제 2024 - 11호

Trend Report

해외 R&D 정책 · 기술 동향 리포트

NRF 한국연구재단

국책연구본부
기술전략기획팀

CONTENTS | 목 차

1. 조사 기간 및 범위 ····· 3p

2. 분야별 트렌드 리포트 ····· 3p

Part 1 정책 동향	1	특집 정책 포럼 : 정책 연구 논문 특허에 있어서 과소 평가된 정부의 연구지원	3p
Part 2 전자·정보	2	획기적인 발견이 초정밀 핵시계의 새로운 시대를 약속한다.	6p
	3	신경망을 구축하는 새로운 방식은 AI를 더 이해하기 쉽게 만들 수 있다.	7p
Part 3 바이오	4	빛을 흡수하는 염료를 바른 투명한 쥐가 장기를 드러냈다.	8p
	5	뇌 척수액이 신체의 먼 부위로 이동할 수 있다.	9p
	6	발견: 우울증과 관련된 뇌 배선 패턴	10p
Part 4 거대·에너지	7	식물이 토양에서 금속을 채굴하는 방법	11p
	8	기후 변화를 주도하는 온실가스에 대한 간략한 가이드	12p

[참고] Trend Report(해외 R&D 정책·기술 동향 리포트)요약 p13

1 조사 기간 및 범위

- 동향 조사 기간 : 2024.08.26. ~ 09.08
- 동향 조사 범위 : 4개 저널/잡지에서 발간한 총 10개 정책·기술 동향 조사

- PART 1. 과학기술 정책 동향 : ARPA 등의 혁신 정책 위주, 법/제도 및 R&D 정책
- PART 2. 전자·정보 기술 : AI, 나노·반도체, 소재·부품, 정보·융합, 양자 기술 등
- PART 3. 바이오 기술 : 신약, 차세대바이오, 뇌·첨단의공학, 기타 바이오 기술
- PART 4. 거대·에너지 기술 : 우주, 에너지·환경, 원자력, 공공기술 등

2 분야별 트렌드 리포트

Part 1 (공통) 과학기술 정책 동향

1 특허에 있어서 과소평가된 정부의 연구지원

제목 : Underappreciated government research support in patents

출처/발간일 : Science Article / '24.08.29

*선정 이유: 정책 포럼 특집으로 Science에 게재된, 특허에 있어서 정부 지원 연계를 분석한 최신 정책 연구 결과.

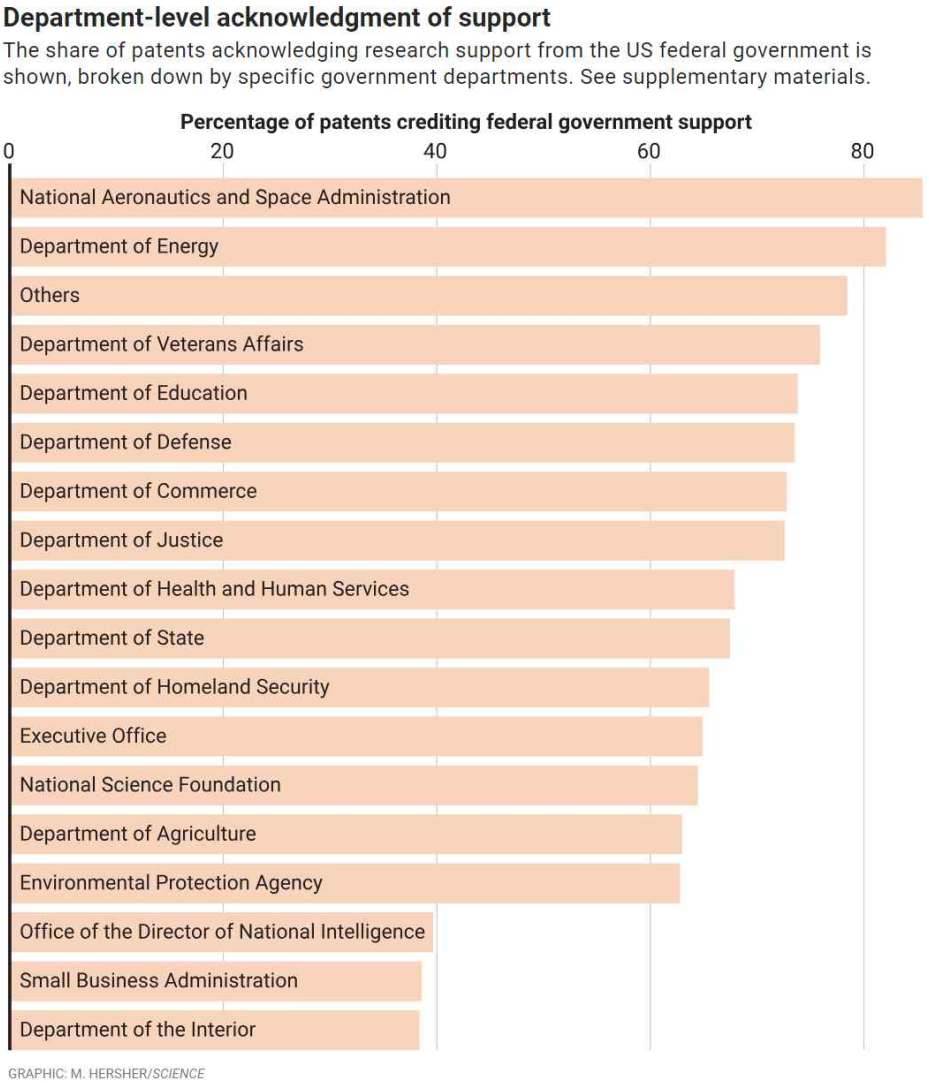
▷ 주요 내용

○ 최근 연구에서 미국 연방 정부의 연구 지원이 관련 특허에서 얼마나 인정(Acknowledge)되는지 정량적으로 분석하였으며, 그 결과가 미치는 사회적, 정책적 및 경제적 영향에 대해 분석함.

- **정책적 배경** : Bayh-Dole 법안에 따라, 연방 정부의 연구 지원을 받은 연구 결과로 발생한 특허는 정부의 지원을 명시해야 하며, 이를 통해 정부가 해당 특허를 공공 목적으로 활용할 수 있는 권리를 확보하게

됨. 특히, 일반적으로 미국 정부가 특허 소유자의 허가 없이 특허를 활용할 경우 추후 경제적 보상을 해야 하나, 특허가 정부 지원을 인정할 경우, 정부는 그 사용에 대해 경제적 보상을 제공할 필요가 없음.

- **연구방법론 :** 이번 연구에서는 연구지원의 결과물로 도출될 수 있는 논문과 특허를 연결하여 분석하는 PPP(Patent-Paper Pairing) 방법을 사용함. 그 과정에서 PPP를 추출하기 위해 논문의 제목과 초록에 있는 텍스트 정보를 일치시키는 기계 학습 모델을 사용하고, relianceonscience.org에서 식별된 모든 PPP 데이터와 저자의 소속 정보와 함께 오픈 액세스 PPP 데이터 세트를 활용함.

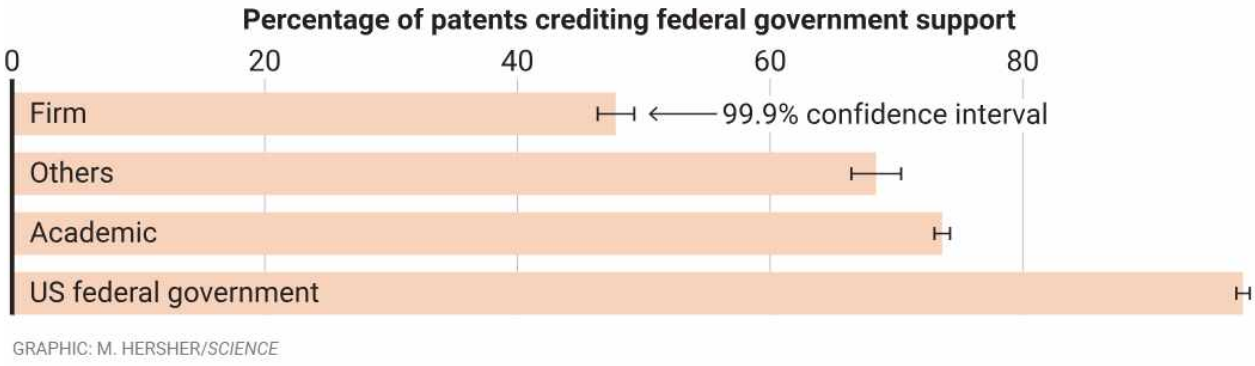


<그림 1. 정부 부서 기준, 연방 정부의 연구지원을 인정하는 특허의 비율>

- **연구 결과 (정부의 지원에 대한 인정 부족)** : 약 84,000개의 PPP를 분석한 결과, 연방 정부의 연구 지원을 받은 특허 중 28%가 정부의 지원을 적절히 인정하지 않은 것으로 나타남. 특히, 정부 소유가 아닌 특허를 제외하면, 이 비율은 31%로 늘어남. 또한, 정부 지원을 제대로 인정하지 않는 경향은 특정 기관 / 기술 분야에 국한되지 않고 다양한 연방 정부 기관 및 기술 분야에 만연해 있는 것으로 나타남. **(그림 1 참조)**
- **연구 결과 (특허 소유자별 인정 정도의 차이)** : 비영리 기관 소유의 특허는 68% 이상이 정부 지원을 인정한 반면, 기업 소유의 경우 이 비율이 48%에 그침. **(그림 2 참조)** 특히, 상업적 이해관계가 큰 FDA 승인 의약품에 대한 특허에서는 정부 지원 인정이 낮은 경향을 보임.

ㅇ 이번 연구는 특허에 있어서 정부의 연구 지원이 제대로 인정되지 않을 경우, 정부가 해당 특허를 공익을 위해 활용하는 데 제약이 생기며, 이는 결과적으로 사회적 이익에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 지적함. 해결책으로는 각 자금 지원 기관 내 및 외부에 독립적인 감시 기관을 설립하고 정기적인 감사를 실시하는 것을 제안함.

- **연구의 한계** : 저자는 이번 연구 결과는 PPP 데이터를 기반으로 하여, 연구 결과가 논문으로 발표되지 않을 경우, 분석에서 누락될 수 있음을 연구의 한계로 인정함.



<그림 2. 특허 소유자별, 연방 정부의 연구지원을 인정하는 특허의 비율>

Part 2 전자·정보 기술

2 획기적인 발견이 초정밀 핵시계의 새로운 시대를 약속한다.

제목 : Breakthrough promises new era of ultraprecise nuclear clocks
출처/발간일 : Science News / '24.09.04
*선정 이유 : 기존 원자 시계의 정확도를 뛰어넘는 핵시계에 대한 최신 연구 동향 기사로 Nature에 동시에 기사화됨.

▷ 주요 내용

○ 최근 미국 국립표준원(NIST)과 콜로라도 대학이 설립한 공동 연구 센터는 **토륨-229의 핵 전이 주파수를 기존보다 백만 배 더 정확하게 측정**하였으며, 이 성과는 **기존 원자 시계를 뛰어넘는 원자핵 시계 개발의 중요한 진전으로 평가**받음.

- 원자 시계는 특정 주파수의 레이저나 마이크로파를 활용하여 전자를 높은 에너지 상태로 전이시키는 과정에서 초당 수십억 회의 틱을 생성하여 정확한 시간 측정을 가능하게 함. 대부분의 물질에서는 양성자와 중성자의 전이 에너지가 높아 핵시계 구현이 어렵지만, 토륨-229는 비정상적으로 낮은 에너지 전이로 인해 원자핵 시계 개발이 가능한 것으로 보고되어 왔음.
- 이번 연구에서 연구진은 토륨-229의 핵 전이를 일으키는 정확한 주파수를 찾기 위해, 100,000개의 안정된 주파수를 제공하는 레이저 주파수 빗을 활용함. 그 결과, 토륨-229의 전이 주파수를 기존 연구보다 백만 배 더 정확하게 측정할 수 있었다고 보고함.

○ **핵 시계는 기존 원자 시계보다 더욱 안정적이며, 특히 외부 전자기장에 덜 민감해 매우 높은 안정성을 제공**함. 이러한 초정밀 물리학 시계는 **시간에 대한 중력의 영향, 화산 폭발과 같은 자연현상 연구 및 다크 매터 입자 연구에 큰 기여**를 할 수 있음.

3 신경망을 구축하는 새로운 방식은 AI를 더 이해하기 쉽게 만들 수 있다.

제목 : A new way to build neural networks could make AI more understandable
출처/발간일 : MIT Technology Review / '24.08.30
*선정 이유 : AI의 학습 결과를 예측/분석할 수 있게 만드는 새로운 학습 신경망에 대한 최신 연구 기사.

▷ 주요 내용

○ MIT 연구진이 **새로운 학습 신경망 모델인 Kolmogorov-Arnold Networks(KANs)를 개발하여 AI의 이해와 해석을 간소화하는 새로운 접근 방식을 제안**함. 이 모델은 1990년대에 제안된 KANs의 기본요소를 구체화/대형화시킨 것으로, 영감을 준 러시아 수학자의 이름을 따서 명명됨.

- 기존 신경망은 뉴런 내에서 입력을 가중합산하여 결과를 도출하지만, KANs는 신경망내 고정된 활성화 함수 대신 외부에서 입력을 처리하는 단순한 함수를 이용하여 결과를 도출함. 이를 통해 각 입력에 대한 신경망의 작동을 더 쉽게 해석하게 할 수 있음.
- 연구팀은 이미지 인식과 같은 작업에서 KANs를 사용하면, 기존의 다층 인식(MLP) 신경망과 비교해 결과 해석의 가능성이 훨씬 높다는 것을 입증함. KANs는 문제를 더 직관적으로 해결하고, 그 과정에서 신경망의 수학적 형태를 재구성할 수 있음.
- 연구팀은 또한, KANs의 신경망 크기가 증가함에 따라 정확도가 빠르게 향상되는 것을 입증했으며, 특히 과학적 작업에서 신경망의 성능을 크게 향상시킬 수 있음을 확인함.

○ 이 연구는 **AI의 결과 해석을 더욱 쉽게 할 수 있도록 돕고, AI 결과의 검증 및 편향성 조사에 유용한 도구를 제공함으로써, AI의 안정성과 신뢰성 문제를 해결**하는 데 크게 기여할 것으로 평가됨.

Part 3 바이오 기술

④ 빛을 흡수하는 염료를 바른 투명한 쥐가 장기를 드러냈다.

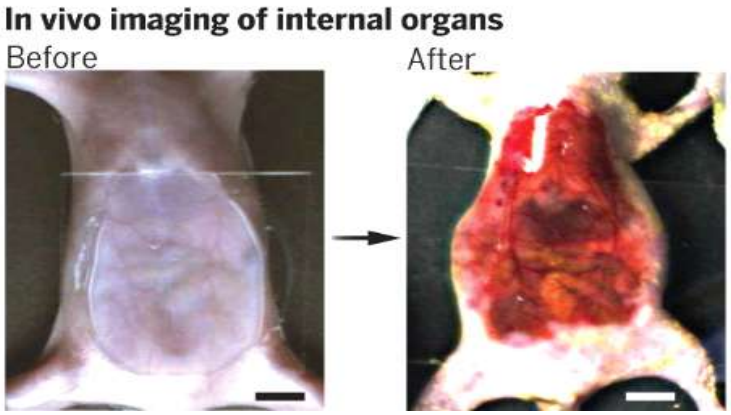
제목 : Transparent mice made with light-absorbing dye reveal organs at work
출처/발간일 : Nature News / '24.09.05
*선정 이유 : 피부를 투명하게 만드는 염료에 대한 최신 연구 기사로 Science에도 동시에 기사화됨.

▷ 주요 내용

○ Stanford 대학의 연구진은 **쥐의 피부를 일시적으로 투명하게 만들어 내부 기관을 관찰 및 모니터링할 수 있는 새로운 기술을 개발**함.

- 이 기술은 FD&C Yellow 5라는 식품 염료를 쥐의 피부에 적용하여 **빛의 흡수와 굴절률을 조정**함으로써, 피부와 체액의 굴절률을 일치시키고, 결과적으로 **피부를 투명하게 만들 수 있음.** 연구팀은 이 기술을 통해 쥐의 두피, 복부 및 다리 근육 등의 조직을 비침습적으로 관찰함.
- 이 기술은 기존의 침습적인 관찰 방법과는 달리 안전하며, 식용 염료를 씻어내면 피부가 다시 불투명해짐. 이는 신경계 및 퇴행성 질환 연구 등에서 쥐 모델을 사용하는데 큰 도움이 될 것으로 기대.

○ 하지만 현재 기술은 3mm 깊이의 조직까지만 투명하게 만들 수 있어 더 두꺼운 조직이나 큰 동물에 대한 적용에는 한계가 있음.



<그림 3. 염료 적용 전후의 쥐 피부의 투명도 변화>

5 뇌 척수액이 신체의 먼 부위로 이동할 수 있다.

제목 : Brain fluid may travel to distant parts of body
출처/발간일 : Science News / '24.09.04
*선정 이유 : 뇌척수액에 대한 최신 연구 기사로 기존 신경학적 패러다임의 변화를 일으키는 기사.

▷ 주요 내용

○ 최근 연구 결과에 따르면, **뇌와 척수에서만 존재한다고 알려졌던 뇌척수액(cerebrospinal fluid, CSF)이 신체의 말초신경계까지 확산될 수 있다**는 사실이 밝혀짐.

- **뇌척수액은 뇌와 척수를 보호하고 영양을 공급하는 역할**을 하며, 오랫동안 뇌/척수에만 존재한다고 알려져 왔음. 연구팀은 살아있는 쥐의 뇌에 염료와 나노입자를 주입한 후, **염료가 말초신경까지 확산되는 것을 확인**함. 특히, 작은 크기의 금 나노입자는 다리의 좌골신경까지 도달하였고, 이는 **뇌척수액이 말초신경에도 영향을 미칠 수 있음을 시사**함.
- 이번 발견은 **뇌와 말초신경계가 전기 신호를 통해서만 상호작용하는 것이 아니라, 화학적으로도 상호 작용할 수 있음을 시사**하며, 이는 기존의 신경학적 패러다임에 도전하는 결과임. 연구 결과에 따르면, 크기에 따라 작은 나노 입자는 말초신경까지 이동하지만, 큰 입자는 척수와 말초신경의 경계에서 멈추는 것으로 확인됨.

○ 이 연구는 **신경계 내에서 화학물질, 영양소, 약물 등이 뇌척수액을 통해 전달될 수 있음을 시사**하며, 이는 의료 연구와 치료에 새로운 가능성을 제시함. 특히, 연구팀은 말초신경을 목표로 한 약물 전달 경로의 개발 가능성을 제기했으며, 이는 신경통 환자들에게 효과적인 치료법을 제공할 수 있을 것으로 기대.

6 발견: 우울증과 관련된 뇌 배선 패턴

제목 : Found: a brain-wiring pattern linked to depression
출처/발간일 : Nature News / '24.09.04
*선정 이유: 주로 설문지로 진단되는 우울증의 생물학적 마커에 대한 최신 연구 동향 기사.

▷ 주요 내용

○ 최근 연구에서, 우울증 환자의 뇌 회로 중 특정 네트워크가 일반인보다 거의 두 배 더 크다는 사실이 밝혀짐. 이 뇌 회로는 **우울증의 증상과 관계없이 지속되며, 이는 우울증의 생물학적 지표가 될 수 있다는 점을 시사**함.

- 연구팀은 기능적 자기공명영상(fMRI)을 통해 135명의 우울증 환자와 37명의 건강한 대조군의 뇌 네트워크 활동을 분석함. 그 결과, **우울증 환자들에게서 '현저성 네트워크'(Sailence Network)라 불리는 뇌 회로가 일반인에 비해 두 배 정도 더 큰 것을 확인**함. 이 네트워크는 환경 자극과 내부 감정에 대한 주의를 기울이는 것을 결정하는 역할을 함.
- 연구에 따르면, 우울증의 증상이 사라져도 이 뇌 회로의 크기는 변하지 않음. 이를 더 심층적으로 분석하기 위해 연구팀은 13세 이전에는 우울증이 없었지만, 청소년기에 우울증이 발병한 57명의 어린이에 대해서 추적 조사함. 그 결과 13세 이전에도 이들의 현저성 네트워크가 또래보다 큰 것으로 나타남. 이는 우울증 발병 위험을 예측할 수 있는 생물학적 마커로 활용될 수 있음을 시사함.

○ 이 연구 결과는 우울증의 조기 진단과 예방적 치료의 가능성을 제시하며, 현재 연구팀은 양극성 장애 및 강박 장애와 같이, 우울증과 유사 증상을 가진 다른 정신 질환과 현저성 네트워크의 상관관계를 조사중임.

Part 4 거대·에너지 기술

⑦ 식물이 토양에서 금속을 채굴하는 방법.

제목 : How plants could mine metals from the soil
출처/발간일 : MIT Technology Review / '24.09.06
*선정 이유 : 에너지에 관한 고위험/고보상 프로그램인 ARPA-E에 대한 최신기사.

▷ 주요 내용

○ 최근 **특정 식물이 토양에서 금속을 흡수하고 농축하는 능력을 활용하여 금속을 채굴하는 방법인 '식물 채굴'(Phytomining)에 대한 연구**가 진행되고 있음. 미국 에너지부의 고위험, 고보상 연구 프로그램인 ARPA-E는 식물 채굴에 관련된 7개 프로젝트에 990만 달러를 지원함.

- 현재 식물 채굴로 주목받고 있는 금속은 전기차 배터리 등에 사용되는 니켈이며, **금속을 흡수/농축하는 능력을 가지고 있는 약 750종의 식물 중 2/3 이상이 니켈을 흡수**하는 것으로 알려짐.

- 식물은 약 1g당 1mg의 금속을 농축하나, 건조된 식물을 태우면 약 25%의 니켈을 추출할 수 있음. 현재 기술은 한 헥타르에서 최대 100kg의 니켈을 수확하는 것이 가능하지만, 연구의 목표는 이를 250kg까지 늘리는 것임. 이를 위해 연구자들은 니켈 흡수 효율이 높은 식물을 찾거나, 기존 식물의 성장을 촉진하여 더 많은 금속을 흡수하도록 개선하는 연구를 진행 중임. 또한, 이 방법이 환경적으로 지속 가능한지에 대한 연구도 함께 진행 중임.

○ 전문가들은 식물 채굴이 이미 광물 탐사에 활용되고 있음을 지적하며, 이 방법이 단기간에 현재의 니켈 채굴량을 대체할 수 없을 것으로 예상함. 그러나, 식물 채굴은 **환경을 보호하면서 중요한 금속 자원을 확보할 수 있는 잠재력 있는 기술로 평가**받고 있음.

8 기후 변화를 주도하는 온실가스에 대한 간략한 가이드

제목 : A brief guide to the greenhouse gases driving climate change

출처/발간일 : MIT Technology Review / '24.09.05

*선정 이유 : 기후 변화를 일으키는 여러 가스의 영향을 분석한 기사.

▷ 주요 내용

○ 지구 온난화는 이산화탄소뿐만 아니라, 다양한 온실가스에 의해 촉진되고 있음. 이 기사는 각 온실가스의 특성과 그로 인한 영향을 자세히 분석함.

- 이산화탄소(CO_2)는 2023년에만 374억 톤이 배출되었으며, 인간 활동으로 인해 발생하는 가장 주요한 온실가스로, 수 세기 동안 대기 중에 머무르는 특성이 있음. 메탄(CH_4)은 CO_2보다 200배 적지만 지구 온난화 기여도는 상당히 높아 전체의 30%를 차지함. 이 가스는 대기 중에서의 수명은 약 10년이지만, 그 기간 동안 CO_2보다 86배 강력한 온실효과를 발휘하며, 주로 화석 연료 산업과 농업에서 배출됨.
- 아산화질소(N_2O)는 주로 농업에서 발생하며, 기후 변화에 대한 기여도는 약 6%임. 이 가스는 대기 중에서 100년 동안 유지되며, CO_2보다 200배 강력한 온실 효과를 발휘함. 불화가스(F-Gases)는 수세기 동안 대기 중에 머물며, CO_2보다 수천 배 더 강력한 온실효과를 일으킴. 특히, SF_6는 CO_2보다 23,500배 강력한 온실 효과를 가지고 있음. 불화가스는 주로 냉장고, 에어컨, 고압 장비 등에 사용됨.

○ 과학자들은 음식물 쓰레기에서 발생하는 메탄을 포집하여 에너지로 활용하거나, 항공기에서의 이산화탄소 배출을 줄이기는 기술 개발, 불화가스의 대체 가스 개발 등의 온실 가스별 문제 해결 방안을 모색중임.

참고 Trend Report(해외 R&D 정책·기술 동향 리포트)요약 - 제11호

번호	제목	출처	날짜
1	특허에 있어서 과소평가된 정부의 연구지원 (Underappreciated government research support in patents)	Science Article	`24.08.29
2	획기적인 발견이 초정밀 핵시계의 새로운 시대를 약속한다. (Breakthrough promises new era of ultraprecise nuclear clocks)	Science News	`24.09.04
3	신경망을 구축하는 새로운 방식은 AI를 더 이해하기 쉽게 만들 수 있다. (A new way to build neural networks could make AI more understandable)	MIT Technology Review	`24.08.30
4	빛을 흡수하는 염료를 바른 투명한 쥐가 장기를 드러냈다. (Transparent mice made with light-absorbing dye reveal organs at work)	Nature News	`24.09.05
5	뇌 척수액이 신체의 먼 부위로 이동할 수 있다. (Brain fluid may travel to distant parts of body)	Science News	`24.09.04
6	발견: 우울증과 관련된 뇌 배선 패턴 (Found: a brain-wiring pattern linked to depression)	Nature News	`24.09.04
7	식물이 토양에서 금속을 채굴하는 방법 (How plants could mine metals from the soil)	MIT Technology Review	`24.09.06
8	기후 변화를 주도하는 온실가스에 대한 간략한 가이드 (A brief guide to the greenhouse gases driving climate change)	MIT Technology Review	`24.09.05