터 스피드를 1/125 sec로 고정하고, 조리개를 자동으로 설정하여 촬영한 투명도판의 공중 화상으로부터 명도 L^* 값을 구하였다. 이로부터 관측해역에서의 디지털카메라의 렌즈 조리개 조건을 추정하였다. 추정된 렌즈 조리개 조건 값과 동일한 조건 값으로 촬영된 수색표준액의 색채 값을 수색 판단기준 색채 값으로 선정된 결과를 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다.

동경만과 와카야마현에서 촬영한 투명도판의 공중 화상으로부터 구한 명도 L^* 값은 최고 98에서 최소 92의 범위를 갖는

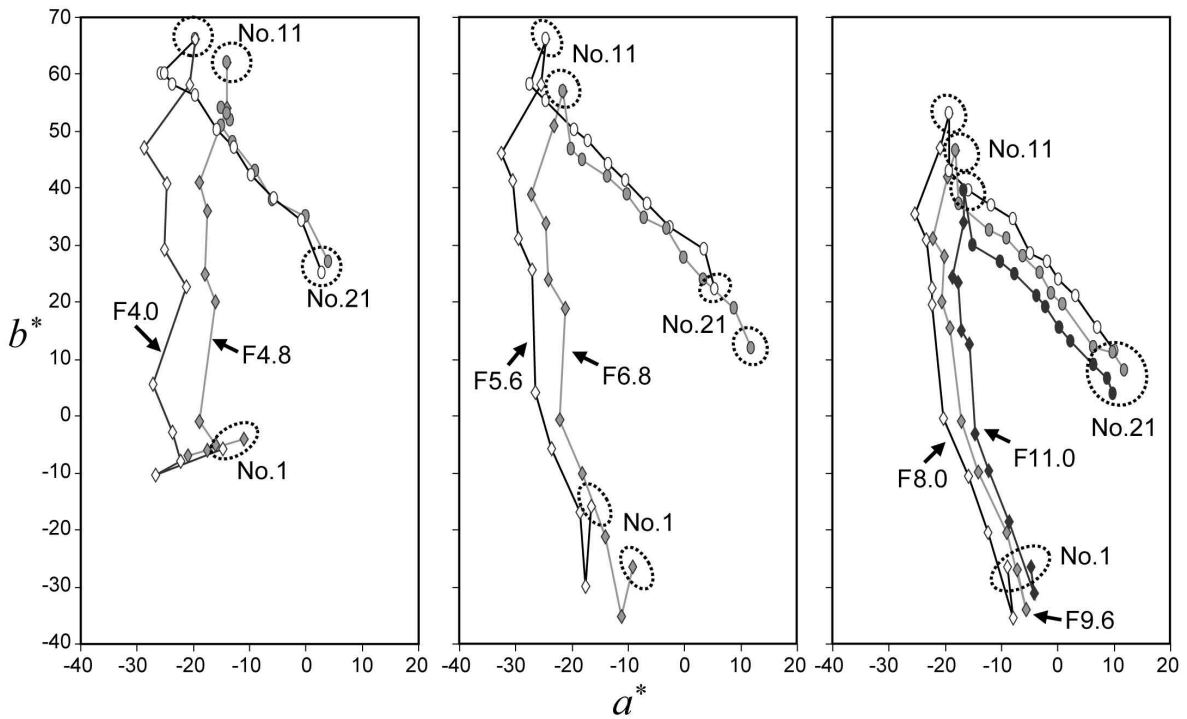


Fig. 4. Change of color coordinates a^* and b^* value of Forel and Ule's standard solution according to the lens iris (F) of CCD optical device in CIE $L^*a^*b^*$ color space.

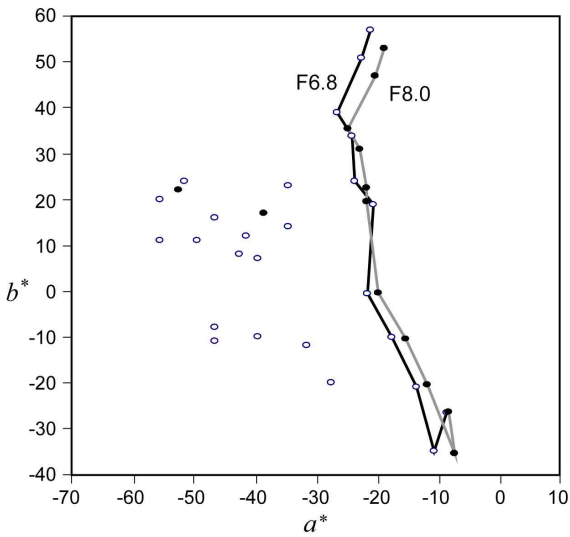


Fig. 5. Distributions of color coordinates a^* and b^* in Tokyo Bay and Wakayama prefecture offshore and change of color coordinates a^* and b^* value of Forel's standard solution according to the lens iris (O, F 6.8; ●, F 8.0) of CCD optical device in CIE $L^*a^*b^*$ color space.

것으로 나타났다. 이 값과 실험실에서 수색표준액 백색 배경을 디지털 카메라 조리개 조건별로 촬영한 화상으로부터 구한 명도 L^* 값을 비교하면 (Fig. 2), 디지털 카메라의 렌즈 조리개 조건을 각각 F6.8과 F8.0로 한 때의 명도 L^* 값에 상당하는

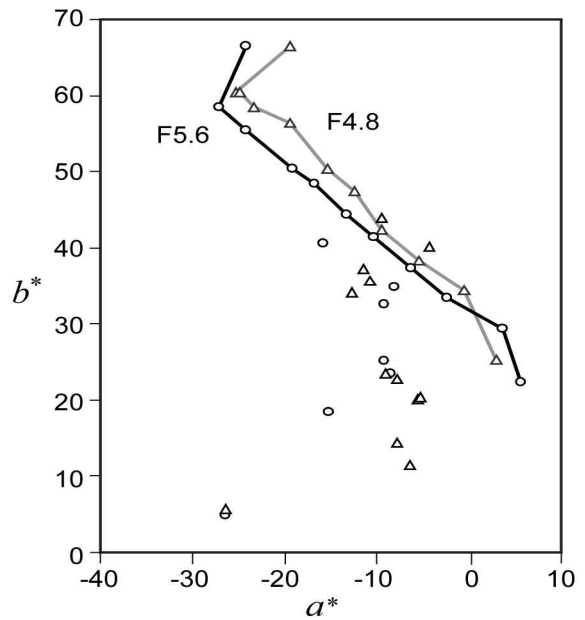


Fig. 6 Distributions of color coordinates a^* and b^* in Chiba prefecture offshore, and change of color coordinates a^* and b^* of Ule's standard solution according to the lens iris (○, F 4.8; △, F 5.6) of CCD optical device in CIE $L^*a^*b^*$ color space.

것으로 나타났다. 이 값을 관측해역에서의 화상 촬영 당시의 렌즈 조리개 값으로 정하였다. 실험실에서 촬영된 번호별 수

색표준액의 화상으로부터 얻어진 CIE $L^*a^*b^*$ 색공간 값 중에서 렌즈 조리개의 조건을 F6.8과 F8.0로 한 때의 수색표준액의 색채 a^* , b^* 값을 추출하였다. 추출된 값을 수색 판단 비교기준 색채로 정하고, 동경만과 와카야마현에서 측정된 색채 a^* , b^* 값과 함께 Fig. 5에 표시하였다.

동일한 방법으로, 치바현의 투명도판 백색의 공중화상의 명도 L^* 값으로부터 관측해역에서의 디지털카메라의 렌즈 조리개 조건은 F5.6 및 F4.8로 추정되었다. 동일 조건으로 촬영한 각 번호별 수색표준액의 색채 a^* , b^* 값을 추출하여 관측해역의 수색 판단기준 색채로 선정하고 치바현의 색채 a^* , b^* 값과 함께 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 5와 Fig. 6에 나타난 관측해역의 색채 a^* , b^* 값과 수색 판단기준이 되는 수색표준액의 색채 a^* , b^* 값을 비교하면, 관측해역의 색채 a^* , b^* 값은 수색판단 기준이 되는 수색표준액의 색채 a^* , b^* 값의 변화 경로 상에 위치하지 못하고 양자는 서로 다른 색채를 갖는 것으로 나타났다. 즉, 동경만과 와카야마현의 색채 a^* , b^* 값은 수색 판단기준이 되는 수색표준액의 색채 a^* , b^* 값과 비교하여 a^* 값이 매우 낮아, 주로 녹색영역의 외측에 분포하였다. 치바현의 경우, 수색 판단기준이 되는 수색표준액의 색채 a^* , b^* 값과 비교하여 b^* 값이 매우 낮아, 주로 황색영역에 분포하는 것으로 나타났다.

색차 계산에 의한 수색 판정 및 수색 측정값 비교

관측해역의 색채 a^* , b^* 값은 수색 판단기준이 되는 수색표준액의 색채 a^* , b^* 값의 변화 경로 상에 위치하지 않는 것으로 나타났다(Fig. 5, Fig. 6). 따라서 관측해역의 색채 a^* , b^* 값과 수색 판단기준이 되는 각 번호별 수색표준액의 색채 a^* , b^* 값과의 색차 값 ΔEab^* 를 계산식 (2)에 따라 계산하였다. 색차 ΔEab^* 값이 최소인 경우의 수색표준액 번호를 관측해역의

수색으로 판정하였다. 관측해역의 색채 a^* , b^* 값과 수색표준액의 색채 a^* , b^* 값의 색차 ΔEab^* 로부터 계산된 수색 값과 관측해역에서 수색표준액을 사용하여 목시 관측에 의해 측정된 수색 값을 Fig. 7에 나타내었다.

포렐의 수색표준액이 사용된 동경만과 와카야마현의 경우, 목시 관측에 의한 수색 값은 3에서 7의 범위를 갖고 분포하여, 4단계의 폭을 갖는 것으로 나타났다. 색차 판정법에 따른 수색 측정결과는 최대 8에서 최소 3까지 5 단계의 폭을 갖는 것으로 나타났다. 또한, 6개소의 관측해역에서는 목시에 의한 수색 값과 색차 판정법에 따른 수색 값이 동일한 것으로 나타났다. 울레의 수색표준액이 사용된 와카야마현의 경우, 목시 관측에 의한 수색 값은 13에서 17의 범위에서 분포하여, 4단계의 폭을 갖는 것으로 나타났다. 색차 판정법에 따른 수색 측정결과는 최대 21에서 최소 19까지 2 단계의 폭을 갖는 것으로 나타났으며, 동경만과 와카야마현의 경우와 같이 목시에 의한 수색 값과 색차 판정법에 따른 수색 값이 동일한 결과를 갖는 경우는 찾아볼 수 없었다.

고 찰

수색표준액의 색과 해면의 색을 관측자가 육안으로 비교하여 관측해역의 수색을 판단하는 종래의 수색 측정방법에 의하면, 측정 당시 개개인의 시력을 포함한 신체적 상태 등의 내부적 요인과 관측 당시 해상 기후나 파랑 등에 의한 환경조건 등의 외부적 요인에 따른 영향을 받을 수 있다. 이러한 수색 측정과 관련한 내, 외적 조건의 영향은 목시에 의한 관측 결과에 반영되므로써, 관측 값의 정밀도를 떨어뜨리는 주요 원인으로 작용하게 되며, 관측자 간 또는 관측 해역 간의 측정오차로 나타나게 된다(Fukuda and Tsuda, 1980). 이를 바꾸어 말하면, 본 연구에서와 같이 디지털카메라에 의해 화상을 촬영하고, 색차판정을 이용하여 얻어진 객관적인 측정방법에 따라 동일 해역의 측정된 수색 측정값과 종래의 목시 관측에 의한 측정값을 비교하더라도 양자의 수색 측정값은 서로 다르게 나타날 수 있다는 것을 의미한다. 즉, 본 연구 결과에서도 관측해역의 목시에 의한 관측 값과 색차 계산에 의한 측정값의 최대값과 최소값이 이루는 분포는 색차 계산에 의한 수색 값보다 목시에 의한 수색 측정값의 폭이 더 넓은 범위에서 분포하는 것으로 나타났다. 또한, 목시에 의한 관측 값과 색차 판정에 의한 측정값이 동일하게 나타난 6곳의 관측해역을 제외한 나머지 관측해역의 수색 값은 포렐의 수색표준액을 사용한 와카야마현의 경우, 목시에 의한 수색 값이 색차 계산에 의한 수색 값보다 높게 관측되는 경향을 보였다. 울레의 수색표준액을 사용한 치바현의 경우는 색차 계산에 의한 수색 값보다 목시에 의한 수색 값이 낮게 관측되는 경향을 보여 동일해역에서도 측정방법에 따라 서로 다른 수색 값을 보인 것으로 나타났다(Fig. 7). 이러한 결과는 본 연구에서 수색 측정방법으로 사용된 서로 다른 수색 측정방법 중, 어느 하나의 방법이 다른 한쪽의 수색 측정방법보다 큰 측정오차를

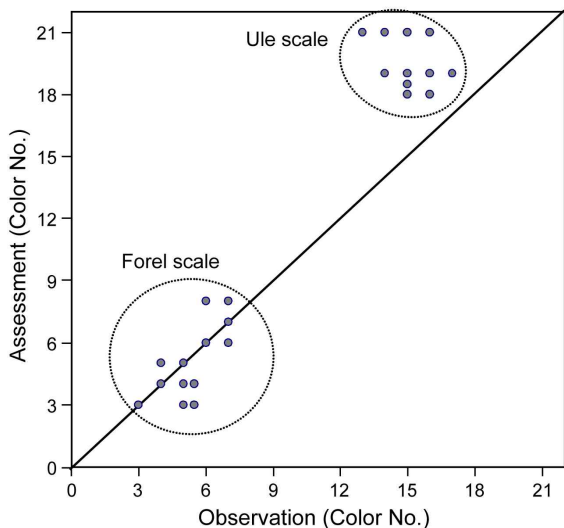


Fig. 7 Comparison of color of sea between observation value by using Forel and Ule's standard solution and assessment value by estimating the color difference between the color of the water scale and the actual sea color.

포함하고 있다는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 본 연구에서 관측 대상이 된 해역이 수색의 변화 폭이 그리 크지 않은 좁은 범위의 해역을 대상으로 하고 있다는 점과 측정 당시의 날씨와 태양광 등의 기상과 파랑 조건이 서로 다른 수색 측정 방법에 영향을 미칠 정도로 특수한 상황이 아니었다는 점을 고려하면, 수색 값의 변화폭이 큰 쪽에서 관측자의 주관적 요인에 따른 측정오차를 더 많이 포함하는 것으로 판단된다. 이와 같이 종래의 수색 측정값이 관측해역 현장의 환경조건과 관측자의 주관적 판단이 크게 반영되는 측정결과라는 점으로부터, 비교적 간단하게 측정할 수 있는 유효한 정보임에도 불구하고, 해양환경 및 어업정보해석 등의 연구 분야에서는 유용한 측정 자료로서 활용될 수 없었던 것으로 사료된다.

다음으로, 수색측정에 사용되고 있는 포렐과 울레의 수색표준액은 화학 약품의 비용합성에 의해서 제조된 것이므로, 시간의 경과에 따라 표준액의 색채가 퇴색되는 등의 수색표준액 자체의 오차를 포함하고 있다. 특히 수색 판단의 기준이 되는 수색표준액의 종류가 포렐과 울레의 수색표준액을 모두 합하여 21색으로 한정되어 있는바, 다양한 해역과 해상 조건에 따른 수색의 색채 변화에 대응하기 어렵다 (Japan Meteorological Agency, 1970). 본 연구에서도 관측해역의 해면을 디지털카메라에 의해 촬영한 화상으로부터 얻어진 색채 값과 수색판단 기준이 되는 수색표준액을 촬영한 색채 값을 비교하면, 포렐의 수색표준액의 경우, 관측해역의 색채 a^* 값이 수색표준액의 색채 a^* 값보다 낮은 값의 범위인 청색영역과 녹색영역에 걸쳐 분포하였다. 울레의 수색표준액의 경우는 관측해역의 색채 a^* , b^* 값이 수색표준액의 색채 a^* , b^* 값보다 낮은 값의 범위인 황색영역에 분포하여, 관측해역의 색채 값은 수색표준액의 색채 값의 변화 경로와는 동떨어져 분포하고 있는 결과를 보였다 (Fig. 5, 6). 이는 관측 현장의 해면 색채와 비교판단 기준이 되는 기준 색채가 서로 다르기 때문에 관측자가 목시에 의한 수색 관측 시, 해면과 수색표준액의 색채를 비교하여 적절한 수색번호를 판정한다는 것은 매우 어렵다는 것을 의미한다. 이러한 이유로부터 본 연구에서와 같이 디지털카메라에 의해 촬영한 화상으로부터 얻어진 색채 값의 수색판정에서도 관측해역의 색채 값을 수색표준액의 색채 값과 비교하여 수색 값을 정하는데 있어, 비교기준 색채의 그래프로부터 직독하지 못하는 어려움이 생기게 된다. 따라서, 적절한 수색판정을 위해서는 수색표준액의 색채 값과 관측해역의 색채 값과의 색차 ΔE_{ab}^* 계산을 필요로 한다 (Fig. 7). 본 연구결과에서 얻어진 수색표준액의 색채 값과 관측해역의 색채 값과의 색차 ΔE_{ab}^* 값은 2.5-35 범위에서 분포하는 것으로 나타났다. 색차 계산에 의한 색차가 ΔE 1.0 이면 대체로 색채식별이 가능하다는 점을 고려하면 (Ohta, 1993; Komatsuhara et al., 2001), 본 연구결과에서 얻어진 색차 ΔE_{ab}^* 2.5-35의 값은 상당히 큰 색의 차이를 갖는 값이라고 할 수 있다. 이러한 결과는 포렐과 울레의 수색표준액이 원래 호수, 늪지 등의 수색을 결정하기 위해 고

안된 것으로서, 수색표준액의 색채가 관측 해상의 색채를 반영하지 못하는 측정기준으로서의 원시적인 결함을 갖는다는 것을 의미하며 (Japan Meteorological Agency, 1970), 관측자 개인의 주관적 오차, 관측해역의 환경조건 및 수색표준액의 화학합성에 따른 색채의 원시적 결함을 포함하는 점 등을 종합하여볼 때, 해양 관측의 수색 측정에서 포렐과 울레의 수색표준액을 기준으로 한 측정방법은 관측 해면의 수색을 객관적, 정량적으로 측정하기 위한 바람직한 방법이라고 말할 수 없는 것으로 판단된다.

따라서 수색 측정에서 비교기준이 되는 색채 값을 색공간상의 색채좌표를 응용하여 (Baba et al., 2001), 측정 현장 해역의 색채를 반영할 수 있는 색채판단 기준 또는 색채표시 방법을 새롭게 정할 필요가 있다 (Smith et al., 1973). 또한, 수색 측정방법에서도 본 연구에서 사용된 디지털 광학장치를 이용한 수색 측정방법과 같이, 관측자의 주관적 판단기준을 배제할 수 있는 색채 공학을 응용한 객관적이면서도 간단한 수색 측정방법 및 수색의 색채 판단 기준을 우선 확립할 필요가 있다. 이러한 문제가 해결되어 현장 해역의 수색이 반영된 색채판단 기준과 수색 측정방법이 확립된다면, 종래의 아날로그적인 수색 관측방법을 대신할 수 있는 전자기계적 구성으로 디지털화된 전자기기로서 보다 간편하고 객관적인 측정이 가능한 수색 측정 시스템 개발이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Baba, G., H. Sobagaki, K. Okubo and M. Fukuda. 2001. Measure the color, method of color comparison and standard object. In: Handbook of Color Science. The Color Science Association of Japan, ed. Tokyo University Press, Tokyo, Japan, 179-256.
- Fukuda, M. and R. Tsuda. 1980. consideration of problems in transparency measurements. La mer, 18, 46-60.
- Japan Meteorological Agency. 1970. The guide of ocean observation. The oceanographic society of Japan, Tokyo, Japan, 85-89.
- Komatsuhara, H., M. Fukuda, G. Baba, K. Suzuki and Y. Uchida. 2001. Colour difference. In: Handbook of Color Science. The Color Science Association of Japan, ed. Tokyo University Press, Tokyo, Japan, 258-303.
- Kuroki, M. 1982. The ocean environmental measurement. Kouseisha, Tokyo, Japan, 58-63.
- Ohta, N. 1993. Color Engineering. Tokyo denki University Press, Tokyo, Japan, 115-170.
- Okami, N. and M. Kishino. 1975. On the relation between color of Forel and Ule's Standard solution and color of sea. La mer, 13, 171-178.
- Smith, R.C., J.E. Tyler and C.R. Goldman. 1973. Optical

- properties and color of Lake Tahoe and Creater Lake. *Limnol. Oceanography*, 18, 189-199.
- Suginohara, S. 1969. The color of the sea in the sound between Denmark and Sweden with a new colorimeter. *Rep. Inst. Fisk Oceanography Copenhagen*, 8, 1-8.
- The Oceanographic Society of Japan. 1979. The ocean environmental research method. Kouseisha, Tokyo, Japan, 126-128.
- Wood, P. and A. Cunningham. 2001. Ship-borne measurements of ocean colour: Development of a CCD-based reflectance radiometer and trials on a longitudinal transect of the atlantic ocean. *Int. J. Remote Sensing*, 22, 99-111.
- Zhao, F. and T. Nakajima. 1997. Simultaneous determination of water-leaving reflectance and aerosol optical thickness from coastal zone color scanner measurements. *Applied Optics*, 36, 6949-6956.

2008년 12월 8일 접수
 2009년 3월 2일 수정
 2009년 4월 2일 수리