

# 이것이 궁금합니다

Q 01

올해의 노벨상 수상은 “준결정”의 연구에 대한 결과라고 하는데 유리와 같은 비결정성고체와 준결정의 차이는 무엇인가요?

유리는 비결정성 고체 혹은 과냉각된 고체이며, 단거리 질서를 갖으나 장거리 질서는 갖지 않습니다. 그런데 준결정은 유리와 결정의 중간 물질로 질서는 있지만 규칙적으로 반복되지 않는 구조를 가진 물질입니다. 예를 들자면 모양이 다른 타일 2개를 그 순서가 반복되지 않도록 배열하여, 3차원적으로 여러 층이 쌓여있는 형태입니다. 결정에서는 2, 3, 4, 6-회(fold) 회전축이 있지만 준결정에서는 5, 8, 10-회 회전축도 나타납니다. 즉 삼각형, 사각형, 육각형은 빈 공간 없이 반복적으로 배열할 수 있으나, 오각형이나 팔각형 등은 규칙적인 반복구조를 만들 수 없습니다.

준결정은 보통 다성분계 합금에서 나타나며, 1982년 4월 이스라엘의 다니엘 섹트먼 교수가 알루미늄과 망간의 합금에서 처음 발견하였습니다. 일반적인 고체는 원자 또는 분자가 규칙적으로 반복되는 형태의 결정으로 되어 있으나, 준결정의 구성 입자는 규칙적인 배열을 하지 않습니다.

1992년 국제 결정학 협회에서는 결정의 정의를 「원자가 규칙적으로 배열 된 물질」에서 「명확한 회절 패턴이 나타나는 물질」로 바꾸었습니다. 섹트먼 교수의 준결정 발견 이후 여러 연구실에서 많은 준결정들이 합성되었음에도 섹트먼 교수의 준결정에 관한 연구는 인정받지 못했으나, 미국의 프린스턴대와 이태리의 자연사 박물관 공동 연구팀이 러시아에서 채취한 자연광물에서 동일한 준결정 구조를 발견한 후 비로소 인정받게 되었습니다.

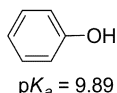
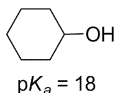
미국-이태리 공동연구 결과 : Science **2009**, 324, 1306

Q 02

알코올에서의 -OH는 중성이지만 페놀에서의 -OH는 산성이라고 들었습니다. 어떤 이유 때문에 차이가 발생하나요?

페놀류는 알코올과 구조적으로 비슷하지만 훨씬 더 강한 산입니다. 대부분의 알코올의  $pK_a$ 는 16~18인데 비하여 페놀류의  $pK_a$ 는 11이하입니다.

구조가 유사하다고 볼 수 있는 페놀과 사이클로헥산올을 비교해 보면 페놀의  $pK_a$ 는 9.89로 사이클로헥산올의  $pK_a$ 인 18과  $pK_a$  단위로 8만큼 아주 큰 차이가 납니다.

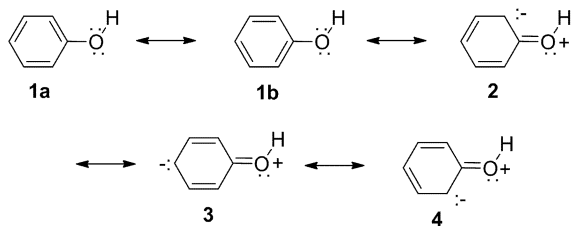


실험적 그리고 이론적인 결과에 의하면 페놀의 큰 산도는 -OH의 산소를 더욱 양성으로 만드는 페놀의 전하분포에 주로 기인됨이 알려져 있습니다. 그래서 양성자가 덜 강하게 잡혀있는 것이지요. 실제로 페놀의 벤젠 고리는 사이클로헥산올의 사이클로헥세인 고리에 비하여 전자를 끄는 그룹으로 행동합니다.

이 효과는 페놀에서 하이드록실 그룹을 지니고 있는 탄소 원자가  $sp^2$  혼성인 반면 사이클로헥산올에서는 그것이  $sp^3$  혼성임을 주목하면 이해가 됩니다.  $sp^2$  혼성인 탄소 원자는  $s$  성격이 더 크기 때문에  $sp^3$  혼성인 탄소 원자보다 더 전기음성적이지요.

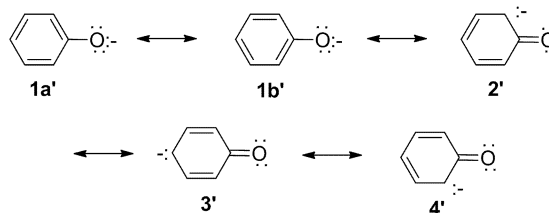
전자분포에 영향을 주는 또 다른 요인은 구조 2~4가 페놀의 전체적인 공명혼성에 기여하는 것입니다. 이들 구조의 효과는 하이드록실 그룹으로부터 전자를 끌어당겨서 산소를 양으로 만드는 것입니다.

페놀의 공명구조 :



페놀이 사이클로헥산올에 비해 더 큰 산도를 지닌 데 대한 또 다른 설명은 페옥시화 이온의 유사한 공명구조를 토대로 할 수 있습니다.

페옥시화 이온의 공명구조 :



페놀의 구조 2~4와 달리 페옥시화 이온의 공명구조 2'~4'에는 전하의 분리가 없습니다. 공명이론에 따르면 2~4와 같은 구조가 페놀을 안정화시키는 것 보다 2'~4'와 같은 구조가 페옥시화 이온을 안정화시키는 효과가 더 큼니다(물론 사이클로헥산올이나 그것의 음이온은 공명구조를 쓸 수 없지요). 페옥시화 이온(짝염기)이 페놀(산)보다 더 안정하므로 산도를 증가시키는 효과를 가지게 되는 것입니다.

Q 03

도자기를 가마에 구우면 그 성질이 바뀌어 단단해지고, 충격에 깨지기까지 합니다. 굽는 과정에서 일어나는 변화가 궁금합니다.

도자기의 주성분인 점토는 암석 또는 광물의 분해물 중 모래보다 입자가 작은 것들의 총칭이며, 규산염, 운모, 석영, 장석 등을 포함합니다. 따라서 다양한 성분들의 입자가 존재하지요. 점토를 물에 개어 성형한 후 건조시키는 과정에서 다량의 수분이 제거됩니다.

약 900°C에서 초벌구이를 하면 결정수를 포함한 모든 수분과 유기물질들이 분해, 제거되며, 소결(sintering)에 의해 입자간 결합이 약하게 생성되지만 많은 기공이 만들어집니다. 1200~1300°C의 고온에서 다시 구우면 소결이 완전하게 되어 기공이 거의 사라지며, 이때 입자간 경계에서 화합물과 고용체가 생성되고 화합물들의 분해 용융에 의한 유리상이 생성되어 입자간 결합이 강해지므로 강도가 크게 증가하게 됩니다.

유약은 규산과 산화알루미늄이 주성분이며 여기에 나트륨, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 철, 구리, 망간 등이 더해지고, 종류에 따라 납, 아연 등이 사용되기도 합니다. 초벌구이를 마친 도자기에 유약을 바르고 구우면 유약성분이 유리질로 변하여 기공을 완전히 메웁니다. 따라서 통기성 및 투수성은 사라지며 강도는 더욱 증가하게 됩니다.

인간생활에 필수적이며 편리한 수많은 발명품 중 최고의 발명품으로 선정된 것이 도자기입니다.