

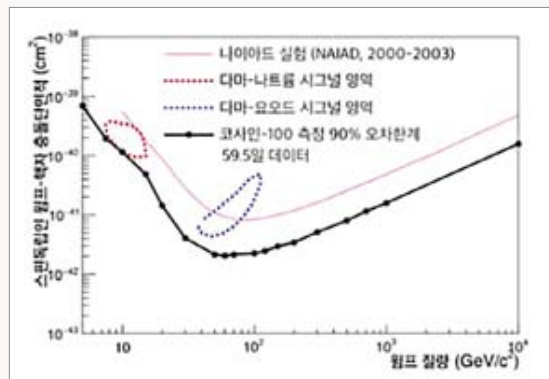
## 암흑물질 둘러싼 오랜 논란 검증 신호탄 쏘다

기초과학연구원(IBS) 지하실험 연구단이 이끄는 코사인-100 공동연구협력단이 암흑물질을 둘러싼 오랜 논란을 검증할 수 있는 길을 열었다. 코사인-100 국제공동연구협력단은 암흑물질을 탐색하는 코사인 실험을 운영하기 위해 구성된 국제공동연구진으로 이번 연구에는 국내외 15개 기관에서 50명의 연구자가 참여했다.

연구진은 이번에 암흑물질 검출 실험설비를 독자적으로 개발하여, 암흑물질의 유력한 후보로 알려져 왔던 윌프(WIMP, Weakly Interaction Massive Particle) 입자가 남긴 유일한 흔적을 반박할 데이터를 확보하는 데 성공했다. 참고로 윌프는 약하게 상호작용하는 무거운 입자라는 뜻으로 **故 이휘소 박사의 유고논문(1977년)**에서 그 아이디어가 시작된 바 있다.

우주의 26.8%를 차지할 것으로 추정되는 암흑물질은 아직 그 존재가 규명되지 않았지만, 암흑물질의 발견이 곧 노벨상 수상으로 여겨질 정도로 학계 관심이 높은 상황이다.

지금까지 암흑물질의 흔적이 발견된 건 이탈리아 그랑사소 입자물리연구소의 다마(DAMA) 실험이 유일하며 1998년 첫 실험 이후 다마 팀은 20년 동안 암흑물질 윌프의 신호를 포착했다고 주장하고 있지만 다른 연구



▲ WIMP-핵자 충돌 단면적 결과

기존 다마 실험의 결과는 윌프와 나트륨의 충돌은 그림 속 빨간 점선 부분에서, 윌프와 요오드의 충돌은 그림 속 파란색 점선 부분에서 그 흔적을 나타낼 것으로 예측했다. 하지만 코사인 실험의 초기 59.5일의 데이터에서는 다마 팀이 주장한 윌프의 흔적을 발견할 수 없었다. 이 그림에서 코사인-100 실험에서 측정된 검은색 데이터 포인트 위쪽은 윌프가 없다는 것을 보여준다

팀에 의해 검증된 적이 없으므로 그간 다마 팀이 관측한 신호가 정말 암흑물질인지에 대한 논란이 이어지고 있는 상황이다.

이에 IBS 지하실험 연구단은 강원도 양양에 위치한 지하 700m 깊이의 실험실에서 2016년부터 다마 팀의 실험을 검증하기 위한 코사인-100 실험을 시작했다. 코사인-100 실험은 고순도의 결정에 암흑물질이 부딪혔을 때 내는 빛을 토대로 암흑물질의 존재를 규명하기 위한 실험을 말한다.

그간 세계 유수의 연구팀들도 고순도 결정 제작기술과 높은 차폐 성능 구현이 어려워져 다마 실험의 완벽 재현에는 실패해 왔는데 이번에 우리 연구진은 다마 팀과 동일한 결정을 이용하는 검출기를 독자 개발하여 제작하는 데 성공했다. 또한 연구팀은 다마 팀보다 안정적인 검출환경도 조성 및 기계학습을 접목해 인공지능으로 잡신호를 골라낼 수 있는 기술도 추가했다.

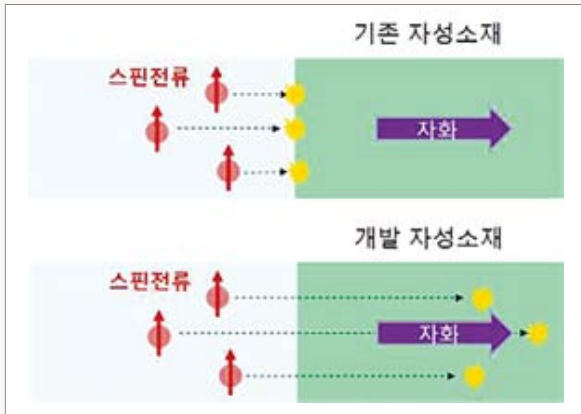
이번 논문은 코사인-100 검출기가 초기 59.5일(2016.10.20~12.29)간 확보한 데이터를 분석한 결과를 토대로 쓰였으며, 연구진의 코사인-100 실험 초기 실험에서 확보한 데이터는 다마 팀이 발견한 신호가 암흑물질에 기인하지 않을 수 있다는 가능성을 제시했다. 연구를 진행한 이현수 부연구단장은 “암흑물질의 발견은 우리가 알고 있는 모든 물리 지식에 영향을 줄 놀라운 사건”이라며 “다마 실험을 완벽히 재현할 검출기를 자체 개발해서, 독립적인 실험을 시작했다는 것 자체에 학계가 주목했다”고 말했다.

또한, 연구진은 향후 추가 데이터를 확보해 5년 내 다마 팀의 주장을 완벽히 검증 혹은 반박할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

## 저전력 고속 자성메모리용 스핀 신소재 개발

싱가포르국립대학교 양현수 교수와 고려대학교 이경진 교수 연구팀이 저전력, 고속 스위칭이 가능한 차세대 자성메모리(Magnetic Random Access Memory, MRAM)의 핵심 소재 구조를 개발했다.

자성메모리는 외부 전원의 공급이 없는 상태에서 정보



▲ 스핀전류 흡수 개략도

기존 자성소재의 경우 외부에서 발생한 스핀전류가 자성소재의 표면에서 모두 소실되는 반면, 이번에 개발된 자성소재(반강자성 스핀 배열을 지닌 페리자성 다층막 소재)의 경우 스핀전류가 자성층 깊은 곳까지 유지되는 특성을 보인다. 이러한 특성은 반강자성 스핀 배열을 갖는 페리자성 다층막의 우수한 스핀 정합성 때문이며, 이로 인해 두꺼운 페리자성층의 자화도 손쉽게 스위칭이 가능하다

를 유지할 수 있으며 고속 동작이 가능한 장점이 있어 차세대 메모리로 세계 반도체 업체들이 경쟁적으로 개발하고 있다. 그러나 MRAM의 시장 파급력을 확대하기 위해서는 두꺼운 자성층의 자화 방향을 낮은 전류로 스위칭시키는 신기술이 필요한 상황이다.

자성메모리의 동작은 횡(橫, transverse) 스핀전류를 자성소재에 주입하여 발생하는 스핀토크로 이루어지는데, 기존 자성소재는 횡 스핀전류가 소재의 표면에서 모두 소실되는 특성으로 인해 두꺼운 자성층을 스위칭시킬 수 없다는 한계가 있었다.

이번 연구에서는 새로운 소재 구조, 즉 원자 단위의 반강자성 스핀 배열을 갖는 페리자성 다층막에서 횡 스핀전류가 소재 표면에서 소실되지 않고, 두꺼운 막 전체에 걸쳐 유지됨을 이론 및 실험으로 규명하였다. 이를 통해 연구팀은 기존 소재보다 20배 정도 높은 스핀 전환효율을 달성하였다.

이번에 개발된 신소재를 차세대 메모리로 주목받고 있는 스핀토크 기반의 자성메모리에 적용할 경우, 스핀토크 효율을 높이고 초고집적이 가능하여 스핀토크 자성메모리의 시장 확대에 기여할 것으로 기대된다.

또한, 자성메모리의 미래기술로 개발 중인 스핀케도토크 자성메모리에도 적용이 가능한 이 소재는, 고속 동작 및 비휘발성 특성으로 SRAM 대비 대기전력을 획기적으로 감

소시켜, 저전력을 필수로 요구하는 모바일, 웨어러블, 또는 IoT용 메모리로 활용가능성이 높다.

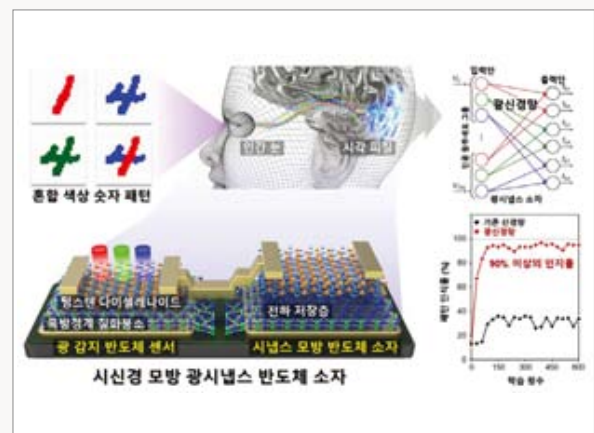
연구를 수행한 양현수, 이경진 교수는 “이번 연구는 횡 스핀전류가 자성소재 내에서 유지되도록 하는 양자역학적 원리를 실험적으로 구현함으로써 자성메모리의 초고집적화를 위한 난제를 해결한 것으로, 기초학문에 대한 이해가 응용소자의 핵심적 난제를 해결하는데 활용될 수 있음을 보여주는 좋은 예”라고 밝혔다.

### 색상과 형태 동시 학습하는

#### 시신경 모방 광시냅스 반도체 소자 개발

시냅스 모방 반도체 소자와 광반도체 센서를 결합해 한 단계 진화한 시신경 모방 광시냅스 소자를 구현하는 데 성공했다. 성균관대학교 박진홍 교수 연구팀이 미국 스탠퍼드대, 캘리포니아대, 한양대와의 공동연구를 통해 색상과 형태 정보를 동시에 학습하고 인지할 수 있는 시신경 모방 광시냅스 반도체 소자 기술을 개발했다.

인간 두뇌의 동작 원리를 모방한 뉴로모픽 칩은 대량의 정보를 병렬적으로 처리하여 소비 전력을 최소화하고, 자신의 연산 기능을 향상할 수 있어 차세대 정보처리 칩으로 각광받고 있다. 특히 최근 뉴로모픽 칩의 병렬 정보처리와 학습 능력 구현에 필수적인 시냅스 모방 반도체 소자에 관한



▲ 색상과 형태를 동시에 인지할 수 있는 시신경 모방 광시냅스 반도체 소자

기존 시냅스 모방 반도체 소자와 달리 연구팀은 시냅스 모방 반도체 소자와 광반도체 센서를 결합해 다양한 색상에 따라 다른 시냅스 특성을 보이는 한 단계 진보된 시신경 모방 광시냅스 소자를 구현하였고(왼쪽 그림), 이들로 구성된 광신경망을 활용하여 이미지의 색상과 형태를 동시에 학습하고 인지하였다(오른쪽 그림)

# 과학기술계 NEWS

연구가 활발하게 진행되고 있다.

기존의 시냅스 모방 반도체 소자에 관한 연구는 주로 기본적인 시냅스 동작 특성을 갖는 소자를 구현하고, 이러한 소자들로 구성된 신경망을 활용하여 이미지의 형태 정보만을 학습하고 인지하는 방향으로 수행되어 왔다.

연구팀은 시냅스 모방 반도체 소자와 광반도체 센서를 결합해 다양한 색상에 따라 다른 시냅스 특성을 보이는 시신경 모방 광시냅스 반도체 소자를 구현하고, 이들로 구성된 광신경망을 활용하여 색상과 형태를 동시에 학습하고 인지하는 데 성공했다.

연구팀은 우선 원자 두께만큼 얇은 2차원 나노판상 구조를 갖는 질화붕소(h-BN)와 텅스텐 다이셀레나이드(WSe<sub>2</sub>)를 수직으로 쌓아 올린 구조에 시냅스 모방 반도체 소자와 광반도체 센서를 함께 구현했다.

이렇게 구현된 시냅스 모방 반도체 소자는 장기 기억 강화 및 약화 곡선에서 높은 선형도와 전도도 안정성 등 우수한 시냅스 특성을 보였다. 또 인간의 눈 역할을 하는 광반도체 센서에 특정 색깔의 레이저를 조사했을 때 시냅스 모방 반도체 소자가 특정 전도도 영역에서 시냅스 동작 특성을 보이는 것을 확인했다.

박진홍 교수는 “광을 감지하는 반도체 소자뿐만 아니라 다양한 신호 감지 반도체 소자를 결합하는 후속 연구를 통해 인간의 오감 신경계를 모방하여 대량의 비정형 정보를 효율적으로 처리할 수 있을 것”이라며 “뉴로모픽 칩 기능의 다각화를 통해 인공 신경망 기반 차세대 컴퓨팅 시스템의 발전에 크게 기여할 것으로 기대한다”라고 연구의 의의를 설명했다.


## 산소 없이 살아가는 미생물의 생존 원리 규명

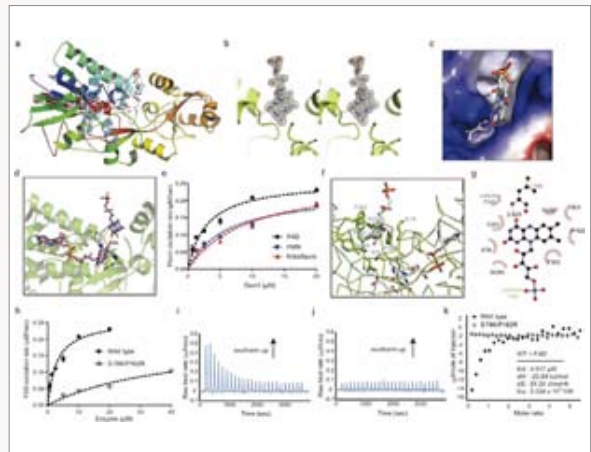
생명활동에 꼭 필요한 산소가 없어도 미생물이 생존하는 원리가 규명되었다. 중앙대학교 박현호 교수와 첨단 의료복합단지 신약개발지원센터 김성환 박사 공동연구팀이 산소 없이 미생물이 원활히 에너지를 발생시키고 단백질을 생성하는 핵심요인을 규명했다.

산소는 세포 내에서 에너지를 만들어 내고 정상적인 단백질 접힘이 일어나게 하는 등 생존에 필수적인 역할

을 한다. 산소 없이 살아가는 암세포나 일부 미생물들은 산소의 기능을 무엇으로 대체하는지 아직 학계의 수수께끼로 남아 있었다.

이에 연구팀은 빵이나 맥주를 만들 때 사용되는 효모에서 산소가 없을 때 과발현되는 Osm1 단백질의 역할에 주목했다. Osm1은 대사산물인 퓨마레이트를 환원하는 효소로 연구팀은 이 단백질이 두 분자의 FAD 조효소를 각기 다른 부분에 결합해 산소가 없는 상태에서 전자전달을 용이하게 하고 전자수용체의 역할을 한다는 사실을 규명하였다. 참고로 FAD 조효소는 플라빈 효소 군의 조효소로서, 생체 내 산화 환원계에서 수소 및 전자전달에 관여한다.

연구팀은 이러한 단백질의 3차 구조를 밝힌 결과 다양한 생화학적, 생물리학적 방법으로 산소가 없을 때의 Osm1의 기능을 규명하는 한편, Osm1이 이런 성질을 바탕으로 산소 없이 소포체에서 만들어지는 단백질의 접힘 과정에도 관여한다는 사실을 알아냈다. Osm1이 새로이 생성된 단백질의 황(S) 원소 간 결합을 형성하도록 유도해, 단백질이 제 기능을 할 수 있는 정상적인 형태를 이루게 된다는 것이다. 박현호 교수는 “이번 연구는 혐기성 미생물에서 산소의 역할을 대신하는 존재를 규명한 연구”라며, “질병을 유발하는 재선충, 사상충 등 선충의 예방제 및 치료제 개발에 핵심정보를 제공할 것으로 기대한다”라고 연구 의의를 설명했다. 



▲ Osm1 단백질의 3차 구조

예상된 FAD 조효소 결합 부위 뿐만 아니라 예상되지 못한 새로운 부위에 또 다른 FAD가 발견되었다. 이는 두 번째 FAD의 기능과 이 두 번째 조효소 결합 부위가 Osm1의 기능에 중요함을 보여주는 결과이다