| 연구논문 |

현장과학교육 2(1) pp52~58 (2008년 2월)

Na 불꽃반응 실험에서 관찰된 색과 파장의 관계 분석

민정숙, 강보인†, 정대홍*

서울대학교 화학교육과, 서울특별시 151-742

Relation Analysis between Color and Wavelength Observed in Na Flame Reaction

Jung Sook Min, Bo In Kang†, and Dae Hong Jeong*

Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

요 약

본 연구는 중학교 교육과정에 제시된 불꽃 반응 실험으로 원소의 종류를 구별하는 실험 중 나트륨 불꽃 반응 실험에서 관찰되는 색과 파장의 관계를 분석하였다. 나트륨 불꽃 반응 실험에서 관찰되는 불꽃색은 노란색으로 알려져 있는데 관찰자에 따라서 주황색 및 붉은 계통의 색으로 관찰되는 경우가 있다. 이 같은 경우에 관찰되는 색과 파장의 관계를 확인하기 위하여 교육용 프리즘 분광기와 고해상도 회절발 분광기를 이용하여 색과 스펙트럼을 측정 및 분석하였다. 그 결과 주황색 및 붉은 계통의 색으로 관찰되는 빛도 노란색의 빛과 마찬가지로 589 nm 부근에서 나타나는 나트륨 원자의 고유한 발광 선스펙트럼으로 확인하였다. 같은 파장의 빛이 눈에 다른 색으로 관찰된 까닭은 빛의 세기에 따라 눈의 시각 센서에서 빨간색, 초록색, 파란색을 느끼는 센서의 빛에 대한 반응 민감도가 다르기 때문으로 해석하였다.

주제어 : 불꽃 반응 실험, 나트륨, 분광기, 시각 센서

서 론

불꽃 반응 실험은 물질을 구성하고 있는 원소를 불꽃에 반응시켜 나타나는 색으로 확인하는 간단한 실험 방법이다. 이 실험은 실험 방법이 용이하고 간편하며 학생들의 흥미를 끈다는 측면에서 학교 현장에서는 중학교 3학년 과학 교과서에 두루 소개되어 있으며 과학 수업에서 높은 빈도로 다루어지고 있다. 제 7차 과학과 교육과정에서는 이 실험을 제 9학년의 내용인 '물질의 구성'에 직접 기술하였을 뿐 아니라, 탐구 중심의 과학 수업을 강조하고 있는 현 교육과정의 과학과 교과목의 성격에도 부합하는 내용으로 설명하고 있다(교육인적자원부, 1997).

불꽃 반응 실험은 중학교 교과서에서 간단한 원소 분석법으로 소개되고 있지만, 실험 자체는 미지 시료 분석이나 방출 스펙트럼, 발광의 원인, 불꽃 광도 측정법 등 다양한 원리를 가지고 있다(Dalby, 1996). 그러나 중학교 3학년 과학 수업에서 실행되는 불꽃 반응 실험은 매우 단순하고 기초적인 실험 모형을 기반으로 설계되어 있는 것이다. 이 때문에 실험이 갖는 교육적 의의에도 불구하고, 학교 현장에서는 그동안 이 실험과 관련한 여러 문제들이 지속적으로 제기되어 왔다. 연료라든가 불꽃 장치와 같은 실험 장치의 사용에 문제가 있었다는 지적이 있었다. 예컨대, 부탄가스는 불꽃 반응을 할 수 있는 금속에 제한이 있는가 하면, 메탄올을 연료로 쓰는 알코올 램프의 경우는 심지 부분의 색이 정확한 불꽃색 관찰을 어렵게 한다는 것이다. 고체 상태로 시료를 반응시키거나 시료를 시료봉으로 반응시킬 경우, 관찰 시간이 매우 짧아 정확한 불꽃색 관찰을 어렵게 한다는 지적도 있었다(김영애 등, 2005). 시료봉의 문제를 지적하는 경우도 있었다. 이를테면, 니크롬선 시료봉으로 염화칼슘이나 염화나트륨의 불꽃 반응을 관찰하는 경우 불꽃색이 시료봉에서 비롯된 것일 수도 있다는 것이다(김영애 등, 2005).

이에 대한 개선 방안도 수차례 연구 보고되었다. 홍장표(1981)는 심지의 영향을 받지 않게 하기 위해 도가니를 사용하

*교신저자: jeongdh@snu.ac.kr,

†현주소: 대왕중학교, 서울특별시 135-220

•2008년 2월 17일 접수, 2008년 2월 22일 통과.

거나 스펙트럼을 관찰하기 위해 암상자를 사용하는 방법 등을 제안하였고, 김종택과 김영수(1981)는 시료의 불꽃 반응 시간을 늘리기 위해 나선형 시료봉을 만들어 실험하기도 했으며, 박동조(2000)는 알코올을 증기로 만들어 연소시키는 방법으로 광원의 불꽃색을 없애는 시도를 하였다. 김영애(2005)는 시료의 표면적을 넓힐 뿐 아니라 지속적인 시료 투입을 가능하게 하기 위해 주사 방식의 시료 분무를 제안하였다.

본 연구는 불꽃 반응 실험에 관해 선행 연구 및 현장에서 제기되는 많은 이슈들 중에서 나트륨 불꽃 색의 관찰에 있어서 제기되는 문제를 연구하고 분석한다. 구체적으로 나트륨 불꽃색은 노랑으로 알려져 있고 많은 교과서의 그림도 그렇게 표현되어 있다. 그런데 실제 관찰을 하면 관찰자에 따라서 노란색으로도 주황색으로도 관찰이 된다. 이 문제에 대한 타당한 설명을 제시하기 위해서 학교 현장에서 관찰하는 방법으로 불꽃 반응 실험을 수행하고 분광기를 이용하여 파장을 분석하고 해석한다.

연구 내용 및 방법

연구 내용

제 7차 교육과정에 따른 중학교 불꽃 반응 실험에서 관찰되는 나트륨 불꽃의 색을 관찰하고 스펙트럼 분석을 통해 해석하며 관찰된 색과 파장의 관계를 이해한다.

실험 기기

나트륨의 불꽃을 일으키기 위해서 토치 불꽃, 알코올 램프 불꽃, 알코올 불꽃 등을 사용하였으며, 시료는 니크롬선 또는 백금선에 NaCl 수용액을 묻혀서 사용하거나 NaCl을 고체 상태로 묻혀서 사용하였다.

불꽃반응의 스펙트럼 분석을 위해서는 간단한 교육용 프리즘 분광기와 고해상도 회절발 분광기를 사용하였다. 프리즘 분광기는 Fig. 1. (a)에서와 같이 시료부와 관찰부가 중앙의 프리즘에 대해서 적절히 배치된 형태를 띠고 있다. 시료부에서 들어온 빛은 중앙의 프리즘을 통하면서 분산되고 그 이미지가 조명부에 배치된 눈금자의 그림자와 겹쳐서 관찰부에서 관찰되도록 설계되어 있다. 고해상도 회절발 분광기는 CCD(Charge-Coupled Device) 광검출기가 부착된 회절발 분광기(JY-Horiba, Triax320)로서 넓은 영역의 스펙트럼 관찰을 위한 300 gr/mm 회절발과 정밀한 스펙트럼 분석을 위한 1800 gr/mm 회절발을 갖추고 있다. 회절발 분광기는 Fig. 1. (b)와 같이 시료의 빛이 분광기 슬릿을 통해 분광기 내부로 들어가면 분광기 내부의 회절발에 의해서 빛이 분산되어 분광기 출구 쪽에 부착된 어레이 형태의 CCD 광검출기에 의해서 검출되고 이것이 컴퓨터에 스펙트럼으로 나타난다.

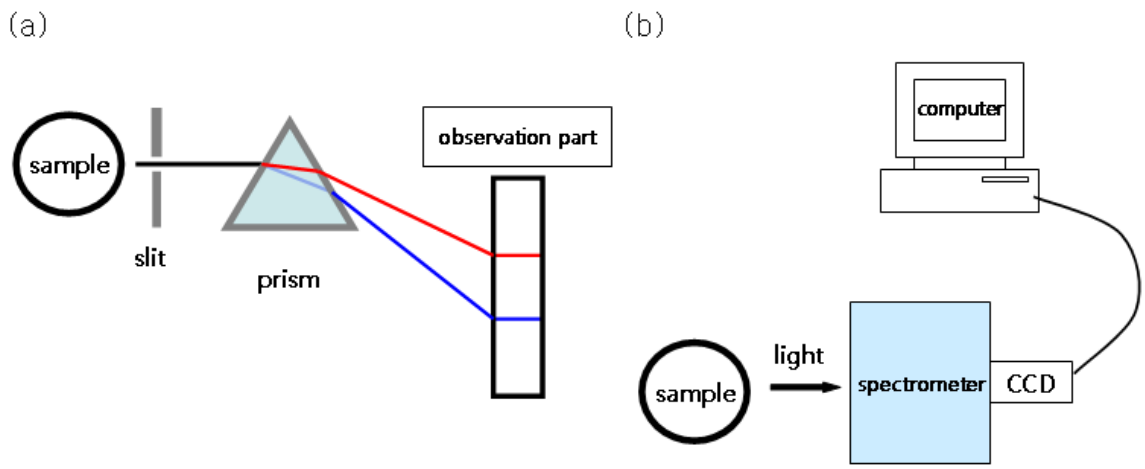

Fig. 1. Schematic diagram of light-collection system using spectrometer. (a) a prism-based spectrometer (b) a high-resolution grating-based spectrometer

결과 및 논의

불꽃의 종류와 불꽃의 분광 분석

원소를 연소하여 불꽃색을 관찰하기 이전에 사용할 불꽃에 대해서 스펙트럼 분석을 시도하였다. 교과서에 가장 보편적으로 사용되는 불꽃은 부탄가스를 연료로 사용하는 토치 불꽃과 알코올 램프 불꽃 또는 알코올을 직접 연소한 불꽃이었다. 고해상도 회절발 분광기를 이용하여 이 세 불꽃의 스펙트럼을 측정하였다.

토치 불꽃을 관찰하면 종종 바깥 불꽃이 붉은 색을 띠는 것을 보게 된다. Fig. 2. (a)는 토치 불꽃을 스펙트럼으로 확인한 결과로, 가시광선 전 영역에서 다른 밴드는 보이지 않고 나트륨 D-선에 해당하는 589 nm 부근의 둘로 갈라진 선이 보인다. 토치 불꽃이 눈으로 보아도 붉은 색을 보이지 않을 때는 이런 스펙트럼이 잘 관찰되지 않는다. 589 nm 부근의 이중 선 구조는 나트륨의 발광 밴드로 매우 잘 알려진 스펙트럼 양상이다 (Hollas, 2002). 시료를 묻히지 않고도 이 스펙트럼이 관찰되는 것은 나트륨의 이 발광 밴드가 매우 세기가 크다는 특징도 관련되지만 일상에 매우 흔하게 분포하고 있다는 것을 반증한다.

Fig. 2. (b)는 알코올 램프의 불꽃에 대한 스펙트럼으로 토치 불꽃과 마찬가지로 589 nm 부근의 둘로 갈라진 밴드를 보인다. 토치 불꽃과 차이가 나는 것은 토치 불꽃처럼 보이다가 안 보이고 하지 않고 언제 측정을 하든지 항상 이 같은 나트륨-D 선이 관찰된다. 실이 아닌 종이를 태우면서 스펙트럼을 관찰해도 마찬가지이다. 그런데 Fig. 2. (c)에서 볼 수 있는 것처럼 알코올 자체를 연소하면서 얻은 스펙트럼에서는 이 같은 나트륨 밴드가 나타나지 않았다. 대신에 매우 넓은 배경 신호가 장파장 쪽으로 급격하게 증가하고 있다. 이로부터 실험에 사용한 알코올 자체는 나트륨에 의한 오염 영향이 없고 알코올 램프에서 관찰되는 나트륨 성분은 램프의 심지에 존재하는 것을 판단할 수 있다.

흔히 많이 사용하는 세 불꽃에 대한 스펙트럼 분석을 정리하면, 알코올 자체 연소를 이용하는 것이 분광학적으로 가장 깨끗한 반면, 알코올 램프를 이용한 불꽃은 나트륨에 의한 오염이 상대적으로 큰 것으로 나타난다. 원소의 불꽃 반응 실험을 관찰하고 해석하는데 있어서 위 결과는 배경 지식으로 고려할 필요가 있다.

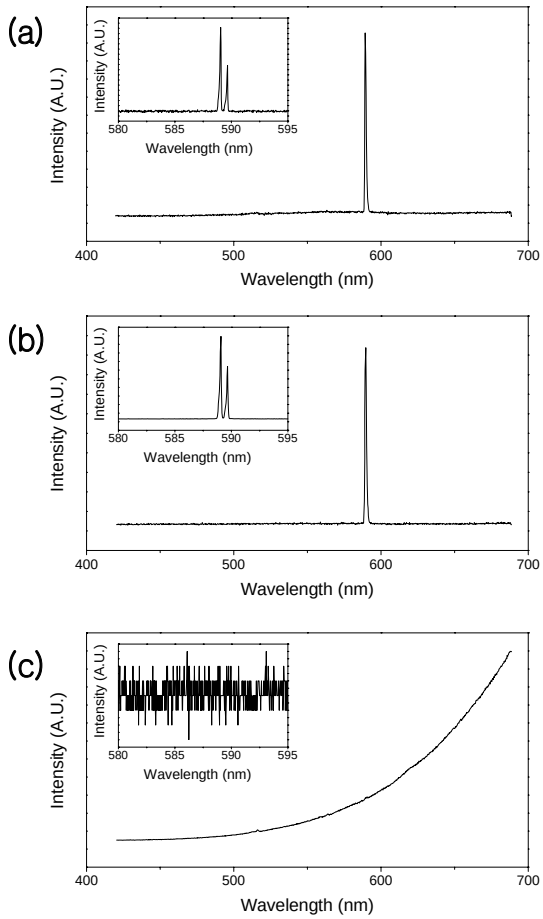

Fig. 2. The spectra of flame (a) butane-gas torch flame, (b) alcohol lamp flame, (c) alcohol flame

나트륨 원소 불꽃 반응의 분광 분석

학교 현장에서 나트륨 원소의 불꽃 반응 실험을 수행할 때에는 알코올 램프와 부탄가스를 원료로 하는 토치 불꽃을 많이 사용한다. 비록 앞의 실험에서 불꽃 자체에서 나트륨의 스펙트럼이 관찰되기는 하지만 학교 현장에서 관찰할 때는 주로 눈으로 관찰하고 나트륨이 연소될 때 시료가 있는 특정 영역에서 나는 불빛이 불꽃의 다른 영역에서 보이는 색과 충분히 구별이 된다. 그런데 나트륨의 불꽃 반응 실험에서 관찰되는 색이 항상 노란색으로 관찰되지는 않는다. 즉, 주황색 또는 붉은 계통으로 관찰되는 경우가 적지 않은데, 이 경우 학교현장에서는 실험의 부정확성이나 관찰자의 색 판단의 차이 등의 이유로 해석하고 지나치는 경우가 있다. 그럼 실험을 바르게 수행하고도

주황색 및 붉은 계통의 색이 관찰될 수 있을까? 만약 그렇다면 그 까닭은 무엇일까?

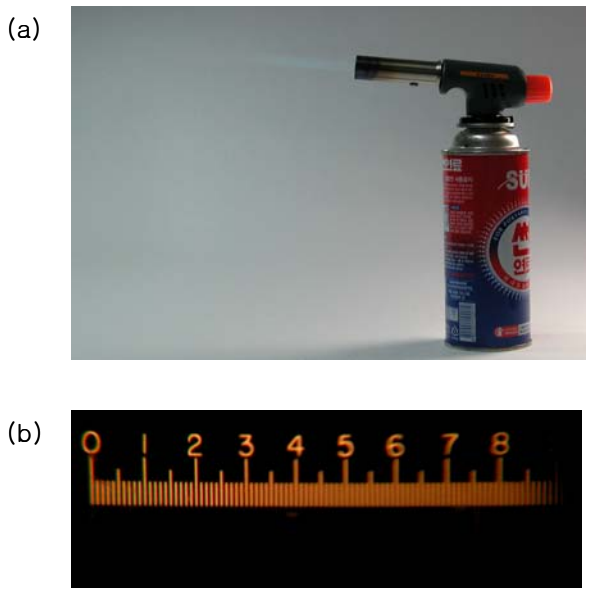

Fig. 3. The butane-gas torch flame used in the experiment (a) the picture of flame (b) the spectrum of flame obtained by a prism-based spectrometer

이 문제에 대한 해답의 실마리를 찾기 위해서 다음과 같이 실험을 수행하였다. 알코올의 직접 연소 및 알코올 램프를 사용할 경우 불꽃이 미세한 공기의 흐름에도 흔들리고 이에 따라 스펙트럼 관찰이 용이하지 않기 때문에 불꽃의 위치가 상대적으로 일정한 부탄가스 토치 불꽃을 사용하였다. 앞의 Fig. 2.에서 토치 불꽃의 경우 나트륨의 밴드가 관찰될 수 있는 가능성이 있지만, 그 자료는 매우 민감한 분광기를 이용하여 측정한 경우 관찰된 것이고 교육용으로 제작된 프리즘 분광기를 사용할 경우 그 영향을 눈으로 관찰하기 어렵다. Fig. 3. (a)는 사용한 부탄가스 토치 불꽃의 사진이며, Fig. 3. (b)는 이 불꽃을 프리즘 분광기로 관찰한 결과이다. 매우 미세하게 선스펙트럼이 관찰되지만 그 세기가 워낙 작아서 사진 상으로는 거의 관찰되지 않는 것을 보여준다.[1] 이로부터 NaCl 시료의 불꽃 반응에 의한 결과 해석에 간섭을 일으킬 여지가 거의 없다고 판단하였다. 시료는 일반적으로 가장 많이 사용하는 형태 중의 하나인, NaCl 시료를 니크롬선 또는 백금선에 묻혀서 사용하는 방법으로 실험하였다. 이렇게 할 경우 불꽃에 시료를 넣는 순간 매우 짧은 시간 동안에 밝은 빛을 내고 사라지므로 스펙트럼 분석을 얻을 때 일정한 시점에 집광하기가 대단히 어렵고, 이 때문에 얻어진 스펙트럼의 밴드 세기가 일정하지 않았다. 토치 불꽃을 이용하여 나트륨 불꽃 반응을 일으키는 상황을 보여주는 사진을 Fig. 4.에 실었다.

Fig. 4. The picture of putting a nichrome wire stained with NaCl into the torch flame

스펙트럼 관찰은 두 가지 방법으로 수행하였다. 교육용으로 제작된 프리즘 분광기는 분광 능력은 떨어지지만 분광된 빛의 색을 눈으로 직접 관찰할 수 있기 때문에 색과 파장을 연결하는데 도움이 된다. 이 같은 특징을 이용하기 위하여 같은 시료에 대해서 프리즘 분광기를 이용하여 측정을 하였다. 프리즘 분광기는 눈으로 직접 관찰하도록 구성되어 있는데, 실험 결과를 디지털 사진으로 기록하기 위하여 눈으로 관찰하는 부분에 디지털 카메라를 장착하여 순간순간을 촬영하였다. 빛의 정밀한 파장 분석을 위해서는 고해상도 회절발 분광기를 사용하였다. 이 경우 스펙트럼을 매우 정밀하게 분석할 수는 있고 데이터가 수치로 컴퓨터에 저장되어 기록된다.

먼저 프리즘 분광기를 이용하여 Fig. 4.와 같이 불꽃 반응이 진행되는 동안에 분광된 빛의 스펙트럼을 무작위로 촬영하였다. 얻어진 결과 중에서 빛의 세기가 약한 것에서부터 강한 것의 순으로 Fig. 5.에 나열하였다. 측정하는 시점과 나트륨 불꽃이 강하게 발생하는 시점을 정확히 맞추기는 어렵기 때문에 시간에 대한 변화를 해석하는 것은 큰 의미가 없다. Fig. 5.는 이 실험에서 빛의 세기가 약한 것에서 센 것까지 나타난 다양한 스펙트럼을 보여준다.

1) 이 결과를 얻어진 자료 그대로 관찰하면 특정한 선 스펙트럼이 쉽게 보이지 않지만 스펙트럼 사진을 확대하고 정밀 디지털 처리를 하면 미약하게 선 스펙트럼이 존재하는 것을 확인할 수 있다.

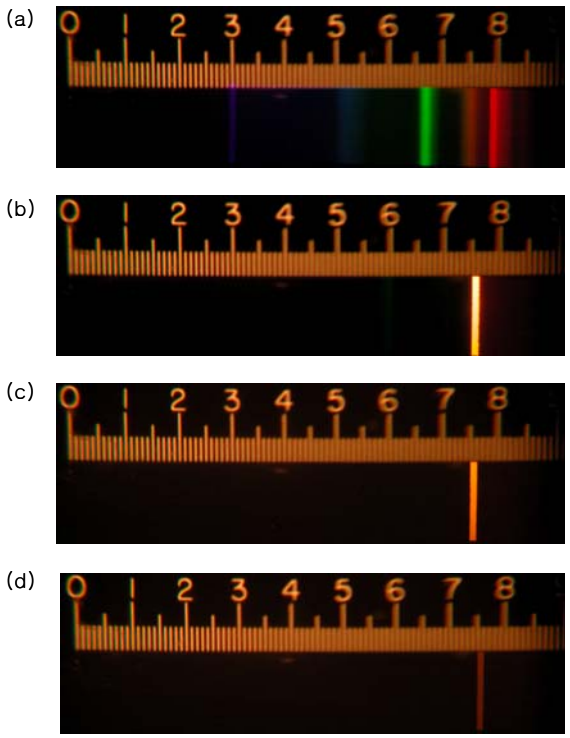

Fig. 5. The spectra of Na flame reaction obtained by a prism-based spectrometer (a) The spectrum of the fluorescent as a reference (b)-(d) The spectra of Na flame reaction obtained from another point of view

Fig. 5.에 표시된 눈금 및 숫자는 절대적인 파장을 의미하는 것은 아니며, 단지 파장에 따른 상대적인 위치를 파악하는 데 도움을 주기 위한 도구이다. Fig. 5.의 (a) 이미지는 눈금과 파장의 관계를 보여주기 위한 자료로서 형광등 빛을 수집하여 얻은 스펙트럼이다. 눈금 3 위치에 보라색, 5-5.5사이에 넓은 영역으로 약하게 청색, 6.5와 7.0 사이에 초록색, 8근처에 빨간색 등이 나타나서 눈금의 위치에 대한 상대적인 파장의 위치를 가늠할 수 있다. Fig. 5.의 (b)-(d)는 모두 7.5-7.6사이에 하나의 선 스펙트럼을 나타내고 있다. 위치가 동일하다는 것은 광원이 동일한 파장을 갖는다는 것을 의미한다. 그런데 특이한 점은 모두 보이는 색이 다르다는 것이다. 어떤 것은 매우 붉은 색으로 보이고 어떤 것은 주황색으로 보이고 어떤 것은 노란색으로 보인다는 것이다.

이 결과는 본 연구에서 제기된 문제, 즉 나트륨 불꽃반응 실험에서 실험실 상황 및 조건에 따라서 나트륨 불꽃 색이 노란색뿐만 아니라 주황색으로도 관찰되는 이유에 대한 해답을 제시해 준다. 학교 현장에서 나트륨 불꽃반응 색이 노란색이 아닌 색으로 관찰될 때 불순물의 관여를 비롯한 잘못된 실험 조건에서 야기된 것으로 해석하거나 관찰자의 부정확한 주관적 판단 등으로 해석하는 사례가 있다. 그런데 이 실험결과를 보면, 노란색에서 붉은색 계통의 색으로 관찰되는 것은 비록 눈으로 다른 색으로 관찰되지만 파장은 같은 것이라는 것을 확인할 수 있다.

이 선 스펙트럼의 파장을 정밀하게 측정하기 위하여 고해상도 회절발 분광기를 이용하여 나트륨의 불꽃 스펙트럼을 측정하였다. Fig. 6.은 넓은 영역이 측정되도록 300 gr/mm 회절발

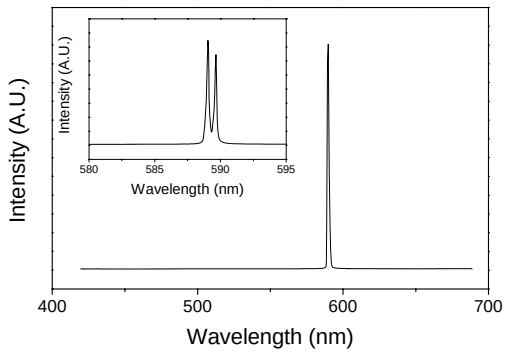

Fig. 6. The spectrum of Na flame reaction obtained by a high-resolution grating-based spectrometer

을 사용하여 얻은 스펙트럼과 좁은 영역에서 미세 스펙트럼 구조를 보기 위해서 1800 gr/mm 회절발을 사용하여 얻은 스펙트럼을 나타낸다. Fig. 6.에 나타낸 스펙트럼은 가시광선 영역 전반에 있어서 589 nm 에 하나의 발광 밴드만 나타나는 것을 보여준다. Fig. 6.에 삽입된 그림으로 나타낸 스펙트럼은 고해상도로 얻은 스펙트럼으로 589 nm 부근의 발광 밴드가 자세히 보면 하나가 아니고 미세한 파장의 차이로 둘로 갈라져 있음을 나타낸다. 이 같은 특징은 Na 원자의 발광 스펙트럼의 독특한 특징으로 관찰된 스펙트럼이 나트륨의 스펙트럼임을 증명한다 (Hollas, 2002).

빛의 파장과 색의 관계

589 nm 파장의 빛이 왜 다른 색으로 보일까?

인간의 눈에는 원추형으로 된 시각 센서와 막대형으로 된 시각 센서가 있는데, 원추형 센서가 주로 색을 구별하고 막대형 센서는 주로 명암을 구별한다 (Vander et al., 1994). 색을 구별

하는 센서는 파란색, 초록색, 빨간색을 구별하는 세 가지 센서가 독립적으로 존재하고 이들 센서가 느끼는 세기에 따라서 색을 구별하게 된다. 파란색, 초록색, 빨간색을 구별하

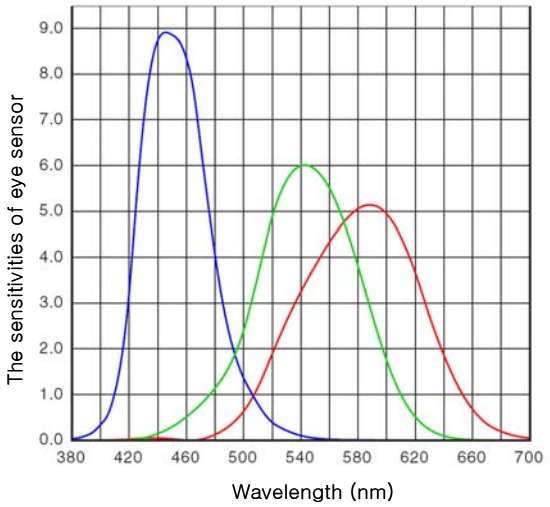

Fig. 7. The sensitivity distribution of the conical eye sensor (Wyszecki and Stiles, 2000)

는 센서는 Fig. 7에 나타낸 것처럼 각각 400-500 nm, 450-630 nm, 500-700 nm 영역의 빛을 감지한다 (Wyszecki and Stiles, 2000; Hunt, 2004). 즉, 시각 센서들은 넓은 파장 영역의 빛에 대해서 반응하고 각각의 민감한 영역이 구별되어 있다. 그래서 589 nm의 빛이 눈에 들어올 때 빨간색을 인지하는 센서만 감응하는 것이 아니고 다른 센서들도 정도의 차이는 있지만 감응하게 된다. 또 시각 센서는 빛의 양이 매우 적을 경우에서부터 매우 많을 경우까지 반응을 하도록 되어 있는데, 빛의 양이 어느 정도 한계를 넘어서면 더 이상의 빛이 들어와도 그 차이를 느끼지 못하고 포화가 된다. 그래서 태양광처럼 매우 많은 빛이 눈으로 직접 들어오면 백색으로 느끼게 된다.

국제 기구 CIE (International Commission on Illumination 또는 Commission Internationale de l'Eclairage)에서는 인간이 감지하는 색과 빛의 파장 사이의 제반 관계에 대한 표준을 정하고 있다 (CIE, 1931; CIE 1963). 이에 의하면 특정 파장 λ의 빛이 눈에 들어왔을 때 빨간색, 초록색, 파란색을 인식하는 센서가 느끼는 정도를 각각 R(λ), G(λ), B(λ) 세 함수로 표현되는데, 이 세 함수는 Fig. 7의 각 곡선에 비례하는 함수이다. 인간이 지각하는 색은 이 세 함수와 빛의 세기, I(λ)에 의해서 결정된다 (Wyszecki and Stiles, 2000).

$$\text{Color} \leftarrow I(\lambda)\times(R(\lambda),\ G(\lambda),\ B(\lambda))$$

어두운 암실에서 나트륨에 의한 589 nm 빛이 극히 적은 양 발생한다면 세 가지 센서는 빛을 감지하지 못할 것이다. 그러면 눈은 검은색으로 판단하게 될 것이다. 반대로 이 파장의 빛이 매우 강렬하면 어떻게 될까? 빨간색과 초록색 센서를 포함하여 파란색 센서까지도 쉽게 포화될 것이다. 그렇게 되면 결과적으로 백색광으로 보이게 된다. 실험에서 우리가 관찰하는 영역은 검은색과 백색광의 사이가 될 것이다. 589 nm 파장의 빛이 광량이 작을 때는 이 파장에서 상대적으로 민감도가 높은 빨간색 센서가 크게 반응하고 빨간색 계열의 색으로 파악될 것이다. 광량이 많아지면 빨간색 센서는 점차 포화상태에 가까워지면서 늘어나는 광량을 느끼지 못하고 초록색 센서는 상대적으로 늘어나는 광량을 더 잘 느끼게 되면서 초록색을 느끼는 정도가 점차 커지게 된다. 이 과정에서 초록색 빛과 빨간색 빛의 혼합 영역인 노란색이 두드러지게 된다. 이 때문에 Fig. 5에서 Na의 발광 선에 해당하는 곳의 색 변화가 나타난다.

결 론

중학교에서 원소의 종류를 확인하는 실험으로 도입되는 불꽃 반응 실험 중에서 가장 대표적인 사례 중의 하나로 인식되는 나트륨의 불꽃 반응 실험에 있어서 관찰되는 색과 파장과의 관계를 분석하였다. 많은 교사들의 경험에서 나트륨의 불꽃색이 노란색으로 보이기도 하지만 주황색 등 붉은 계통의 색으로도 관찰되고 있다. 이렇게 노란색이 아닌 색으로 관찰되는 현상을 시료 속의 불순물의 영향 등 실험 수행 및 조건의 차이로 해석하거나 관찰자의 주관적 판단의 차이로 보는 경우들이 있다.

본 연구에서는 색의 관찰과 빛의 분산이 가능한 프리즘 분광기와 정밀한 파장 측정이 가능한 고해상도 회절발 분광기를 사용하여 실제 관찰되는 색을 분석하였다. 실험 조건 및 상황에 따라 나트륨 불꽃 반응에서 나오는 빛은 노란색을 비롯한 붉은 계통의 색이 관찰되었다. 이 색을 프리즘 분광기와 회절발 분광기를 사용하여 분석하였을 때 불순물의 영향은 발견할 수 없었고 나트륨 원자의 발광 선스펙트럼인 589 nm 부근의 이중선 구조만이 관찰되었다. 이로부터 나트륨 불꽃 반응 실험에서 관찰되는 주황색 및 붉은 계통의 색이 나트륨에서 나온 것임을 확인할 수 있었다. 또 파장이 같음에도 불구하고 다른 색으로

관찰되는 이유에 대해서는 눈의 시각 센서가 빛의 세기에 따라서 보이는 민감도의 차이로 해석하였다.

ABSTRACT

In this study the relation between color and wavelength observed in the experiment of Na flame reaction, that is introduced as one of experiments for distinguishing elements by flame color in the national science curriculum for middle school students, was analyzed. Even though the flame color of Na atom is well understood as yellow, sometimes orange or reddish color was observed by different observers. In order to confirm the relationship between color and wavelength observed in the experiment a prism-based spectrometer and a high-resolution grating-based spectrometer were utilized to measure and analyze the color and spectrum of Na flame. The analysis of the results confirmed that both the orange and yellow color light have the same line spectrum having a emission band at ca. 589 nm. The reason that lights with the same wavelength appear as different color was interpreted due to the different response of human eye color sensors of red, green and blue as a function of light intensity.

Key words : Flame Reaction Experiment, Sodium, Spectrometer, Eye Sensor

참고문헌

교육인적자원부 (1997) 중학교 교육과정 해설(III). 대한교과서 주식회사.

김영애 (2005) 중학교 3학년 불꽃 반응 실험 장치의 개선 연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.

김영애, 이은경, 강성주 (2005) 중학교 과학 교과서 불꽃반응 실험에서 선스펙트럼 관찰의 문제점 분석 및 개선 연구. 대한화학회지. 49(6): 584-590.

김종택, 김영수 (1981) 불꽃 반응 및 스펙트럼 관찰 기구 개발. 제27회 전국과학전람회.

박동조 (2000) 중학교 과학 교과서 중 원소의 불꽃반응과 확산 실험의 분석 및 개선에 관한 연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.

홍장표 (1981) 원소 불꽃 반응 및 스텍트럼 관찰기. 제27회 전국과학전람회.

CIE (1931) Commission Internationale de l'Eclairage Proceedings. Cambridge University Press.

CIE (1963) Committee Report E-1.4.1 in CIE Proceedings (Vienna Session). Bureau Central de la CIE. Vol. B pp 209-220.

Hunt RWG (2004) The Reproduction of Colour, 6th ed. Wiley-IS&T. pp 11-12.

Dalby DK (1996) Journal of Chemical Education 73: 80.

Hollas JM (2002) Basic and Molecular Spectroscopy. Wiley-Interscience. p 6.

Vander AJ, Sherman JH and Luciano DS (1994) Human Physiology. McGraw-Hill, Inc. pp 256-257.

Wyszecki G and Stiles WS (2000) Color Sience. Wiley-Interscience. pp 117-248.