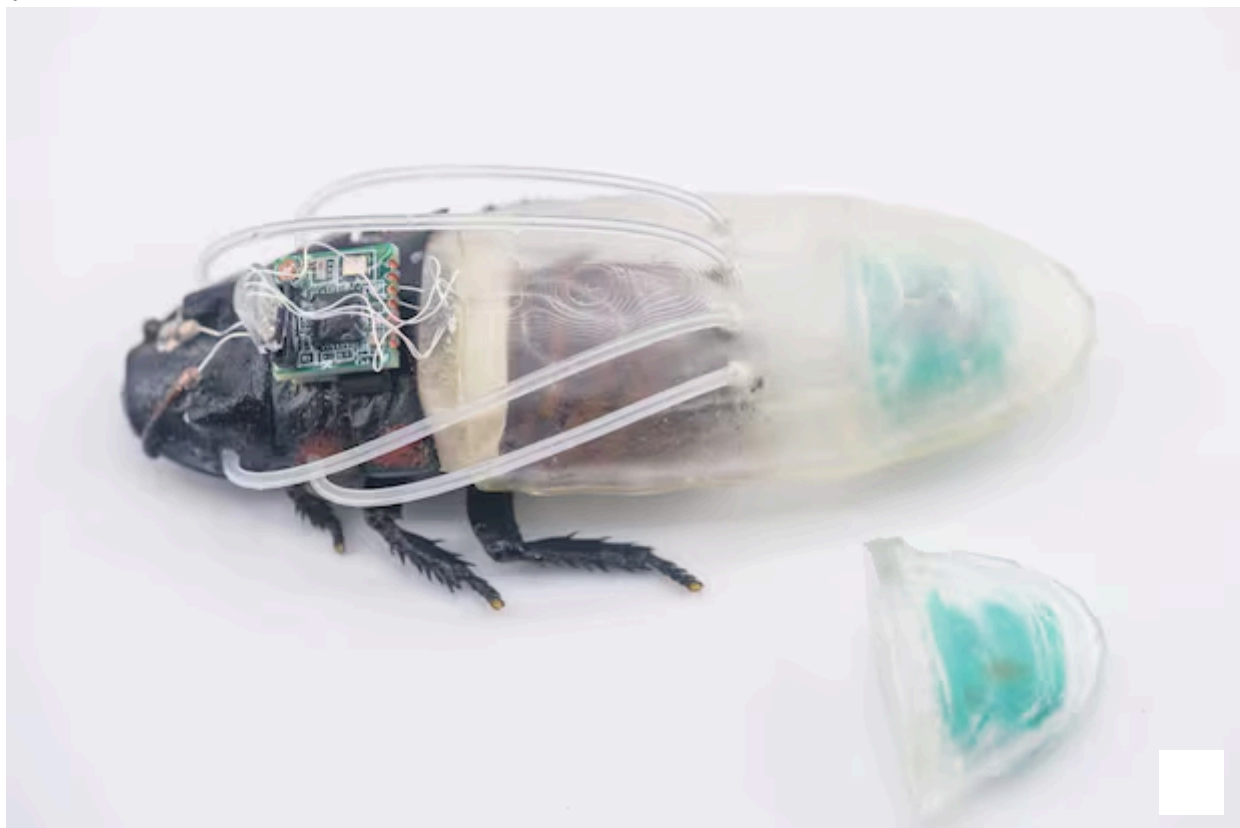


[뉴테크] 사이보그 바퀴벌레, 물속·우주까지 간다

잠수복에 산소 발생기 장착, 3시간 활동
이산화망간이 과산화수소 분해, 산소 공급
침수 재난 현장, 우주 탐사까지 활용 가능

이영완 기자

업데이트 2026.06.30. 13:54 ▼



사이보그 바퀴벌레는 등에 동작 제어용 전자장치를 달고 있다. 그 위에 부드러운 재질의 잠수복을 입었다. 꼬리 부분(녹색)에서 과산화수소를 분해해 만든 산소는 관을 통해 호흡기인 기문으로 전달된다./싱가포르 난양공대(NTU)

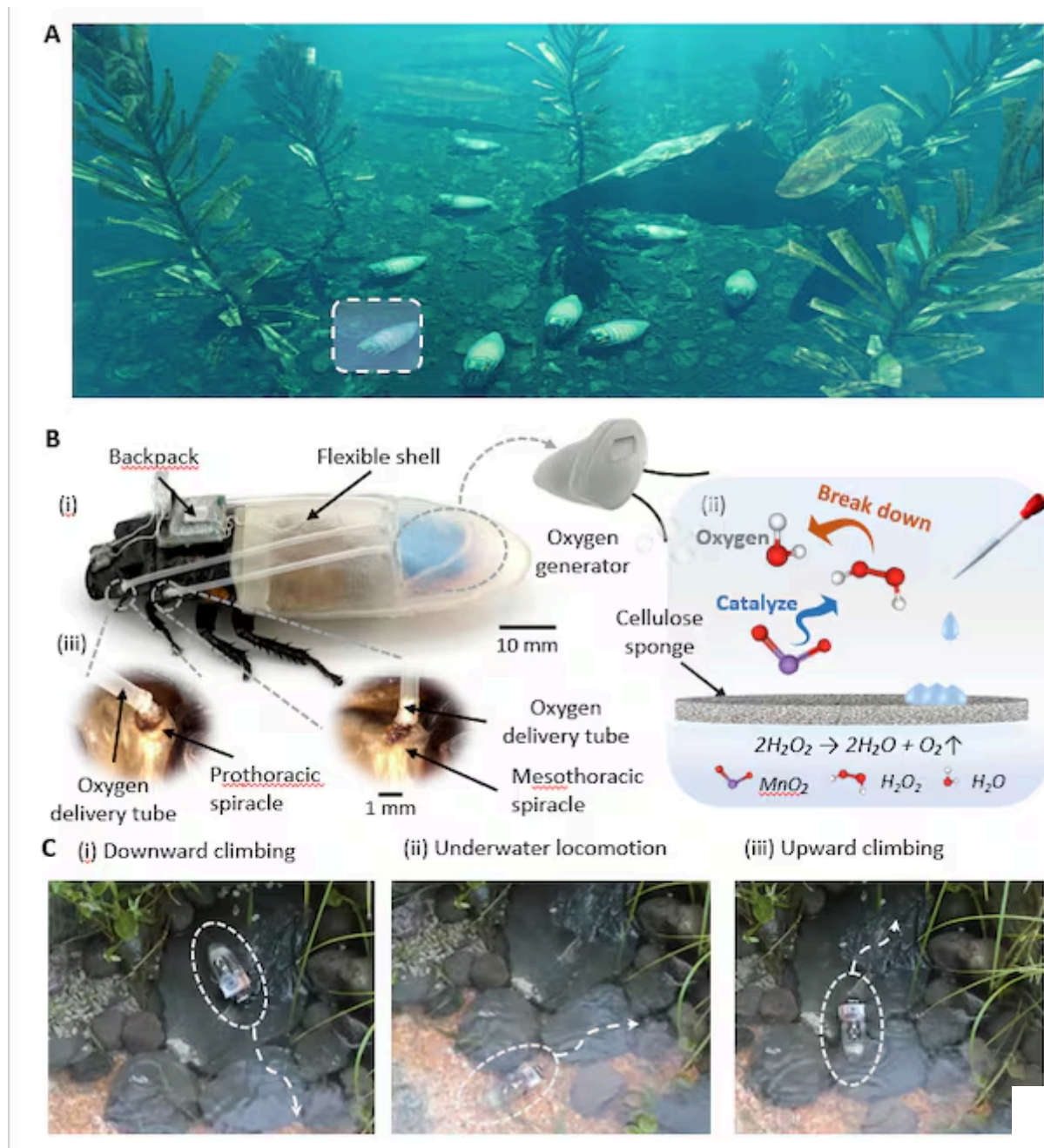
바퀴벌레가 등에 전자장치를 달고 물속으로 뛰어들었다. 잠수복이 산소를 공급해 물에서도 자유롭게 움직일 수 있기 때문이다. 지상은 물론, 수중과 우주까지 육해공을 누비는 전천후 사이보그 탐사 대원이 탄생한 것이다.

사토 히로타카(Sato Hiroataka) 싱가포르 난양공대 기계항공우주공학부 교수는 "원격으로 제어되는 마다가스카르 바퀴벌레(학명 *Gromphadorhina portentosa*)가 산소를 공급하는 초소형 잠수

복 덕분에 수중이나 우주에서도 활동할 수 있게 됐다"고 29일(현지 시각) 국제 학술지 '네이처 커뮤니케이션'에 밝혔다.

◇과산화산소 분해해 산소 공급

사토 교수는 지진으로 건물이 무너진 곳에서 생존자의 흔적을 찾는 데는 바늘구멍만 한 틈도 비집고 들어가는 바퀴벌레가 안성맞춤이라고 생각했다. 연구진은 2021년 바퀴벌레의 감각 기관에 전극을 이식하고 등에 초소형 컴퓨터를 달아 원격으로 조종할 수 있음을 최초로 입증했다. 동물과 기계장치를 결합한 사이보그 바퀴벌레가 탄생한 것이다. 2024년에는 사이보그 20마리가 리더를 따라 집단 이동하도록 조종하는 데도 성공했다.



A. 수중에서 작동하는 사이보그 곤충의 상상도. B 사이보그 바퀴벌레용 잠수복 구조. i) 잠수복은 유연한 방수 외피, 일체형 산소 발생기, 산소 공급 튜브로 구성. ii) 셀룰로오스 스펀지dp서

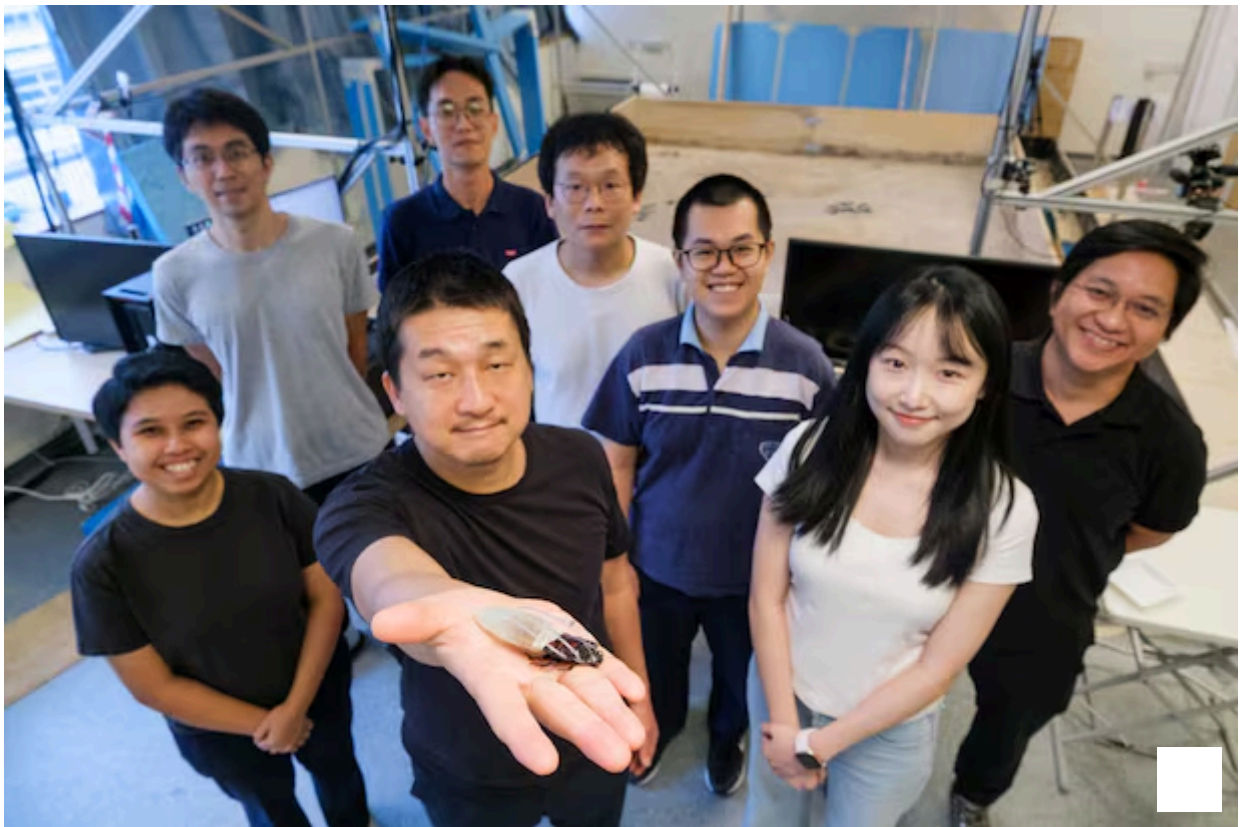
이산화망간(MnO_2)이 과산화수소(H_2O_2)를 물(H_2O)과 산소(O_2)로 분해. iii) 산소는 공급관을 통해 호흡기인 기문으로 전달됨. C. 실제 이동 시연. 잠수복을 착용한 사이보그 바퀴벌레가 i) 하향 등반, ii) 수중 이동, iii) 상향 등반을 하는 모습./네이처 커뮤니케이션

이번 사이보그 바퀴벌레는 활동 무대를 육지에서 물로 넓혔다. 폭우나 홍수가 발생한 재난 현장은 기존 사이보그 바퀴벌레가 접근하기 어렵다. 연구진은 산소가 부족한 수중 환경에 맞춰 잠수복을 추가했다. 바퀴벌레는 잠수복 덕분에 물속에서 최대 3시간 동안 활동할 수 있었다고 연구진은 밝혔다.

그렇다고 바퀴벌레가 압축 산소통을 짊어지지 않는 않았다. 압축 산소통은 바퀴벌레가 짊어지기에 너무 무겁고 부피가 크다. 대신 연구진은 3D(입체) 프린터로 만든 초소형 산소 발생기를 넣었다. 산소를 미리 저장해 직접 공급하기보다, 산소 발생기에서 필요한 산소를 만들어 쓰도록 했다.

산소 발생기 내부는 이산화망간(MnO_2) 촉매로 덮여 있다. 여기에 과산화수소(H_2O_2)를 주입하면 이산화망간이 물(H_2O)과 산소(O_2)로 분해한다. 과산화수소와 이산화망간을 그냥 섞으면 반응이 너무 빠르게 일어나 산소 기포와 물방울이 바퀴벌레의 움직임을 방해할 수 있다. 연구진은 이산화망간으로 도포한 셀룰로오스 스펀지에 과산화수소가 스며들게 했다. 덕분에 여러 곳에서 산소가 천천히 조금씩 발생했다.

산소는 실리콘 관을 통해 바퀴벌레의 호흡기인 기문으로 전달된다. 잠수복을 착용한 사이보그 바퀴벌레는 침수된 터널을 모방한 실험 장치에서 문제없이 활동했다. 사이보그 바퀴벌레는 지상에서 초속 87.5mm로 이동했는데, 수중에서도 78.4mm로 움직였다. 사토 교수는 "사이보그 곤충의 활동 범위를 수중까지 확장해 재난 현장의 수색과 구조 활동을 강화할 수 있을 것"이라고 말했다.



싱가포르 난양공대의 사토 히로타카 교수가 산소 발생기가 달린 잠수복을 입은 사이보그 바퀴벌레를 손에 들어보였다./싱가포르 난양공대(NTU)

◇무선으로 원격 조종, 우주 탐사도 가능

연구진은 같은 방법으로 사이보그 바퀴벌레가 화성도 탐사할 수 있다고 기대했다. 화성 대기에도 물속처럼 산소가 거의 없다. 지금까지 우주 탐사에는 배터리를 장착한 로봇을 사용했다. 로봇이 아무리 작아도 모터를 구동하려면 배터리가 꼭 있어야 한다. 반면 사이보그 바퀴벌레는 산소만 공급 되면 자신의 근육으로 이동하기 때문에 그런 문제에서 자유롭다.

물론 동작 제어에는 여전히 배터리가 필요하다. 사이보그 바퀴벌레는 등에 위치 제어용 초소형 컴퓨터와 배터리, 안테나로 구성된 배낭을 지고 있다. 여기서 전선이 나와 더듬이와 꼬리에 연결됐다. 외부에서 안테나로 무선 신호를 보내면 배낭의 컴퓨터가 그에 따라 전선에 전류를 흘린다.

사이보그 바퀴벌레의 조종 원리는 간단하다. 오른쪽 더듬이에 전류를 흘리면 바퀴벌레가 왼쪽으로 돌고, 왼쪽 더듬이를 자극하면 오른쪽으로 돈다. 더듬이 양쪽을 자극하면 후진한다. 가속하려면 꼬리에 있는 털 모양의 감각기관(cercus)으로 전류를 흘리면 된다.

영국 웨스트 잉글랜드대의 앨런 윈필드(Alan Winfield) 교수는 이번 연구에 대해 "스쿠버 다이빙을 하는 바퀴벌레라는 개념이 이상해 보일 수 있지만, 환경 감시 같은 명백한 응용 분야가 있다"며 "바퀴벌레는 로봇보다 훨씬 더 효율적일 뿐만 아니라 연료 보충 없이도 더 오랫동안 활동할 수 있다"고 말했다. 우주는 몰라도 지구에서는 스스로 먹이를 찾아 근력을 보충할 수 있다.

연구진은 사이보그 바퀴벌레의 상용화 가능성을 타진하고 있다. 지난 3월 28일 미얀마에서 발생한 규모 7.7 지진 당시 사이보그 바퀴벌레가 수색 구조 현장에 시험 투입됐다. 사토 교수는 "이번 연구 결과는 사이보그 바퀴벌레가 수색 구조 임무 외에 침수된 배관, 배수구, 터널처럼 접근하기 어려운 인프라의 점검에도 활용될 가능성을 보였다"고 밝혔다.

참고 자료

Nature Communications(2026), DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-026-74235-1>

arXiv(2024), DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.17392>

arXiv(2021), DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.10869>
