

# 이것이 궁금합니다

오문현(연세대학교 화학과), 조 원(연세대 화학과 대학원)

**Q<sup>1</sup>** 고등학교 1학년 학생입니다. 실험시간에 선생님이 요오드 시계반응을 했습니다. 그런데 요오드 시계반응은 다른 화학반응과는 달리 일정한 시간이 지난 뒤에 색이 갑자기 변했거든요. 그 이유는 무엇 때문인가요?

요오드 시계반응은  $\text{HSO}_3^-$  이온이 있는 용액에  $\text{IO}_3^-$ 의 용액, 그리고 녹말 용액이 섞이면 혼합물은 무색으로 있다가 갑자기 보라색으로 변하게 됩니다. 이 혼합물이 색이 없는 상태로 있는 동안의 시간을 시계주기라고 부르는데 시계주기는  $\text{HSO}_3^-$  이온과  $\text{IO}_3^-$  이온의 초기 농도에 따라 변하게 됩니다. 또한 이 반응에서 색이 변하는 이유는 반응에서 생성되는  $\text{I}_2$ 나  $\text{I}_3^-$ 가 녹말의 나선구조 사이에 들어가 색이 나타나게 되는 것입니다. 이때 반응 초기에 생긴  $\text{I}_2$ 는 바로 녹말과 반응하는 것이 아니라 용액 중에 존재하는  $\text{HSO}_3^-$ 과 반응하여 다시 녹말과 반응하여도 색깔 변화를 주지 않는 화학종으로 변합니다. 따라서, 용액 중의  $\text{HSO}_3^-$ 가 다 소모되고 나서 생긴  $\text{I}_2$ 나  $\text{I}_3^-$ 가 비로써 녹말과 반응하여 색깔 변화를 나타내게 되는 것입니다.

**Q<sup>2</sup>** 그리고 요오드-요오드화칼륨 수용액과 녹말의 반응에서 색이 변하는 정확한 이유가 무엇 때문인가요?

녹말과 반응하여 색이 나타나는 것은 요오드 때문입니다. 요오드는 분자식이  $\text{I}_2$ 이고 진한 보라색을 띠고 있습니

다. 그런데 요오드는 물에 잘 녹지 않는 물질이기 때문에 물에 잘 녹는 요오드화칼륨과 혼합한 요오드-요오드화칼륨 수용액을 이용해서 녹말 검출에 이용합니다. 그 과정은 다음과 같습니다. 요오드는 요오드화칼륨과 잘 섞이기 때문에, 먼저 물에 잘 녹는 요오드화칼륨을 물에 녹여 요오드화칼륨 수용액을 만들고 그 수용액에 요오드를 녹여서 요오드-요오드화칼륨 수용액을 만듭니다. 이렇게 만들어진 요오드-요오드화칼륨 수용액은 평상시에 검색을 띠게 됩니다. 그러나 녹말에 떨어뜨리면 요오드 분자( $\text{I}_2$ )가 요오드화칼륨 수용액으로부터 분리되어, 나선형 구조를 이루고 있는 녹말 분자의 나선 속으로 끼어들게 되고 그로인해 요오드분자( $\text{I}_2$ ) 본연의 색인 보라색을 띠게 되는 것입니다.

**Q<sup>3</sup>** 예전에 TV에서 물에 전분을 넣으면 물위를 걸을 수 있다고 했는데, 어떻게 그런 일이 가능한가요?

점탄성의 원리 때문입니다. 전분과 물을 2:1로 섞어주면 비뉴턴성(비중력성)유체가 됩니다. 이 용액은 누르는 강한 힘을 받으면 순간적으로 고체 상태로 변하는 점탄성을 갖게 됩니다. 여기서 녹말이 점탄성을 띠는 원리는 녹말의 구조적 특성에 기인합니다. 녹말은  $\alpha$ -helix 라는 나선구조로 이루어져 있는데 (그림참조)

그림에서와 같이 가운데 분자구조가 비어있어 물 분자의 출입이 자유롭습니다. 이 때 녹말은 유동성을 가지는

# Q & A

선생님과 학생들의 화학에 대한 궁금증을 풀어드리기 위한 화학교육 Q&A 컬럼입니다.



액체의 성질을 띠게 됩니다. 그러나, 충격을 가하게 되면 양끝이 막히면서 물 분자가 갇히게 되어 고체의 성질을 띠게 되는 것입니다. 용액에 가해지는 힘이 강해질수록 점탄성은 더 강해집니다. 따라서 사람이 물위를 걸으면 용액에 누르는 강한 힘을 받게 되므로 순간적으로 고체 상태로 변하게 되어 물 위를 걸을 수 있게 됩니다. 그러나 힘을 주지 않으면 바로 다시 액체로 변합니다.

**Q<sup>4</sup>** 학교에서 발광 냐시찌로 온도에 따른 반응속도의 변화라는 실험을 했습니다. 그런데 제가 궁금한 것은 온도에 따른 속도의 변화보다는 냐시찌에 어떤 물질이 들어있어서 발광을 하는지가 궁금합니다. 어떤 화학반응 때문인가요?

그림같이 구성된 발광 냐시찌를 구부리면 안에 있는 얇은 벽의 유리관이 깨지면서 그 안에 든 과산화수소와 플라스틱 관에 들어있는 디페닐옥살레이트와 만나 반응하여 형광을 나타내게 됩니다. 이렇게 두 물질이 만나 화

학반응을 통해 생성된 에너지를 빛에너지로 나타내는 것을 화학 발광이라고 합니다. 발광 냐시찌에서는 디페닐옥살레이트가 에너지를 받아 불안정한 상태가 되어 안정한 상태로 가기 위해 에너지를 내놓게 되는데 그 에너지를 빛의 형태로 내어 우리 눈에 형광으로 보이게 되는 것입니다.

〈발광 냐시찌의 구조〉



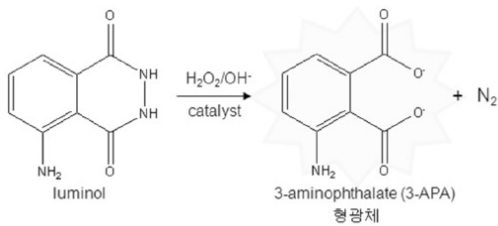
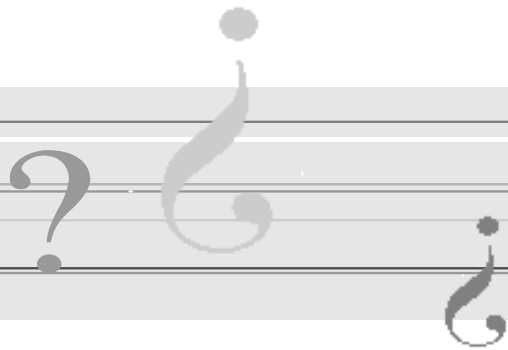
디페닐 옥살레이트 용액이 든 유연한 플라스틱 또는 비닐관

**Q<sup>5</sup>** 얼마 전 미국드라마 'CSI'에서 본 장면인데요, 깨끗한 범죄현장에서 CSI요원이 무슨 약품 같은 것을 뿌리니까 아주 오래된 핏자국들이 선명하게 나타나는데, 어떤 원리로 가능한 것인가요?

Q4에서 언급한 형광물질 중에는 루미놀이라는 물질이 있습니다. 이 물질은 혈흔을 찾는데 사용되는데 혈액의 헤모글로빈과의 반응을 통해 범죄현장에서 보이지 않는 혈흔을 찾는데 많이 사용되고 있는 과학 수사법입니다.

염기성인 루미놀은 과산화수소와 섞인 상태에서 촉매가 있을 때 3-aminophthalate (3-APA)로 변하면서 형광

# Q & A

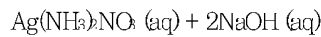
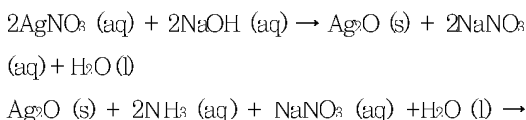


빛을 냅니다. 루미놀의 산화를 촉진시키는 촉매는 여러 가지가 있으나 여기서는 촉매로서 혈액의 헤모글로빈이 그 역할을 하게 됩니다. 그래서 눈에 보이지 않는 미량의 혈액이 남아있을 때 빛이 없는 상태에서 루미놀 테스트를 통해 혈흔을 찾을 수 있는 것입니다.

## Q<sup>6</sup>

**얼마 전 학교에서 은거울반응을 했습니다. 그런데 선생님이 톨렌시약은 은거울 반응을 할 때마다 새로 만들어서 사용해야 한다고 하셨습니다. 톨렌시약을 만들어서 장기간 두면 폭발할 수 있다고 했는데, 왜 그런가요?**

톨렌스 시약은 암모니아성 질산염(Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>)을 말합니다. 톨렌스 시약 반응은 아래와 같이 반응식을 나타낼 수 있습니다.



이렇게 생성된 톨렌스 시약에 알데하이드를 첨가시키면 알데하이드는 산화가 되어 카르복실산으로 되고 은이온은 은으로 환원되어 은거울 반응이 됩니다. 그러나 이 시약을 오래도록 방치해 놓게 되면 암모니아 (NH<sub>3</sub>)와 수산화나트륨(NaOH)이 반응하여 아자이드화 나트륨 (NaN<sub>3</sub>)이 생성됩니다. 이렇게 생성된 아자이드화나트륨과 질산염(AgNO<sub>3</sub>)이 반응을 하면 AgN<sub>3</sub> (silver azide)가 생성됩니다. AgN<sub>3</sub>는 높은 폭발성을 가지고 있기 때문에 톨렌스 시약을 장시간 두게 되면 폭발할 수 있는 것입니다.

