

Tech Focus

Apr. 2026

Vol. 30



Focus Story
> Fall in Tech

자율운항선박 시대를 여는
지능형 자율항해시스템

Special Report
> M.AX Series◎

AI 자율운항선박,
K-조선의 패러다임 전환

Changing Tomorrow
> Best Practice◎

움직이면서도
흔들리지 않는 정밀함

R&Dism
> 슬기로운 기술 생활

선박의 360도 눈 '어라운드 뷰'가
여는 안전한 항해



<테크 포커스>
웹진 보기
매월 10일 오픈

Tech Focus

Apr. 2026

<테크 포커스> 웹진에서 4월호 기사를 확인하세요! techfocus.kr

Vol. 30



Special Report

16

M.AX Series①

AI 자율운항선박, K-조선의 패러다임 전환

20

M.AX Series②

K-자율운항, '연결'로 표준을 만든다

Changing Tomorrow

24

Best Practice①

(주)선익시스템

움직이면서도 흔들리지 않는 정밀함

28

Best Practice②

(주)티앤알바이오팜

혈관을 만드는 프린터

Focus Story

2

Infographic

It's Hot, AI 자율운항선박

4

History

자율운항선박의 역사
사람 대신 컴퓨터가 배를 제어한다!

8

Film&Tech

자율운항선박이 고장 난다면? 영화 <스피드 2>

10

Fall in Tech

자율운항선박 시대를 여는 지능형 자율항해시스템



등록일자 2013년 8월 24일 발행일 2026년 4월 5일 발행인 한국산업기술기획평가원 원장 전윤중 발행처 한국산업기술기획평가원, 한국산업기술진흥원, 한국공학한림원
 주소 대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동) 한국산업기술기획평가원 후원 산업통상부 편집 및 제작 (주)한경매거진앤북(02-360-4816)
 인쇄 한국장애인문화콘텐츠협회(02-2279-6760) 문의 한국산업기술기획평가원(053-718-8332) 잡지등록 대구동, 라00026
 본지에 게재된 모든 기사의 저작권은 한국산업기술기획평가원이 보유하며, 발행인의 사전 허가 없는 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다.
 필자의 원고 및 취재원의 인터뷰 방향은 한국산업기술기획평가원의 입장과 일부 차이가 있거나 다를 수 있습니다.



32

Teen+Tech

자기장으로 몸을 보다, MRI는 방사선으로 찍는 게 아니다

36

Tech Q&A

똑소리 나는 일상 속 과학 이야기

38

R&D Sense

#유기발광다이오드

39

R&D Policy

제조 시부터 자율운항까지, 연대와 혁신으로 그리는 미래산업 청사진

One More Tech

42

Tech for Earth

페페트병^{B2F}에서 폐섬유^{F2F}까지... 화학적 재활용의 진화

46

키워드 산책

빛, 과학과 예술의 경계를 허물다

R&Dim

50

슬기로운 기술 생활

선박의 360도 눈 '어라운드 뷰'가 여는 안전한 항해

56

공학자의 시선

김철홍 포항공대 IT융합공학과 교수
 몸속의 번개, 광음향 공학 및 의료 적용

60

잡 인사이드

송석구 한국지질자원연구원 지진연구센터장
 보이지 않는 땅속을 읽는 일



AI 자율운항선박은 인공지능과 센서, 통신 기술을 결합해 선박이 스스로 항로를 판단하고 운항하는 차세대 해양 모빌리티다. 해상 물류의 효율성과 안전성을 높일 핵심기술로 주목받으며 글로벌 해운산업의 패러다임 변화를 이끌고 있다.

IT'S HOT, AI 자율운항선박

1 자율운항선박 왜 필요한가?

· 해상 사고의 주요 원인

75~96%

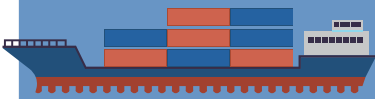
인적 오류



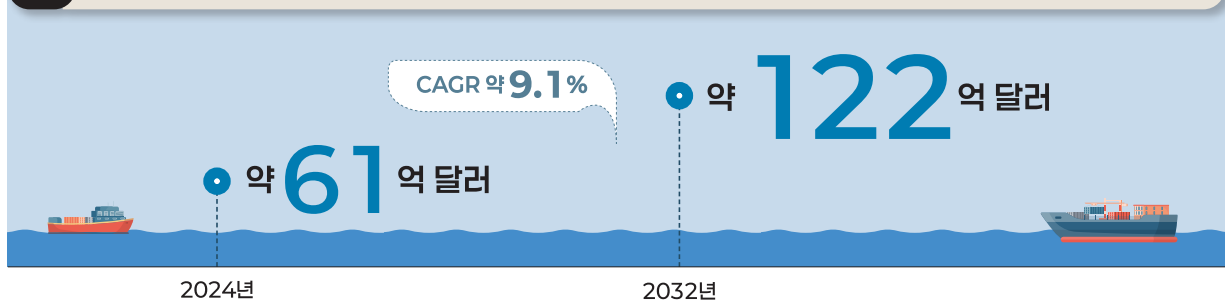
· 세계 물류의

90%

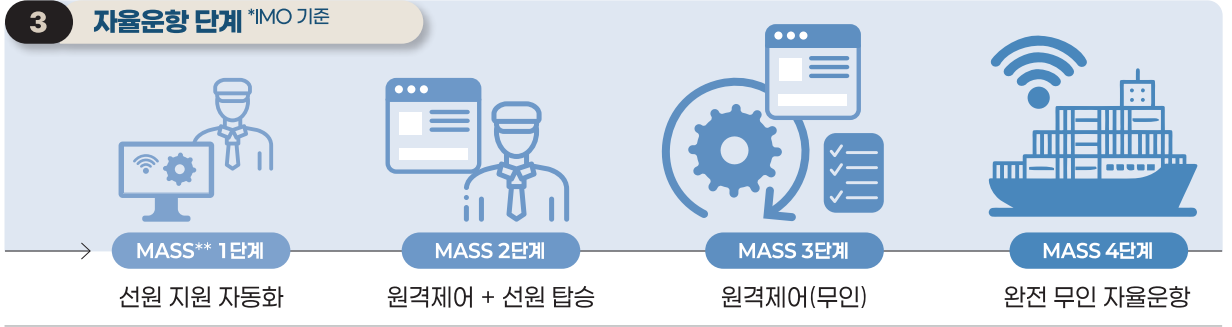
해상운송



2 글로벌 자율운항선박 시장 규모



3 자율운항 단계 *IMO 기준

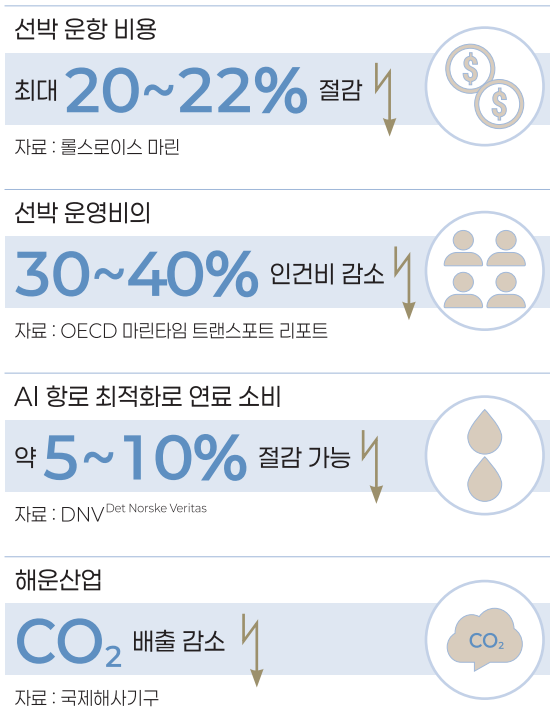


*IMO International Maritime Organization : 국제해사기구 **MASS Maritime Autonomous Surface Ship : 자율운항선박

4 자율운항 기술 핵심 구성



5 자율운항이 가져올 경제효과



6 한국 AI 자율운항선박 기술 수준



자율운항선박의 기술적 타당성을 검증한 유럽의 MUNIN 프로젝트 개념도. 시뮬레이션 위주로 진행된 결과 양호한 성과를 얻었다.

자율운항선박의 역사

사람 대신 컴퓨터가 배를 제어한다!

인간이 만든 이동체 중 가장 크고 비싸고 무거운 존재인 배. 이제 배도 자율주행차처럼 혼자 알아서 움직이는 시대가 열리고 있다. 배에 승조원이 없다면 어떤 점이 좋을까? 그리고 배가 승조원 없이 움직이기 위해서는 어떤 기술이 필요하며, 관련 기술은 얼마나 발전되어 있을까?

글 이동훈 과학 칼럼니스트

배는 인간이 만든 이동체 중 제일 오래된 것이기도 하다. 그 연도에 대해서는 여러 이설이 있지만, 최초의 배는 무려 기원전 7000년경에 발명되었다는 설도 있다. 이것이 사실이라면 바퀴의 등장보다 3500년이나 더 빠르다. 바퀴는 정원^{正圓}으로 제도하고 깎아내는 기술이 필요하지만, 배는 부력과 항력만 있으면 물 위에 떠서 나아갈 수 있기 때문에 당연한 결과다.

하지만 배에 쓰이는 기술은 결코 시대에 뒤떨어진 기술이 아니다. 동물 중에서도 수상동물인 고래가 육상동물인 코끼리보다 크듯이, 부력으로 물 위에 뜨기 때문에 그만큼 이동체의 부피를 크게 할 수 있다. 따라서 아직 덜 정제돼

소형화가 덜 된 당대의 최신 기술들이 배에 가장 먼저 탑재되는 경우를 과학 기술사에서는 쉽게 볼 수 있다. 일례로 원자력 추진 기관은 1950년대에 배에 탑재되었지만, 자동차에는 아직 달릴 기약도 없다.

또한 배는 인간이 만든 이동체 중 항공기와 더불어 지구상에서 가장 멀리까지 움직이는 것이기도 하다. 그렇기에 배의 정확한 위치를 파악하고 육상까지 통신할 수 있는 기술, 즉 수준 높은 정보통신 기술의 필요성 역시 진작부터 요구되었다. 그리고 21세기 들어 고도로 발전된 정보통신 기술은 드디어 승조원 없이도 움직일 수 있는 배, 자율운항선박의 출현을 눈앞에 가져왔다.

왜 자율운항선박인가?

승조원이 타지 않는 자율운항선박은 재래식 선박에 비해 다음과 같은 장점을 지닌다.

첫 번째로 인적 과실에 의한 사고 예방이 가능하다. 해상 사고의 약 70~80%는 졸음 운항, 판단 착오, 의사소통 오류 등 인적 과실에 의해 발생한다. 반면 레이더·라이다·인공지능 카메라 등의 첨단 센서는 악천후나 야간에도 주변 장애물을 인간보다 정확하게 탐지할 수 있다. 또한 24시간 지치지 않고 기능을 유지하므로 장기 항해 시 승조원에게 발생할 수 있는 집중력 저하 문제가 없다.

두 번째로 선박 설계의 혁신을 들 수 있다. 재래식 선박에는 침실·주방·화장실·공조설비·구명정 등 승조원의 생활공간이 필요하다. 그러나 자율운항선박에는 이런 공간이 필요 없다. 따라서 그만큼 더 많은 화물을 실을 수 있고, 더욱 연비가 뛰어난 설계가 가능해진다.

세 번째로 운용 비용이 절감된다. 무엇보다 사람이 태우지 않으므로 인건비(운용 비용의 20~30% 수준)가 필요 없다는 장점이 있다. 이는 승조원이라는 3D 직종의 인기가 점점 떨어져 지원자가 줄어드는 현실과도 무관치 않다. 또한 인공지능이 기상 상태와 조류 등 자연환경을 실시간으로 분석해 가장 연료가 적게 드는 경로와 속도로 항해해 연료비를 절감할 수 있다.

네 번째로 사고가 발생해도 인명 피해 우려가 적다. 적의 공격을 받거나, 자연재해가 심한 항로를 운항하거나, 배에 실린 위험한 화물이 누출되는 경우에도 승조원이 살상당할 우려는 없다.



세계 최초로 본격 자율운항 화물선으로 건조된 노르웨이의 아라비르켈란호.

이러한 장점이 있어 해사 업계 일각에서는 자율운항선박 도입을 소리 높여 주장해왔다. 무려 1964년 국제해사기구^{IMO}의 제8차 해사안전위원회^{MSC} 회의에서 선박의 완전 자동화 시스템, 부분 자동화 시스템, 원격조종 시스템 등의 논의가 이루어졌다. 지금에 비해 훨씬 기술 성숙도가 낮았고 승조원의 인건비가 저렴하던 그 시절에도 관련 논의가 있었던 것이다.

이후 1970~1980년대에는 전자장치, 속도 제어장치, 자동식별장치^{AS} 등을 하나로 묶은 통합형 항해 체계가 개발되기 시작한다. 이에 당시 독일 학자 로프 쇠크네히트는 저서 <미래의 선박과 해운^{Ships and Shipping of Tomorrow}>에서 자율운항선박의 등장을 예견하기도 했다.

자율운항선박의 가능성을 검증한 MUNIN 프로젝트

하지만 이러한 자율운항선박은 과연 타당한 개념인가? 독일 프라운호퍼 연구소의 해양 물류 서비스 연구팀이 주도한 컨소시엄은 이를 검증하기 위해 유럽연합의 지원을 받아 MUNIN^{Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks}(정보망 이용 무인 항해) 프로젝트를 2012년부터 2015년까지 진행했다. 이 프로젝트는 ‘선박과 구간 모델 선정 → 핵심 기능별 모듈 개발 → 정밀 디지털 시뮬레이션 → 타당성 분석’이라는 과정으로 진행되었다.

선박과 구간 모델로는 가장 난도 낮은, 공해상을 항해하는 7만5000톤급 벌크선이 선정되었다. 핵심 기능별 모듈은 항해 자동화, 기관 자동화, 선체와 육지 간 통신, 육상 선박제어센터의 4가지 핵심 기능을 구현했다. 이를 디지털 시뮬레이션으로 검증하고 분석한 결과 경제적으로는 재래식 선박보다 분명 우위에 있었다. 동급 재래식 선박 대비 25년간 운용 기준 700만 달러의 비용이 절감되었다. 또한 인적 과실이 없으며, 위험 요소 발견 및 대응 능력이 인간보다 훨씬 뛰어난 것으로 확인되었다. 다만 승조원이 없으므로 항해 중 고장이 나도 현장 수리는 불가능하다. 때문에 자율운항선박에는 중복 설계와 저정비 기관 도입이 필수라는 기술적 지침이 나왔다.

게다가 법적 타당성에 큰 문제가 있었다. 무엇보다 기존의 국제 해양법은 승조원이 탑승하는 재래식 선박에 맞춰 만들어졌다.



자율운항선박으로 개조돼 성공리에 운항된 일본의 아이리스리더호.

때문에 사고가 발생할 경우 책임 소재를 기존 법으로는 판단하기 어려웠다. 이에 자율운항선박에 맞는 국제법 개정의 필요성이 제기되었다.

또한 이 프로젝트에서 도출된 결론에 따라 자율운항선박이 국제 해운시장의 실질적인 흐름으로 부각되기 시작했으므로, IMO는 2017년 6월에 열린 제98차 해사안전위원회 회의^{MSC 98}에서부터, 자율운항 기술의 발전에 따른 기존 국제협약의 적용 방식을 검토하기 위해 ‘자율운항선박^{MASS, Maritime Autonomous Surface Ship}’이라는 용어를 공식적으로 정의하고 사용하기 시작했다. IMO는 자율운항선박을 “인간과의 상호작용 없이 다양한 자동화 단계를 가지고 독립적으로 운용될 수 있는 선박”으로 정의했다. 이듬해 열린 MSC 100에서는 자율운항선박의 범위를 더욱 구체화하기 위해 자율화 수준을 다음의 4단계로 구분하는 가이드라인을 제시했다. 이는 자동화된 의사결정 지원을 받는 운항부터 완전 자율운항까지 모두 자율운항선박의 범주에 포함시킨 중요한 결정이었다.

자율운항선박 자율화 단계

단계	IMO 정의
제1단계	자동화된 프로세스 및 결정 지원 시스템을 갖춘 선박
제2단계	원격제어가 가능하며 승조원이 승선하는 선박
제3단계	원격제어가 가능하며 승조원이 승선하지 않는 선박
제4단계	선내 운용시스템으로 자체 결정 및 조치를 통해 완전 자율운항이 가능한 선박

신속한 기술 개발로 자율운항선박 고지 선점하려는 각국

그러면 이러한 자율운항선박은 과연 어떤 원리로 작동하는가? 근본적으로 자율주행차, 무인 항공기와 크게 다르지 않다. 우선 적외선 및 가시광선 스펙트럼 카메라·레이더·소나·라이더·GPS·AIS 등의 자체 탑재 센서를 통해 항해에 필요한 데이터를 제공한다. 그 외에도 육상 선박 원격제어소에서 기상 데이터, 공해 항해 데이터 등을 획득한다. 인공지능이 이러한 데이터를 통해 최적의 경로와 운항 패턴을 산출, 이에 따라 선박에 명령을 내리면 자율 항법 시스템, 광학 감시 및 분석 시스템, 통합 동작 제어 시스템, 엔진 제어 시스템, 기술 모니터링 시스템, 대인 인터페이스 등 선박 자체 및 육상 선박 원격제어소의 여러 시스템이 이 명령에 따라 배를 제어하는 방식이다.

현재 여러 나라에서 자율운항선박 기술 표준을 선점하고 관련 국제 법규에 영향을 주고자 열을 올리고 있다. 특히 노르웨이의 아라비르켈란호는 재화중량톤수 3200톤, 120TEU 규모의 세계 최초의 전기 추진식 자율운항 화물선으로, 처음부터 승조원 탑승을 전혀 고려하지 않은 채 만들어졌다. 2022년부터 2024년까지 유인 운항(임시 승조원 거주 구역 설치)을 거친 후, 2024년부터 현재까지 무인 상태로 자율도를 점진적으로 높여가며 상업 운항 중이다.

2019년에는 일본 해운회사 NYK사가 자사의 자동차 운반선 아이리스리더호를 자율운항선박으로 개조해 자율운항을 실시했다. 여기서 충돌회피, 자동 항법 등에 양호한 결과를



자율운항선박으로 개조된 러시아 화물선 카밀라호. 러시아도 2020년대 들어 자율운항선박 기술 개발 및 제도 정비에 열을 올리고 있다.

거둔 일본은 MEGURI 2040 프로젝트에 돌입했다. 2040년까지 자율운항선박 생태계를 확립하는 것이 목표다. 이에 2025년 6월에는 자율운항선박 안전기준 가이드라인을 발표했고, 같은 해 12월에는 세계 최초 자율운항 여객선 상업 운항에 성공했다. MEGURI 2040에서 얻은 막대한 데이터를 바탕으로, IMO에서 논의 중인 MASS 코드(자율운항선박 국제 규칙) 제정 과정에서 주도권을 쥐고 일본 기술을 세계 표준으로 만들려는 전략도 추진 중이다.

위험성은 높지만 미주 대륙과의 접근성이 높은 북극 항로 개척에 기대가 큰 러시아 역시 자율운항선박 기술 개발에 적극적이다. 러시아 국가 기술 이니셔티브의 일환으로 2015년 출범한 산업협회 마리넷은 2019년 자율 원격 항해 시험 프로젝트를 시작, 기존의 선박 3척을 자율 및 원격제어형으로 개조해 실제 화물운송에 투입했다. 이 프로젝트는 2021년 한 해 동안에만 총 28회의 상업 화물운송에 성공했다. 이 프로젝트 결과를 바탕으로 러시아 정부는 '자율운항선박 시범 운영에 관한 법령'을 승인, 자국 자율운항선박 운항에 필요한 법적 기반을 닦았다. 러시아는 이 프로젝트의 중간 결과를 IMO에 지속적으로 보고, 전 세계 자율운항선박 규정을 만드는 데 핵심적인 데이터를 제공했다.

우리나라 역시 자율운항선박 개발 경쟁에서 뒤처지지 않고 있다. 우리나라 정부는 KASS(한국 자율운항선박) 사업을 진행 중이다. 2020년부터 2025년까지 진행된 KASS 제1단계에서는 1600억 원을 투입해 지능형 항해 및 기관 자동화 기술^{MO} 제2-3단계를 확보했다. 2025년에는 '자율운항선박법'을 시행했다. 2026년부터 2032년까지 진행될 KASS 제2단계 AI 완전 자율운항선박 사업은 IMO 제4단계 완전 무인화를 목표로 하고 있다.

국내 조선사들도 이미 대규모 수주를 통해 기술력을 증명하고 있다. 2026년 1월, HD현대 아비커스는 HMM의 대형 선박 40척에 자율운항 솔루션 '하이마스 컨트롤' 공급 계약을 체결했다. 또한 2025년 말, 정부와 해운 및 조선 업계가 모두 참여하는 자율운항선박 M.AX 얼라이언스를 출범하여 국제표준 선점에 나서고 있다.

자율운항선박의 미래는 과연 어떻게 될 것인가? 업계 내부에서도 의견이 갈린다. 일각에서는 업무 자동화 증가와 승조원 구인난 등을 거론하며 "2030년대가 오기 전에 본격적인 자율운항선박 시대가 올 것"이라고 예측한다. 다른 한편에서는 아직 제도적 문제와 안전문제가 완전히 해결되지 않았으며 "배에서 승조원을 모두 없애는 것은 오히려 비효율적"이라고 난색을 표하기도 한다.

자율운항선박 관련 기술 개발은 한 나라 단독으로도 할 수 있지만, 해사 관련 제도의 정비는 모든 나라가 뜻을 모아야 한다. 배는 국제적인 운송수단이기 때문이다. 앞으로의 추이를 지켜볼 일이다.



우리 기업 HD현대 아비커스의 대형 선박용 자율운항 솔루션 '하이마스 컨트롤'이 적용된 에이치라인 해운 선박.



이동훈 과학 칼럼니스트

<월간 항공> 기자, <파플러사이언스> 외신기자 역임. 현재 과학·인문·국방 관련 저술 및 번역가. <과학이 말하는 윤리>, <화성 탐사> 등의 과학 서적을 번역했다.

자율운항선박의 보급을 결정적으로 막는 난제가 있다. 바로 해난 사고가 발생할 경우 책임 문제다. 배는 인간이 만든 이동체 중 가장 큰 만큼 사고의 여파도 엄청나다. 약 30년 전의 고전 액션 영화를 통해 그 사실을 깨우쳐보자.

글 이경원 과학 칼럼니스트

자율운항선박이 고장 난다면? 영화

〈스피드 2〉

영화 포스터.

이번에 다룰 작품은 <스피드 2>(1997년작)다. 1994년 개봉된 <스피드>의 후속편이다. 하지만 “형만 한 아우 없다”는 게 대중문화계의 불문율이다. <스피드 2>도 전작의 엄청난 명성에 가려, 아니 그 명성 때문에 오히려 욕을 먹은 작품에 속한다. 사실 편견을 최대한 내려놓고 봐도 좀 재미없는 영화긴 하다.

그러나 이 영화에도 주목할 점은 있다. 바로 자율운항선박의 위험성을 경고하기 때문이다.

전작의 히로인 애니 포터(샌드라 불럭 분)는 새로운 애인 알렉스 쇼(제이슨 패트릭 분)와 함께 크루즈 ‘시본 레전드’에 탑승해 바다 여행을 즐긴다. 하지만 시본 레전드의 자율운항시스템 설계자 출신인 악당 존 가이거(윌렘 데포 분)는 자율운항시스템 개발 회사에서 해고당한 데 앙심을 품고, 배의 자율운항시스템을 해킹해 배가 유조선 ‘아인트호벤 라이언’호와 충돌하도록 하는데... 과연 주인공들은 이 엄청난 사건을 막을 수 있을 것인가?

소프트웨어 개발사가 손해배상을 책임져야 할지도
 물론 주인공들은 갖은 노력 끝에 배의 속도를 줄이고 항로를 변경, 아인트호벤 라이언과 충돌해 화재로 막대한 인명이 죽는 최악의 사태는 면한다. 하지만 시본 레전드는 대신 세인트 마틴 섬의 해안 마을을 덮친다. 수많은 건물과 선박, 차량이 1만3000톤급 시본 레전드에 치여 산산조각 났다.

현실에서 이런 사고가 발생했다면, 시본 레전드 소속



해운회사에는 그야말로 최악의 악몽이 될 것이다. 물론 가상의 사고이긴 하지만, 시본 레전드가 때려 부순 영화 속 재물의 피해액만 해도 족히 1억 달러(약 1500억 원)는 넘어 보인다. 누군가는 이 재산 피해를 책임져야 한다. 물론 배의 배수량을 기준으로 해난 사고의 배상책임 상한을 두는 ‘1976년 해사채권에 대한 책임제한협약’에 따라, 소속 해운회사 측의 고의 또는 과실이 입증되지 않는다면 해운회사의 배상책임은 한화로 40억 원 정도에 그칠 수도 있다. 그러나 소속 해운회사의 고의나 과실로



디지털 전환과 관련된 다양한 주제에 대해 깊이 있게 다루고, 관련 분야 전문가의 의견을 반영하여

이러한 해킹이 발생했다는 것이 입증될 경우 소속 해운회사는 무한 책임을 지고, 최악의 경우 파산할 수도 있다.

물론 이에 맞서 소속 해운회사가 범인 존 가이거를 상대로 구상권을 행사하는 방법도 있겠지만, 가이거는 이미 죽었다. 살아남아도 가이거나 그의 가족이 그 막대한 배상책임을 감당할 만한 재산을 가지고 있을 확률은 낮다. 그렇다면 구상권의 행사 대상은 가이거를 고용한 자율운항시스템 제조사로 넘어갈 수 있다. 가이거가 시스템 설계 과정에서 백도어를 심어두었거나 해킹에 취약한 구조를 의도적으로 만들었다면, 이를 막지 못한 자율운항시스템 제조사가 가장 큰 민사적 책임을 지기 때문이다.

제도적 준비 우선되어야

골치 아픈 법률 이야기를 다룬 이유는 이러한 제도적 문제가 자율운항선박 보급을 가로막는 가장 큰 장애물이기 때문이다.

배는 인간이 발명한 교통수단 중에 제일 크고 비싸고 무겁다. 또한 한 번에 가장 많은 인원과 화물을 운반할 수 있다. 때문에 운항 중 발생한 사고의 여파도 육해공 모든 교통수단 중 가장 크다.

문제는 인간이 통제하지 않는 자율운항선박의 경우, 이러한 사고의 책임을 누구에게 물을지가 분명치 않다는 점이다. 자율운항선박을 움직이는 인공지능은 도구일 뿐 인간과 같은 법적 주체가 아니기 때문이다. 결국 앞서도

말했듯이 현재의 법체계에서는 인공지능 개발사가 책임을 질 가능성이 높다. 인공지능 개발사는 이 책임을 피하기 위해 고액의 제조물 책임보험에 가입할 수밖에 없고, 이 비용은 인공지능 가격에 그대로 전가될 것이다.

법적인 부분 외에도 사람에게 의한 정기적 유지보수가 필요한 복잡한 선박 시스템의 관리, 영화에서도 나타난 자율운항선박의 사이버 보안도 중요한 문제로 남아 있다.

특히 자율운항선박은 모니터링 및 제어를 위해 지속적인 네트워크 연결이 필요하므로, 선박 제어 및 데이터가 사이버 공격에 그만큼 취약해질 수 있다. 다양한 공급업체의 다양한 구성 요소로 이루어진 복잡한 선박 설계로 인해 사이버 공격을 탐지하고 차단하기도 어려울 수 있다. 또한 승조원이 타지 않는 자율운항선박의 경우



인간이 통제하지 않는 자율운항선박에서 대형 해난 사고가 발생한다면, 그 법적 책임은 누구에게 있을까? 모호한 책임 소재는 자율운항 상용화의 가장 큰 제도적 장애물이다.

사이버 공격을 받아도 이에 맞서 제어권을 되찾기조차 힘들 수 있다. 승조원을 태운다 해도, 승조원이 사이버 공격에 얼마나 잘 예방 및 대응할 수 있을지는 의심스럽다. 현행 국제 규정상 선박 승조원에 대한 사이버 보안 교육은 의무 사항이 아니기 때문이다.

제대로 된 제도적 준비 없는 자율운항선박 도입은 <스피드 2> 속 재난을 현실로 만들지도 모른다!

자율운항선박 시대를 여는 지능형 자율항해시스템

대한민국 자율운항선박
기술개발사업의 핵심 성과를
검증하는 1800TEU급
실증 컨테이너선 ‘포스
싱가포르^{POS SINGAPORE}호’.
2024년 하반기에 지능형
자율항해시스템 탑재 및 통합
구동 시험을 성공적으로
완료했다.



인공지능 자동화 기술의 파고가 거대한 선박이 오가는 바다로 향하고 있다. 지난 6년간 국가연구개발사업의 결실인 ‘지능형 자율항해시스템’은 상황 인식부터 의사결정, 제어에 이르는 복합적 과정을 기술적으로 구현하며 미래 해양 수송의 패러다임을 새롭게 정의한다. 자율운항선박 시대를 앞당기고 있는 대한민국 기술의 현주소와 핵심 성과를 짚어본다.

글 이동진 선박해양플랜트연구소^{KRISO} 책임연구원



자율항해 3단계 프로세스

STEP 01 상황 인식^{ISAS}

객체 식별

레이더·카메라 등 다중 센서 정보를 융합해 주변 선박과 해상 객체를 자동 탐지.

위험 평가

수집된 데이터를 바탕으로 실시간 충돌 위험도를 분석.

STEP 02 의사결정 및 명령^{NEMO}

기상 및 운항 환경, 국제해상충돌예방규칙 등을 고려해 경제적이고 안전한 항로를 설정.

STEP 03 실행 및 데이터 관리^{Digital Bridge}

설정된 항로로 항해하기 위한 제어 명령을 조타 및 기관 시스템으로 전송. 선박 내 데이터를 통합 관리하며 육상 관제센터와 실시간 정보 공유.

인간의 노동을 대체하기 위한 자동화 기술은 과거의 단순한 작업 자동화를 넘어 인간의 판단과 의사결정 행위까지 수행하는 단계에 도달하고 있다. 이러한 추세는 자동차, 항공기, 선박 등 전통적인 운송수단에도 여러 형태의 변화를 일으키고 있다. 이는 해양 운송수단에서 자율운항선박이라는 형태로 나타났고, 자율운항선박이 미래의 해양 수송에 큰 변화를 가져올 것이라는 예측에 따라 자율운항선박 기술 확보 경쟁이 세계적으로 본격화되는 추세다. 이러한 국제적 동향에 능동적으로 대처하기 위해 자율운항선박 기술 선도를 목표로 다부처 국가연구개발사업인 자율운항선박 기술개발사업이 2020년부터 2025년까지 6년간 진행되었다. 자율운항선박 기술개발사업은 선박해양플랜트연구소^{KRISO}와 한국선급^{KRI}이 주축이 된 자율운항선박 기술개발사업 통합사업단 주도로 양 기관을 포함한 총 51개 기관이 참여하여 진행되었으며, 그 핵심 성과의 하나로 지능형 자율항해시스템 기술이 개발되었다.

자율운항선박 기술의 핵심, 자율항해

선박 운용 과정에서 선원이 수행하는 업무는 매우 다양하지만, 그 가운데 항해 업무는 선박의 운용 목적 달성과 안전 확보를 위해 가장 중요한 기능으로 꼽힌다. 선박 운항 중 항해자는 주변 상황을 인식하고 위험을 판단하며 항로를 결정하고 선박을 조종하는 일련의 과정을 지속적으로 수행하는데, 이러한 복합적이고 지속적인 판단과 행동을 기술적으로 구현하는 것이 바로 자율항해 기술이다.

자율항해를 위한 판단과 행동 과정은 크게 상황 인식^{Situational Awareness} → 의사결정^{Decision Making} → 제어^{Control} 단계로 구분할 수 있다. 이러한 구조는 운송수단을 다루는 인간의 행동 과정이므로 근본적으로 대부분의 운송수단에서 유사한 형태로 이루어지나, 각 수단별로 운용 방법이나 적용 환경 및 법규 등 여러 조건이 다르므로 실제 이에 대한 기술적 해결 방법에는 많은 차이가 있다.

선박의 경우 해상의 파도와 기상 등 환경조건에 따라 탐지 센서의 탐지 범위와 성능에 큰 영향을 받으며, 자동차에 비해 인식하고 대응해야 하는 공간 범위가 넓지만 해수면이라는 2차원 평면의 제한된 탐지 정보에 주로 의존한다는 제약이 존재한다. 또한 선박은 도로와 같은 정형화된 경로가 존재하지 않는 해상에서 항해하기에 주변 선박과의 통항 형태를 특정화하기 매우 어려운 특징을 보이며, 항공기와 달리 해수면을 벗어나지 못하는 상태에서 통항이 이루어져야 하는 차이점이 있다.

자율운항선박 기술개발사업에서는 항해 상황에서 이루어지는 판단과 행동 과정을 고려하여 자율항해 기능을 크게 세 가지 기능으로 구성했다. 선박 주변을 확인해 통항 위험 요소를 식별하는 상황 인식, 능동적으로 필요 항로를 설정하고 이에 따라 항해를 이어가는 지능 항해, 여러 시스템과 장비에서 발생하는 데이터를 연계·관리하는 데이터 플랫폼이 그것이다. 이 세 가지 기능으로 설계하여 각각 iSAS^{Intelligent Situational Awareness System}, NEMO^{Navigation Expert for MASS Operation}, 디지털 브리지^{Digital Bridge}로 명명된 시스템을 구축, 각 시스템이 항해 환경에 효과적으로 대응할 수 있도록 개발했다.

해상 테스트베드 ‘해양누리호’에 탑재된 NEMO 시스템이 3척의 통항선과 동시 조우하는 복잡한 상황에서 자율적으로 판단하여 항로를 추종하고 있다. 2025년 7월 실시된 이 시험은 국내 자율운항선박 기술의 실용화 가능성과 상용화 기반을 확보했다. 사진은 KRISO 자율운항선박실증연구센터 원격 모니터링 화면.





2024년 10월, 사전 계획되지 않은 예부선을 포함해 총 10척의 선박과 조우하는 복잡한 통항 환경에서 NEMO 시스템이 실시간으로 위험을 판단하고 안전한 항해를 이어가는 모습. KRISO는 실험 데이터와 개발 경험을 자산화하여, 국제해사기구^{IMO} 및 국제표준화기구^{ISO}의 자율운항선박 관련 국제 규정과 표준 개발에 국내 기술이 핵심적으로 반영될 수 있도록 힘쓸 계획이다.

면밀한 상황 감시자, iSAS

항해자는 AIS와 레이더 화면 등을 통해 획득한 항해 상황 정보와 견시 등을 통해 얻은 정보를 종합하여 선박 주변의 통항 상황을 인지한다. 자율항해를 구현하기 위해서는 이러한 항해자의 상황 인지 역할을 대체할 수 있는 기능이 필요하며, 이를 위해 개발된 시스템이 iSAS다.

iSAS는 선박에 탑재된 AIS·레이더·라이다·카메라 등 다양한 센서를 통해 획득한 정보를 융합하여 주변 통항 선박 및 해상 객체를 자동으로 식별하는 역할을 수행한다. 또한 선박의 주요 운항 정보를 포함한 항해 정보를 디지털 브리지를 통해 전달받고, 독립적으로 수집한 탐지 센서 데이터와 이를 처리하여 생성된 객체 추정 정보를 융합함으로써, 해상의 객체를 자동으로 탐지하고 상대적

충돌 위험을 평가한다. 이렇게 생성된 정보는 다시 디지털 브리지로 전달되어 지능형 항해시스템에서 활용된다. 특히 탐지 센서로부터 획득한 정보는 자선의 거동 및 주변 환경조건에 따라 영향을 받게 되므로, 이러한 영향을 최소화할 수 있도록 각 센서에 대한 신뢰도를 조정하고 센서 간 정보를 융합함으로써 해상 객체 탐지의 안정성과 정확도를 향상한다.

노련한 항해자, NEMO

지능형 항해시스템 NEMO는 디지털 브리지를 통해 전달받은 해상 객체 정보와 항해 정보를 기반으로 필요 항로를 능동적으로 설정하고, 설정 항로를 추종하기 위한 제어 명령을 생성하여 디지털 브리지로 전송한다. 이는 선박의 전역 항로를 도출하는 기능, 통항 위험 요소가 존재하는 상황에서 안전한 항로를 도출하는 기능, 도출된 항로 중 상황에 따라 합리적 항로를 선택하는 기능, 항로 추종을 위한 제어 명령을 생성하는 기능으로 구분해 개발되었다.

전역 항로 도출 기능은 선박의 출발항에서 목적항까지의 전역 경로를 도출하는 기능으로, 날씨와 해상상태 등의 운항 환경을 고려하여 운항 시간, 연료소모율 등의 관점에서 최적 전역 항로를 도출할 수 있도록 개발되었다. 안전 항해 기능은 통항 중 상대 선박의 국제해상충돌예방규칙^{COLREGS} 준수 여부에 상관없이 최대한 안전을 도모할 수 있도록 개발되었다. 모든 상황에서 COLREGs를 준수하여 항로를 설정하는 알고리즘과 상대 선박의 COLREGs 준수 의사를 추정하여 규칙 비준수 선박이라 판단되는 경우 자선의 COLREGs 준수율을 낮추어 현실적으로 안전한 항로를 찾는 알고리즘, 총 두 가지



iSAS를 구성하는
'4개의 눈'

① AIS

주변 선박의 식별 정보와 실시간 항해 데이터를 수집하여 통항 상황을 파악.

② 레이더

다양한 환경에서 전파를 이용해 주변 물체를 탐지하고 거리를 측정.

③ 라이다

고정밀 레이저로 객체의 위치와 형태를 측정.

④ 카메라

시각 데이터를 기반으로 주변 선박 및 해상 객체를 영상으로 자동 인식하고 식별.

알고리즘을 설정해 각각의 항로를 도출하도록 하고, 이 가운데 좀 더 위험도가 낮은 항로를 선택하도록 했다. 전체적인 시스템 작동 과정은 항로 결정 알고리즘이 상위에 존재하여 기본적으로는 전역 항로를 따르되, 통항 선박과의 조우 상황이 발생해 통항 안전 도모가 필요한 경우에는 COLREGs 규칙 준수·미준수 상황을 대비한 두 가지 알고리즘이 제시한 항로 중 더 안전한 항로를 선택해 항해를 이어가며, 이후 통항 선박과의 조우 상황이 종료되면 다시 전역 항로를 따르는 형태로 이루어진다.

안정적 정보 관리자, 디지털 브리지

iSAS와 NEMO가 각각 상황 인식과 항로 결정을 담당한다면, 디지털 브리지는 탐지 센서, 항해 장비, 기관 시스템 등 선박 내의 여러 장비와 시스템에서 발생하는 각종 데이터를 수집·관리하고 지능형 자율항해시스템과 필요 데이터를 공유하는 통합 데이터 플랫폼 역할을 한다. 또한

자율항해시스템에서 생성된 제어 명령을 조타 및 기관 시스템으로 전달하는 역할을 하며, 선박에서 생성된 데이터를 육상으로 전송하기 위한 데이터 허브 역할도 수행한다.

견고하고 안전한 시스템을 위한 체계적 검증

지능형 자율항해시스템은 선박의 운항 안전과 직결되는 매우 중요한 시스템이므로 신뢰성과 안전성에 대한 철저한 확인이 필수다. 이러한 요구에 따라 지능형 자율항해시스템의 성능을 검증하기 위한 체계적인 활동이 진행되었다.

iSAS는 개발 초기부터 해상 탐지 시험을 통해 기능을 확인하고 성능을 향상하기 위한 과정을 수행했으며, 지능형 항해시스템 NEMO는 체계적인 검증을 위한 시뮬레이션 및 수조·내수면 모형시험 수행 환경을 구축, 여러 통항 시나리오를 적용한 시험을 통해 알고리즘의 신뢰성을 더욱 높이는 과정을 거쳤다. 디지털 브리지의 경우 데이터 에뮬레이터를 개발 초기에 구성,



자율운항선박 기술개발사업의 핵심 성과를 검증하기 위해, 2024년 하반기 1800TEU급 실증 컨테이너선 '포스 싱가포르호'에 지능형 자율항해시스템을 탑재하고 통합 구동 시험을 완료했다.



HD현대 아비커스의 지능형 항해 보조 시스템 '하이나스^{HINAS}'가 탑재된 대형 선박의 모습. 선박에 장착된 카메라와 항해장비를 통해 수집된 주변 상황 정보로 해상교통 안전성을 확보한다.

시스템 간의 연결을 가상으로 확인하는 절차를 거쳤다.

지능형 자율항해시스템 통합 구축 후에는 실해역 시험을 통해 여러 핵심기술 요소를 검증하고 지속적인 성능 개선을 진행했다. 자율운항선박 기술개발사업의 일환으로 건조한 길이 약 25m의 해상 테스트베드 시험선 해양누리호에 2023년 하반기 통합 시스템을 탑재, 실해역 시험을 통해 안전 항해 기능을 중점적으로 검증했다. 상황 인식 및 데이터 처리 시스템 등 자율항해시스템을 구성하는 요소들의 통합 운용 성능을 측정했으며, 시험 모니터링 및 지원 시스템의 운용 성능 등을 종합적으로 확인했다.

또한 2024년 하반기에는 1800TEU 실증 컨테이너선 포스 싱가포르^{POS SINGAPORE}호에 시스템을 탑재해 통합 구동 시험을 마쳤다. 이후 해당 선박의 항해 중 통항선 인식 시험, 경유점 추종 시험, 가상 통항 선박 대응 안전 항해 성능 시험 등을 진행했으며, 자율항해시스템을 통한 항해 중 데이터 수집이 지속적으로 이루어지는 상황이다.

자율운항선박 시대 본격화를 위한 기술 도전

자율운항선박 기술은 조선·해운 분야에서 미래 핵심기술로 평가되며, 이를 통해 해상운송의 효율성과 안전성이 동시에 향상될 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 자율운항선박이 본격적으로 도입되기 위해서는 아직 해결해야 할 과제가 많이 남아 있다. 특히 지능형 자율항해시스템 측면에서는 항해 전 구간에 인간의 개입 필요성을 최소화하기 위한 기술 개발과, 이를 궁극적으로 실현하기 위한 인공지능 기반 핵심기술 확보 등 다양한 기술적 도전 과제가 존재한다. 자율운항선박 시대를 향한 도전은 이제 막 시작된 단계다.



여동진 선박해양플랜트연구소^{KIRSO} 책임연구원

서울대학교 조선해양공학과를 졸업했고, 동 대학에서 석사·박사학위를 취득했다. 현재 자율운항선박 기술 개발과 관련하여 운항 성능 해석 기술 및 지능형 항해시스템 기술, 성능 실증 기술 연구를 수행하고 있다. IMO와 ISO 등 국제기구의 자율운항선박 관련 동향에 우리나라의 대응을 위한 기술 자문 지원활동도 수행 중이다.



AI 자율운항선박 기술이 K-조선의 국가경쟁력을 지속하기 위한 새로운 승부처로 떠오르고 있다. 배를 건조하는 제조업을 넘어 소프트웨어와 데이터를 중심으로 하는 ‘서비스형 조선업’으로의 혁신이 필요하다. 이는 자율주행 자동차 산업의 전례를 교훈 삼아 기술 주도권을 선점해야 할 시급한 과제다.

글 김진환 카이스트 기계공학과 교수

AI 자율운항선박, K-조선의 패러다임 전환

수출 중심인 우리나라 경제에서 조선산업은 수십 년간 국가경쟁력을 지켜온 핵심 기간산업이다. 전통적인 조선산업은 노동집약적 성격이 강했던 만큼, 산업의 주도권이 인건비 경쟁력을 따라 유럽에서 일본으로, 일본에서 한국으로 이동해왔으며, 지금은 중국과 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 한국이 지금까지 중국과의 경쟁에서 밀려나지 않고 버틸 수 있었던 데는 LNG선이나 대형 컨테이너선 등 고부가가치선 중심으로 끊임없이 기술혁신을 추구하며 단순 가격경쟁 구도를 벗어난 덕분이라 할 수 있다. 현시점에도 환경규제 대응 역량과 오랜 시간 쌓아온 엔지니어링 기술력을 장벽 삼아 힘겨운 싸움을 계속해가고 있다. 그런 의미에서 자율운항선박 기술은 그 연장선에서 바라볼 수 있는 다음 승부처라 할 수 있다. 기술혁신으로 시장을 선점해온 한국 조선산업에 또 한 번의 기회가 찾아온 셈이다.

자율운항선박의 핵심기술 체계와

완전 자율화를 향한 과제

차량의 자율주행과 마찬가지로 선박의 자율운항을 위해서는 인지, 판단, 제어의 세 단계를 아우르는 기술 체계가 필요하다. 인지 단계에서는 레이더·AIS·카메라 등 이중 센서의 데이터를 융합하여 주변 선박과 장애물, 기상과 해상상태를 종합적으로 파악하는 해상 상황 인식^{Maritime Situational Awareness} 기술이 핵심이다. 판단 단계에서는 이동 시간과 연료 소비량을 감안한 최적의 운항 경로를 생성하되, 운항 과정에서 조우하는

What is M.AX Series?

산업통상부가 주도하는 ‘제조 AX 얼라이언스^{M.AX}’에는 자율운항선박을 비롯한 주요 산업 분야가 참여하고 있다. M.AX 얼라이언스 전문가들과 함께, 대한민국 핵심 산업이 틱테크와 결합해 어떻게 인공지능 전환^{AI}을 이뤄내는지 진단하는 심층 연재 시리즈를 시작한다.

선박 및 장애물에 대해 국제해상충돌예방규칙^{COLREGs}을 준수하는 충돌회피 의사결정이 이루어진다. 마지막으로 제어 단계에서는 끊임없이 변하는 각종 외란 속에서 선박의 거대한 관성과 제한된 조종 성능을 고려하면서도 계획된 경로를 정밀하게 추종하는 선박 운동제어 기술이 작동한다. 단, 이는 항해 관점에서의 자율화 기술이며, 선박 운용 전체를 자율화하기 위해서는 훨씬 넓은 범위의 기술 개발이 필요하다. 자율주행차는 운전자의 역할을 대체함으로써 완성되지만, 진정한 자율운항선박이 되기 위해서는 항해사뿐 아니라 모든 승조원의 역할을 대체할 수 있어야 하기 때문이다.

인력난과 규제를 넘어서는 AI 솔루션

자율운항선박의 필요성은 복합적인 배경에서 출발한다. 가장 시급한 문제는 선원 부족이다. 선원 고령화와 해기사 수급 불균형은 해운산업의 구조적 위기로 이어지고 있으며, 이를 해결할 현실적 대안으로 자율운항이 주목받고 있다. 여기에 AI 기반의 항로 최적화와 연료 소비량 관리는 운항비용 절감과 탄소 배출 감축이라는 두 가지 과제를 동시에 해결할 수 있어 국제 환경규제 대응에도 효과적이다.

기술적 측면에서도 빠른 진전이 이루어지고 있다. 선박에 탑재된 레이더·카메라·라이다·AIS 등 다양한 센서에서 수집한 데이터를 바탕으로 한 AI 기반의 자율항해 기술이 상용화 단계에 이르렀으며, 고장 예측과 유지보수 최적화 기술이

도로 위의 혁신이 바다에 던지는 질문, 자율주행차 vs 자율운항선박

비교 테마	자율주행차	자율운항선박
제어 물리	즉각적 반응과 정밀도 센티미터 단위의 정밀 제어와 즉각적인 제동이 핵심. 2차원 평면 거동 중심.	거대 관성과 장기 예측 제동 시 수 km를 전진하는 거대 관성 제어. 파도·바람에 의한 자유도 복합 거동 계산 필수.
환경 인식	고해상도 근거리 탐색 카메라와 라이다 중심. 300m 이내의 복잡한 도심 장애물을 고밀도로 분석.	광역 원거리 탐색 레이더와 AIS 중심. 수 km 밖의 위협을 선제 포착. 위성 기반 기상 데이터 융합이 관건.
자동화 범위	'운전자' 역할 대체 조향, 가속, 제동 등 단일 태스크의 자동화를 통한 안전과 편의 중심.	'승조원' 체계 무인화 항해뿐 아니라 기관실 관리, 하역, 계류 등 선박 운용 전반의 무인 플랫폼화 지향.
통신 인프라	5G 및 V2X 기반 지상 기지국 중심의 고대역폭 통신망 활용. 실시간 지도 및 소프트웨어 업데이트 용이.	위성통신 기반 저궤도 위성 활용. 광범위한 통신 사각지대 및 데이터 지연 극복이 핵심 과제.

고도화되면서 시는 항해 자동화를 넘어 선박 운용 전반을 관리하는 통합 플랫폼으로 진화하고 있다. 선박을 건조해 인도하는 전통적인 비즈니스 모델 역시 자율운항 솔루션과 운항 데이터를 지속적으로 제공하는 '서비스형 조선업'으로 진화하고 있는데, 이는 시장에서의 기술 개발과 경쟁의 범위가 하드웨어 위주에서 소프트웨어와 데이터로 확대되고 있음을 보여준다.

테슬라가 증명한 소프트웨어의 힘, 조선업에 던지는 질문

그렇다면 과연 자율운항선박 기술이 K-조선의 미래를 책임지는 기술이 될 수 있을까? 여기서 자동차산업의 전례가 불편한 질문을 던진다. 자율주행 혁명의 주역은 100년 전통의 완성차 업체들이 아니었기 때문이다. 이들이 오랜 시간을 거쳐 고도화된 기존 차량 기술에 집착하며 머뭇거리는 사이, 소프트웨어와 데이터를 무기로 한 새로운 기업들이 등장하면서



K-조선의 패러다임 전환을 실증하는 자율운항 테스트베드 '해양누리호'. 엔지니어링 자산을 바탕으로 SI 기반의 인지·판단·제어 기술을 통합 실증하며, 대한민국이 자율운항선박 기술의 유리한 고지를 선점하고 있음을 증명하고 있다.



2025년 12월 29일(월) 산업통상부(장관 김정관)와 해양수산부(당시 장관 직무대행 김성범)는 공동으로 서울 롯데호텔에서 '자율운항선박 M.AX 얼라이언스 전략회의'를 개최했다. 전략회의에는 조선·해운·SI 기업, 대학, 연구기관 등 약 50개 기관 100여 명이 참석했다.

산업의 무게중심을 옮겨버렸다. 자율주행이 여전히 완성된 기술이 아닌 진행형 기술임에도, 자율주행 기술의 선두 주자로 평가받는 테슬라의 시총이 기존 완성차 업체 대부분의 시총을 합산한 금액을 넘어선다는 사실이 이를 단적으로 증명한다.

조선산업이라고 다르게 볼 수 없으며, 실제로 잠재적 도전자들은 이미 포진해 있다. 선박용 항해 통신 및 자동화 장비의 전문성을 바탕으로 일찍부터 자율운항 기술 개발을 시도해온 해양 기자재·솔루션 기업들이 기회를 노리고 있으며, SI의 핵심 자산인 실제 운항 데이터를 가장 풍부하게 보유한 해운사들이 관련 기술의 변화를 예의 주시하고 있다. 이런 점을 감안할 때, 자율운항의 주도권이 전통 조선업체가 아닌 곳으로 넘어가는 상황도 가상의 시나리오가 아니다. 지금 제대로 준비하지 않으면 기존 조선소는 껌데기 배만 짓는 단순 제조업체로 남고, 기술 주도권을 잃는 상황이 현실이 될 수도 있다.

엔지니어링 자산과 민관 협력으로

완성하는 K-조선 초격차 전략

다행히도 자율운항선박 기술 개발에서 한국은 아직 유리한 고지에 있다. 우리나라 조선소의 건조 역량과 엔지니어링 경험은 세계적이며, 산·학·연 협력의 탄탄한 저변 역시

쉽게 대체하기 어려운 자산이다. 정부는 자율운항선박 시행, 얼라이언스 출범, 관련 국책 사업을 통해 기술 개발을 적극적으로 지원하고 있으며, 국내 조선·해운·SI 분야를 아우르는 민관 협력체계가 본격적인 가동을 앞두고 있다는 점도 고무적이라 하겠다.

바야흐로 조선산업은 전통적인 노동집약적 산업에서 기술집약적 산업으로 변모하는 패러다임 전환기에 접어들고 있다. 기술 전환기의 주도권은 과거의 강자에게 자동으로 주어지지 않는다. 변화를 먼저 그리고 올바른 방향으로 준비하는 쪽에 기회가 열린다는 점을 잊지 않는다면, K-조선은 먼 미래에도 우리나라 경제를 책임지는 든든하고 자랑스러운 산업으로 그 역할을 다할 수 있을 것으로 믿는다.



김진환 카이스트 기계공학과 교수

서울대학교 조선해양공학과를 졸업하고 동 대학원에서 석사학위, 스탠퍼드 대학교에서 항공우주학 박사학위를 취득했다. 이후 선박해양플랜트연구소를 거쳐 2010년부터 카이스트 기계공학과 교수로 재직하고 있다. 현재 '제조 AX 얼라이언스 M.AX'의 SI 자율운항선박 분과위원장을 맡아 대한민국 핵심 산업의 인공지능 전환을 이끌고 있다.

K-자율운항, ‘연결’로 표준을 만든다

조선업이 데이터 중심의 플랫폼 산업으로 확장되는 지금, 국제표준 선점은 K-조선의 지속 가능한 경쟁력을 결정한다. 이에 임근태 선박해양플랜트연구소 자율운항선박실증연구센터 센터장을 만나 글로벌 표준 주도권을 향한 대한민국의 실증 전략과 비전을 짚어보았다.

글 김선녀 사진 서범세

원격제어와 시 항해가 가능한 다중제어모드를 갖춘 해양누리호는 자율운항선박 핵심기술의 신뢰성을 확보하는 해상 테스트베드 역할을 수행한다.



선박해양플랜트연구소^{KRISO}의 자율운항선박실증연구센터 전경. 자율운항 기술이 실제 산업으로 이어지기 위해 필수적인 해상 검증 과정과 표준화된 실증 프로세스 구축을 주도하는 핵심 인프라다.



제조에서 플랫폼으로, 자율운항이 여는 전환의 시작

자율운항선박을 둘러싼 글로벌 경쟁이 본격화되는 가운데, 정부와 산업계가 함께 참여하는 ‘자율운항선박 M.AX 얼라이언스’가 출범하며 새로운 전환점이 마련됐다. 산업통상부와 해양수산부를 중심으로 조선-해운-AI 기업, 연구기관 등 50여 개 기관이 참여한 이 협력체는 데이터 확보와 실증 협력 구조를 기반으로 자율운항선박 기술의 상용화와 국제표준 선점을 목표로 한다. 특히 조선사의 자율운항 기술, 해운사의 방대한 운항 데이터, AI 기업의 분석 역량을 결합해 자율운항 AI의 신뢰성을 높이겠다는 점에서 주목된다.

이런 흐름 속에서 선박해양플랜트연구소^{KRISO}의 역할은 더욱 분명해지고 있다. 임근태 KRISO 자율운항선박실증연구센터 센터장은 “국내 자율운항선박 기술 개발이 본격적인 궤도에 오른 1단계 사업에서 KRISO는 단순한 기술 개발을 넘어 실제 운항을 전제로 실증 기반과 시스템을 구축하는 데 집중해왔다. 그 결과 자율운항선박 기술은 개별 요소를 넘어 하나의 통합 체계로 발전할 수 있었다”고 설명했다. 이어 “이제 관심은 ‘선박이 얼마나 자율적인가’가 아니라 ‘실제로 운용 가능한가’를 묻는 단계로 옮겨가고 있다”고 덧붙였다. 선박 자체의 자율운항 성능뿐 아니라 이를 검증하기 위한 기술, 항만 인프라, 디지털 서비스 등 운용 환경 전반을 고려하는 종합적 접근이 요구되면서, KRISO 역시 이를 뒷받침하기 위한 기반 기술로 연구 범위를 확장하고 있다는 설명이다.

현장에서는 자율운항선박을 중심으로 한 산업구조의 변화가

조선업의 성격 자체를 바꾸고 있다는 인식이 뚜렷하다. 제조 중심 산업으로 여겼던 조선이 데이터와 AI를 기반으로 한 플랫폼 산업으로 확장되고 있으며, 자율운항선박은 그 전환의 한가운데 있다. 이제 자율운항선박 기술은 개별 기술 개발을 넘어 실제 운용과 산업 적용을 전제로 한 새로운 단계로 진입하고 있다.

실증에서 표준까지, 자율운항 기술의 ‘보이지 않는 기반’

자율운항선박 기술이 실제 산업으로 이어지기 위해서는 해상에서의 검증 과정이 무엇보다 중요하다. 임 센터장은 “KRISO는 개발된 개별 요소기술을 하나의 시스템으로 통합해 해상에서 실증을 수행하면서, 준비 단계에서는 드러나지 않았던 변수와 한계들을 식별할 수 있었다”고 말했다. 이어 “현재 자율운항선박 기술의 실증은 성능을 확인하는 단계를 넘어, 어떤 절차와 기준으로 기술을 검증할 것인지 정의하는 방향으로 확장되고 있다. 특히 해상 환경은 동일한 조건을 반복 재현하기 어렵기 때문에, 다양한 상황을 포함한 시나리오 기반 검증 체계와 이를 뒷받침할 표준화된 실증 프로세스 구축이 핵심 과제로 부상하고 있다”고 덧붙였다.

이러한 흐름 속에서 데이터 역시 기술 발전의 기반이자 경쟁력의 핵심 요소로 작용한다. 임 센터장은 “선박에서는 수많은 센서를 통해 방대한 정보가 생성되지만, 이를 목적에 맞게 분류하고 의미 있는 형태로 가공하는 과정이 무엇보다 중요하다”고 강조했다. 자율운항, 원격운항, 에너지 최적화,



디지털트윈 브리지엔진 모니터링 시스템^{DTBE}. 실제 해상에서 운항 중인 선박의 데이터를 실시간으로 동기화하여 지능형 항해시스템의 성능과 안전성을 통합 관제한다.

예지 보존 등 각각의 목적에 따라 요구되는 데이터가 다르기 때문에, 이를 반영한 학습 데이터셋을 얼마나 체계적으로 구축하느냐가 AI 성능을 좌우한다는 설명이다. 현재 자율운항시스템에서 AI는 주로 안전 항해를 위한 비전 센서 기반의 상황 인식에 활용되고 있으며, 실제 의사결정과 제어는 기존의 규칙 기반 로직과 물리 모델이 함께 작동하는 구조다. 다만 향후에는 타 선박의 의사 추론, 운항 선박의 운동 특성과 운항 판단까지 의사결정 전반이 점차 데이터 기반 AI로 확장될 것으로 예상된다.

이처럼 기술과 데이터가 축적되면서 이를 뒷받침할 기준과 규정 마련도 국제해사기구^{IMO}와 국제표준화기구^{ISO}를 중심으로 추진되고 있다. 2030년 자율운항선박 강제 규정^{MASS Code} 채택을 앞두고, 내년부터는 경험축적기간을 운영하며 MASS Code의 실효성을 검증하기 위한 자율운항선박의 실운항 데이터 축적이

본격화될 예정이다. 이러한 자율운항선박 기술 개발과 실증 경험, 데이터는 표준화를 위한 핵심 기반이 될 것으로 보인다.

경쟁이 아닌 연결, M.AX가 만드는 산업 생태계

기술과 검증 체계가 동시에 발전하는 전환기에는 개별 기업이나 기관의 경쟁력만으로는 한계가 분명하다. 자율운항선박이 실제 산업으로 확장되기 위해서는 데이터를 공유하고 기술을 연결하는 협력 구조가 필수적이다. M.AX 얼라이언스는 이러한 문제의식에서 출발한 플랫폼으로, 조선·해운·AI 산업 전반이 참여해 각자의 데이터를 결합하고 새로운 기술 수요를 발굴하는 역할을 맡고 있다. 특히 연안 운항 데이터처럼 사고 위험이 높고 활용 가치가 큰 데이터는 개별 기업이 확보하기 어렵기 때문에, KRISO와 같은 공공 연구기관을 중심으로 데이터 수집과 표준화를 추진하고 이를 산업 전반으로 확산시키는 구조가 중요해지고 있다.

임 센터장은 “자율운항선박은 개별 기업이나 기관의 역량만으로는 한계가 분명한 분야”라며 “데이터를 공유하고 기술을 연결하는 협력 구조가 필수적이며, 이를 통해 산업 전반의 기술 발전 속도를 끌어올릴 수 있다”고 강조했다. 이러한 협력은 단순한 기술 개발이 아닌 산업의 작동 방식 자체를 바꾸는 요인으로 작용한다. 자율운항선박이 본격적으로 도입될 경우 안전성과 운항 효율이 동시에 개선되는 것은 물론, 물류 운영 방식과 인력 구조에도 점진적인 변화가 나타날 것으로 예상된다. 다만 기술의 완성도만으로

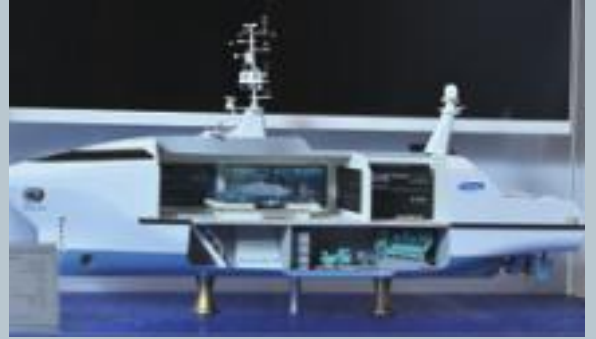


실증에서 글로벌 표준까지. 개별 기술의 통합을 넘어, 해상 통신과 인프라를 포함한 전방위적 운용체계를 구축하기 위한 KRISO의 자율운항 시뮬레이션 모습.

상용화가 이루어지는 것은 아니다. 실제 운용이 가능한 환경과 인프라, 그리고 사회적 수용성이 함께 갖춰져야 기술이 산업으로 정착할 수 있다.

임 센터장은 “자율운항선박은 특정 운용 조건에서 시작해 점진적으로 적용 범위를 확대해나갈 것”이라며 “완전한 자율운항에 단번에 도달하기보다는 실증과 데이터를 기반으로 단계적으로 상용화가 이루어질 것”이라고 전망했다. 향후 자율운항선박 기술은 운용 가능한 범위를 점진적으로 넓혀가며 확산될 것으로 전망된다.

이러한 흐름 속에서 한국은 이미 글로벌 상위권 수준의 기술경쟁력을 확보하고 있으며, M.AX와 같은 협력체계가 안정적으로 작동할 경우 국제표준과 시장 주도권 확보에도 유리한 위치를 차지할 수 있다. 결국 자율운항선박의



해양누리호 내부 구조도. 실제 해역의 데이터를 실시간으로 동기화하는 DTBE 시스템을 통해 자율운항선박이 안전하게 운용될 수 있도록 객체화된 검증 기준을 정립해나간다.

미래는 개별 기술의 완성도뿐 아니라, 데이터를 공유하고 산업을 연결하는 협력 구조 위에서 얼마나 빠르게 현실로 구현되느냐에 달려 있다.

Mini Interview

임근태 KRISO 자율운항선박개발연구센터 센터장

Q1. 현재 자율운항선박 기술 수준을 어떻게 보시나요?

현재 자율운항선박 기술은 빠르게 발전하고 있지만, 아직 초기 단계라고 보는 것이 맞습니다. 선박 자체의 자율도를 높이는 기술도 중요하지만, 실제 운용을 위해서는 개발하고 검증해야 할 요소가 훨씬 많이 남아 있는 상황입니다. 실증을 진행할수록 ‘아직 해결해야 할 부분이 많다’는 것을 계속 확인하게 됩니다. 특히 이런 전환기일수록 해운과 선박에 대한



전문성을 함께 유지하고 발전시키는 것이 매우 중요합니다.

Q2. 자율운항선박에서 데이터가 중요한 이유는 무엇인가요?

다른 분야와 마찬가지로 자율운항선박에서도 시는 결국 데이터에 기반해 작동하기 때문에, 어떤 데이터를 어떻게 확보하고 정리하느냐가 핵심 경쟁력으로 이어집니다. 선박에서는 수많은 센서를 통해 수천 종류의 다양한 데이터가 생성되는데, 이를 자율운항 알고리즘의 학습을 위해 목적에 맞게 분류하고 구축하는 과정이 중요합니다. 특히 운용 환경과 시나리오를 반영한 학습 데이터셋을 얼마나 체계적으로 확보하고 표준화하느냐가 기술경쟁력을 좌우하는 중요한 요소가 됩니다.

Q3. 상용화를 가로막는 가장 큰 과제는 무엇이라고 보시나요?

자율운항선박은 선박 자체의 기술만으로 완성되는 시스템이 아닙니다. 실제로 운용 가능한 환경과 인프라, 이를 뒷받침하는 운용체계가 함께 갖춰져야 합니다. 아무리 기술이 앞서 있어도 이를 적용할 수 있는 조건이 마련되지 않으면 상용화는 어렵습니다. 현재는 자율운항선박 기술 개발과 함께 신뢰성을 확인할 수 있는 실증 기술과 국제표준, 운용체계를 동시에 만들어가는 단계라고 볼 수 있습니다.



(주)선익시스템

움직이면서도 흔들리지 않는 정밀함

대면적 OLED 시대를 여는 3 μ m 초정밀 증착 기술

OLED 디스플레이의 성능과 생산성을 좌우하는 핵심은 ‘정밀함’이다. 선익시스템은 대면적 공정에서도 3 μ m 이하의 초정밀 정렬을 구현하며, 차세대 OLED 생산방식의 새로운 가능성을 제시한다. 특히 기존 생산방식의 한계를 넘어 인라인 공정에서도 높은 정렬 정확도를 확보함으로써, 대형 디스플레이 생산의 효율성과 확장성을 동시에 끌어올릴 수 있는 기술적 기반을 마련했다.

글 김선녀 사진 김기남

연구과제명	8.5세대 3 μ m 이하 고정밀 마스크 정렬 가능한 OLED 증착기 개발
제품명(적용 제품)	모바일 및 IT용 OLED 제품 생산
개발기간(정부 과제 수행기간)	2021년 4월 1일 ~ 2025년 12월 31일
총 정부출연금	93억7800만 원
개발기관	(주)선익시스템
참여 연구진	김혜동, 조황신, 신현관, 장승식, 김태윤, 장승훈 외 19명

대면적 OLED 시대, 생산방식의 한계를 넘다

선익시스템은 OLED 디스플레이 제조공정의 핵심 장비인 증착 장비를 개발·공급하는 디스플레이 장비 전문 기업이다. 초고진공 환경에서 유기 발광물질을 정밀하게 증착하는 기술을 기반으로, 연구개발용 장비부터 양산 장비까지 다양한 세대의 증착기를 개발해왔다. 최근에는 IT용 OLED와 OLEDoS(마이크로 OLED), 페로브스카이트 태양전지용 장비까지 사업 영역을 확장하며 차세대 디스플레이 및 에너지 분야로 기술 적용 범위를 넓히고 있다.

OLED 디스플레이는 색 구현 방식에 따라 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 RGB 방식, 다른 하나는 화이트 OLED에 컬러필터를 적용하는 방식이다. RGB 방식은 색순도와 효율



인라인 타입으로 설계된 이 시스템은 대형 기판의 처짐 문제를 해결하는 수평 증착 기술을 적용해 IT용 OLED 생산효율을 극대화했다. 진공 챔버 내에서 유기물을 가열해 RGB 발광층을 형성하는 핵심 공정이 이루어진다.

측면에서 우수하지만 대면적화가 어려워, 주로 모바일 같은 중소형 디스플레이에 적용되었다.

문제는 생산방식에 있었다. 기존 RGB OLED는 진공 로봇이 기판과 마스크를 이동시키는 ‘클러스터 방식’에 의존했는데, 기판이 커질수록 장비 규모와 비용이 급격히 증가하고 생산효율도 떨어지는 한계가 있었다. 반면 대형 디스플레이에 사용되는 ‘인라인 방식’은 대면적화에는 유리하지만, 기판이 이동하는 과정에서 미세 정렬이 틀어질 수 있어 RGB 방식에는 적용이 어려웠다.

선익시스템은 이러한 구조적 한계를 해결하기 위해선 대면적 생산이 가능하면서도 고정밀 정렬을 유지할 수 있는 새로운 증착 방식이 필요하다고 판단했다. 이번 KEIT 과제는 바로 이런 문제의식에서 출발했다.

‘움직이면서도 정확하게’

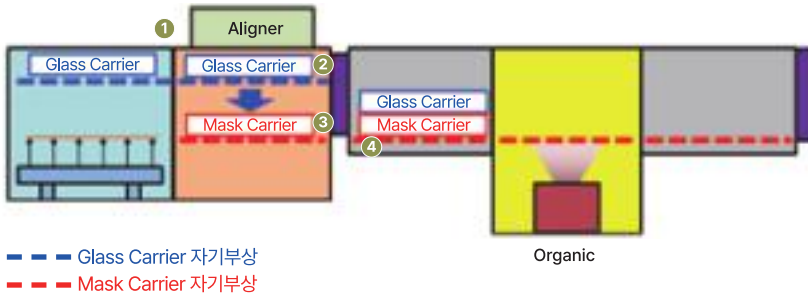
이번 연구의 핵심은 인라인 물류 방식에서도 3 μ m 이하 수준의 초정밀 마스크 정렬을 구현하는 것이었다. 이를 위해 연구팀은 기존 방식과 다른 접근을 택했다.

가장 큰 기술적 특징은 자기부상 기반의 수평 인라인 물류시스템이다. 기판과 마스크를 각각 별도의 캐리어에 담아 이동시키되, 자기부상 제어를 통해 무게 영향을 줄이고 위치를 정밀하게 제어하는 방식이다. 이를 통해 고중량 기판을 안정적으로 이동시키면서도 미세 정렬 정확도를 유지할 수 있도록 했다.

또 하나의 핵심은 고강도 캐리어와 정밀 정렬 장치^{Aligner}다. 기판과 마스크를 합착하는 과정에서 발생하는 미세 변형과 뒤틀림을 최소화하기 위해 구조 강성을 강화하고, 비전 시스템과 정밀 제어 스테이지를 결합해 μ m 단위의 정렬을 구현했다. 특히 고중량 구조에서도 반복 정밀도를 유지할 수 있도록 장비 설계 전반을 재구성한 것이 중요한 차별점이다. 이 과정은 결코 단순하지 않았다. 약 1.7톤에 이르는 기판 캐리어를 미세하게 이동시키는 과정에서 발생하는 진동은 정렬 정확도를 크게 떨어뜨리는 주요 원인이었다. 연구팀은 구조 설계를 근본적으로 개선하고 부품 강성을 높이는 방식으로

개발 장비의 왕복 물류 흐름도

선익시스템은 1.7톤의 육중한 기판을 자기부상 기술로 공중에 띄워 이동시키면서도, 머리카락 굵기의 30분의 1인 3μm 이하 오차로 정교하게 마스크를 맞추는 독보적인 기술을 개발했다.



단계별 물류

- ① **기판 투입** : Attach 챔버에서 Align 챔버로 기판 캐리어 이동.
- ② **Align 준비** : 기판 캐리어를 Z축으로 Hooking하고 자기부상 물류 회피 후 미세 정렬 위치로 하강.
- ③ **고정밀 Align(미세 정렬 및 합착)** : 기판 캐리어를 움직여 마스크와 미세 정렬하고 기판 캐리어를 마스크 캐리어에 안착.
- ④ **Align된 기판과 마스크를 배출** : 합착된 기판 캐리어와 마스크 캐리어를 BF1 챔버로 배출.

완료 후 원래 1의 위치로 역물류로 복귀하여 준비.

문제를 해결했다. 또한 자기부상 물류 방식에서도 안정성과 정밀도를 동시에 확보하기 위해 여러 차례 설계 변경과 실험을 반복했다.

아울러 물류시스템과 정렬 장치를 하나의 통합 구조로 설계함으로써, 공정 간 간섭을 최소화하고 전체 공정의 안정성을 높인 것도 이번 기술의 중요한 성과다. 이러한 통합 설계는 향후 장비 대형화와 자동화 확장에도 유리한 기반이 될 것으로 평가된다. 그 결과 연구팀은 대면적 인라인 공정에서도 RGB OLED 생산이 가능한 수준의 정밀 정렬 기술을 최초로 구현하는 데 성공했다.

OLED 산업의 다음 단계, 그리고 그 이후

이번 기술의 의미는 단순히 새로운 장비 개발에 그치지 않는다. 무엇보다 RGB OLED의 대면적화 가능성을 열었다는 점에서 산업적 파급력이 크다. 지금까지 RGB 방식은 소형 디스플레이 중심에 머물러 있었지만, 이번 기술을 통해 IT용 대형 패널이나 향후 더 큰 디스플레이까지 확장할 수 있는 기반이 마련됐다. 이는 생산효율과 원가경쟁력을 동시에 개선하는 중요한 전환점이 될 수 있다. 특히 인라인 공정 기반으로의 전환이 가능해질 경우, 향후 대형 OLED 시장 확대에도 중요한 영향을 미칠 전망이다.

또한 국산화 측면에서도 의미가 크다. 이번 장비는 설계 단계부터 국산 부품 적용을 확대해 약 86% 이상의 국산화율을

달성했으며, 이는 관련 부품 산업과 장비 생태계 전반에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

나아가 이번에 확보한 자기부상 기반 물류 기술은 OLED 장비를 넘어 다양한 진공 박막 공정 장비로 확장될 가능성도 있다. 고정밀·저진동·저파티클 특성을 동시에 확보한 기술이라는 점에서 차세대 반도체나 에너지 소재 공정 등 다른 산업 분야로의 적용 가능성도 주목된다.

선익시스템은 이번 기술을 기반으로 차세대 대면적 OLED 시장에 본격적으로 진입한다는 계획이다. 동시에 장비 자동화와 공정 최적화를 위해 Si 기반 기술을 도입하고, 연구개발용 장비부터 양산 장비까지 풀 라인업을 구축해 디스플레이 제조 전반을 아우르는 기술 기업으로 발전해나갈 방침이다.

(주)선익시스템은?

OLED 디스플레이 제조공정의 핵심 장비인 증착 장비를 개발·제조하는 디스플레이 장비 전문 기업이다. 초고진공 환경에서 유기 발광물질을 정밀하게 증착하는 기술을 기반으로, 연구개발용 장비부터 양산 장비까지 다양한 제품을 공급하고 있다. 최근에는 IT용 OLED와 OLEDoS, 차세대 에너지 소재 장비까지 사업 영역을 확장하며 디스플레이 산업 전반에서 기술경쟁력을 강화하고 있다.



고중량 공정에서도 흔들림 없는 초정밀 제어 기술을 확보한 만큼, 대면적 RGB OLED 제조공정의 패러다임을 선도하겠습니다.



Q1. 이번 기술의 현재 개발 단계는 어느 수준이라고 볼 수 있나요?

현재 기술 성숙도는 TRL 6단계 수준으로, 유사 환경에서 시제품 성능을 검증한 단계입니다. 핵심 성능과 정렬 정밀도, 물류 안정성에 대한 신뢰성은 확보된 상태이며, 주요 기능이 실제 공정 조건에서도 구현 가능하다는 점을 확인했습니다. 향후에는 수요 기업과 협력해 실제 양산 공정에 적용하기 위한 검증을 진행할 계획이며, 이를 통해 상용화 단계로의 진입을 준비하고 있습니다.

Q2. 이번 연구에서 가장 큰 기술적 도전은 무엇이었나요?

대면적·고중량 구조에서 발생하는 미세 진동을 제어하는 것이 가장 큰 과제였습니다. 기존에는 경험하지 못했던 수준의 진동 문제가 발생해 정렬 시간과 정확도에 영향을 주었고, 이를 해결하기 위해 구조 설계를 전면적으로 재검토해야 했습니다. 그 과정에서 장비 강성과 설계기준을 새롭게 정립할 수 있었고, 고중량 시스템에서도 안정적인 정밀 제어가 가능하도록 기술적 기반을 확보했습니다. 이러한 경험은 향후 대형 장비 개발에도 중요한 자산이 될 것으로 기대합니다.

Q3. 글로벌 경쟁 환경에서 이번 기술이 갖는 의미는 무엇이라고 보십니까?

기존에는 인라인 방식에서 RGB OLED 생산이 어려웠기 때문에 관련 장비 시장이 제한적이었습니다. 이번 기술은

이러한 한계를 넘어 대면적 RGB OLED 생산 가능성을 제시했다는 점에서 의미가 큼니다. 특히 차세대 디스플레이 시장에서 요구하는 대면적·고해상도 생산에 대응할 수 있는 기술이라는 점에서, 향후 글로벌 경쟁 구도에서도 중요한 전환점이 될 것으로 보고 있습니다.

Q4. 향후 사업화 전략은 어떻게 계획하고 있나요?

현재는 장기 신뢰성 평가와 세부 성능 검증을 진행하고 있으며, 수요 기업의 로드맵에 맞춰 단계적으로 사업화를 추진할 계획입니다. 동시에 이번 과제에서 확보한 요소 기술을 기존 장비에도 적용해 기술 확장성을 높이고, 고객 요구에 맞는 다양한 장비 라인업을 준비하고 있습니다. 이를 통해 초기 시장 진입뿐 아니라 지속적인 기술 업그레이드 기반도 함께 구축해나갈 예정입니다.

Q5. 공공 R&D 지원이 이번 연구에 어떤 역할을 했다고 보십니까?

대형 장비 개발은 막대한 비용과 높은 기술적 리스크가 수반되기 때문에 기업 단독으로 추진하기 어려운 분야입니다. 공공 R&D 지원을 통해 새로운 기술을 과감하게 시도할 수 있었고, 여러 참여 기관과 협업하며 기술 완성도를 높일 수 있었습니다. 특히 장비와 부품 기업이 함께 성장할 수 있는 환경을 마련했다는 점에서 의미가 크며, 향후 국내 디스플레이 산업 경쟁력 강화에도 중요한 기반이 될 것으로 생각합니다.



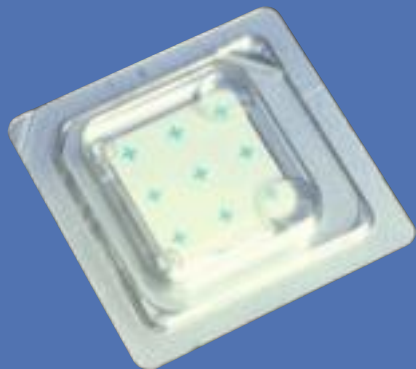
(주)티앤알바이오팜

혈관을 만드는 프린터

3D 바이오프린팅이 여는 재생의료의 새로운 가능성

인공장기 연구에서 어려운 문제 하나는 ‘혈관’이다. 장기가 정상적으로 기능하려면 산소와 영양분을 공급하는 혈관망이 반드시 필요하지만, 이를 인공적으로 구현하는 일은 쉽지 않다. 최근 3D 바이오프린팅과 바이오 소재 기술의 발전은 이 난제를 해결할 새로운 가능성을 보여주고 있다. 탈세포화 세포외기질^{dECM}을 활용한 바이오잉크와 정밀 프린팅 기술이 결합하면서, 실제 혈관구조를 모사한 조직을 구현하려는 시도가 본격화되고 있다.

글 김선녀 사진 김기남



연구과제명	탈세포화 세포외기질을 이용한 혈관용 바이오잉크 소재 및 인공혈관 프린팅 기술 개발
제품명(적용 제품)	리프로드덱셀, 써지엔젤플러스, 써지큐어
개발기간(정부 과제 수행기간)	2018년 6월 1일 ~ 2022년 6월 30일
총 정부출연금	33억5200만 원(티앤알바이오팜 23억4860만 원)
개발기관	(주)티앤알바이오팜
참여연구진	진송완, 윤원수, 김현정, 심진형 외 20명

세포가 살아갈 ‘환경’을 프린팅하다

티앤알바이오팜은 3D 바이오프린팅 기술을 기반으로 재생의료 분야에서 독자적인 기술 플랫폼을 구축해온 기업이다. 이들의 특징은 단순히 바이오프린터 장비를 제작하는 데 그치지 않고, 실제 조직을 만들기 위한 소재와 공정 기술까지 함께 확보했다는 점이다. 장비·소재·공정을 아우르는 통합 기술구조를 기반으로 인공 조직 제작을 위한 플랫폼을 구축해왔다.

현재 티앤알바이오팜은 크게 세 가지 영역에서 사업을 전개하고 있다. 첫째는 생분해성 소재를 활용한 3D 바이오프린팅 의료기기 분야다. 환자 맞춤형 안면 결손 재건용 메시와 조직 지지체^{Scaffold} 등이 대표적인 제품군이다. 두 번째는 조직 재생을 돕는 바이오 소재 기반의 바이오서지컬



티앤알바이오팜은 이번 과제에서 dECM 기반 바이오잉크 소재와 일체형 프린팅 공정을 결합해 인공혈관 제작을 위한 핵심 기반 기술을 확보했다.

솔루션이다. 창상피복제나 지혈제 등 수술용 소재 제품군을 확대하고 있다. 마지막으로 오가노이드와 세포치료제 연구다. 유도만능줄기세포^{iPSC}와 프린팅 기술을 결합해 간·심장·피부 등 인공 조직 모델을 개발하고 있다.

이번 KEIT 과제 역시 이러한 기술 기반 위에서 추진됐다. 연구 목표는 탈세포화 세포외기질^{dECM}을 활용한 혈관용 바이오잉크와 3D 바이오프린팅 기술을 결합해 인공혈관 제작을 위한 핵심 기반 기술을 확보하는 것이었다. 기존 인공혈관은 주로 합성 고분자 재료로 제작되는데, 지름이 작은 소구경 혈관에서는 혈전이 쉽게 발생해 혈관이 막히는 문제가 있었다. 이로 인해 환자들은 자신의 혈관을 적출해 이식하는 자가 혈관 이식술에 의존하는 경우가 많았다. 연구팀은 이러한 의료적 한계를 극복하기 위해 실제 혈관 조직 환경을 모사한 바이오잉크 소재와 정밀 프린팅 기술을 결합하는 접근을 시도했다.

혈관 특화 바이오잉크와 프린팅 공정의 결합

인공혈관 개발에서 중요한 요소는 세포가 안정적으로 부착하고 기능할 수 있는 생체 친화적 소재다. 연구팀은 이를 위해 실제 혈관 조직에서 세포 성분을 제거하고 세포외기질만 남긴 dECM 기반 바이오잉크를 개발했다. 세포외기질은 세포를 지지하는 구조적 틀일 뿐 아니라 세포의 생존과 증식, 분화를 조절하는 다양한 생체 신호를 포함하고 있어 조직 기능 유지에 중요한 역할을 한다.

연구팀이 개발한 바이오잉크는 이러한 생체 환경을 모사함으로써 혈관 세포가 자연스럽게 부착하고 기능하도록 유도할 수 있다. 여기에 3D 바이오프린팅 기술을 결합해 실제 혈관과 유사한 튜브 구조를 정밀하게 구현하는 공정을 구축했다.

이번 과제에서 연구팀이 특히 중점을 둔 부분은 소재와 공정 기술의 결합이다. 혈관 조직의 미세 환경을 반영한 바이오잉크 조성을 설계하는 동시에, 이를 안정적으로 출력할 수 있는 일체형 프린팅 공정을 확립하는 데 연구 역량을 집중했다.

① 유도만능줄기세포^{iPSC} : 성인의 일반 세포를 다시 ‘줄기세포 상태’로 되돌려 만든 세포.

다만 완전한 인공혈관 상용화까지는 아직 해결해야 할 기술 과제도 남아 있다. 실제 체내에 이식되기 위해서는 혈관 내벽에 혈관 내피세포가 안정적으로 정착해야 하며, 체내 혈압을 견딜 수 있는 기계적 강도 역시 확보해야 한다. 연구팀은 이러한 후속 기술을 확보하기 위한 공정 고도화 작업을 진행하고 있다. 이번 연구는 인공혈관 제작을 위한 핵심 소재와 프린팅 시스템이라는 기반 기술을 구축했다는 점에서 의미가 크다.

재생의료 플랫폼으로 확장되는 바이오프린팅

연구팀은 이번 기술이 인공혈관 개발을 넘어 재생의료 산업 전반으로 확장될 수 있을 것으로 보고 있다. 특히 장비·소재·공정을 통합한 바이오프린팅 플랫폼을 구축함으로써 향후 간이나 심장 같은 복잡한 인공장기 제작을 위한 기술적 기반을 마련했다는 점이 중요하다. 이러한 통합 플랫폼은 다양한 조직 유형에 맞게 소재와 공정을 조정할 수 있어, 향후 여러 장기 조직 연구로 확장될 수 있는 범용 기술 기반으로 평가된다.

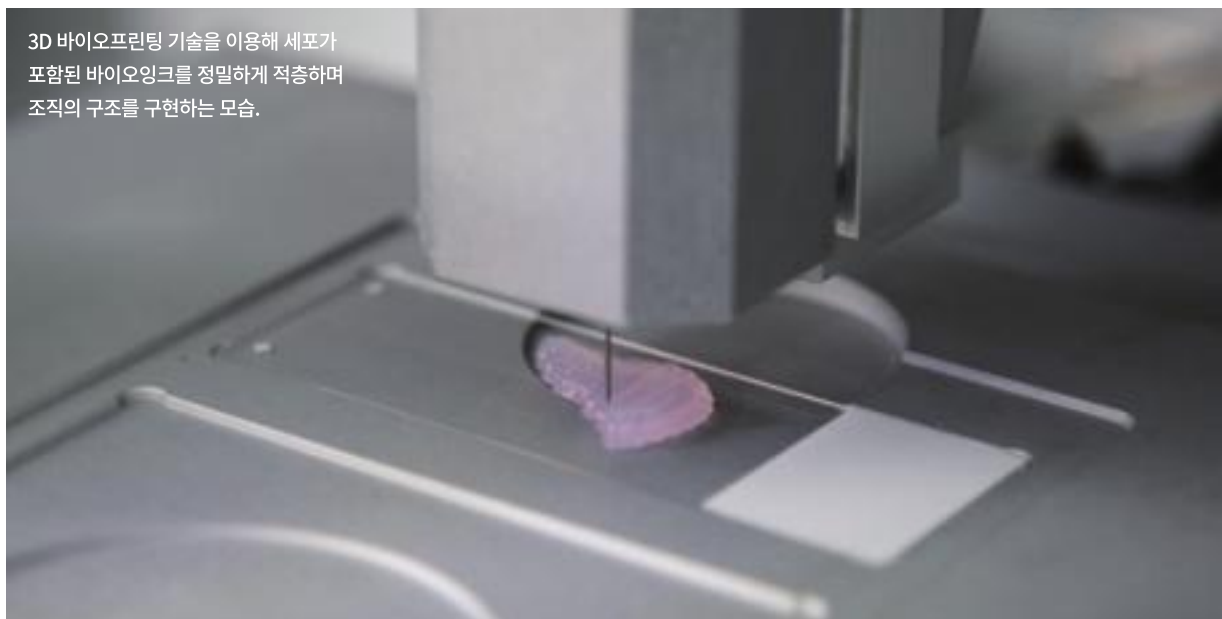
이러한 기술은 신약 개발 과정에도 활용될 수 있다. 실제 인체 반응을 좀 더 정확하게 재현할 수 있는 조직 모델을 제작함으로써 동물실험을 대체하거나 보완하는 연구 도구로 활용될 가능성이 있기 때문이다. 최근 제약·바이오산업에서도

인체 조직을 모사한 시험 모델의 수요가 빠르게 증가하고 있으며, 바이오프린팅 기술은 이러한 연구 환경 변화에 대응할 수 있는 대안으로 주목받고 있다. 티앤알바이오랩은 현재 전층 피부 오가노이드와 같은 조직 모델을 개발해 신약 독성 평가와 약물 반응 연구에 적용하는 방안을 추진하고 있다.

궁극적으로는 혈관망 구현 기술과 조직 제작 기술을 결합해 실제 장기의 기능을 대체하거나 재생할 수 있는 인공장기 개발을 목표로 하고 있다. 장기 조직 내부에 혈관구조를 함께 구현할 수 있다면 좀 더 복잡한 생체 조직의 기능을 재현하는 데 중요한 전환점이 될 것으로 기대된다. 3D 바이오프린팅 기술은 단순한 의료기기 제작을 넘어, 살아 있는 조직을 설계하고 제작하는 새로운 산업 영역을 열어가고 있다.

(주)티앤알바이오랩은?

3D 바이오프린팅 기술을 기반으로 재생의료 분야의 소재·장비·공정 기술을 개발하는 바이오 기업이다. 탈세포화 세포외기질^{dECM} 기반 바이오잉크와 자체 개발한 바이오프린팅 시스템을 바탕으로 인공 조직과 의료기기 개발을 추진하고 있다. 현재 인공 조직, 바이오서지컬 소재, 오가노이드 및 세포치료제 연구 등 다양한 분야에서 바이오프린팅 기술의 의료 적용 가능성을 확대하고 있다.



3D 바이오프린팅 기술을 이용해 세포가 포함된 바이오잉크를 정밀하게 적층하며 조직의 구조를 구현하는 모습.



“
이번 과제를 통해 확보한
장비·소재·공정을 하나로 묶은
통합 플랫폼이 국내 재생의료의
상용화를 앞당길 수 있을 것입니다.”

Q1. 이번 과제에서 확보한 기술의 현재 위치를 어떻게 평가하십니까?

이번 과제를 통해 확보한 바이오잉크 소재와 프린팅 시스템은 이미 다양한 의료기기에 적용된 경험이 있는 만큼 기술적 기반은 상당히 안정적인 수준에 도달해 있습니다. 다만 이를 활용한 인공혈관 자체는 아직 초기 연구 단계로, 실제 의료 적용을 위해서는 추가적인 검증과 고도화 과정이 필요합니다. 현재는 핵심 기반 기술을 확보하고 이를 확장해나가는 단계로 보고 있으며, 향후 전임상과 임상 단계로 이어지는 것이 중요한 과제라고 생각합니다.

Q2. 연구를 진행하면서 가장 어려웠던 부분은 무엇이었습니까?

기술적인 난도도 높았지만, 실제 의료기기 수준의 기준을 만족시키는 과정이 가장 큰 도전이었습니다. 바이오 소재는 기능뿐 아니라 안전성과 재현성을 동시에 확보해야 하기 때문에 개발과 평가가 병행되어야 합니다. 특히 제한된 기간 내에 이러한 기준을 충족해야 하는 점이 쉽지 않았습니다. 하지만 이 과정을 통해 기술의 완성도를 높이고 실제 적용 가능성을 검증할 수 있었다는 점에서 의미 있는 경험이었다고 생각합니다.

Q3. 국내 재생의료 산업에서 이번 연구가 갖는 의미는 무엇이라고 보십니까?

이번 연구는 단순히 특정 기술을 개발하는 데 그치지 않고, 장비·소재·공정을 통합한 바이오프린팅 플랫폼을

구축했다는 점에서 의미가 큼니다. 이번 과제를 통해 인공혈관 생산에 필요한 주요 플랫폼 기술을 확보할 수 있었습니다. 이러한 플랫폼이 확산된다면 국내 산업의 기술 자립도뿐 아니라 상용화 속도에도 긍정적인 영향을 줄 것으로 기대하고 있습니다.

Q4. 글로벌 경쟁 환경 속에서 티엔앨바이어팜의 강점은 무엇이라고 보십니까?

글로벌 기업들과 비교했을 때 저희의 강점은 장비·소재·공정을 모두 내재화한 통합 기술구조에 있습니다. 대부분의 기업이 특정 영역에 집중하는 반면, 저희는 전체 공정을 하나의 플랫폼 안에서 제어할 수 있습니다. 이러한 구조는 기술 간 최적의 조합을 빠르게 도출할 수 있으며, 연구 결과를 실제 제품으로 연결하는 데도 중요한 경쟁력이 됩니다.

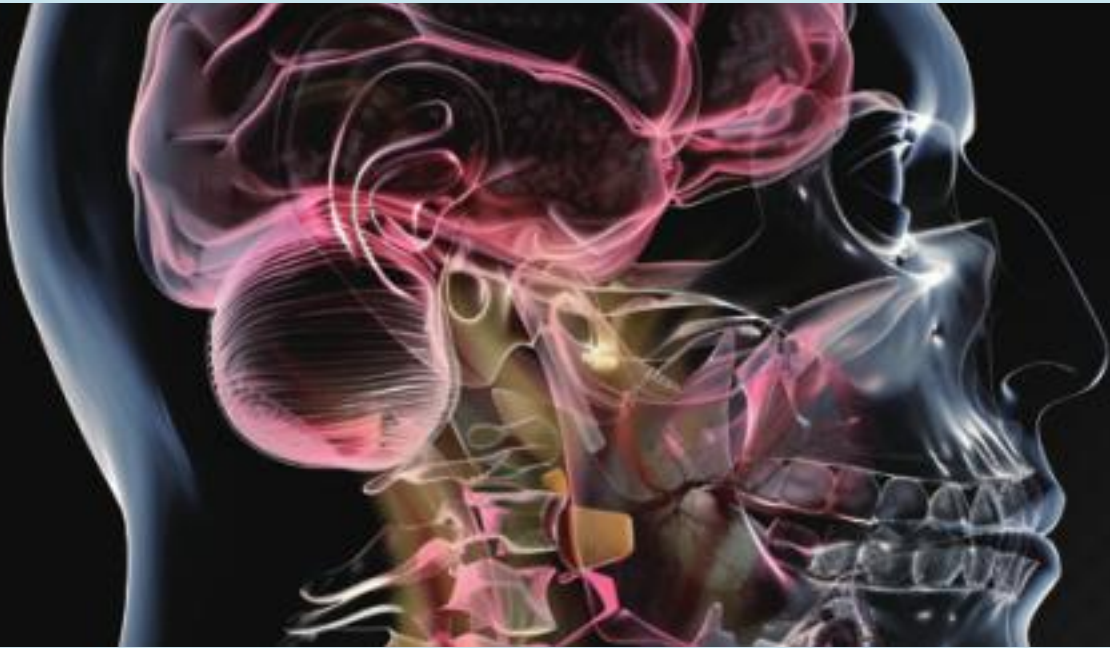
Q5. 향후 연구개발 방향과 중장기 목표를 말씀해주신다면요?

중장기적으로는 혈관망 구현 기술과 조직 제작 기술을 결합해 기능성 인공장기를 구현하는 것이 목표입니다. 이를 위해 현재는 개별 조직 단위의 기술을 고도화하는 동시에, 실제 인체 환경을 좀 더 정밀하게 반영할 수 있는 조직 모델 개발에도 집중하고 있습니다. 또한 신약 개발 같은 응용 분야에서도 활용 가능한 기술로 확장해나가는 것이 중요한 방향이라고 보고 있습니다.

우리 몸을 들여다보는 MRI는 사실 강력한 자기장을 활용하는 거대하고 정교한 자석이다. 우리 몸의 60%를 차지하는 수소 원자가 보내는 미세한 신호를 포착해 선명한 영상으로 바꾸는 첨단 물리학 원리가 그 안에 담겨 있다. 영하 269°C의 초전도 세계부터 MRI실의 엄격한 금속 반입 금지 규칙까지, MRI를 움직이는 흥미로운 과학 이야기를 소개한다.

글 박재용 작가

자기장으로 몸을 보다 MRI는 방사선으로 찍는 게 아니다

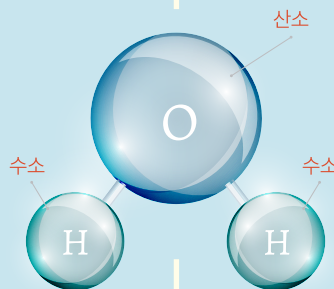


병원에서 MRI 검사를 받을 때 많은 사람이 방사선 노출이 걱정된다고 한다. 하지만 MRI는 X-ray나 CT와 달리 방사선을 전혀 쓰지 않는다. MRI는 ‘Magnetic Resonance Imaging’, 즉 ‘자기공명영상’이다. 자기장으로 몸을 들여다본다.

X-ray나 CT는 방사선을 몸에 쏘아 조직을 통과한 양을 측정해 이미지를 만든다. 반면 MRI는 강력한 자기장으로 우리 몸속 수소 원자의 신호를 읽는다. 방사선을 쏘는 대신 몸속 원자가 내보내는 신호를 잡아낸다.

그렇다면 왜 수소일까? 우리 몸의 약

60%는 물이다. 물^{H₂O}은 수소 원자를 포함하고 있다. 수소 원자는 작은 자석처럼 행동한다. 평소에는 제멋대로 방향을 향하고 있지만, 강력한 자기장을 걸면 일렬로 정렬한다. 여기에 특정 주파수의 전파를 쏘면 수소 원자들이 흔들리며 공명한다, 전파를 끄는 순간 원래 상태로 돌아가며 미세한 신호를 방출한다. 이 신호를 잡아내 이미지로 바꾸는 것이 MRI다.



중요한 점은 조직마다 수소 원자의 밀도와 반응 속도가 다르다는 것이다. 물이 많은 뇌 조직, 지방이 많은 피하지방, 근육, 뼈가 모두 다른 신호를 낸다. 이 차이를 컴퓨터가

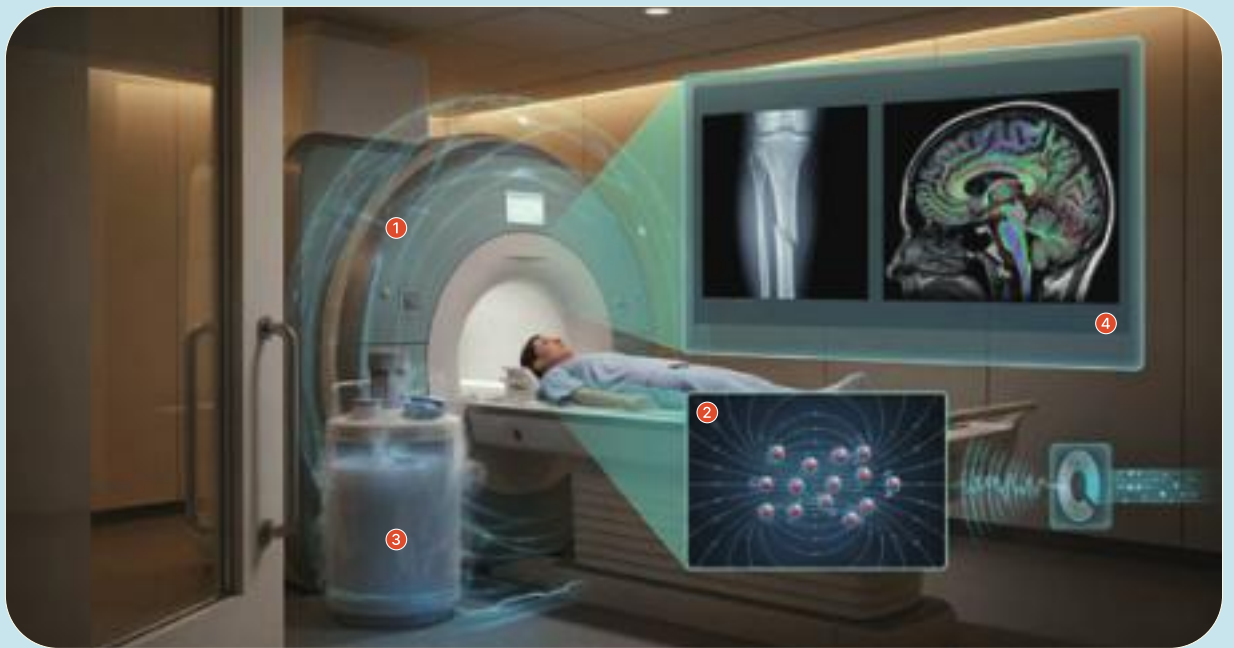
계산해 선명한 이미지를 만든다. 그래서 MRI는 X-ray로는 볼 수 없는 뇌, 척수, 인대, 연골 같은 ‘부드러운 조직’을 아주 잘 보여준다.

초전도 자석, 극저온의 세계

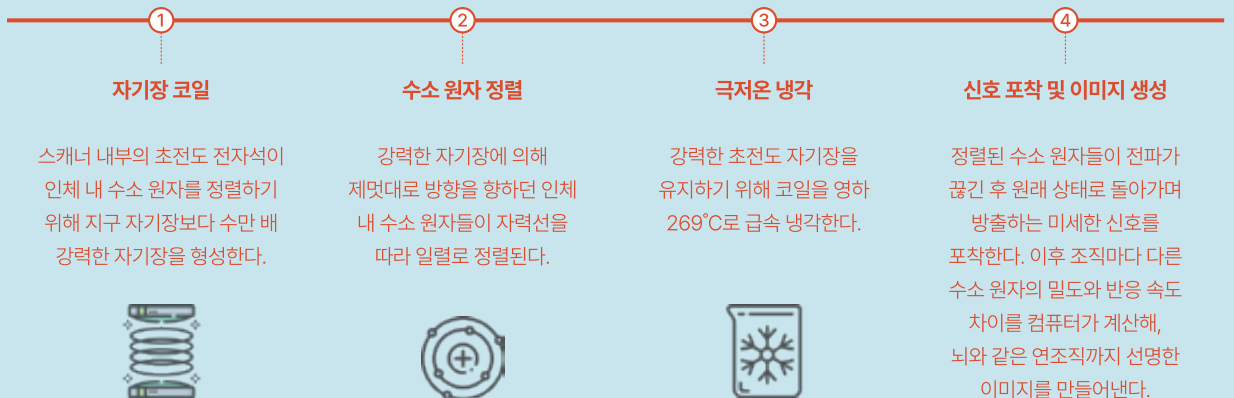
몸속 수소 원자를 정렬하려면 엄청난 세기의 자기장이 필요하다. MRI 기계의 핵심은 거대한 도넛 모양 자석이다. 전자석에 전류를 흘려 지구 자기장보다 1만5000~3만 배

강력한 자기장을 만든다. 이런 강력한 자기장에는 엄청난 전류가 필요한데, 일반 전선으로는 불가능하다. 저항으로 열이 나 녹는다.

그래서 MRI는 초전도 현상을 이용한다. 초전도 금속은 전기 저항이 0이다. 열이 나지 않는다. 또한 전류가 에너지 손실 없이 영구적으로 흐른다. 그러나 아주 낮은 온도에서만 초전도 현상이 나타난다. 그래서 MRI의 초전도 자석은 영하 269°C의 액체 헬륨으로 냉각한다.



한눈에 보는 MRI 작동 원리



이렇게 낮은 온도를 유지하기는 매우 어렵고 비싸다. MRI 한 대에 수백 리터의 액체 헬륨이 필요하다. 헬륨은 귀한 자원이라 가격이 비싸다. 최근에는 헬륨 소모를 최소화하는 밀폐형 냉각 시스템이나, 아예 액체 헬륨 없이 전기 냉각만으로 작동하는 헬륨 프리 MRI도 개발되고 있다.

금속은 절대 금지, 그 이유

MRI실 입구에는 경고 표지판이 붙어 있다. ‘금속 물체 반입 금지’. 왜 이렇게 엄격할까? 자기장이 너무 강하기 때문이다. MRI 자체가 거대하고 강력한 자석이다.

헤어핀, 동전, 열쇠가 빨려나가 기계에 달라붙거나 환자를 다치게 한다. 가위, 청진기, 휠체어 같은 의료 기구도 특수 제작된 비자성 제품만 사용한다.

특히 문제되는 것은 몸속 금속이다. 심장박동기나 인공 와우에는 금속이 있어 MRI 검사가 불가능하다. 자기장이 전자기기를 망가뜨리거나 오작동을 일으키기 때문이다. 뇌동맥류 클립, 인공 심장판막 같은 오래된 금속 임플란트도 위험하다. 최근 수술에 쓰는 임플란트는 대부분 티타늄 같은 비자성 금속이라 안전하지만, 1990년대 이전 것들은 조심해야 한다.

심지어 문신도 문제가 된다. 오래된 문신 잉크에는 산화철 같은 금속 성분이 들어 있어 MRI 촬영 중 화상을 입거나 검사 결과가 왜곡될 수 있다. 요즘 잉크는 대부분 괜찮지만, 문신이 크고 짙을수록 주의가 필요하다. 아이라이너나 마스크라 같은 화장품 중 일부도 금속 성분이 있어 눈 주변을 촬영할 때 문제가 된다. 몸에 총알이나 파편이 박힌 채로 사는 사람도 MRI 검사를 받을 수 없다.

왜 그렇게 시끄러울까?

MRI 검사를 받아본 사람들은 안다. 기계 안이 좁고 답답하며, 무엇보다 굉장히 시끄럽다. ‘탕탕탕’, ‘탁탁탁’ 하는 큰 소음이 계속 난다.

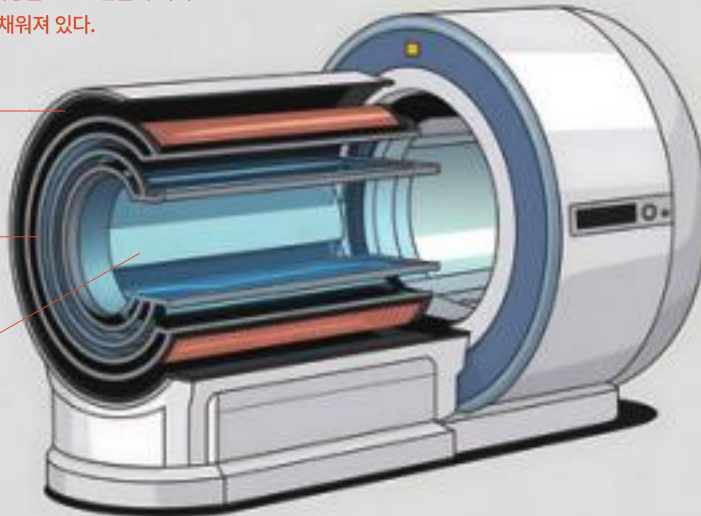
경사 자기장 코일 때문이다. 전체적으로 강한 자기장을 걸되, 몸의 특정 부위를 정밀하게 찍으려면 자기장 세기를 미세하게 조절해야 한다. 그래서 전기가 아주 빠르게 켜졌다 꺼지기를 반복한다. 이때 코일에 강력한 자기력이 걸리며 진동하고, 큰 소음이 생긴다. 초당 수천 번씩 켜지고 꺼질 때마다 생기는 소리는 밀폐된 공간에서 엄청나게 크게 들린다. 그래서 검사 중에는 귀마개나 헤드폰을 착용한다.

MRI의 핵심, 초전도 자석의 단면도. 전기 저항을 0으로 만들기 위해 코일 주위가 영하 269°C의 액체 헬륨으로 채워져 있다.

주 초전도 코일
Main Superconducting Coil

보조 코일
Secondary Coil

액체 헬륨
Liquid Helium





개방형 MRI. 환자를 완전히 둘러싸지 않는 설계로 폐쇄공포증 환자나 어린이가 심리적 안정을 유지하며 검사받을 수 있도록 돕는다.

좁은 이유는 간단하다. 초전도 자석이 환자를 둥글게 감싸야 균일한 자기장을 만들 수 있기 때문이다. 보온병을 생각하면 된다. 우리 몸이 보온병 안에 들어가는 것이다. 최근에는 개방형 MRI도 나왔다. 자기장이 조금 약하지만, 폐쇄공포증이 있는 환자나 어린이에게 유용하다.

CT, X-ray와 뭐가 다를까?

같은 병원 영상 검사인데 왜 어떤 때는 X-ray를, 어떤 때는 CT를, 어떤 때는 MRI를 찍을까? 각각 잘 보는 것이 다르기 때문이다.

X-ray는 빠르고 저렴하다. 뼈를 보는 데 최고다. 골절이나 폐렴 같은 것을 확인할 때 쓴다. 하지만 2D 이미지라 자세한 구조는 보기 어렵고, 방사선이 나온다.

CT는 X-ray를 여러 각도에서 쬐서 3D로 재구성한다. 뼈는 물론이고 내부 장기도 빠르게 찍을 수 있다. 응급 상황, 사고 환자, 폐나 복부 장기를 볼 때 유용하다. 하지만 방사선 노출이 X-ray보다 많다.

MRI는 방사선이 없고, 부드러운 조직을 가장 잘 본다. 뇌, 척수, 인대, 연골, 종양의 경계를 선명하게 보여준다. 특히 뇌졸중,

뇌종양, 치매 같은 신경계 질환과 무릎 십자인대 파열, 어깨 회전근개 손상, 허리 디스크 진단에 탁월하다. 하지만 검사 시간이 20~40분으로 길고, 비싸다.

결국 각각의 장단점이 있어 상황에 맞게 선택한다. 뼈가 부러졌는지 확인할 때는 X-ray, 뇌출혈이 의심되면 CT, 무릎 인대 손상이나 디스크는 MRI가 최적이다.

미래의 MRI

MRI 기술도 계속 진화한다. 현재 병원 MRI는 대부분 1.5T(테슬라)나 3T다. 지금은 7T, 11.7T의 MRI를 개발하고 있다. 자기장이 강할수록 더 선명한 이미지를 얻을 수 있어, 이런 MRI로는 뇌의 미세한 혈관이나 신경섬유까지 보일 정도다.

또 다른 방향은 소형화와 이동성이다. 기존 MRI는 크고 무거워 병원 지하에 고정 설치된다. 하지만 초전도 기술 발전으로 더 작고 가벼운 MRI가 가능해지고 있다. 응급실이나 중환자실, 심지어 구급차에도 실을 수 있는 이동형 MRI가 연구 중이다.

기능성 MRI^{fMRI}도 주목할 만하다. 뇌의 어느 부위가 활성화되는지 실시간으로 볼 수 있다. 사람의 생각·감정·기억 연구에 맞춤형이라 뇌과학 발전에 혁명을 일으키고 있다.

지구 자기장보다 수만 배 강한 자석, -269°C의 극저온 환경, 우리 몸속 수소 원자의 미세한 신호. 이 첨단 물리학이 매일 수많은 생명을 구하고 있다. 지금도 전 세계 어딘가에서 MRI는 누군가의 디스크를 살피고, 인대 손상을 진단하고, 관절을 찍고 있다. 작은 수소 원자들의 공명 신호가 만드는 기적이다.



박재용 작가

과학과 일상의 연결, 과학과 사회, 과학과 미래 환경에 관해 책을 쓰고 말하는 과학 저술가이자 커뮤니케이터다. EBS 다큐프라임 <생명, 40억 년의 비밀> 시리즈의 '멸종', '짜짓기', '경계' 등을 집필했다.

우리가 일상에서 무심코 경험하는
현상들 뒤에는 신기한 과학 원리가 숨어
있습니다. 목소리란 여러분이 보내주신
질문 속 흥미로운 과학의 세계로
여러분을 초대합니다.

글 과학 커뮤니케이터 이종원 교수

과학은 즐겁게, 세상은 새롭게

목소리 나는 일상 속 과학 이야기



Q. 남이 운전하는 차 조수석에 타면 멀미가 심하게 나는데, 내가 직접 운전대를 잡으면 왜 멀미가 사라지는 걸까?

조수석에 앉으면 왜 그렇게 속이
울렁거릴까요? 핵심은 뇌가 ‘속았다’고
느끼기 때문입니다. 귓속 깊은 곳에는
전정기관이 있습니다. 이 기관은 몸이
기울어지거나 가속될 때 이를 감지하죠.
그런데 조수석에 앉아 있으면, 눈은
창밖 풍경을 보고 있는데 귀는 몸이
기울어졌다는 신호를 뒤늦게 전달합니다.
이 시간차가 뇌를 혼란에 빠뜨리고,
그 혼란이 멀미로 나타납니다. 반면
운전자는 다릅니다. 핸들을 틀기 전에
이미 뇌가 ‘이제 왼쪽으로 돈다’는
것을 알고 있습니다. 다음 움직임을
예측하는 것 자체가 멀미를 막는
열쇠입니다. 실제로 자동차 시뮬레이터

연구들에서 탑승자에게 ‘곧 오른쪽으로
꺾습니다’라고 미리 알려줬더니 멀미
증상이 눈에 띄게 줄었습니다. 1초도
안 되는 그 짧은 시간 동안 뇌는 완전히
다른 경험을 합니다. 비유하자면 눈을
감고 누군가에게 밀리는 것과 내가
직접 뛰어드는 것의 차이입니다. 결과는
똑같이 몸이 움직이더라도, 뇌가 느끼는
충격은 전혀 다릅니다. 자율주행차
시대가 다가오면서 이 문제는 더
중요해지고 있습니다. 운전자가 사라지면
모든 탑승자가 동승자가 되니까요. 멀미
저감 기술이 자율주행차 설계의 핵심
과제로 꼽히는 이유입니다.

Q. ‘비행기 모드’를 켤 때 차단하는 전파는 무엇일까? 켜지 않으면 정말로 위험할까?

비행기 모드를 켜면 셀룰러 통신^{LTE-5G},

와이파이^{WiFi}, 블루투스까지 스마트폰이
내보내거나 받는 전파가 모두
차단됩니다. 이 규정은 생각보다
역사가 깊습니다. 미국 연방항공청^{FAA}은
1961년, 강력한 FM 라디오 전파가
항공기 항법 장비를 교란할 수 있다는
것을 발견하고 기내 전자기기 사용을
금지했습니다. 당시 항공 장비는 전자기
차폐가 취약했기 때문에 이 규정은
절대적으로 필요했습니다. 그렇다면
지금도 위험할까요? 미국 FAA가
2006년과 2012년에 의뢰한 연구, 그리고
항공무선기술위원회^{RTCA}의 2013년
보고서에서는 일반적인 휴대전화 신호가
항공기 시스템에 간섭을 일으킨다는
증거가 발견되지 않았습니다. 덕분에
2013년 이후 FAA는 비행기 모드
상태라면 이착륙 중에도 전자기기 사용을
허용하는 방향으로 규정을 완화했습니다.
그럼 왜 규정이 완전히 없어지지

않을까요? 첫째, 항공 안전은 ‘가능성이 낮다’와 ‘위험이 없다’를 다르게 봅니다. 연간 수천만 회의 비행을 하며 아주 작은 확률이 쌓이면 이야기가 달라집니다. 둘째, 수백 대의 스마트폰이 고공에서 동시에 지상 기지국에 접속을 시도하면 지상 통신망이 교란될 수 있다는 통신 규제 측면의 문제도 있습니다. 셋째, 최근에는 5G 주파수가 항공기 전파고도계 주파수와 가까워 잠재적 간섭 우려가 제기됐습니다. 결론적으로 현대 항공기에서 승객 전화기 전파가 직접적인 사고를 유발한 공식 사례는 없습니다. 규정은 지금도 진화 중이며, 기내 와이파이 도입과 함께 이착륙 시에만 비행기 모드를 요구하는 방향으로 바뀌고 있습니다.

Q. 노이즈 캔슬링 이어폰을 끼면 왜 귀가 멍멍할까?

노이즈 캔슬링^{ANC} 이어폰을 끼면 주변이 조용해지는 대신 이상하게 귀가 멍멍하다는 분이 많습니다. 비행기를 탔을 때처럼 귀가 막히는 느낌, 왜 생길까요? ANC의 원리는 이렇습니다.

이어폰 속 마이크가 주변 소음을 수집하면, 그 소음과 정확히 반대 파형의 음파를 만들어냅니다. 파도처럼 위아래로 진동하는 음파에서 마루(고압)와 골(저압)이 만나면 서로 상쇄됩니다. ‘상쇄 간섭’이라는 원리로, 이 과정이 수 밀리초 안에 실시간으로 이루어집니다. ANC는 비행기 엔진이나 에어컨처럼 규칙적이고 낮은 주파수의 소음을 없애는 데 탁월합니다. 반면 갑작스러운 경적이나 대화 소리처럼 불규칙한 고주파 소음은 완전히 상쇄하기 어렵습니다. 멍멍함의 원인은 실제 기압 변화가 아닙니다. 청각 전문가들의 분석에 따르면, 뇌가 만들어내는 일종의 착각입니다. 우리 뇌는 평소 주변의 낮은 주파수 소리를 통해 무의식적으로 공간감과 기압 상태를 파악합니다. ANC가 이 배경 소음을 갑자기 없애버리면, 뇌가 그것을 ‘기압이 변했다’는 신호로 오해하는 것이죠.

Q. 목욕탕에 오래 있으면 왜 손가락·발가락 끝이 주글주글해지는 걸까?

당연히 물이 스며들어서 피부가 부풀기

때문 아닐까요? 그렇게 생각하기 쉽지만, 사실이 아닙니다. 결정적인 단서는 1930년대에 발견됐습니다. 손가락 신경이 손상된 환자는 아무리 오래 물에 담가도 주름이 생기지 않는다는 관찰이 보고된 것입니다. 진짜 원인은 자율신경계입니다. 물이 땀구멍을 통해 스며들면, 교감신경이 이를 감지해 손끝의 미세 혈관을 수축시킵니다. 혈관이 좁아지면 그 아래 조직의 부피가 줄어들고, 위를 덮고 있는 피부가 아래로 당겨지면서 특유의 주름 패턴이 만들어집니다. 물이 피부를 밀어 올리는 게 아니라, 반대로 아래 조직이 줄어들면서 피부가 꺼지는 것입니다. 그렇다면 이 주름이 어떤 기능을 하는 건 아닐까요? 2011년 한 연구팀은 주름 패턴이 타이어 트레드처럼 물을 효율적으로 배출하는 배수 네트워크 형태라는 가설을 제안했습니다. 2021년에는 주름진 손가락이 젖은 물체를 잡는 데 유리하다는 결과도 보고되었고, 학계에서는 계속 논의가 진행 중입니다. 흥미롭게도 이 주름 반응은 신경 기능 검사에도 활용됩니다. 파킨슨병·당뇨병성 신경병증 등 자율신경 이상이 있는 환자는 주름 반응이 비정상적으로 나타나, 간단한 물 담금 검사가 신경 기능 평가 도구로 쓰이기도 합니다.



과학 커뮤니케이터 이종원 교수

계명대학교 건축학과 교수로 재직 중이며, 건축 및 도시를 전공한 연구자이자 과학 커뮤니케이터로도 활동하고 있다. 공공기관 및 정부 출연 연구원 등 다양한 분야에서의 특별한 경험을 바탕으로, 과학과 건축 이야기를 쉽고 재미있게 대중에게 전달한다. 현재 방송, 강연, 기고 등을 통해 과학 지식 대중화에 기여하고 있다.

R&D 사전

#유기발광다이오드 OLED, Organic Light-Emitting Diode

유기발광다이오드^{OLED}는 유기화합물에 전류를 흘려보내면 스스로 빛을 내는 '자발광' 현상을 이용한 디스플레이 소자를 말한다.



별도의 광원이 필요 없어 디스플레이의 두께를 획기적으로 줄일 수 있으며, 블랙 표현과 높은 색 재현율, 자유롭게 구부릴 수 있는 유연성을 바탕으로 디스플레이 핵심기술로 자리 잡았다.

적용 사례

#LG디스플레이, TCL에 OLED 모니터 패널 첫 공급

LG디스플레이가 중국 TCL의 첫 유기발광다이오드^{OLED} 모니터에 OLED 패널을 공급한다. 3월 15일 업계에 따르면 TCL은 최근 출시한 '32X3A OLED 모니터'에 LG디스플레이가 납품한 패널을 채택했다. 이 모니터는 4K 고해상도와 240헤르츠 주사율을 구현한다.



#삼성디스플레이, '플렉스 매직 픽셀'로 생활보호 기술 혁신

삼성디스플레이는 스페인 바르셀로나에서 열린 'MWC26'에 참가해 '인텔리전트 OLED 시티'를 콘셉트로 인공지능^{AI} 관련 기술을 선보였다. 특히 갤럭시 S26 울트라에 탑재된 '플렉스 매직 픽셀'은 별도의 필름 없이도 정면에서는 선명한 화질을 유지하고 측면 시야는 차단하는 디스플레이 일체형 보안성을 구현해 큰 주목을 받았다.



#선익시스템, 고정밀 OLED 증착 기술 국산화 및 '올레도스' 시장 석권

선익시스템은 일본 기업이 독점하던 중대형 OLED 증착 공정 기술을 국산화하고 진공 내 대형 기판 제어 기술을 내재화하는 데 성공했다. 특히 반도체 웨이퍼 위에 OLED를 올려 초고해상도를 구현하는 '올레도스^{OLEDos²}' 분야에서 세계 점유율 80%를 달성하며 시장 주도권을 확보했다.



유사 개념

#액정표시장치 LCD, Liquid Crystal Display

백라이트 광원에서 나온 빛을 액정이 셔터처럼 조절해 화면을 구성하는 방식이다. 스스로 빛을 내지 못하기 때문에 OLED와 달리 완벽한 블랙 구현이 어렵고, 두께를 줄이는 데 한계가 있다.

#마이크로 LED Micro-LED

초소형 무기물 LED 소자를 픽셀 하나하나로 사용하는 방식이다. 유기물 대신 수명이 길고 밝기가 뛰어난 무기물을 사용해 번인현상이 없는 차세대 디스플레이로 꼽힌다.

#양자점 발광다이오드 QLED, Quantum Dot LED

빛을 받으면 전자가 스스로 색을 내는 초미세 입자인 '양자점'을 LCD의 백라이트나 OLED 소자에 적용한 기술이다. 색순도와 광효율을 극대화해 더 생생한 화질을 제공하는 데 목적이 있다.

심화 개념

#봉지 공정 TFE, Thin Film Encapsulation

수분과 산소에 취약한 유기물을 보호하기 위해 디스플레이 위에 얇은 막을 입히는 공정이다. OLED의 수명과 신뢰성을 결정짓는 핵심 공정으로, 최근에는 얇은 박막을 여러 겹 쌓는 기술을 통해 디스플레이의 유연성을 확보한다.

#증착 Evaporation

진공 상태에서 유기물질을 기화시켜 기판의 정해진 위치에 정교하게 붙이는 핵심 제조공정이다. 아주 미세한 구멍이 뚫린 파인 메탈 마스크^{FMM}를 활용해 적색, 녹색, 청색^{RGB} 픽셀을 배치하는 것이 기술력의 척도다.

#산화물 반도체 Oxide TFT

OLED 픽셀의 온-오프 조절 스위치 역할을 하는 박막 트랜지스터^{TFT}의 소재 중 하나다. 기존 실리콘 대비 전자 이동속도가 빠르고 전력 소모가 적어, 대화면 고해상도 TV나 고주사율 모니터를 구현하는 데 유리하다.

제조 AX부터 자율운항까지, 연대와 혁신으로 그리는 미래산업 청사진

국내1

한-싱가포르, 제조 AX부터 원전까지 ‘미래산업 동맹’ 강화



한국과 싱가포르 양국이 제조 혁신을 넘어 통상 분야를 아우르는 미래지향적 파트너십을 완성했다. 산업통상부(이하 산업부)는 글로벌 기술·에너지·물류 허브인 싱가포르와 실질적인 경제협력 모델을 수립하며 우리 기업의 아세안 시장 진출 기반을 대폭 확대하기로 했다.

제조 현장의 AI 혁신을 위한 글로벌 연대

이번 업무협약은 이재명 대통령의 싱가포르 국빈 방문 일정에 맞춰 성사됐다. 먼저, 제조업의 디지털 전환을 위해 한국산업기술기획평가원(원장 전윤종)은 3월 2일(현지 시각) 싱가포르 샹그릴라 호텔에서 싱가포르 제조연맹^{SMF}과 ‘인공지능 기반 제조 혁신을 위한 업무협약^{MOU}’을 체결했다.

해당 협약은 양국 제조기업의 디지털 전환 속도를 높이고 인공지능·데이터 기반의 스마트 제조 생태계를 공동

조성하기 위해 추진됐다. 전윤종 한국산업기술기획평가원 원장은 “제조 인공지능 전환^{MAX} 얼라이언스와 SMF의 네트워크가 연결되면서 양국이 글로벌 제조 혁신 허브를 이끄는 공동 플랫폼을 갖추게 됐다”며 “한국의 제조 기술과 싱가포르의 글로벌 비즈니스 역량을 결합해 현장에서 체감할 수 있는 실질적인 혁신 성과를 만들어내겠다”고 밝혔다.

싱가포르 FTA 발효 20주년, ‘모듈형 협정’으로 통상 협력의 새 기틀 마련

통상 분야에서도 미래지향적 협력을 위한 실질적인 기틀이 마련됐다. 김정관 산업부 장관은 3월 2일 오전 양국 정상이 임석한 가운데, 싱가포르 통상산업부와 ‘한-싱가포르 FTA 개선 협상 개시 합의 공동선언문’을 교환했다.

싱가포르와 FTA 발효 20주년을 맞아 추진하는 이번 개선 협상은 공급망과 그린 경제 등을 포함하는 ‘모듈형 신통상협정’ 형식을 취한다. 이를 통해 △바이오·제약 중심의 공급망 협력 강화 △탈탄소 분야 협력을 통한 그린 경제 고도화 △신속 통관절차 개선 △항공 MRO 분야 경쟁력 확보 등을 추진해 양국의 경제협력 규범을 현대화할 계획이다.

산업부는 이번엔 체결한 각종 MOU와 협의 사항이 실질적인 비즈니스 프로젝트로 이어질 수 있도록 정책적 지원을 집중할 예정이다. 정부가 추진 중인 M.AX 전략이 통상 및 에너지 협력과 맞물리며 국제적 외연을 확장함에 따라, 향후 한-싱가포르 양국의 제조 혁신과 미래산업 시너지는 더욱 가시화될 것으로 기대된다.

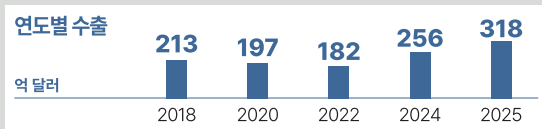


왼쪽부터 전윤종 한국산업기술기획평가원 원장, 김정관 산업통상부 장관, 레는 탄 싱가포르 제조연맹 회장. 한국산업기술기획평가원^{KETIP}과 싱가포르 제조연맹^{SMF} 간의 제조 AI 전환^{MAX} 협력을 위한 업무협약은 양국이 글로벌 제조 혁신 허브로 도약하는 공동 플랫폼이 될 전망이다.

K-조선, ‘초격차 기술’로 글로벌 1위 굳힌다... 올해 3200억 원 집중 투입



한국 조선업이 지난해 8년 만에 최고 수준인 318억 달러의 수출을 기록하며 국가 전체 수출 7000억 달러 돌파에 새로운 활력을 불어넣었다. 특히 대형 LNG운반선 등 고부가 선박 분야에서 세계 점유율 1위를 재탈환하며 저력을 증명했다. 그러나 경쟁국의 추격과 글로벌 해상 규제 강화, 인력 구조 변화 등 도전 과제 또한 만만치 않다. 이에 산업통상부는 우리 조선업의 압도적 경쟁력을 유지하기 위해 올해 작년보다 약 23% 늘어난 3200억 원 규모의 예산을 투입해 ‘K-조선 초격차 기술’ 확보에 박차를 가한다.



친환경 선박, ‘무탄소 연료’와 ‘탄소 포집’으로 시장 선점
가장 큰 비중인 1873억 원이 투입되는 분야는 친환경 선박이다. 글로벌 환경규제가 강화됨에 따라 암모니아



수출 전선의 활기를 되찾은 HD현대중공업 조선소의 컨테이너선 건조 현장. 지난해 조선업은 318억 달러의 수출을 기록하며 8년 만에 최대 실적을 달성했다.

터빈, 수소 엔진 등 무탄소 연료 추진 기술의 확보가 시급하기 때문이다. 산업부는 이번 투자를 통해 15MW급 암모니아 전소 가스터빈용 연소기 및 연료 공급 시스템을 개발하고, 수소-디젤 혼소 엔진과 연료전지를 결합한 하이브리드 추진 시스템의 해상 실증을 추진한다.

AI 조선소와 자율운항, ‘제조·운항’ 전반의 디지털 전환

조선업의 고질적인 인력난 해소와 생산성 혁신을 위해 AI 및 디지털 전환 분야에도 1327억 원이 투입된다. 지원 방향은 크게 ‘생산’과 ‘운항’ 두 축으로 나뉜다.

생산 부문에서는 AI 기반 스마트 조선소를 구현할 계획이다. 이를 위해 수십 톤 단위의 중대형 블록 조립을 지능화·자동화하는 기술과 무인 로봇을 활용한 물류관리 시스템을 개발한다. 이는 고난도 작업의 자동화를 통해 생산성을 높이는 동시에 현장 안전성을 강화하는 데 목적이 있다.

자율운항 기술 부문에서는 대규모 실증 및 표준화가 목표다. AI 모델 학습에 필수적인 운항 데이터를 확보하기 위해 국내 선박 30여 척을 대상으로 대규모 실증사업에 착수한다. 아울러 AI 데이터 플랫폼과 검증 기술 개발을 병행해 미래 선박 시장의 주도권을 차지한다는 방침이다.

중소 조선·기자재 생태계의 ‘자생력’ 강화

생태계의 허리인 중소 조선소와 기자재 업체의 경쟁력 제고를 위한 맞춤형 지원도 추진한다. 외산 의존도가 높은 북극 항로 쇄빙선의 핵심 설계 기술과 기자재 국산화에 총 300억 원을 투입하며, 자율운항 기술이 접목된 친환경 예인선 개발을 통해 중소 조선소의 새로운 성장 동력을 창출할 계획이다.

IMO, 비강제 MASS Code 정비 마무리... 2026년 채택 및 2032년 강제화 로드맵 가시화



자율운항선박 시대가 빠르게 다가오면서 국제해사기구^{IMO}는 안전하고 지속 가능한 해운 발전을 위해 자율운항선박의 국제 기준인 ‘MASS Code’ 제정에 박차를 가하고 있다. MASS Code란 국제해사기구가 자율운항선박^{MASS}의 안전한 운항을 위해 개발 중인 국제 규범이다.

지난해 6월 개최된 제110차 해사안전위원회^{MSC} 회의에서 비강제 MASS Code의 기술적 검토가 사실상 마무리됐다. 이는 2022년 개발이 시작된 지 약 3년 만의 결실로, 인적 요소를 제외한 핵심기술 규격이 확정된 것이다.

이번에 확정된 MASS Code는 목표기반기준^{GBS} 구조를 채택해 기술적 유연성을 확보했다. 적용 대상은 해상인명안전협약^{SOLAS}이 적용되는 총톤수 500톤 이상의 화물선이며, 선원 승선 여부와 관계없이 자율운항 또는 원격운항 기능을 갖춘 선박과 이를 관리하는 원격운항센터^{ROC}까지 포함한다.

자율적 이행에서 의무적 준수로, 단계적 도입 로드맵

MASS Code는 기술의 성숙도와 운용 경험을 고려해 ‘권고’에서 ‘강제’로 단계적으로 강화된다.

우선 올해 5월 제111차 해사안전위원회 회의에서 채택될 비강제 Code는 자율운항선박의 초기 운용과 기술 발전을 지원하기 위한 지침 역할을 한다. 회원국은 자발적으로 이 기준을 이행하며 실제 운항 현장에 적용해볼 수 있다.

2026년 하반기부터 2028년까지는 경험축적기간^{EBP}, Experience-Building Phase이다. 비강제 Code 채택 직후 도입되는 EBP에는 실질적인 운용 경험과 개선 사항을 수집한다.



2025년 11월, 영국 런던에서 열린 제34차 국제해사기구^{IMO} 총회.

각국은 MASS 운용 데이터를 축적하고, 이를 기반으로 향후 강제화될 규제 세부 방향을 도출한다.

2028년부터는 강제 Code 개발이 본격화된다. EBP 데이터를 바탕으로 2030년 하반기 채택을 거쳐 2032년 1월 1일부터는 전 세계적으로 MASS Code가 강제 발효된다. 이 시점부터 모든 회원국은 MASS Code를 의무적으로 이행해야 하며, 이는 자율운항선박이 국제 해운의 표준 체계로 완전히 편입됨을 의미한다.

우리나라는 MASS Code 개발 초기부터 적극적으로 참여하며 기술력을 입증해왔다. 이제는 비강제 MASS Code 채택 이후 이어질 EBP 운영에 주도적으로 참여해, 우리나라의 핵심 기술(원격운항 시스템, 사이버 보안 등)이 국제표준으로 자리 잡을 수 있도록 정책적·기술적 역량을 집중해야 할 시점이다.



페페트병^{B2F}에서 폐섬유^{F2F}까지... 화학적 재활용의 진화

글 구현화 환경 <ESG> 기자

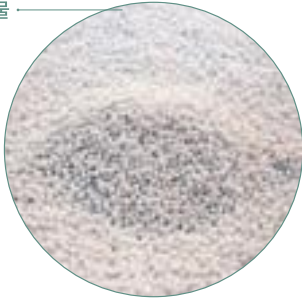
옷은 보통 사용한 후 폐기물로 버려져 소각되거나 매립된다. 그런데 이 버려진 옷으로 다시 새 옷을 만든다면 지속 가능한 순환 체계를 만들 수 있다. 의류 폐기물 문제를 해결하기 위해 ‘섬유에서 섬유로의 재활용^{F2F}, Fiber to Fiber[†]’이 대두되는 이유다. 상품 설계에서부터 전 과정을 고려해야

한다는 에코디자인^{ESPR}, 폐기물 규정^{PPWR} 등 유럽발 규제가 강화되면서 패션산업은 과거의 선형 경제에서 순환 경제로의 전환점에 서 있다. 의류 중 많은 부분이 플라스틱이라는 점에서 플라스틱 재활용, 플라스틱 순환의 일환으로도 시사하는 부분이 크다.

그 와중에 BYN블랙야크그룹(이하 블랙야크)의 행보는 단연 눈에 띈다. 블랙야크는 국내 패션업계에서는 최초로 F2F 기술을 통한 제품화를 시도하고 있다. 블랙야크는 2026 S/S 시즌부터 F2F 소재를 활용한 티셔츠를 내고, F/W 시즌에는 F2F 소재 다운패딩을 출시한다는 계획이다. 이는 국내 패션업계에서 F2F를 상용화한 첫 사례가 된다. F2F 소재 다운패딩에는 책임 있는 다운 인증^{RDS}을 받은 다운이나 리사이클 다운, 에코퍼 등을 사용할 예정이다.

서울 블랙야크 본사 양재 사옥에서 S/S 시즌에 나오는 티셔츠 샘플을 만져보니 기능성 원단과 크게 다르지

페의류 원물



화학적 재활용을 거친 페의류 원물을 가공한 원사와 실제 페의류로 만든 티셔츠 및 고어텍스 원단.



2026 F/W 시즌에 나온 페의류 재활용 티셔츠.

않은 촉감이었다. 일상에서나 운동할 때 입기 좋은 가볍고 산뜻한 소재다. 이 티셔츠에는 F2F 소재 70%에 냉감 소재 30%가 들어갔다. 일반 원료보다 F2F 소재가 약간 더 비싸지만, 소비자를 위해 기존 블랙야크 대표 티셔츠와 같은 가격으로 책정할 예정이다. 하반기 시즌 다운패딩에 쓰일 고어텍스 역시 기존 일반 제품과 시각적으로나 촉감·기능성 면에서 차이가 없다. 가격 역시 일반 제품과 비슷하게 출시된다.

페페트병으로 옷 제작, 국내 1호 상용화 성공

지난해 블랙야크는 산업통상부의 ‘폴리에스터 혼방섬유의 F2F 리사이클 핵심기술 개발사업’의 공동 연구개발 기관으로 선정됐다. 이 사업은 폐기되는 섬유·의류의 약 40~50%를 차지하는 폴리에스터 계열의 순환 기술을 확보하고자 기획됐다. 블랙야크는 정부 시범 사업에 참여해 페의류 원사로 만든 원단에 대한 다양한 성능 테스트 등 평가를 거친 후 기존 제품과 큰 차이가 없다는 결론을 내리고 상품화까지 진행했다.

블랙야크는 2023년 폐섬유를 파쇄한 원사로 만든 티셔츠를 시범 선보인 바 있다. 지난해에는 육군 군수사령부·효성TNC·테라사이클과 협력해 ‘육군 활동복의 화학적 재활용 및 재생산 R&D’를 성공적으로 진행했다. 실제로 화학적 재활용을 거친 원사로 만든 활동복을 입은 이들을 대상으로 설문조사를 실시한 결과, 기존 제품과 큰 차이가 없다는 의견을 받았다.

특히 블랙야크는 페페트병 자원순환 시스템을 구축하고 국내 1호로 페페트병을 활용한 옷을 만들어^{Bottle to Fiber} 상품화한 성공 이력을 갖고 있다. 티케이케미칼·먹는샘물 스파클·두산이엔티·효성티앤씨 등 기업과 정부, 환경단체, 서울시 9개 자치구 및 강릉·삼척·충청남도 등 다양한 파트너와 업무협약을 체결하며 배출-재활용-제품 생산-소비까지 이어지는 국내 투명 페트병 자원순환 시스템을 구축했다.

그 결과 블랙야크는 2020년 7월 국내 처음으로 투명 페트병을 재활용한 패션 제품 시장화에 성공했으며, 현재는 블랙야크·블랙야크 키즈·힐크릭·나우 등 자사 브랜드에서 해당 소재를 사용한 ‘플러스틱’ 제품을 생산 중이다. 플러스틱^{PLUS}TIC은 플러스^{Plus}와 플라스틱^{Plastic}을 합친 말로, 플라스틱을 재활용해 지구에 플러스가 된다는 의미다. 티셔츠를 시작으로 재킷, 패딩, 바지 등 의류부터 가방, 모자, 목도리, 신발 등에 이르기까지 전 품종으로 확대했다. 현재 전 제품의 30% 정도가 폴리에틸렌 테레프탈레이트^{PET} 기반 소재를 사용하고 있다.

이뿐 아니라 블랙야크는 한국섬유산업연합회가 주관하는 ‘지속 가능한 순환 섬유 패션 생태계 지원사업’에 동참해 제품의 디지털 제품 여권^{DPP}을 ‘2026 F/W 블랙야크 컨벤션’에서 시범 적용한 바 있다. DPP는 원료 및 제품을 만들어낸 공급망 정보를 확인할 수 있도록 QR코드에 담아 공유하는 제도다.

자원순환 가치 글로벌 시장으로 확대

이번 F2F 사업은 의미가 남다르다. 보통 페페트병을 옷으로 만드는 것이 더 어렵다고 생각하기 쉽지만, 재활용이 어려운 부분을 뜯어내고 만들어야 하는 옷이 더 까다롭다. 그렇지만 이는 섬유업계가 도달해야 할 궁극적 도달점이다. 국내 폐의류 수거 체계가 안정적으로 구축되고 규모의 경제가 형성된다면 폐의류 원사의 가격 경쟁력도 높아질 것으로 기대된다. 여기에 소비자 인식이 확산돼 재생 원단 수요가 증가한다면 순환 경제 실현도 한층 가까워진다.

블랙야크가 특히 중요하게 생각하는 것은 상업화다. 랩 규모의 실험이 아니라 실제 소비자에게 닿는 상업화까지 진전되어야 실제 임팩트 있는 순환 경제 실현이 가능해진다. 블랙야크는 이 같은 차원에서 지속적인 도전을 하고 있다. 페페트병, 폐의류 상품화에 이어 블랙야크는 발수 처리에도 친환경 공법을 적용하고자 노력하고 있다. 친환경 비불소계 발수 처리인 CO(시제로) 수성 함침 공법을 통하면 재활용 플라스틱 섬유^{PET} 원단을 더욱 친환경적인 방법으로 가공할 수 있다.

2026 F/W 시즌에는 재생 원사를 적용한 제품뿐 아니라 주력 제품에 DPP를 적용하는 방안도 검토하고 있다. 에코디자인 및 폐기물 규제에서 요구하는 재생 원료 사용 확대, 폐기 및 매립 제한 등 주요 과제에 대해서도 상당 부분 준비를 마쳤다. 기술력에 환경 가치를 더해 전 세계 소비자의 신뢰를 얻겠다는 블랙야크의 도전은 현재진행형이다.



화제의 ESG 제품



휴롬, LG화학과 협업해 친환경 착즙기 H310 출시

휴롬은 서울 여의도 LG트윈타워에서 이수민 휴롬 마케팅본부장과 김스티븐 LG화학 ABS사업부장 전무 등이 참석한 가운데 ‘PCR ABS(고부가 합성수지) 개발을 통한 친환경 글로벌 파트너십 강화’ 업무협약^{MOU}(양해각서)을 체결했다. LG화학의 PCR ABS는 사용 후 수명이 다한 제품에서 플라스틱을 선별 추출, 기계적 재활용을 통해 새 제품과 동등한 내충격성·내열성·가공성을 구현한 친환경 소재다. LG화학의 친환경 소재 브랜드 ‘렛제로^{LETZero}’ 중 하나다. 휴롬 H310 착즙기는 ‘렛제로’를 적용해 출시한다. H310 착즙기는 최신형 착즙기의 기술력은 그대로 구현하되 한 손에 들어오는 17cm 폭의 콤팩트 사이즈와 3.4kg의 무게로 부담 없이 사용할 수 있는 슬림형 착즙기다. 산림자원을 보호하기 위해 휴롬 전 제품에 100% 재활용 가능한 FSC 인증 포장재를 적용하고 있다. FSC^{Forest Stewardship Council} 인증은 책임 있게 관리된 산림자원의 사용을 보증하는 글로벌 인증제도다.



**삼성전자, 고효율 히트펌프 EHS 올인원
글로벌 출시**

삼성전자는 공기와 물을 동시에 활용해 냉난방과 온수를 제공하는 2026년형 고효율 히트펌프 냉난방 시스템 'EHS 올인원'을 출시했다. 실외기 한 대로 공기 냉난방과 바닥 난방, 급탕까지 모두 수행할 수 있다. 유럽 냉난방공조^{HVAC} 시장을 공략하기 위한 것으로 연내 국내에도 출시할 예정이다. EHS는 주거 및 상업 시설에 난방과 온수를 공급하는 히트펌프 기반 솔루션으로, 화석연료를 사용하는 보일러보다 에너지 효율이 높고 탄소 배출이 적다. 냉방 과정에서 발생한 폐열을 다시 활용하는 '열회수' 기능을 통해 에너지 효율을 최대 2배 이상 높일 수 있다. 또한 기존 냉매보다 지구온난화지수^{GWP}가 약 68% 낮은 R32 냉매를 적용해 친환경성을 강화했다. 사용 편의성도 한층 개선됐다. '시절약모드'를 활용하면 사용 패턴과 환경을 분석해 최대 17%의 에너지 절감 효과를 기대할 수 있다. 실내기에 탑재된 7형 디스플레이를 통해 난방·온수 상태를 한눈에 확인하고 손쉽게 제어할 수 있다.



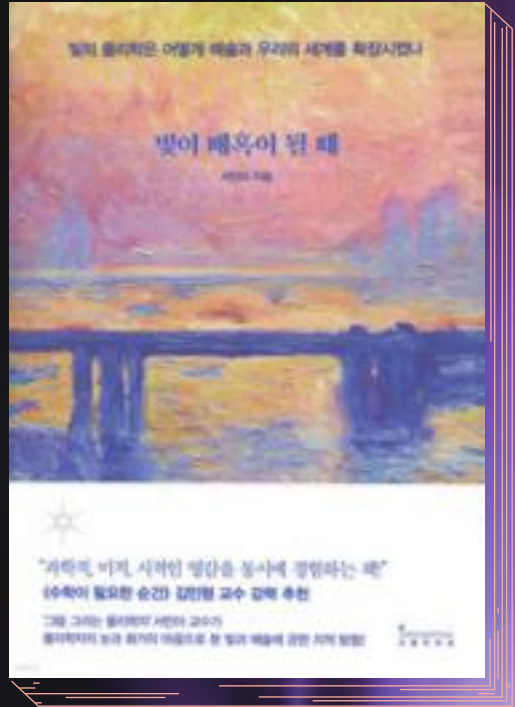
**LG유플러스, 소상공인 금융 피해 예방
'SOHO 안심보상' 출시**

LG유플러스는 소상공인 고객의 금융 피해 예방에 초점을 맞춘 신규 인터넷 요금제 'SOHO 안심보상'을 출시했다. 'SOHO 안심보상'은 금융사기를 일으키는 스미싱·피싱·류싱 의심 사이트 접속을 자동으로 차단하고, 피해 발생 시 보상 및 매장 기기 수리 비용까지 지원하는 소상공인 전용 인터넷 요금제다. 소상공인은 세금 신고, 거래처 관리, 온라인 발주 등으로 외부 사이트를 접속하는 경우가 많아, 유해 사이트에 노출되거나 피싱·스미싱 피해를 입을 우려가 크다. 이에 LG유플러스는 고객이 피해를 예방할 수 있도록 스미싱·피싱·류싱 의심 사이트 접속을 자동 차단하는 기능을 추가했다. 요금제는 100M, 500M, 1G 세 가지 속도로 운영된다. 상품별 이용 요금은 3년 약정 기준으로 △100M 월 2만5300원 △500M 월 3만6300원 △1G 월 4만2900원이다.

빛 , 과학과 예술의 경계를 허물다

우주에서 가장 빠른 속도로 내달리며 세상을 비추는 입자이자 파동인 빛. 우리가 사물을 보고 색을 인식할 수 있는 것은 모두 물체에 부딪혀 반사된 빛이 망막에 닿은 결과다. 빛의 물리적 특성부터 양자역학과 상대성이론 발달, 예술가들이 표현해온 빛과 색채의 변화, 눈에 보이지 않는 파장의 빛을 활용해 일상을 바꾸는 현대 광학 기술까지, 빛의 다채로운 얼굴을 파헤친 콘텐츠를 소개한다.

글 우아영 과학 칼럼니스트, <평행 세계의 그대에게> 저자



<빛이 매혹이 될 때>

서민아 지음 / 인플루엔셜 펴냄

빛, 과학과 예술의 경계를 허물다

사과 실험으로 유명한 아이작 뉴턴은 사실 ‘광학’의 창시자이기도 하다. 일찍이 프리즘 실험을 통해 무지개가 일곱 가지 색으로 이뤄져 있다는 사실을 밝혀냈다. 이전의 과학자들은 색이 사물에 내재한 속성이라고 생각했다. 또는 빛이 사물에 닿을 때 변형돼 색이 만들어진다고 믿었다. 뉴턴이 전혀 다른 결론에 도달한 것이다. 순수한 흰색이라고 믿었던 빛 속에 다양한 색이 있다는 사실에 사람들은 큰 충격을 받았다.

볼프강 폰 괴테는 이 관점에 이의를 제기했다. 뉴턴의 색 이론이 지나치게 기계적이라고 말이다. 괴테는 인간이 색을 인식하는 과정에는 눈의 생리적 감각과 심리적 경험이 함께 작용한다고 주장했다. 이후 이어진 다양한 연구는 실제로 색 지각이 인간의 감각과 깊이 연결되어 있음을 보여주었다.

과학도 예술도 자연의 본질을 탐구한다

뉴턴이 무지개의 일곱 가지 색을 밝혀낸 이후 빛이 전자기파라는 사실이 알려졌고, 적외선·자외선·엑스선 등 눈에 보이지 않는 다양한 빛의 세계가 드러났다. 이어 빛의 파동성과 입자성, 양자역학 등장, 상대성이론에 이르기까지 빛에 대한 이해는 끊임없이 확장되었다. 책은 이러한 과학적 발견의 흐름을 따라가면서, 같은 시대의 예술가들이 빛을 어떻게 바라보고 어떻게 표현하려 했는지를 함께 보여준다. 동시에 예술의 실험과 상상력이 과학자들에게 새로운 질문을 던지고 시야를 넓혀주었다는 사실도 이야기한다.

이야기를 따라가다 보면, 과학과 예술이 서로 다른 길을 걷는 듯 보이지만 사실은 같은 곳을 향해 나아가고 있다는 결론에 닿게 된다. 만들어내는 결과물이 다를 뿐, 그들의 출발점과 지향점은 무척 닮았다는 것이다.

“과학자와 예술가 모두 자연의 원리와 본질을 탐구하는 순수한 마음에서 출발해 세상을 더 아름다운 곳으로 만들거나 혹은 느끼기 위한 목표를 향해 나아가는 사람들이다.”
빛을 이해하려는 과학자의 탐구와, 빛을 표현하려는 예술가의 시도는 결국 같은 질문에서 시작된다. 우리가 살아가는 이 세계를 어떻게 바라보고, 어떻게 이해하며, 어떻게 느낄 것인가. 이 책은 그 질문을 과학과 예술이라는 두 언어로 풀어내며, 서로 멀리 떨어져 보였던 두 세계가 사실은 오래전부터 같은 빛을 향해 걸어가고 있었음을 보여준다.

#뉴턴

#괴테

#쇠라

빛과 우주에 대한 인식이 확대되다

뉴턴과 괴테가 남긴 색채에 대한 논쟁과 탐구는 과학과 예술 모두에 깊은 영향을 미쳤다. 프랑스 화학자 미셸 외젠 세브릴은 색채의 대비와 조화에 관한 법칙을 정리했고, 이를 직접 배운 화가 조르주 피에르 쇠라는 색의 미묘한 변화가 만들어내는 시각적 효과를 탐구했다. 서로 다른 색을 작은 점들로 배치하는 그의 실험적 시도는 <에펠탑>이라는 작품에서 강렬하게 드러난다. <빛이 매혹이 될 때>라는 아름다운 제목을 단 이 책에는 이렇듯 빛과 자연의 본질에 대해 과학과 예술이 주고받은 밀도 높은 상호작용의 오랜 서사가 담겨 있다.

이 책을 최대한 즐기려면 먼저 저자에 대해 알 필요가 있다. ‘빛과 물질의 상호작용’을 연구해 박사학위를 받은 저자는 현재 서강대학교 물리학과 교수로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 테라헤르츠 광학과 나노 과학. 그러나 그의 관심은 실험실에만 머물지 않는다. 휴일이면 붓을 드는 ‘일요일의 화가’이기도 하다. 예술가들과 협업해 과학 연구를 예술로 풀어낸 전시 <사용된 미래>(2019), <재난 감각>(2020), <데이터 정원>(2022)에도 참여했다.

실험물리학자로서 빛을 연구하기 위해 유럽의 작은 도시들과 미국 뉴멕시코주에 머물던 시기에 ‘빛의 화가들’을 더 깊게 탐구했다고 한다. 그 과정에서 과학자들과 화가들이 빛을 탐구해온 여정이야말로 현대 물리학과 현대 미술의 역사를 동시에 관통하는 이야기이며, 우리가 살아가는 세계를 만들어온 강력한 원동력이었다는 사실을 깨달았다고 한다. 그 사유의 결과물이 바로 이 책이다.

<빛의 핵심>

고재현 지음 / 사이언스북스 펴냄

물리학자 고재현의 광학 이야기

뉴턴의 프리즘 실험을 표현한 J. A. 휴스턴의 그림으로 꾸민 강렬한 표지가 책 내용을 요약한다. 디스플레이 광학, 조명, 분광학 등 '빛의 응용'과 관련된 연구를 수행해온 고재현 교수가 빛에 대한 모든 것을 응집했다. 빛이라는 하나의 주제를 통해 우주, 물리학, 응용 기술, 그리고 인류의 일상까지 이야기를 풀어낸다.

1부에서 빛의 기본적인 물리학을 살펴보고, 2부에서 인류가 빛을 어떻게 만들어서 활용했는지 다룬다. 3부에서는 중력파, 분광학, 우주탐사, 외계 행성 탐색 등 빛을 통해 우주와 물질의 비밀을 밝혀내는 현대 과학의 이야기가 이어진다. 마지막 4부에서는 일상적인 현상 속에 숨은 물리를 빛의 관점으로 설명한다.

#디스플레이

#우주탐사

#5G



<색, 빛의 언어>

약셀 뷔터 지음 / 이미옥 옮김 / 니케북스 펴냄

색은 어떻게 우리 삶에 영향을 줄까

세상은 색으로 가득 차 있고, 말로 다 표현하기 어려울 정도로 무궁무진하다. 우리는 늘 색에 둘러싸여 살아가며, 색으로부터 다양한 영향을 받는다. 독일 최고의 색채 전문가인 저자가 빛과 색이 우리 삶과 어떤 관계를 맺고 있는지 파헤친다. 그에 따르면 색은 우리의 생존 가능성을 높이는 중요한 신호체계다. 우리가 색을 인지하는 데 그토록 많은 에너지를 소비하는 이유가 여기에 있다. 색은 방향감각, 건강, 경고, 위장, 구애, 사회적 지위, 의사소통 등 우리 삶에 깊이 관여한다.

책은 우리의 색 감각이 어떻게 진화해왔는지, 눈이 어떻게 색을 보는지, 일상에서 흔히 마주하는 다양한 색이 어떤 상징적인 힘을 갖고 있는지 흥미롭게 풀어낸다.

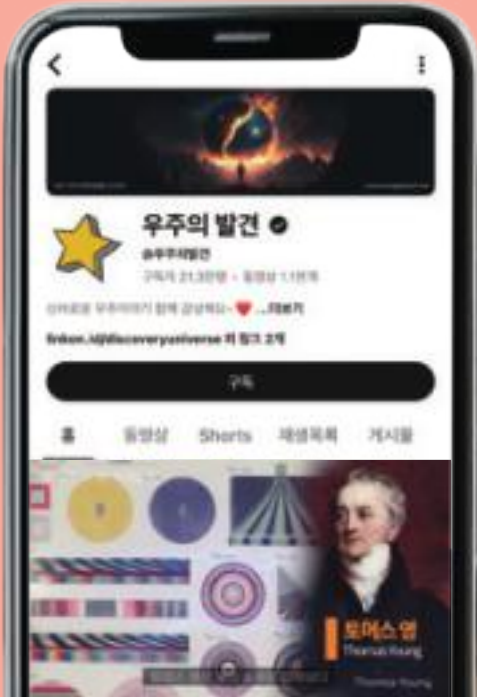
#색채전문가

#노과학

#심리학



유튜브 찾아볼까?



빛은 당신이 생각하는 것보다 더 이상합니다.
빛이란 무엇일까요?

▶ 17세기부터 이어진 빛 연구의 여정

‘빛이란 무엇인가’라는 질문에 답하려 했던 과학자들의 실험과 추론, 그리고 논쟁의 역사를 따라간다. 17세기 천문학자 크리스티안 하위헌스가 빛을 에테르에서 진동하는 파동으로 설명한 이후 아이작 뉴턴의 입자설, 토머스 영의 간섭 실험과 광전효과 연구, 그리고 알베르트 아인슈타인과 에르빈 슈뢰딩거의 양자역학까지 이어지는 빛 연구의 긴 여정을 살펴본다.

#광자 #파동 #우주다큐



EBS 다큐프라임 빛의 물리학 시리즈

▶ 6부작으로 만나는 빛의 물리학

‘빛’이라는 키워드로 현대 물리학의 두 축인 상대성이론과 양자역학을 다룬 6부작 다큐멘터리다. 갈릴레이, 뉴턴, 맥스웰, 아인슈타인 등 역사상 가장 위대한 과학자들이 던진 탁월한 질문들과, 그에 답하고자 끈질기게 탐구했던 실험과 여정이 생생하게 담겨 있다. 같은 제목의 단행본으로도 출간되었다.

#상대성이론 #원자 #양자 #끝



자동차의 전유물로만 여겼던 ‘어라운드 뷰^{Around View}’ 시스템이 이제 거대 선박의 조타실을 점령하고 있습니다. 사방이 꽉 막힌 거대한 선체 안에서 사각지대와의 고독한 사투를 벌이던 항해사들에게 이 시스템은 바다의 흐름을 읽고 위협을 감지하는 ‘제3의 눈’이 되어주고 있습니다. 단순한 시야 확보 차원을 넘어 선박 안전의 핵심기술로 진화한 선박용 어라운드 뷰. 그 놀라운 시각적 확장을 깊이 있게 조명해봅니다.

글 김형자 과학 칼럼니스트

선박의 360도 눈 ‘어라운드 뷰’가 여는 안전한 항해



항해사의 눈을 넓힌 360도 안심 시야

복잡한 도심의 좁은 골목길을 지나거나 까다로운 평행 주차를 할 때, 마치 하늘 위에서 내 차를 내려다보는 듯한 화면 덕분에 안도의 한숨을 내쉬는 경험이 누구나 한 번쯤 있을 것입니다. 이 화면을 제공하는 기술이 바로 ‘어라운드 뷰^{Around View}’입니다.

자동차 어라운드 뷰는 차량 주변 환경을 360도로 표시하여 주행 중 주차나 장애물 회피 등을 돕는 시스템입니다. 차량 전후좌우에 장착된 4개의 카메라 영상을 하나의 평면 화면으로 통합해 운전자가 볼 수 없는 사각지대를 완전히 제거해줍니다.







씨드닉스의 시 기반 실시간 접안 보조 시스템 구동 화면. 선박이 부두에 접안할 때 선박과 부두 사이의 거리, 접근 속도, 주변 장애물 정보 등 중요 데이터를 어라운드 뷰를 통해 얻고, 시가 실시간으로 분석해 제공한다.

과거 선택적 옵션이었던 어라운드 뷰는 이제 안전을 위한 필수 사양으로 자리 잡았습니다.

하지만 시선을 광활한 바다로 돌려보면 상황의 무게감은 완전히 달라집니다. 일반 승용차의 길이는 고작 5m 내외지만, 현대 해운업을 이끄는 거대 상선들은 그 길이가 축구장 두 개를 합친 것보다 긴 200m에서 400m에 달합니다. 한 척당 수천억 원을 호가하는 이 ‘바다의 거인’들을 좁은 항구 부두에 대는 작업은, 그야말로 마이크로미터 단위의 정밀함과 초긴장 상태를 유지해야 하는 ‘예술의 영역’이나 다름없습니다.

수십 년 경력의 베테랑 도선사라 할지라도, 아파트 수십 층 높이의 선교 위에서 거대 선박의 끝부분인 ‘선미’가 정확히 어디쯤 위치하는지 육안으로만 가능하기란 불가능에 가깝습니다. 조타실에서 내려다보는 바다는 탁 트인 것처럼 보이지만, 정작 배 바로 밑이나 뒤쪽 상황은 선체 구조물에 가려진 ‘시각적 암흑 지대’입니다. 변화무쌍한 파도와 강한 조류, 갑작스러운 돌풍이라는 변수가 도사리는 바다에서 이러한 시각지대는 곧 대형 사고로 이어질 수 있는 시한폭탄과 같습니다.

최근 조선-해양 ICT(정보통신기술)의 비약적인 발전은 이 난제를 해결했습니다. 과거에는 수십 명의 선원이 갑판 곳곳에 배치되어 무전기로 “앞으로 몇 미터”, “뒤로 더”를 외치며 수동적으로 거리 감각을 공유했다면, 이제는 단 한 명의 항해사가 모니터를 통해 선체 주변 상황을 센티미터

단위로 정확히 파악합니다. 자동차처럼 선박 주변에 설치된 여러 대의 카메라 영상을 합성하여, 마치 하늘에서 배를 내려다보는 듯한 360도 전방위 조감도 시야를 실시간으로 제공하는 어라운드 뷰 기술 덕분입니다. 이는 단순한 카메라 설치의 조합만이 아닌, 물리적 한계를 데이터로 극복해낸 해양공학의 결정체라 할 수 있습니다.

0.1%의 오차도 허용치 않는 정밀 제어

선박에 어라운드 뷰를 도입한 궁극적인 목적은 명확합니다. 바로 ‘사고 제로^{Zero}화’입니다. 바다에는 레이더에 잘 잡히지 않는 작은 목선, 양식장 부표, 해상 부유물 등 수많은 위험 요소가 존재하며, 이는 정박 시의 충돌사고나 항로 이탈의 원인이 됩니다. 이 때문에 수만 톤의 선박이 부두 안벽에 평행하게 붙기 위해서는 극도로 정밀한 작업이 요구됩니다.

이때 어라운드 뷰가 ‘충돌 방지’와 ‘정밀 이접안^{離接岸}’ 보조 시스템으로서 압도적인 성능을 발휘합니다. 이접안은 선박이 부두 안벽에 정박하는 ‘접안’과 부두에서 떨어져 나오는 ‘이안’을 통칭하는 말입니다. 어라운드 뷰는 선체와 부두 사이의 이격거리를 실시간 영상으로 보여주며 사고를 원천 봉쇄합니다. 선박이 초당 몇 센티미터의 속도로 접안하고 있는지, 해류로 인해 선미가 몇 도나 틀어지고 있는지를 시각화해 정밀한 제어를 돕는 것입니다.

또한 짙은 안개나 칠흙 같은 야간에도 주변의 작은 장애물을 식별해주며, 육안으로는 절대 확인할 수 없는 선체 하부의 위험



3D 인식 기술로 사각지대를 제거하고 자동 도킹 기능을 통해 초보자도 전문가 수준의 접안이 가능하게 돕는 아비커스의 '뉴보트 독 2' 구동 화면. 해양 AI 기술이 우리 일상에 어떻게 적용되는지 보여주는 대표적인 사례다.

요소까지 잡아냅니다. 항해사가 이러한 객관적 영상 데이터를 바탕으로 의사결정을 내리는 방식은, 기존의 '경험에 의존하던 감각'을 '정밀한 과학'으로 격상시켰습니다.

이는 경제성과도 직결됩니다. 수천억 원의 선박과 수조 원 가치의 화물을 실은 배가 정박 과정에서 부주의로 접안 사고를 일으킬 경우, 수리비는 물론 운항 중단에 따른 기회비용 손실이 막대합니다. 어라운드 뷰는 이러한 사고 확률을 획기적으로 낮춤으로써 경제적 이익과 해운 경영의 효율성을 극대화합니다.

무엇보다 이 기술은 망망대해에서 밤낮없이 근무하는 항해사들에게 '심리적 안정감'이라는 보이지 않는 자산을 제공합니다. '보이지 않는 곳이 없다'는 확신은 긴박한 정박 순간의 압박감을 해소해줍니다. 결국 어라운드 뷰는 항만 이접안이나 협수로로 항해할 때 사각지대를 제거하여 충돌사고를 예방하는 최첨단 안전 솔루션인 셈입니다.

‘이미지 스티칭’과 ‘스테빌라이징’의 조화로 화면 구현

그렇다면 드론을 띄우지 않고도 어떻게 바다 한가운데서 배를 위에서 내려다보는 듯한 화면을 만들 수 있을까요? 그 비결은 ‘이미지 스티칭’^[Image Stitching] 기술에 있습니다. 이미지 스티칭은

겹치는 부분이 있는 여러 장의 사진을 컴퓨터 알고리즘으로 자연스럽게 이어 붙여 한 장의 사진으로 만드는 영상합성 기술입니다. 여러 방향에서 촬영한 이미지들의 특징을 추출해 연결하는 스마트폰의 ‘파노라마 모드’를 떠올리면 이해하기 쉽습니다.

구현 방식은 이렇습니다. 먼저 선체의 전후좌우 핵심 거점에 광각 카메라를 설치합니다. 이 렌즈들은 넓은 범위를 담아내지만 특성상 가장자리가 동그랗게 휘어지는 왜곡 현상이 발생합니다. 이때 알고리즘이 왜곡된 영상들을 수학적으로 계산해 정교하게 펼친 다음, 4개 이상의 영상이 겹치는 경계선을 이질감 없이 매끄럽게 이어 붙입니다.

즉 각각의 이미지에서 서로 비교할 수 있는 고유한 특징점(모서리, 점 등)을 찾아내고, 사진이 찍힌 각도나 원근감을 계산해 두 영상을 어떻게 비틀고 회전시켜야 완벽하게 겹칠지 수학적 모델을 만드는 것입니다. 여기에 선박의 상부 형상을 담은 3D 모델링 데이터를 중앙에 배치하면, 마치 가상의 카메라가 하늘에서 배를 수직 촬영하는 듯한 ‘버드 아이 뷰’^[Bird's Eye View]가 완성됩니다.

하지만 바다 현장은 자동차 도로만큼 만만치 않습니다. 카메라가 설치되는 돛대나 선교 꼭대기는 지상에서 수십 미터

높이에 위치하며, 강풍이나 파도에 의해 끊임없이 흔들립니다. 이 진동은 영상의 축을 뒤흔들어 항해사에게 어지러움을 유발할 수 있습니다.

이를 해결하기 위해 물리적인 흔들림을 상쇄하는 ‘자이로 센서^{Gyro Sensor}’와 디지털 알고리즘인 ‘스테빌라이징^{Stabilizing}’ 기술이 투입됩니다. 스테빌라이징은 움직이거나 흔들리는 대상의 진동을 흡수하고 제어해 안정화하는 기술을 말합니다. 우리말로는 ‘안정화 기술’ 또는 ‘흔들림 보정’이라고 합니다. 어떤 거친 풍랑을 만나도 모니터 속 영상만큼은 잔잔한 호수 위를 보듯 평온하게 유지되는 비결이 바로 여기에 있습니다.

게임 화면처럼 펼쳐내는 ‘증강현실’ 기술

최근의 선박 어라운드 뷰는 단순히 주변을 보여주는 모니터 수준을 넘어섰습니다. 현실의 영상 위에 디지털 데이터를 실시간으로 덧입히는 증강현실^{AR} 기술을 결합해, 마치 공상과학 영화의 한 장면이나 시뮬레이션 게임 같은 직관적인 항해 환경을 제공합니다.

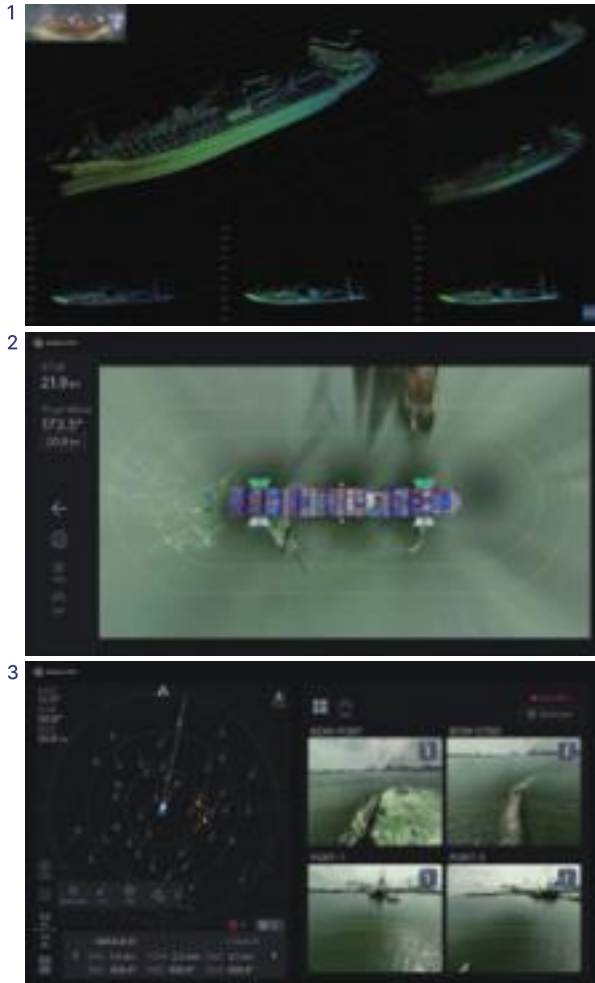
항해사가 모니터를 응시하면 주변 선박의 이름, 속도, 현재 방위, 목적지 정보 등이 그래픽 아이콘으로 나타납니다. 또한 ‘선박 자동식별 장치^{AS}’에서 수신된 데이터와 실시간 영상이 결합돼, 내 배가 현재 방향으로 진행할 때 예상되는 궤적을 바다 위에 가이드라인으로 그려주기도 합니다. 이에 더해 보이지 않는 수중 암초나 복잡한 항로 정보를 입체적으로 띄워주고, 부두와의 거리를 실시간 숫자로 표시해줌으로써 마치 게임을 하듯 정밀하고 안전한 조타가 가능합니다.

특히 야간이나 안개, 폭우로 인해 시계^{視界}가 극도로 불량한 상황에서 증강현실 기술은 진가를 발휘합니다. 적외선 카메라로 촬영한 열상 이미지 위에 실제 항로 데이터^{ENC}를 겹쳐 표시해주기 때문에, 칠흑 같은 어둠 속에서도 항해사는 대낮처럼 선명한 정보를 바탕으로 선박을 운항할 수 있습니다.

더 나아가 최근에는 카메라 영상에 레이더^{RADAR}와 라이더^{LIDAR} 데이터를 실시간으로 결합하는 ‘센서 퓨전^{Sensor Fusion}’ 기술이 핵심으로 떠오르고 있습니다. 수 킬로미터 밖을 감시하는 레이더와 근거리 사물을 레이저로 스캔해 3D로 시각화하는



임영섭 서울대 해양시스템공학연구소장이 연구소에 마련된 대형 해양 시뮬레이션 장비에서 선박 자율운항 기술을 설명하고 있다.



씨드록닉스(1)와 하이нас(2, 3)의 시스템 구동 화면. 어라운드 뷰 기술과 센서 퓨전 기반의 3D 모니터링으로 주변 선박 정보와 예상 경로를 영상 위에 그래픽으로 띄워 시계가 불량한 상황에서도 직관적인 운항을 돕는다.

라이다의 초정밀 데이터가 어라운드 뷰와 만나면서, 해상 위의 그 어떤 작은 움직임도 놓치지 않는 무결점 감시체계를 완성하고 있습니다.

자율운항 시대를 향한 가장 확실한 징검다리

어라운드 뷰가 항해사의 훌륭한 ‘눈’이 되어주었다면, 이제 현대 해양산업은 그 눈으로 본 방대한 정보를 스스로 판단하고 명령을 내리는 ‘두뇌’를 장착하기 시작했습니다. 운전대에서 손을 떼는 자율주행 자동차처럼, 선원 없이도 오대양을 건너는 자율운항선박의 시대가 눈앞에 다가온 것입니다.

자율운항선박은 단순히 경로를 따라가는 기존의 오토파일럿^{Autopilot}과는 차원이 다른 지능을 요구합니다. 어라운드 뷰를 통해 확보된 영상 데이터는 딥러닝^{Deep Learning} 시에 의해 분석됩니다. 시는 영상 속 물체가 단순한 파도의 포말인지, 작은 어선인지, 혹은 위험한 부유물인지 99% 이상의 정확도로 식별해냅니다.

여기에 충돌회피 알고리즘이 더해집니다. 바다에는 자동차 도로 같은 차선이 없지만 국제적으로 약속된 ‘국제해상충돌예방규칙^{COLREGS}’이라는 복잡한 법규가 존재합니다. 시는 이 규정을 준수하면서도 연료 효율을 극대화할 수 있는 회피 경로를 스스로 계산하고, 주변 선박들의 궤적을 실시간으로 분석해 충돌 가능성을 예측하며 목적지로 운항합니다. 육상 관제센터는 위성을 통해 이 모든 과정을 실시간으로 모니터링하며, 비상시 원격조종을 통해 즉각적으로 배를 직접 움직여 대처합니다.

이러한 자율운항 기술의 완성이 가져올 변화는 선박의 미래를 완전히 바꿀 것입니다. 해상 사고의 80% 이상을 차지하는 ‘인적 과실^{Human Error}’이 사라질 것이며, 24시간 지치지 않는 AI 파수꾼이 바다를 지킬 것입니다. 또한 사람이 상주할 공간이 줄어들어 따라 화물 적재 효율이 높아지고, 시가 계산한 최적의 항로를 택해 탄소 배출을 줄이는 친환경 해운 시대의 정점을 찍게 될 것입니다.

어라운드 뷰로 시작된 선박의 시각 기술은 이제 스스로 판단하고 길을 찾는 영리한 ‘지능형 항해시스템’으로 도약하고 있습니다. 주차 보조 시스템 수준을 벗어나 자율주행으로 진화하는 자동차처럼, 오대양 육대주를 누비는 선박 또한 360도 전방위 감지 기술과 자율 회피 능력을 바탕으로 인류를 더욱 안전하게 인도하는 든든한 길잡이가 되어주길 기대해봅니다.



김형자 과학 칼럼니스트

청소년 과학 잡지 <Newton> 편집장을 지냈으며, 현재 과학 칼럼니스트와 저술가로 활동 중이다. 저서로는 <구멍에서 발견한 과학>, <먹는 과학책> 등이 있다.



몸속의 번개,
광음향 공학 및
의료 적용

빛을 이용해 인체 내부에서 소리를 발생시켜 질병을 진단하는 ‘광음향 공학’은 의료 영상 분야의 새로운 패러다임을 제시하고 있다. 기존 광학 영상의 높은 대비와 초음파 영상의 투과 깊이라는 장점을 결합한 이 기술을 활용하면, 형태뿐 아니라 해당 조직의 생리적·분자적 정보를 시각화하는 초정밀 하이브리드 진단이 가능하다. 빛과 소리의 융합을 통해 진단 기술을 발전시키려는 공학적 도전을 소개한다.

글 김철홍 포항공대 IT융합공학과 교수

빛과 소리의 하이브리드 결합, 기존 의료 영상의 물리적 한계를 넘다

여름철 폭풍우가 몰아칠 때 우리는 번개와 천둥을 거의 동시에 경험한다. 하늘에서 번쩍이는 번개는 강력한 빛에너지의 방출이며, 이어 들려오는 천둥은 대기의 급격한 팽창으로 발생하는 음향 파동이다. 즉 강한 빛이 물질과 상호작용하면서 열과 압력 변화를 일으키고, 그 결과 소리가 발생한다. 이러한 현상은 물리학적으로 빛이 물질을 자극해 음향신호를 만들어내는 과정이며, 바로 이러한 원리를 공학적으로 활용한 기술이 광음향^{Photoacoustic} 기술이다.

최근 바이오메디컬 영상 분야에서 주목받는 광음향 영상^{Photoacoustic Imaging}은 빛과 소리를 결합한 융합 의료 영상 기술이다. 레이저와 같은 짧은 광 펄스를 인체 조직에

조사하면 조직이 빛을 흡수하면서 순간적인 열팽창을 일으키고, 이때 발생하는 초음파 신호를 검출해 영상을 생성한다. 다시 말해 빛으로 자극하고 소리로 읽어내는 영상 기술이다.

이 기술이 주목받는 이유는 기존 의료 영상 기술의 물리적 한계를 보완할 수 있기 때문이다. 순수 광학 영상은 높은 대비와 분자 정보를 제공하지만 깊은 조직 관찰에는 제한이 있다. 반면 초음파 영상은 수 센티미터 깊이까지 관찰할 수 있지만 분자 정보는 제한적이다. 광음향 영상은 이러한 두 기술의 장점을 결합한 비방사선 하이브리드 영상 기술로, 수 밀리미터에서 수 센티미터 깊이까지 조직을 관찰하면서 광학적 대비 정보를 동시에 제공할 수 있다.



김철홍 교수 연구실에서 개발한 광음향 영상 장비를 이용해 발의 미세 혈관 구조와 혈류 정보를 비침습적으로 측정하는 모습.

공학적으로 볼 때 광음향 영상은 기존 초음파 영상 시스템과 자연스럽게 통합될 수 있다. 실제 연구에서는 초음파 영상과 광음향 영상을 동시에 획득하는 멀티모달 영상 시스템이 활발히 개발되고 있다. 초음파 영상이 조직의 구조 정보를 제공한다면, 광음향 영상은 조직의 생리적·분자적 정보를 제공한다. 두 영상이 결합될 경우 단순한 형태 진단을 넘어 좀 더 정밀한 정량적·기능적 진단이 가능해진다.

140여 년 전 벨의 ‘포토폰’으로부터 이어진 연구

흥미롭게도 광음향 현상 자체는 새로운 발견이 아니다. 이 현상은 1880년 알렉산더 그레이엄 벨^{Alexander Graham Bell}과 찰스 섬너 테인터^{Charles Sumner Tainter}에 의해 처음 보고되었다. 벨은 빛의 세기 변화를 이용해 소리를 전달하는 장치인 포토폰^{Photophone}을 개발하면서 광음향 효과를 설명했다. 이후 20세기 중반 기체 분석 연구에서 유사한 현상이 활용되며 Optoacoustic 또는 Optic-acoustic이라는 용어가 사용되었고, 1973년에는 ‘Acousto-optic’과의 혼동을 피하기 위해 Photoacoustic이라는 용어가 도입되었다. 이후 두 용어는 바이오메디컬 영상 분야에서 사실상 동일한 의미로 사용되고 있다.

광음향 영상 기술이 본격적으로 발전한 것은 2000년대 이후다. 초기에는 소동물 영상 실험에서 활용되었고, 이후 기능 영상 연구와 인체 대상 연구가 이어지며 기술적 가능성이

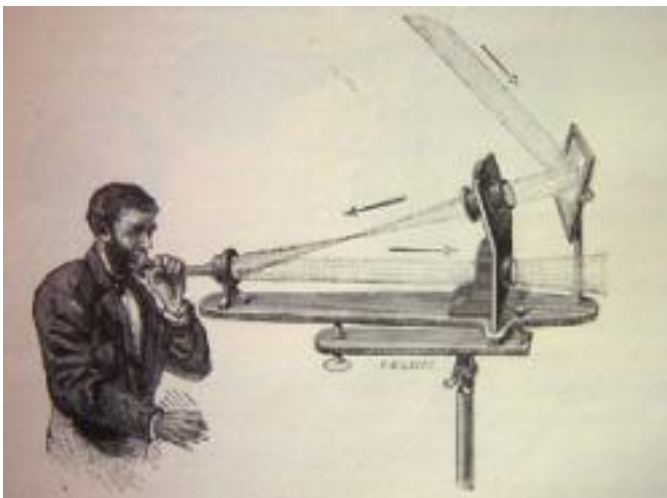
빠르게 입증되었다. 최근에는 다양한 임상 연구를 통해 실제 의료 현장에서의 활용 가능성도 검증되고 있다. 지난 20여 년 동안 광음향 영상은 레이저 광원, 초음파 트랜스듀서, 신호처리 알고리즘, 영상 재구성 기술 등 여러 공학 기술의 발전과 함께 빠르게 진화해왔다.

광음향 영상이 임상적으로 중요한 이유는 생체 조직의 분자 성분을 직접적으로 시각화할 수 있기 때문이다. 혈액 속 헤모글로빈, 피부의 멜라닌, 세포의 핵산, 조직 내 지질-콜라겐 등은 서로 다른 빛 흡수 특성을 가진다. 광음향 영상은 이러한 차이를 이용해 조직의 구조뿐 아니라 생리적 상태까지 분석할 수 있으며, 특정 분자에 결합하는 외부 조영제를 이용하면 분자 표적 영상도 가능하다.

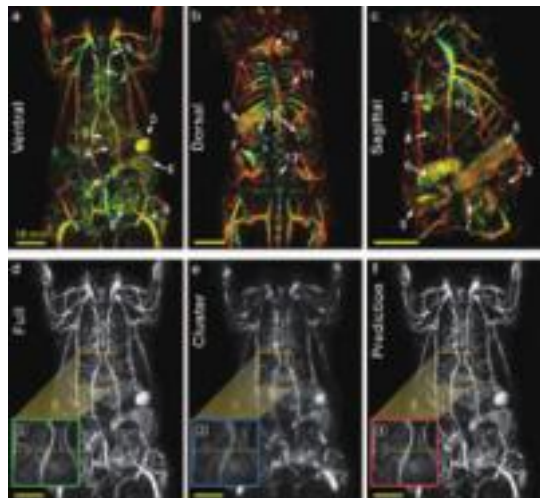
또한 광음향 영상은 기능 영상^{Functional Imaging} 분야에서도 중요한 잠재력을 보여준다. 혈액 산소 포화도, 혈류, 조직의 기계적 특성, 대사 활동, 림프관 구조 등을 비침습적으로 평가할 수 있기 때문이다. 이러한 정보는 종양 진단, 혈관질환 평가, 염증 분석 등 다양한 임상 분야에서 중요한 단서를 제공한다.

다학제 간 융합 공학의 산물, 미래 정밀의료의 지평을 넓히다

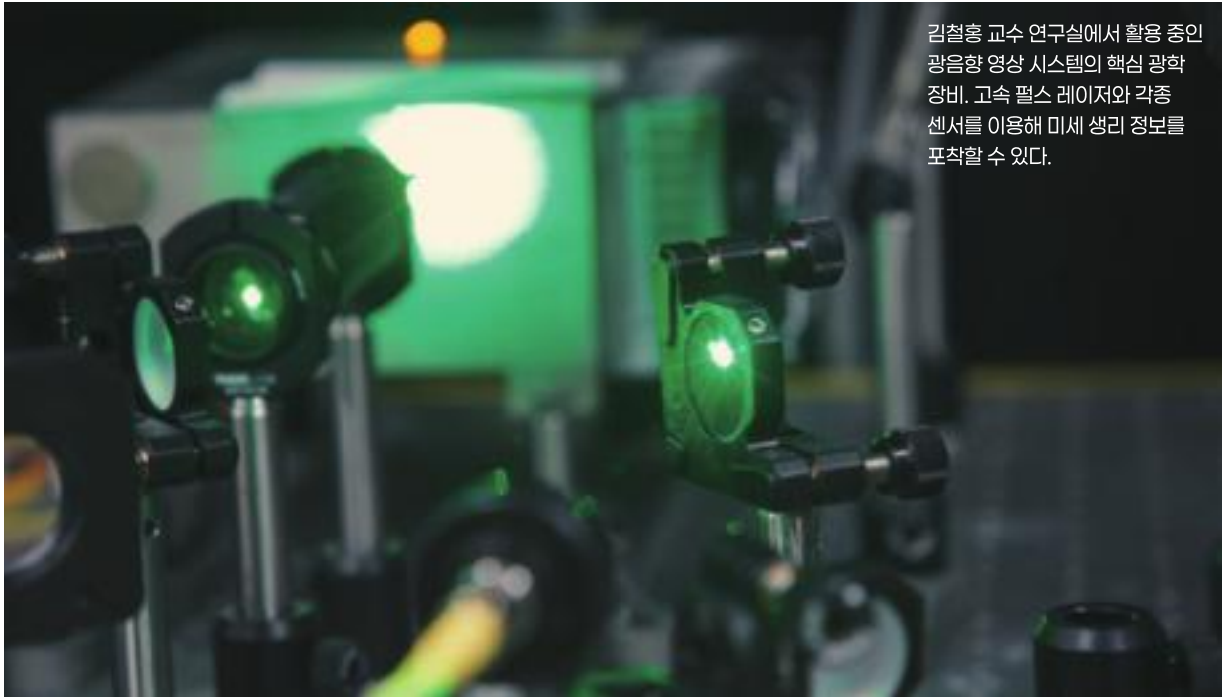
공학자의 시선으로 보면 광음향 영상 시스템은 단순한 의료 장비가 아니라 융합 공학 시스템이다. 고속 펄스 레이저,



1880년 2월 19일 알렉산더 그레이엄 벨과 찰스 섬너 테인터가 발명한 ‘포토폰’.



광음향 영상 기술을 통해 조영제 없이 3차원으로 정밀하게 시각화한 쥐 모델의 미세 혈관 지도.



김철홍 교수 연구실에서 활용 중인 광음향 영상 시스템의 핵심 광학 장비. 고속 펄스 레이저와 각종 센서를 이용해 미세 생리 정보를 포착할 수 있다.

고감도 초음파 센서, 데이터 수집 장치, 신호처리 알고리즘, 3차원 영상 재구성 기술이 유기적으로 결합되어야 한다. 또한 임상 환경에서는 장비의 안정성, 크기, 비용, 사용 편의성까지 고려해야 한다. 이러한 이유로 광음향 영상 연구는 물리학, 전자공학, 기계공학, 생체의료공학, 컴퓨터공학, 의학, 화학 등 다양한 분야의 협력을 기반으로 발전하고 있다.

그러나 기술적 가능성이 곧바로 의료 현장 도입으로 이어지는 것은 아니다. 광음향 영상이 널리 활용되기 위해서는 표준화, 임상 검증, 의료기기 규제와 같은 과제가 남아 있다. 연구 그룹과 장비마다 다른 시스템 구조와 데이터 처리 방식에 대한 공통 기준이 필요하며, 다양한 환자 데이터를 통한 신뢰성 확보도 중요하다.

그럼에도 광음향 영상은 미래 의료 영상 기술의 중요한 축이 될 가능성이 높다. 특히 기존 초음파 시스템과의 통합이 가능하다는 점은 임상 확산에 큰 장점이다. 일부 연구에서는 초음파 프로브에 광섬유를 결합한 하이브리드 장비도 개발되고 있으며, 이는 기존 의료 환경에서도 비교적 쉽게 적용할 수 있다.

결국 광음향 영상은 빛과 소리가 만나는 지점에서 탄생한 공학 기술이다. 자연 속에서 번개와 천둥이 하나의 연속된 물리현상인 것처럼, 인체 내부에서도 빛이 만들어낸 미세한 음향신호가 조직의 정보를 전달한다. 공학자는 이러한 신호를 포착하고 해석하여 인체 내부의 상태를 읽어낸다.

몸속에서 발생하는 작은 광음향 신호를 통해 질병을 더 이른 단계에서 발견하고 생체 조직의 기능적 변화를 이해하는 것, 이것이 바로 광음향 공학이 의료 분야에서 지향하는 목표다. 보이지 않는 것을 보기 위한 공학적 도전은 앞으로도 계속될 것이며, 그 과정에서 광음향 기술은 의료 영상의 새로운 가능성을 열어갈 것으로 기대된다.



김철홍 포항공대 IT융합공학과 교수

포항공대 무은재 석좌교수이자 광음향 영상 기술 분야의 세계적 석학이다. IEEE·SPIE·IAMBE 펠로이자 한국공학한림원 정회원으로, 연구실의 성과를 실제 의료 현장의 가치로 연결하는 데 앞장서고 있다.

보이지 않는 땅속을 읽는 일

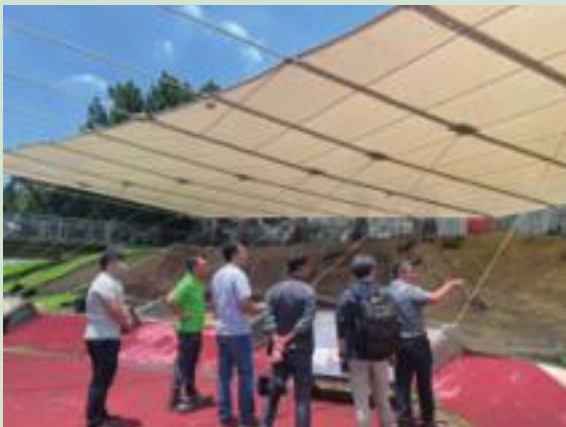
지진은 눈에 보이지 않지만, 그 흔적은 데이터로 남는다.

송석구 센터장은 그 미세한 신호를 읽어 지구 내부의 움직임을 해석하고, 우리가 대비해야 할 미래를 연구하고 있다. 짧게는 수초, 길게는 수천 년의 시간을 아우르는 데이터를 통해 보이지 않는 변화를 읽어내는 일. 그의 연구는 자연을 이해하는 데서 나아가, 사회의 안전을 준비하는 과학으로 이어지고 있다.

글 김선녀 사진 김기남

현재 한국지질자원연구원에서 어떤 일을 하고 있나요?

한국지질자원연구원의 지진 관련 업무는 크게 두 축으로 나뉩니다. 하나는 지진을 실시간으로 관측하고 분석하는 역할이고, 다른 하나는 중장기적인 관점에서 지진과 지진 재해를 연구하는 일입니다. 저는 지진연구센터를 맡고 있어서, 한반도의 지진 활동 특성을 분석하고 장기적인 위험을



2025년, 타이완 921 지진(1999년 발생) 교육 박물관 견학 현장. 치지^{Chi-Chi} 지진 당시 뒤틀린 단층 현장을 직접 확인하며 지진 에너지의 위력과 방재 시스템의 중요성을 되새기고 있다.

평가하는 연구를 주로 하고 있습니다. 단순히 지금 일어나는 현상만을 보는 게 아니라, 수십 년 이상의 데이터를 통해 ‘우리나라 지진은 어떤 특징을 갖는가’를 이해하는 쪽에 더 가깝다고 보시면 됩니다.

지진 연구라는 분야를 선택하게 된 계기는 무엇인가요?

—
처음에는 지질학을 전공했는데, 암석을 직접 관찰하거나 야외조사를 하는 것보다 수학이나 컴퓨터를 활용하는 쪽이 더 잘 맞는다고 느꼈습니다. 그래서 대학원에서 지구물리학으로 방향을 바꿨고, 그 안에서 가장 비중이 큰 분야가 지진학이었습니다. 특별한 계기가 있었다기보다는, 제가 잘할 수 있는 방향으로 자연스럽게 선택한 길입니다.

실제로 연구하면서 느낀 ‘지진’은 처음 생각과 어떻게 달랐나요?

—
우리가 흔히 땅이라고 하면 단단히 고정돼 있다고 생각하잖아요. 그런데 조금만 내려가면 그 아래는 탄성을 가진 암석으로 이루어져 있고, 그 안에서는 계속 움직임이 일어나고 있습니다. 지표에 설치된 지진계를 통해 그런 보이지 않는 움직임을 읽어낼 수 있다는 점이 지금도 흥미롭습니다. 일종의 CT나 MRI처럼, 직접 보지 않고도 내부를 파악하는 작업이라고 생각하면 이해하기 쉬울 것 같습니다.

지진 연구라는 분야만의 특징이나 어려움은 무엇인가요?

—
가장 큰 특징은 ‘직접 확인할 수 없다’는 점입니다. 단층 운동이나 지구 내부 구조는 눈으로 볼 수 없기 때문에, 지진파 데이터를 통해 간접적으로 추론해야 합니다. 다른 분야는 실험을 통해 검증할 수 있지만, 지진학은 그런 방식이 어렵습니다. 또 하나는 시간의 문제입니다. 지질학적 시간은 인간의 시간보다 훨씬 길기 때문에, 큰 지진은 연구자의 커리어 동안 몇 번 경험하지 못할 수도 있습니다. 그래서 긴 호흡으로 데이터를 쌓고 해석해야 하는 점이 쉽지 않은 부분입니다.



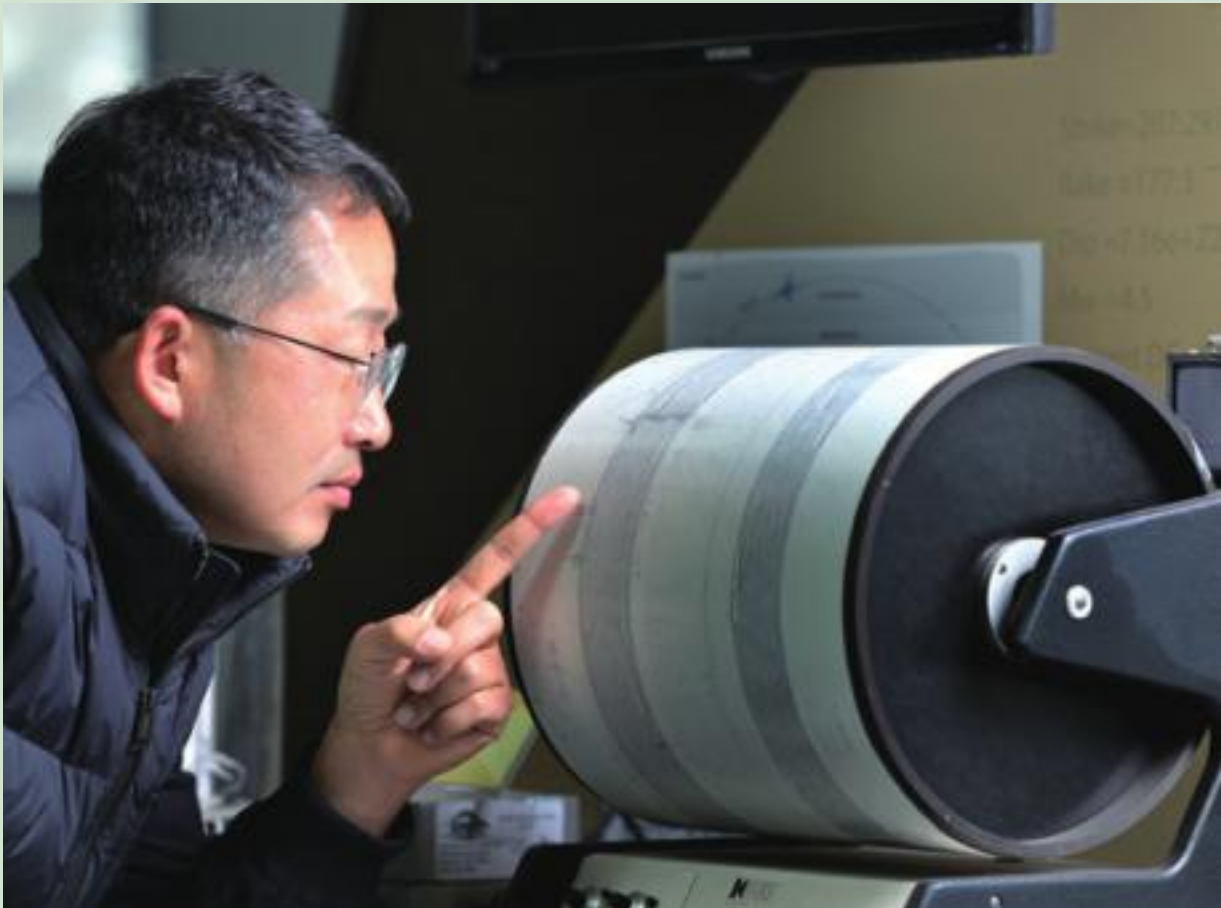
송석구
한국지질자원연구원
지진연구센터장

지금까지 참여했던 지진 분석 프로젝트 중 인상 깊은 순간은 언제였나요?

—
미국 유학 시절, 1906년 샌프란시스코 지진 100주년을 기념해 당시 지진을 다시 들여다보는 연구에 참여한 적이 있습니다. 100년 전에는 정밀한 관측 장비가 없어 종이에 펜으로 기록된 지진계 데이터나 삼각측량 자료 같은 전통적인 방법을 활용해야 했습니다. 그런 자료들을 디지털화해 다시 분석하는 과정 자체가 굉장히 인상적이었습니다. 처음에는 다소 무모해 보일 수도 있는 시도였지만, 결국 그런 도전과 시행착오가 쌓이면서 지금의 관측 기술로 이어졌다는 점을 깨달았습니다. 새로운 연구는 누군가의 시도를 통해 시작된다는 점에서, 선구적인 연구자들에 대한 존경심도 많이 느꼈습니다.

연구를 하면서 가장 기억에 남는 순간이 있다면요?

—
2016년 경주 지진과 2017년 포항 지진이 가장 기억에 남습니다. 사실 그 전까지는 우리나라에서 큰 피해를 가져올 정도의 지진이 발생할 거라고는 생각하지 않았습니니다. 그런데 실제로 진동을 직접 느끼고, 이후 관련 연구를 수행하면서 ‘이 연구가 사회에 실제로 연결되는구나’라는 걸 실감하게 됐습니다. 그때 처음으로 연구자로서 사회에 기여하고 있다는 자부심을 느꼈습니다.



“지진 연구는 단순히 ‘지진을 분석하는 학문’을 넘어,
지구와 행성의 내부를 이해하는 과학으로 확장되고 있습니다.”

송석구 센터장은 누구?



한국지질자원연구원 지진연구센터를 이끌며 한반도 지진 활동과 지진 재해를 연구하는 지진학자다. 지구물리학을 전공한 그는 지진파 분석을 통해 지하 구조를 해석하고, 장기적인 지진 위험 평가와 국민 안전에 기여하는 연구를 수행하고 있다.

최근 지진 위험성과 대형 건축물이나 원전 등과 관련해 연구 중요성이 커지고 있습니다. 이런 변화 속에서 지진연구센터의 역할은 어떻게 달라지고 있나요?

산업화가 진행되면서 원전이나 대형 건축물, 지하 시설 등이 늘어나 같은 규모의 지진이라도 피해 규모가 훨씬 커질 수 있는 환경이 됐습니다. 우리나라는 지진이 많은 지역은 아니지만 안전지대라고 보기도 어렵고, 경주와 포항 지진을 통해 그 가능성을 확인했습니다. 대비가 부족할 경우 피해가 크게 확대될 수 있다는 점도 중요합니다. 이런 변화 속에서 지진연구센터는 실시간 관측을 넘어 지진 위험을 평가하고, 사회에 필요한 정보를 제공하는 역할로 점차 확대되고 있습니다.

최근 지진 연구에서 주목하고 있는 기술 변화는 무엇인가요?

가장 큰 변화는 인공지능 기반 분석 기술입니다. 지진 센서에 기록된 자료는 모두 디지털 신호로 저장되기 때문에, AI를 적용하기에 매우 적합한 분야입니다. 실제로 지진 관측은 초당 수십에서 100회 이상의 데이터를 기록하기 때문에, 1년만 지나도 방대한 데이터가 축적됩니다.

지금은 반복적이고 정형화된 작업이 점차 자동화되고 있으며, 여기서 한 단계 더 나아갈 것으로 보고 있습니다. 단순한 자동화를 넘어, 인간이 미처 인지하지 못한 미세한 진동이나 새로운 패턴을 시가 스스로 찾아내는 방향으로 발전할 가능성도 있습니다. 궁극적으로 인간 연구자의 분석 능력을 보완하거나, 일부 영역에서는 뛰어넘는 수준까지 발전할 수 있다고 생각합니다.

해외 연구기관과의 협력은 어떤 의미를 갖나요?

지진은 특정 국가만의 문제가 아니라 지각판 전체의 움직임과 연결된 현상이기 때문에 국제적인 시각이 중요합니다. 최근에는 미국·일본 등 지진 연구 선진국과의 협력을 통해 기술 교류와 공동 연구를 진행하고 있습니다.

과거에는 따라가는 입장이었다면, 지금은 서로 데이터를 공유하고 연구 성과를 교환하는 방향으로 발전하고 있습니다. 이런 협력은 연구의 정확도를 높이고 시야를 넓히는 데 큰 도움이 됩니다.

지진 연구에 관심 있는 사람들에게 해주고 싶은 말이 있다면요?

지진 연구는 결과가 빠르게 드러나는 분야는 아니기 때문에 때로는 외롭고 긴 시간이 필요한 작업일 수 있습니다. 하지만 자연을 이해하고 사회 안전에 기여한다는 점에서 충분히 의미 있는 분야라고 생각합니다.

과학기술이 발전하면서 지진 연구의 영역도 지구를 넘어 확장되고 있으므로 앞으로 더 성장할 것입니다. 달이나 화성 같은 행성 탐사에 꼭 가져가야 하는 필수 품목 중 하나가 바로 지진계입니다. 행성 내부 구조를 이해하기 위한 핵심 도구이기 때문이죠. 결국 지진 연구는 단순히 '지진을 분석하는 학문'을 넘어, 지구와 행성의 내부를 이해하는 과학으로 확장되고 있습니다. 흥미와 호기심을 가지고 꾸준히 탐구할 수 있다면, 앞으로 더 많은 가능성이 열려 있는 분야입니다.

세 가지가

좋아진

아동수당

2026년 아동수당 변경사항 안내

하나! 아동수당 지원 연령 확대!

▶ 8세 미만 → 13세 미만으로 매년 1세씩 단계적 확대

* ('25) 8세 → ('26) 9세 → ('27) 10세 → ('28) 11세 → ('29) 12세 → ('30) 13세 미만

둘! 거주지역에 따른 추가 지원

- ▶ 비수도권 월10만원 + 0.5만원
- ▶ 인구감소지역 우대지역 월10만원 + 1만원
- ▶ 인구감소지역 특별지역 월10만원 + 2만원

셋! 지역사랑상품권 지급 시 추가 지원

- ▶ 인구감소지역에서 지역사랑상품권으로 아동수당 지급하는 경우, 월 1만원 상당액 추가 지급

📍 아동수당법 개정('26. 3월)에 따라 확대되는 부분은 '26. 4월 이후 지급 예정이며, '26. 1월분부터 소급지급 됩니다.

📍 기존에 아동수당을 받다가 지원이 종료된 '17. 1월생~'18. 3월생 아동은 지자체에서 “직권신청” 절차를 거쳐 순차적으로 지급 예정

📍 아동수당 신청을 유도하는 📧 피싱 문자에 유의하세요!
(정부에서 보내는 문자는 링크나 쿼알코드를 포함하지 않습니다.)



보건복지부 콜센터 (국번없이) 129



「아이 키우기 좋은 환경을 만듭니다.」

Tech Focus

산업통상부 산하 R&D 전문기관
한국산업기술기획평가원이 발행하는 국내외
산업기술의 모든 것을 담은 전문지 <테크 포커스>



<테크 포커스> 웹진(techfocus.kr)에서 신간호와
함께 과월호도 모두 만나보세요!

<테크 포커스> 웹진 보기 매월 10일 오픈





제조산업의 AI 전환, KEIT가 시작합니다

Changing
Tomorrow
내일을 바꾸는 기술

