

간 냉각기 사이의 공간에서는 섭씨 200도 이상에서 가동되는 것이 일반적이며 섭씨 230도 까지도 올라갈 수 있다. 동시에 자동차 제조회사들은 무게 때문에 금속을 플라스틱으로 대체하고 싶어하며 가능한 가격도 낮추고 싶어한다. 현재까지 이들 온도영역에 견딜 수 있는 부품으로는 상당히 비싼 엔지니어링 레진 이외에는 대체할 재료가 없었다. 울트라미드는 우수한 열 노화 특성 및 우수한 공정특성도 가지고 있어 이들 사이의 간격을 메우고 디젤 엔진의 공기 공급 덕트에 플라스틱의 사용량을 확대시킬 수 있을 것이다. 사용 가능한 응용분야는 중간냉각기 마감 캡, 공명기, 공기 공급 라인, 조절판 및 수 냉각 중간 냉각기가 통합된 터보과급기, 흡입 매니호울드와 같이 상대적으로 온도가 낮은 부분으로 앞으로 수요가 많이 확장될 부분이다. 이들 새로운 폴리아미드는 2010년 K 쇼에서 소개될 예정이며 10월에 유럽에서 시료구입이 가능할 것이다.

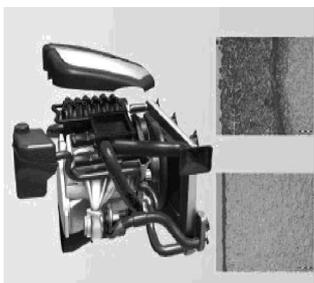


그림 5. New heat resistant polyamide 및 이를 이용하여 제작된 엔진.

<출처: <http://www.azom.com/news.asp?newsID=22350>>

절대 영도까지 얼지 않는 스핀의 액체가 나타내는 특이한 성질

교토 대학과 이화학 연구소는 공동으로 양자 역학적인 영점 진동과 기하학적 장해 효과에 의해, 절대 영도까지 동결되지 않는 스핀의 액체에 대한 연구를 실시했다. 이 연구는 양자 스핀 액체 상태에서 지금까지 알려지지 않았던 놀랄 만한 성질을 극저온에서 나타낸다는 사실을 보여준다. 일반적으로 전기가 통하는 것은 열도 잘 전달한다. 이러한 상식에 반해, 이번 연구의 양자 스핀 액체 상태는 전기가 전혀 흐르지 않는 절연체 상태인 것에도 불구하고, 금속과 같은 정도의 열 전도성을 갖는다는 것을 확인해 절대 영도에서의 물질에 대한 완전히 새로운 응축 상태의 이해로 연결될 전망이다. 이번 성과는 2010년 6월 4일, 미국 과학잡지 "Science(사이언스)"에 게재되었다.

온도를 내리면 물은 얼음이 된다. 이것은 온도를 내리면 물 분자가 운동 에너지를 잃어 질서를 되찾으면서 정렬하기 때문이다. 온도에는 더 이상 내려가지 않는 절대 영도(-273.15 °C)라는 온도가 있는데, 이 온도에서는 모든 운동이 완전히 정지한다고 생각되고 있다. 그런데 미크로 세계를 지배하는 양자 역학의 법칙에 의하면, 원자는 절대 영도에서도 요동하면서 운동하는 것이 가능하다. 그것은 절대 영도에서도 액체인 채로 존재하는 것이 가능하다는 것이다. 그런데 원자는 결정을 이룬 상태에서도 하나 하나가 미크로 자석의 성질을 가지는 경우가 있다. 이것은 원자를 구성하는 전자의 자전에서 오는 것으로 스핀으로 불리고 있다. 이 스핀은 고온에서는 스핀의 액체 상태인데, 온도를 낮추면 스핀의 고체상태가 된다. 이것이 자석이다. 지금까지 절대 영도에서는 물이 얼음이 되듯 반드시 스핀은 고체상태가 된다고 알고 있었다. 그러나 세상에 스핀을 잘 정렬할 수 없는 상황이 있다. 가장 간

단한 예는 삼각형으로 정렬한 스핀이 서로 다른 방향으로 여기되는 경우이다(그림 6). 이러한 상황은 프루스트레이션(frustration)이라고 불리는데, 이 상황의 스핀은 정렬되지 않기 때문에, 양자 역학적인 효과와 함께 절대 영도에서도 스핀이 액체 상태로 머무는 것이 가능할 것으로 기대되어 왔다.

실제로 최근에 되어서야 삼각 격자를 가지는 물질의 합성이 가능하게 되어, 절대 영도에서도 스핀이 정렬하지 않는 물질이 발견되었다. 이것은 지금까지의 상식을 뒤집는 것으로 양자 스핀 액체로 불리며 최근 큰 주목을 끌고 있다. 교토 대학과 이화학 연구소는 최근 발견된 양자 스핀 액체 상태를 가지는 유기물질(그림 7)을 절대 영도 근처까지 냉각해, 양자 스핀 액체가 어떻게 열을 전할까를 조사했다. 일반적으로 금속 중에서는 전자가 자유롭게 돌아다니는 것이 가능하고, 이 전자가 열도 옮겨 주기 때문에 금속은 열을 잘 전달한다. 그에 비해 플라스틱이나 옷감과 같은 절연체에서는 전자가 흐르지 않기 때문에 열은 거의 전해지지 않는다. 그렇지만 이번 연구에 의해 양자 스핀 액체는 절연체임에도 불구하고 금속에 필적할 만큼 열을 잘 전달한다는 것을 발견했다. 이 놀랄 만한 성질은 스핀 액체 상태의 스핀이 단지 랜덤인 방향을 향한 보통 액체 상태가 아니고, 완전히 새로운 양자 역학적인 액체 상태인 것을 의미하고 있다. 양자 스핀 액체 상태의 특이한 성질을 실험적으로 확인하는데 성공한 것으로, 절대 영도 부근에서의 물질에 대한 새로운 응축 상태의 이해로 연결될 것으로 보인다. 또 양자 스핀 액체 상태는 초전도와 밀접한 관계를 가지고 있어 새로운 초전도 발현 기구의 해명에도 도움이 될 것으로 기대하고 있다.

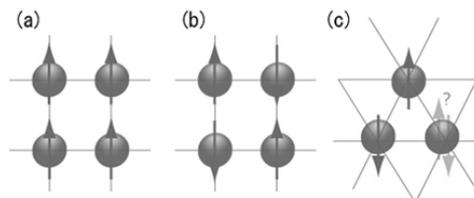


그림 6. 삼각형으로 정렬한 스핀이 서로 다른 방향으로 여기되는 경우의 예.

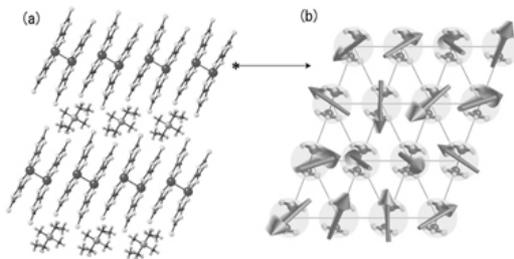


그림 7. 삼각격자 구조가 가능한 유기화합물(EtMe₃Sb[Pd(dmit)₂]₂).

<출처: http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news_data/h/h1/news6/2010/100604_1.htm>

펨토초 레이저 분광법으로 관찰한 분자 광해리

오타와 대학교(University of Ottawa)에서 개발된 기술 덕분에, 이제 과학자들이 펨토초 시간(femtosecond timescale)에서 반응하는 원자들을 세부적으로 볼 수 있다. 캐나다의 과학자들이 펨토초 레이저 분광법(femtosecond laser spectroscopy)을 사용하여 브롬(bromine) 분자들의 광해리(photodissociation) 현상을 관찰했다. 그들은 그 레이저가 해리하는 분자들로 하여금 방출하도록 하는 극

자외선(extreme ultra-violet, EUV) 방사를 0.5 아토초(atto-seconds, 5×10^{-19})의 정확성으로 관찰했다. 이들은 원자들이 움직이는 것을 관찰할 수 있었고, 원자들이 어디에 있는지도 알 수 있었다고 캐나다 국립 연구위원회의 펨토초 과학 그룹(Canadian National Research Council's femtosecond science group)을 이끄는 Paul Corkum이 말했다. 오타와 연구진은 강력한 펨토초 레이저를 사용하여 원자들로부터 전자들을 뺐은 다음, 강제로 그것들이 되돌아 들어가도록 하였다(그림 8). 전자들이 그들의 원자들과 재결합할 때, 그것들은 높은 조파발생기(harmonic generator)로 알려진 과정에서 EUV 광을 방출한다. 그 과정은 매우 빠르게 일어나서, 그 분자의 운동을 제외한 모든 것은 그 시간에 멈춘다고 Corkum은 설명했다. 그러나 그 레이저는 그것이 어떤 원자들과 상호작용하는지에 대해서는 선택적이지 않아서, 분석되는 시료에 단지 몇 개의 분자들이 해리한다면 이것은 결과로 나타나는 방출이 그 반응으로부터 매우 약한 신호를 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

Corkum과 동료들은 이제 분자들에 의해서 방출되는 다른 빛 파장들이 일관성이 있다는, 즉 그들의 상대적인 상(relative phases)들이 변함없다는 사실 덕분에 이 약한 신호를 분리할 수 있게 되었다. 그리하여 그들은 반응하지 않은 분자들로부터의 신호를 방해하여 이에 반하는 해리를 관찰할 고정된 배경(fixed background)을 만들어 낼 수 있었다.

<원문 정보 : H J Worner, *et al.*, *Nature*, 2010, DOI:10.1038/nature09185>

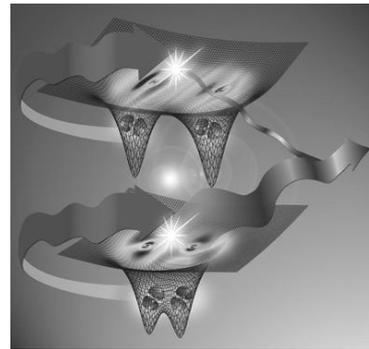


그림 8. 강력한 레이저 필드에 의해서 분자로부터 전자를 밀어내서 브롬 분자를 분해함. 분해된 원자의 전자는 다시 분자로 들어감. 전자가 분자와 충돌할 때 강력하고 짧은 x-ray를 방출함(purple arrows).

<출처: rsc.org>

본 기술 뉴스는 한국과학기술정보원(KISTI)의 글로벌동향브리핑(GTB)에서 발췌하였습니다.

<포항공과대학교 박태호, email: taihopark@postech.ac.kr>