



MIU

2022 | VOL. 36

TECHNOLOGY IN MOTION

MiU

2022 | VOL. 36

한글
HANKOOK



MiU SAMPLER



(왼쪽 페이지) 순수 전기 레이싱카로 경쟁하는 새로운 모터스포츠 패러다임의 선두 주자인 ABB FIA 포뮬러 E 월드 챔피언십의 여덟 번째 시즌을 마치고, 2022-23 시즌이 다가오고 있습니다. 더 강력하고 새로운 3세대 포뮬러 E 레이싱카는 한국타이어로 달립니다. 1 인류가 전 세계에서 생산하는 전기의 약 70%는 물을 끓여 에너지 전환의 매개체로 사용합니다. 나머지 30%가량은 수력·풍력·태양광 등 물을 끓이지 않는 방법으로 발전합니다. 이번 호 특집이자 올해의 전기 시리즈 세 번째 기사를 눈여겨봐주시기 바랍니다. 2 레이싱카가 견뎌야 하는 스트레스의 수준은 상상을 초월합니다. 그중에서도 가장 혹독한 환경에 노출되는 것은 타이어입니다. 우리에게겐 다행히도, 모터스포츠와 경쟁은 결국 우리가 일상에서 경험하는 타이어 성능을 높여주는 시금석이 됩니다. 3 탄소 배출이 없는 자동차로서 수소에너지를 사용하는 모델이 있습니다. 하늘에서도 수소에너지가 친환경 비행을 담당하기 위해 여러 가지 기술이 개발되고 있습니다. 지금 연구되고 있는 차세대 수소에너지 항공기를 소개합니다. 4 수십 가지 종목의 경기를 펼치는 올림픽보다 더 많은 나라가 참여하는 단일 종목 세계 대회가 FIFA 월드컵입니다. 곧 개막할 카타르 월드컵을 기념해 어떤 나라가 예선에 참가했는지, 어떤 나라가 본선의 어느 조에 속하는지 인포그래픽으로 꾸몄습니다.

테크노마드를 위한 하이테크 라이프스타일 매거진

<유>는 인간의 경쟁 본능을 하이테크라는 수단으로 확장한 모터스포츠와 함께, 최신 기술을 토대로 등장하는 흥미롭고(Interest) 독특한(Unique) 물건과 트렌드에 대한 콘텐츠를 재미있게(Fun) 소개하는 니치 매거진입니다.

[mj:] 그리스 문자의 열두 번째 알파벳, 100만분의 1m를 가리키는 길이의 단위, 마찰계수의 기호

CONTENTS



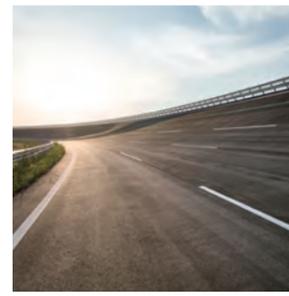
MM·

Part 1: Rotation for Power



M-MM·

2021-22 Formula E Highlights



M·M··

High Technology Test Bed



MMM··

Power Tools to Save Your Time



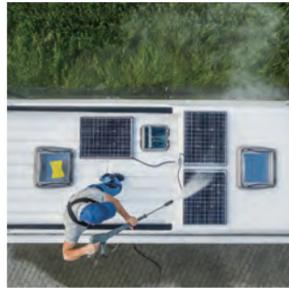
M··M·

Surprisingly Slow



M·M··

2022 FIFA World War



MMM·

Part 2: Create & Harvest



MM·M·

Tire Damages



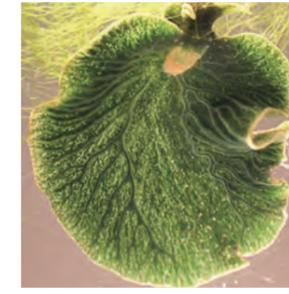
M-MM·

Motor Fantasy



MMMM·

Nano, Micro and Future



M··M·

Can Eat Light?



M·M·M·

9 Sugar Substitutes



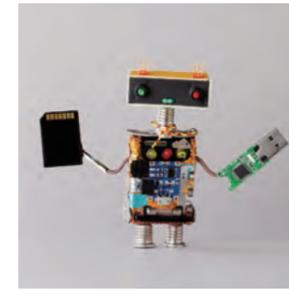
M····

Legacy Will be Back



MM···

Hydrogen on High



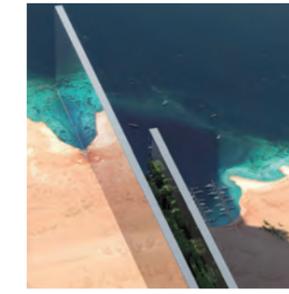
M····

Decision to Backup



M··MM·

Olympics vs. FIFA World Cup



M·MM·

MiU's Choice

MASTHEAD

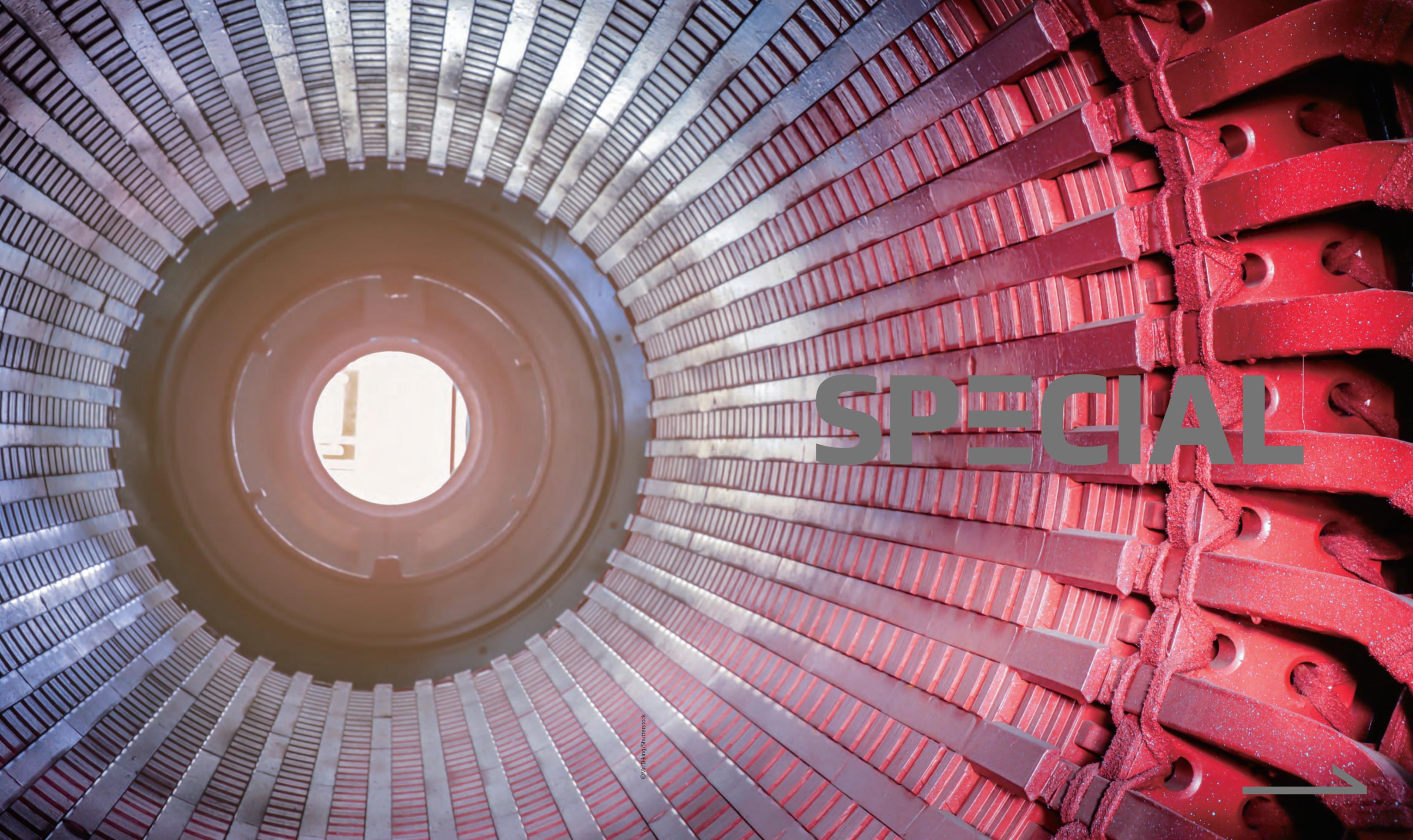
계간 <미> 2022년 가을호, 통권 제36호,
2022년 9월 발행
정보간행물 등록 번호 성남바 00380
발행 한국타이어엔테크놀로지(주)
경기도 성남시 분당구 판교로 286
담당 커뮤니케이션팀 윤성하, 신상훈
편집 제작 (주)가야미디어
유 편집부 02-317-4921
구독 신청 miusurvey.com
주소 변경 및 기타 문의
miu@kayamedia.com

<미>에 실린 모든 콘텐츠의 무단 전재와
복제를 금지합니다.

2022 | VOL. 36

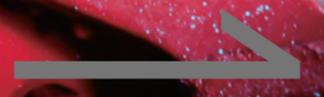
MiU





SPECIAL

©Mr. B. King/Shutterstock



01

Convert Heat to Electricity

발전기(Generator)는 '기계적 에너지를 전기에너지로 변환하는 기기'라고 간단히 정의할 수 있다. 대개의 발전소는 각각의 에너지원에서 직접 또는 매개체를 이용해 전달한 힘으로 발전기 회전자를 돌려 전기를 만든다. 이러한 역학 발전기는 동글게 감은 코일 속에 자석을 왕복·회전시켜 전류를 일으키는 원리로 작동하는데, 이때 발생하는 유도기전력의 크기는 자기장의 세기와 도체의 길이 및 자기장과 도체의 운동 속도에 비례한다. 간단히 말해 자석이 더 크거나 더 빨리 회전하거나 코일을 더 많이 감으면 더 큰 전류를 얻을 수 있다는 얘기. 에너지 전달 매개체가 없어도 터빈을 돌릴 수 있는 수력발전과 풍력 발전을 제외한 대규모 발전소는 달리 말하자면 거대한 보일러다. 즉 석탄, 석유, 천연가스, 심지어 우라늄·플루토늄까지 에너지원이 무엇이든 간에 모두 물을 끓인다는 게 핵심이다. 일단 열에너지로 전환해 물을 끓여 생성한 고압의 증기가 터빈에 운동에너지를 전달하면 발전기 회전자도 돌아간다. 정리하자면 물리적·화학적 에너지원으로 기계적 에너지를 거쳐 전기에너지를 만들어내는 곳이 발전소다.

발전소에서 물을 끓여 만든 고압의 증기가 통과하며 회전하는 터빈은 발전기 회전자에 연결된다.

◀(앞 페이지) 화력발전소에서 전기를 만들어내는 발전기의 안쪽은 유도기전력이 발생하는 고정자(Stator)다.

Part 1

Rotation for Power

19세기 전기 선구자들이 전기 현상에 대해 연구하며 전자석, 전기모터, 백열전구 등 전기 제품의 조상이 개발됐다. 그러한 제품들이 비로소 실용화된 것은 19세기 후반 대규모 발전소의 건설 덕분이다. 그로부터 지금까지 전 세계 전기에너지의 대부분은 발전기—엄밀하게 말하자면 회전자(Rotor)—를 돌려 생산한다.

WORDS 송지환 PHOTOGRAPHS 게티이미지, 셔터스톡



©Oleksii Sidorov/Shutterstock

02 Wind Farm

물이나 열을 이용해 터빈을 돌리지 않는, 바람의 힘을 전력으로 바꾸는 방식의 유일한 발전이다. 풍부하고 재생 가능하며 온실효과를 유발하지 않는 바람을 이용하기 때문에 화석연료 발전을 대체하는 청정 에너지원으로 부상하고 있다. 블레이드가 회전하면서 발생시킨 기계에너지를 증속기와 발전기를 거쳐 전기에너지로 변환하고, 이를 변전소에 공급한다. 빙빙 돌아가기 때문에 풍차 시절부터 지금까지 윈드 ‘터빈’이라고 부르지만 최신 풍력발전기의 블레이드는 양력을 발생시키는 비행기 날개와 비슷하게 생겼다. 다만 변화하는 바람을 효율적으로 이용하기 위해 블레이드 회전면을 바람 방향에 맞추는 요잉(Yawing) 시스템과 풍속에 따라 블레이드의 각도를 조절하는 피치(Pitch) 시스템이 설치된다. 최초의 풍력발전기는 1888년 미국의 찰스 브러시가 만든 것으로, 144매의 블레이드를 가진 직경 18m의 터빈으로 12kW의 전력을 생산해 20년간 백열등 350개를 켜는 것으로 기록돼 있다.

풍력발전기의 크기를 짐작하게 하는 장면. 일반적인 터빈 블레이드의 길이는 대형 여객기 날개만 하고 가장 큰 GE 제품은 107m에 달한다.

03

Hydroelectric Power Plant

수력발전은 대표적이고 전통적인 발전 방식이다. 1878년 영국의 윌리엄 암스트롱이 자기 저택에 전기를 공급하기 위해 인근에 저수지를 건설하고 발전기를 설치한 것을 시초로 1880년대 유럽과 미국을 중심으로 수력발전소가 생기기 시작했다. 우리나라는 현재 가동 중인 21기의 수력발전소와 16기의 소수력발전소의 설비 용량이 6506MW다. 수력발전은 하천 또는 호수 등에서 떨어지는 물의 위치에너지로 수차(터빈)를 돌린다. 당연한 얘기지만 많은 양의 물을 높은 데서 떨어뜨릴수록 효율적이고 유리하다. 수력발전은 외부 전원이나 연료 공급 없이 자체 가동이 가능하고 기동과 정지, 출력 조절에 소요되는 시간이 원자력이나 화력발전에 비해 빨라 단시간 내에 송전할 수 있다는 것이 특징이다. 홍수나 가뭄 조절에 유용하고 운영비가 적은 반면, 댐을 아무 데나 짓기 어렵고 건설 비용이 많이 든다는 한계가 있다. 물이 어떻게 작용하느냐에 따라 구분하는 중력수차, 충동수차, 반동수차 등 수력발전소의 터빈은 증기 터빈과는 형태가 다르다.

중국 후베이성의 산샤댐은 세계 최대의 설비 용량(2만2500MW)을 자랑한다. 다만 수력발전은 강수량·유량에 좌우되는 만큼 실제 발전 용량은 그보다 작다.



©Igor Krenzov/Shutterstock

04

Thermal Power Plant

화력발전소는 연료를 태우는 거대한 보일러다. 1882년 에디슨이 영국 런던과 미국 뉴욕에 차례로 건설한 이래 전 세계 전기 생산의 주력이 됐다(전 세계에서 화력발전 비중이 64% 정도). 우리나라의 발전 비중에서도 화력이 59.3%(석탄 44%, 천연가스 15%, 석유 0.3%)를 차지한다. 화력발전 중에는 물을 끓이지 않고 가스 터빈엔진의 회전축에 발전기를 연결하는 방식도 있지만, 어쨌든 모두 열에너지로 운동에너지를 일으켜 전기에너지로 변환하는 원리다. 아파트가 많은 우리나라는 특히 열병합발전이 발달했는데, 버려지는 폐열(잔열)을 이용해 전기를 재생산하고 지역난방에도 활용하기 때문에 상대적으로 긍정적 평가를 받는다. 지역난방 개념은 1896년 독일 함부르크 시청에 증기를 공급한 사례가 시초였고, 우리나라에서는 1985년 물을 매개로 하는 열 공급을 시작한 목동 지역난방 사업이 처음이었다. 열병합발전소는 하나의 에너지원에서 발생하는 전기와 열원을 용도별로 적절히 공급해 에너지 효율을 의미 있게 향상할 뿐 아니라 쓰레기 소각 등 다양한 편익을 제공한다.

2020년 기준 전 세계 3대 에너지원은 석유(30%), 석탄(27%), 천연가스(24%)로 대부분 화력발전소의 연료로 사용된다. 노천 광산에서 석탄을 채굴하는 모습.



©JPicture/Getty Images

©Julian Straetenschulte/Getty Images



05 Nuclear Power Plant

물을 끓이고 터빈을 돌린다는 원리와 방식은 사실상 화력발전과 동일한데, 우라늄의 핵분열에서 열에너지를 얻는다는 점이 확연한 차이다. 원자력발전은 냉각재와 핵연료에 따라 종류가 나뉜다. 저농축 우라늄 연료와 경수(물) 냉각재를 사용하는 가압 경수로로 전 세계에서 운전 중인 원전의 80% 이상을 차지한다. 그 밖에도 냉각재로 중수(보통 수소 대신 중수소가 산소와 결합한 물)를 사용하는 가압 중수로, 헬륨 가스 냉각재와 고농축 우라늄을 사용하는 고온 가스 냉기로, 플루토늄을 사용하는 고속 중수로, 증기 발생기 없이 보일러에서 직접 증기를 생산하는 비등 경수로—2011년 폭발한 일본 후쿠시마 원전이 채택했던 방식—가 있다. 현재 24기의 원전(설비 용량 2만3250MW)을 가동하는 우리나라는 대부분 가압 경수로 방식이며 월성 원전만 유일하게 가압 중수로다. 국내 원전의 전력 공급 비중은 석탄에 이어 두 번째다(38.9%). 참고로 우리나라도 참여하는 ITER(국제 열핵융합 실험로)은 초고온의 플라스마를 이용하는 차세대 핵융합 발전의 테스트 베드인데, 물을 끓여 터빈을 돌린다는 것만큼은 화력·원자력 발전소와 동일하다.

지난해 12월 31일 가동을 중지한 독일 그룬데 원전의 냉각탑이 마지막 수증기를 내뿜고 있다. 원전은 터빈을 돌린 고압 증기를 식하기 위해 물이 풍부한 바닷가나 강가에 짓는다.

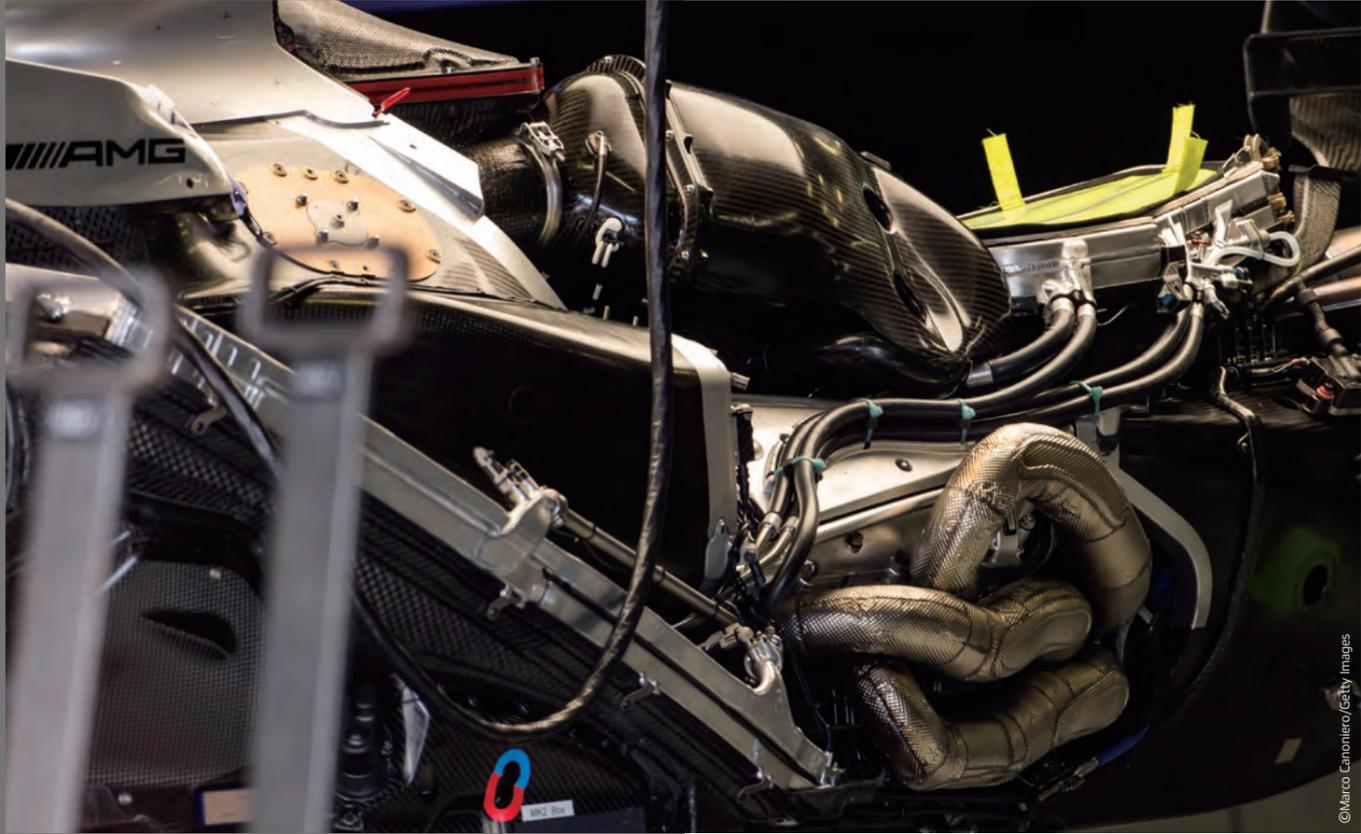
06 Geothermal Power Plant

지열발전은 말 그대로 '지구열역학적' 방식, 즉 지표 내부의 지열을 이용해 전력을 생산한다. 땅속은 뜨겁다. 평균적으로 100m당 2.5~3°C 증가하는 것으로 알려졌는데, 지하 4~5km까지 뚫어 물을 넣은 뒤 증기를 뽑아 올리는 심부지열발전(EGS) 방식도 있다. 화산지대처럼 지온 증가율이 평균보다 10배 이상인 곳은 굳이 깊게 뚫고 들어갈 필요 없이 지표 근처로 방출되는 열을 에너지원으로 터빈을 돌리기도 한다. 지열에너지 비중이 가장 높은 나라는 아이슬란드로, 난방에너지의 90% 이상을 지열이 차지한다. 친환경이라 좋긴 한데 무엇보다 입지 조건이 까다롭다는 것이 단점이다. 대규모 발전까지는 아니더라도 300m 이내로 뚫어 사계절 일정한 지온을 냉·난방에 이용하는 지열에너지는 신재생에너지의 하나로 각광받고 있다.

지열발전은 아이슬란드가 유명하지만 미국, 이탈리아, 멕시코, 필리핀 등의 나라도 착실하게 사용 중이다. 특히 케냐는 지열발전의 비중이 50%가 넘는다. 케냐 울카리아 지열발전소.



©Patrick Weinhardt/Getty Images



©Marco Canali/Getty Images

07

Energy Recovery System

다른 발전소처럼 대규모 설비도 아니고 물을 끓이지도 않지만 역시 회전을 통해 전기에너지를 생산하는 방식이라는 점에서 하이브리드·전기차에 적용되는 회생 제동(Regenerative Braking) 또는 에너지 회수 시스템도 틀어다본다. 원리적으로 전기모터는 발전기와 구조가 같아서, 전기차는 감속할 때 계속 전진하려는 관성에너지의 일부를 전기에너지로 회수해 배터리에 다시 저장하는 시스템을 표준 장착하고 있다. 이러한 회생 제동을 통한 에너지 절감의 잠재력은 약 4~5%로 보고 있다. 포뮬러 원도 2009년 이와 유사한 운동에너지 회수 시스템(KERS)을 도입했고, 2014년에는 ERS로 발전시켜 운동에너지뿐 아니라 열에너지까지 회수한다. 터보차저에도 모터·발전기가 연결된 것. 요즘 F1 레이스카는 ERS를 이용해 약 160마력의 출력을 더 높일 수 있다(회수한 전기에너지를 모터·발전기에 공급해 구동력을 증가시킨다).

2019년 메르세데스-AMG 팀의 F1 레이스카 엔진. ERS에 사용되는 모터·발전기가 두 개 장착돼 있다.

08 Concentrated Solar Thermal Plant

태양광'이 아니라 태양'열'을 이용하는 발전 방식도 있다. 원리 자체는 우산처럼 오목하게 생긴 집열판 초점에 음식을 놓고 가열하는 태양열 스토브와 같지만 그걸 훨씬 대규모로 만든 것이다. 태양열발전은 수많은 거울로 반사한 햇빛을 한 군데로 모아 물—또 물이다!—을 끓여 증기 터빈을 구동해 전력을 생산하는 방식이다. 시간의 흐름에 따라 태양이 이동하더라도 지속적으로 집열기에 초점을 맞추기 위해 반사경에 각도 조절 장치가 필요하다. 미국을 비롯해 스페인, 호주, 칠레, 남아프리카공화국 등에서 실제로 가동 중이고 인도 역시 건설 계획을 갖고 있다. 총면적 57만6800㎡에 달하는 4120개의 거울이 설치된 남아공 키 솔라 원 발전소의 설비 용량은 50MW에 달한다.

햇빛으로 물을 끓여 전기를 생산하는 남아공 키 솔라 원 발전소. 205m 높이에 설치된 집열기는 최대 530°C까지 가열된다.



©Jaco Wolmarans/Getty Images

Part 2

Create & Harvest

2부에서는 발전기를 '돌려' 전기에너지를 생산하는 것과 다른 방식을 살펴본다. 햇빛으로 전기를 만드는 태양전지에서부터, 인류의 달 착륙에 기여했으며 수소 전기차로도 실용화된 연료전지, 여전히 우주용으로 쓰이는 원자력전지를 비롯해 인간의 움직임에서도 전기에너지를 수확하는 에너지 하베스팅이 그 주역들이다.

WORDS 안준하 PHOTOGRAPHS 게티이미지, 셔터스톡



©Velcomia/Getty Images

01

Solar Cell

수력·풍력 발전처럼 운동에너지에서 직접 전기에너지를 만들어내는 것이 아니다. 또 화력·원자력 발전처럼 열 전환이라는 중간 단계를 거친 운동에너지를 이용해 발전하는 방식도 아니다. 빛에너지를 직접 전기로 전환하는 태양전지는 거대한 규모로 건설할 수도 있고 손목시계에 집어넣을 수도 있다. 햇빛에 면하는 쪽에는 N형 반도체(음극)를, 그 아래에는 P형 반도체(양극)를 맞붙인 구조로 접합면을 통해 P에서 N으로 전자가 이동하며 전류가 발생한다. 지난 수십 년간 효율이 높아졌지만 애초에 태양광은 에너지 밀도가 낮아 우리나라 평균 하루 일사량이 3.4kWh/m² 정도다. 게다가 시판되는 태양전지 모듈의 효율은 잘해야 20%쯤이다. 작은 방 면적인 10m²의 태양전지라면 별 좋은 날에 하루 종일 충전해봤자 전기차로 10km 남짓 달릴 수 있다는 얘기. 전적인 에너지원일 수는 없겠지만 무엇보다 청정에너지라는 점, 무공무진하다는 점, 계속해서 발달—실험실 조건에서는 36% 효율을 보인 신소재도 있다—하고 있다는 점에서 앞으로도 태양전지는 인류사에 적어도 한몫을 담당할 것이다.

태양전지는 의외로 관리가 필요하다. 표면에 먼지가 쌓이거나 더러워지면 효율이 뚝뚝 떨어진다.



©George Sinar/Getty Images

02

Piezoelectric Effect

한때 스위스 시계 산업을 위협했던 퀴츠 손목시계는 석영(수정) 박판의 양쪽에 전류를 가하면 고유한 주파수로 진동하는 압전효과를 응용한 것. 반대로 압력을 가하면 압전체에 전류가 발생한다. 이 현상을 이용한 것이 라이터나 가스레인지의 점화기다. 사람의 걸음으로 전기를 만드는 것은 버려지는 에너지를 '수확'하는 아이디어 중 하나다. 미국은 군화 바닥에 압전 발전기를 장착하고 군인이 걸을 때마다 전기를 생산해 장비를 충전하는 기술을 연구—결론은 '아니올시다'였지만—하기도 했고, 가끔 기차역이나 쇼핑센터에 설치돼 기업들의 이벤트 도구로 활용되기도 했다. 2014년 브라질 빈민가의 축구장 잔디 아래 깔린 압전 발전기는 아이들이 축구하는 동안 전기를 생산하고, 태양전지로 충전한 전선에 보내 야간 조명을 밝혔다.

리우데자네이루 파벨라의 축구장에서 일곱 살 소년이 밤에 누고 있다. 전기를 생산하며.

03 Fuel Cell

현대자동차의 수소 전기차 넥쏘 덕분에 연료전지가 우리 곁에 파고들었다. 충전과 방전을 반복하는 배터리와 달리 마치 내연기관처럼 연료를 계속 공급하면 전기를 계속 만들어낸다. 알코올이나 메탄올도 사용 가능하지만 에너지 밀도가 높은 수소가 산화환원반응의 연료로 주로 쓰인다. 1838년에 처음 발명됐지만 20세기 중반부터 일부 영역에서 사용되기 시작했는데, 가장 대표적인 용도가 NASA의 우주 개발이었다. <아폴로 13호>는 우주선에 전력을 공급하던 연료전지의 산소 탱크가 폭발해 달 착륙은 연감생심이고 천신만고 끝에 지구 귀환에 '성공'한 실화를 바탕으로 만든 영화다. 독일, 스페인, 인도, 이스라엘 그리고 한국 해군의 재래식 잠수함은 디젤 엔진을 기본으로 하되 잠항을 위해 공기불요체계(AIP)라는 2차적인 동력으로 연료전지를 장착한다. 핵잠만큼은 아니지만 잠항 시간이 최장 한 달이나 된다.

지난해 취역한 스페인의 차세대 잠수함. 바이오에탄올을 고순도 수소로 변환해 연료전지에 공급하는 AIP 덕분에 28일간 잠항할 수 있다.

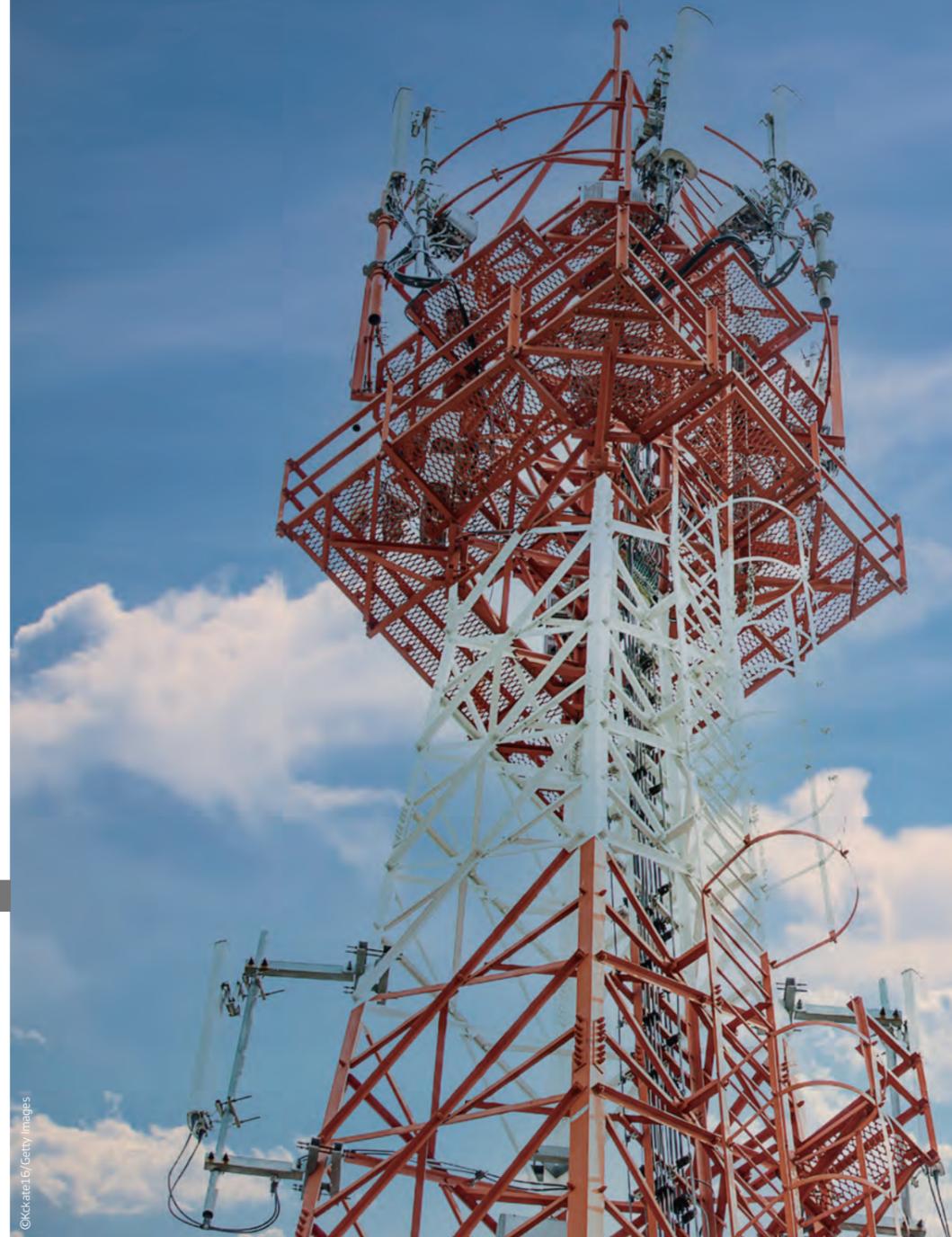


©Europa Press/Getty Images

04 Rectenna

무선 전력 전송 기술 중 하나인 렉테나는 지금 스마트폰 무선 충전으로 널리 쓰이는 전자기 유도 현상을 이용하는 것이 아니라 전파를 전기로 변환하는 특수 안테나다. 1969년 미국의 윌리엄 브라운이 첫 특허를 받았는데, 애초의 개발 동기는 인공위성이 태양전지로 생산한 전기에너지를 지상에서 수신하는 것이었다(당시는 우주 개발 황금기였다). 나중에는 지상에서 마이크로파를 발신해 군용 정찰기에 동력을 공급, 항속시간을 늘리는 방안도 연구됐다. 이처럼 렉테나는 에너지 '전송' 기술로 출발했지만, 오늘날에는 에너지 하베스팅 기술의 일환으로 재조명되고 있다. 수많은 스마트시티 센서에 전파로 전력을 공급한다거나, 박막 금속 렉테나를 옷이나 가방에 부착해 일상에서 미미하나마 전기에너지를 수집하는 아이디어다.

TV·라디오·셀룰러 네트워크 등 많은 에너지를 들여 송출하는 전파를 받아 쓸 수도 있지 않을까? 신호(정보)가 아니라 전력 자체를.



©Kira16/Getty Images

05

The Next Solar Cell

태양전지의 효율과 채산성을 높이기 위한 기술 개발이 한창인데 색다른 아이디어도 꾸준히 연구되고 있다. 먼저 투명 태양전지가 있다. 건물이나 자동차 유리창이 전기도 생산한다면 비록 효율이 낮아도 전에 없던 면적이 추가되는 것이니 무척 실용적일 것이다. 미시간대학교 연구진은 미국에만 50~70억㎡의 유리 표면이 존재한다며 2014년부터 투명한 태양전지를 개발 중이다. 2021년에는 인천대학교 연구진이 투명 태양전지를 개발해 특허를 등록했으며, 지난 7월에도 호주 모나시대학교 연구진이 가시광선 투과율 52.4%, 전력 변환 효율 4.1%의 반투명 태양전지를 개발했다. 비슷하지만 다른 아이디어도 있다. 2018년부터 중국은 베이징 남쪽의 고속도로에 일반 태양전지를 깔고 그 위에 반투명 콘크리트로 포장한 1km의 시험 구간을 만들었다. 도로에서 전기를 만들어내기 위해서다. 몇 년 전 한국재료연구원(KIMS)은 광섬유를 이용해 실내에 설치한 태양전지에 빛을 전달하는 기술을 발표했다. 태양광발전 시설을 수직으로 건설하는 등 설치 조건이 완화되는 동시에 비와 먼지 등의 환경에 영향을 받지 않는다는 장점이 있다.

건물에서 우리가 차지하는 면적을 투명 태양전지에 할당한다면 생각지도 못한 보물(에너지)을 발견하는 셈이다.

©VCG/Getty Images



©NASA/Getty Images

06 TEG & RTG

압전 다음은 열전이다. 태양전지처럼 두 가지 반도체를 접합해 열 흐름(온도차)에 따라 전류가 발생하는 현상이다. 가장 잘 알려진 열전 발전기(TEG)는 영화 <마션>에서 맷 데이먼이 난로 삼아 로버에 실은 원자력전지(RTG)일 것이다. 플루토늄을 한가운데 두고 주변을 열전 회로로 감싼 것으로, 방사능으로 발생하는 열을 전기에너지로 전환하는 장치다. 플루토늄이 점차 붕괴하면서 출력이 낮아지지만 수십 년 이상 전력을 공급할 수 있다. 원자력전지는 아폴로 우주인도 달에서 사용했으며 1977년 발사된 보이저 탐사선에도 탑재됐다. 예상 수명을 훨씬 넘긴 보이저 1, 2호가 아직도 지구와 통신할 수 있는 비결이 원자력전지에 있다.

아폴로 14호(1971년)의 에드거 미첼이 달에 가져갈 원자력전지에 연료봉을 집어넣는 훈련을 하고 있다.



©Evannostro/Shutterstock

07 Automatic Quartz Watch

앞서 쿼츠 손목시계 얘기를 했지만 독특한 제품이 있어 한 번 더 언급한다. 용두로 태엽을 감던 기계식 시계는 사람이 걷고 활동하는 동안의 손목 흔들림을 이용해 회전하는 반달형 추(로터)로 태엽을 감아주는 오토매틱 메커니즘으로 발전했다. 자동 태엽 기능의 편리함은 이루 말할 나위가 없다. 일본 기업이 시계 시장의 주류로 떠오른 1980년대 세이코는 단순히 건전지(1차 전지)를 갈아 끼우는 쿼츠 시계에서 한 걸음 더 나아가 '오토매틱+쿼츠'라는 크로스오버에 도전했다. 간단히 말해 쿼츠 시계에 로터를 장착한 것이다. 로터는 자석을 회전시켜 막대형 코일에 유도기전력을 발생시키고, 여기서 생산된 전기는 배터리에(2차 전지)에 저장된다. 1988년 출시돼 선풍적인 인기를 누린 세이코 '키네틱(Kinetic)' 시계의 원리다. 오토매틱 시계든 키네틱 시계든 에너지 하베스팅의 좋은 사례다. **12**

세이코 키네틱은 로터가 태엽을 감는 대신 초소형 발전기를 구동한다.



PUSH

©Jaguar Racing/Getty Images

2021-22 Formula E Highlights

성공적인 레이스로 안착한 포뮬러 E. 지난 8월의 서울 E-프리를 마치고 여덟 번째 시즌이 끝났다. 수많은 변화와 다양한 이슈가 함께 했던 2021-22 포뮬러 E를 되돌아본다.

WORDS 박종제 PHOTOGRAPHS FA



◀ (앞 페이지) 서울 잠실종합운동장과 그 주변에 마련한 특설 트랙에서 포뮬러 E 대회가 열렸다.

포뮬러 E 2세대 레이스카가 지난 8월의 서울 E-프리를 마지막으로 떠났다. 2022-23 시즌부터는 더욱 출력이 크고 사륜구동 파워트레인을 갖춘 3세대 레이스카가 나선다.

©Sam Bloxham

Farewell

이번 시즌이 시작하기 전부터 포뮬러 E는 큰 이슈를 맞이했다. 두 개의 제조사 팀이 떠난다고 발표한 것이다. 모터스 포츠에서 제조사 팀이 차지하는 비중은 생각하는 것 이상으로 크다. 탄탄한 자본력을 바탕으로 기술과 인적 자원의 경쟁력을 갖추고 있을 뿐만 아니라 브랜드 이미지를 앞세워 수많은 팬을 끌어들이기 때문이다. 먼저 아우디였다. 2020년 11월에 아우디는 포뮬러 E에서 철수한다고 선언하며 2023년 IMSA(북미에서 치러지는 레이스 시리즈)에 참가하고 2026년 포뮬러 원에 도전하기 위해서라고 밝혔다(최근 IMSA도 취소하고 F1에만 집중한다고 발표). 그 직후 BMW도 여기서 얻을 수 있는 기술은 모두 얻었다며 포뮬러 E에서 빠진다고 발표했다. 두 거대 제조사의 철수에 따라 포뮬러 E는 올 시즌부터 흥행을 걱정해야 하는 상황에 놓였다. 그나마 다행인 것은 두 제조사 모두 그들이 사용하던 레이스카를 함께하던 파트너 팀에 남겨주고 떠났다는 점이다. 이번 시즌 아우디는 엔비전(Envision)에, BMW는 안드레티(Andretti)에 각각 파워트레인을 공급했다. 어찌 됐든 아우디와 BMW가 떠나면서 흥행의 불뿔은 분명 축소될 것으로 보였다.

Qualifying Duel

이번 시즌 가장 큰 이슈는 스포팅 레귤레이션의 변경이었는데, 그중에서도 퀄리파잉 시스템이 크게 달라졌다. 포뮬러 E는 올해부터 완전히 새로운 예선 방식을 적용했다. 일단 A, B 두 그룹으로 드라이버를 나눴다. 성적을 기준으로 2개 등급으로 구분한 것이 아니라, 단순히 챔피언십 리스트에서 홀수 그룹과 짝수 그룹으로 나눈 거다. 두 그룹은 각각 12분간 랩타임 경쟁에 들어간다. 그런 다음 각 그룹의 4위까지 여덟 명의 드라이버는 두 그룹에서 한 명씩 나서 쿼터 파이널(8강전)을 치르고, 세미파이널(4강전)에서는 네 명의 드라이버가 돌췌, 그리고 파이널에서는 두 명의 드라이버가 트랙에 뛰어들어 폴 포지션을 가린다. 복잡해 보이지만 1시간 안에 진행되는 토너먼트 정도로 생각하면 쉽다. 올해 첫 경기인 디리아(사우디아라비아) E-프리에서 이 광경이 처음 펼쳐졌을 때만 해도 낯설다는 의견이 많았으나, 다행히 예선이 펼쳐지는 1시간 내내 꾸준히 재미를 준다는 점에서 금세 긍정적인 평가를 받았다. 또한 쿼터 파이널부터는 트랙에 두 명의 드라이버만 달리기 때문에 예선 중 다른 드라이버 때문에 기록을 방해받는 일도 없어서 드라이버들 역시 호의적으로 평가했다.

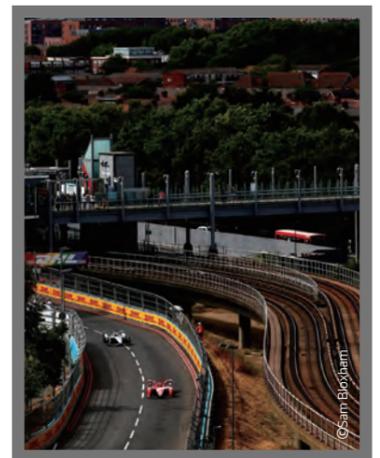
More Power

포뮬러 E가 처음 출범한 2014-15 시즌 당시, 드라이버가 피트로 들어가 다른 레이스카로 갈아타고 나오는 장면이 화제가 된 적이 있다. 에너지 재충전이 즉각적으로 이루어

질 수 없는 전기차의 특성과 함께 당시 부족했던 배터리 성능으로 인해 공여자책으로 만든 시스템이었다. 이제는 상황이 달라졌다. 2세대 레이스카(Gen 2)가 투입된 2018-19 시즌부터는 갈아타는 일도 없고 출력은 더 커졌다. 이번 시즌에는 출력을 더 키웠다. 우선 통상 레이스 모드 출력이 200kW에서 220kW로 늘어났고, 여택 모드에서는 250kW까지 높일 수 있었다. 우리에게 익숙한 단위로 환산하면 약 335마력(HP)인데, 여느 모터스포츠에 비하면 출력이 낮아 보이지만 트랙의 구성과 차량의 무게 등을 고려하면 결코 부족할 수준은 아니다. 이렇게 출력이 더 커진 덕분에 격투에 가까운 코너링 배틀이 많아져 더 다이내믹한 레이스가 됐다.

Extra Time

이번 시즌 도입된 특이한 제도 중 가장 특이한 제도는 바로 추가 시간이다. 보통 포뮬러 E는 약 1시간의 레이스 타임+1랩으로 진행되는데, 사고가 나면 옐로 플래그(추월 금지)가 발령된다. 다른 레이스라면 크게 신경 쓰지 않지만 포뮬러 E는 레이스를 하지 않는 시간이 아깝다고 여겼던 모양이다. 그래서 풀 코스 옐로 플래그 상황이 발생했다면 레이스 디렉터 재량에 따라 10분가량의 추가 레이스 시간을 부여할 수 있도록 레귤레이션을 변경했다. 돌아온 반응은 시큰둥했다. 옐로 플래그도 레이스의 일부이며, 이미 1시간 동안 레이스를 진행하느라 배터리가 소진된 상태에서 10분을 더 달라고 하면 에너지 걱정을 하지 않을 수 없다는 것이 팀과 드라이버의 의견이었다. 게다가 1시간 동안 1위를 지키고 있다가 추가 10분 동안 배터리 부족으로 순위를 빼앗긴다면 너무 억울할 것이라는 의견도 있었다.



전기차 레이스 포뮬러 E는 주로 시가지 서킷에서 경기가 개최된다. 지난 7월의 런던 E-프리 대회.

Calendar

이번 시즌 캘린더는 혼란 그 자체였다. 코로나19 팬데믹 때문이었다. 일단 2년 전부터 캘린더에 이름을 올린 서울 E-프리기가 처음으로 진행됐다는 것도 이슈였지만, 남아공 케이프타운이 알 수 없는 이유로 레이스를 취소했고 인도네시아 자카르타가 그 자리를 대신했다. 지난해 대회를 실패 시코시티에서는 다시 경기가 치러졌다. 캐나다 밴쿠버는 서울과 함께 새로운 개최지로 자리 잡는 것 같았지만, 끝내 취소를 결정했고 대신 모로코 마라케시에서 레이스를 치렀다. 그리고 로마와 베를린 이 갑자기 더블헤더로 바뀌기도 했다.

이렇게 스케줄이 시시각각 변하는 바람에 팀과 드라이버는 물론 물류 스폰서인 DHL도 꽤나 고생했다. 포뮬러 E 시설과 각 팀의 장비 운송을 담당하는 DHL은 시즌 전부터 스케줄을 수없이 조정해야 했고 거의 매 레이스마다 취소를 걱정하며 비행기에 짐을 실어야 했다.

9 Winners | 126x3

올해 포뮬러 E에서 우승해본 드라이버는 무려 아홉 명이다. 한 시즌에 이렇게 다양한 우승자가 나오는 레이스는 드물다(참고로 2021 F1에서는 그랑프리 우승자가 다섯 명). 우승자가 많은 이유는 첫째, 거의 비슷한 퍼포먼스의 레이싱카에 동일한 규격의 에어로파츠와 타이어를 사용하는 데 있다. 둘째, 대부분 시가지 특설 서킷에서 치러지는 포뮬러 E는 트랙이 워낙 좁은 데가 많아 브레이크 실수가 곧바로 사고로 연결되곤 했기 때문이다. 한 대의 레이싱카가 스톱하면 뒤따라오던 차들이 연이어 충돌하곤 해서 지금 1위를 하고 있더라도 언제 상황이 바뀔지 장담할 수 없었다. 우승자도 많았지만 중위권 동점자도 셋이나 나왔다. 5, 6, 7위를 차지한 드라이버의 포인트는 모두 126점이었다. 그만큼 이번 시즌 포뮬러 E는 흥미진진하고 밀도 높은 경쟁을 보여줬다. 4-5시즌 연속으로 한 명이 계속해서 챔피언에 오르거나, 6시즌(페라리) 또는 8시즌(메르세데스) 연속으로 컨스트럭터 챔피언을 독식하기도 하는 F1과는 완전히 다르다.

Clever & Poor

이번 시즌 포뮬러 E 챔피언은 벨기에 출신의 스토펬 반도른이고 2위는 영국의 미치 에번스, 3위는 스위스의 에두아르도 모르타라다. 그런데 결과보다 과정이 재미있다. 에번스와 모르타라는 이번 시즌 공동 최다 우승자로 네 번이나 E-프리 포디엄의 가장 높은 자리에 올랐다. 반면 반도른은 놀랍게도 한 번밖에 우승하지 못했다. 그럼에도 챔피언 타이틀을 가져갈 수 있었던 이유는 포인트 관리를 기가 막히게 잘했기 때문이다. 프랑스의 장 에리크 베르뉴가 단 한 번도 우승하지 못했지만 한두 번씩의 우승 경험이 있는 여섯

명을 제치고 4위에 오른 것도 마찬가지 이유다. 스포트라이트를 받은 사람과 실속을 행한 사람이 서로 다른 기묘한 시즌이었다.

Seoul E-Prix

레이스 개최 한 달여를 앞둔 시점에서도 확신할 수 없었다. 서울 대회 얘기가. 조용해도 너무 조용했다. 게다가 레이스 개최 일주일만 남겨두고 서울에 기록적인 폭우가 쏟아지는 재난이 벌어졌다. 정말 개최할 수 있을까? 다행히 수정된 트랙 디자인이 개최 하루를 남겨놓고 완성됐고, 오랜만에 잠실 올림픽주경기장에 전 세계의 이목이 집중됐다. 특히 마지막까지 결과를 알 수 없었던 컨스트럭터 챔피언(메르세데스-EQ 포뮬러 E 팀)이 서울 E-프리에서 결정되면서 많은 팬을 즐겁게 했다.

For the Next

다양한 이슈와 사고 그리고 환희와 드라마가 가득했던 2021-22 포뮬러 E 시즌이 모두 종료됐다. 변화가 많았던 만큼 혼란스럽기도 했지만, 팬에게는 그 모든 것이 즐거움이고 재미였다. 내년에도 새로운 일이 포뮬러 E를 기다리고 있다. 첫 번째는 팀의 변화다. 이번 시즌을 마지막으로 메르세데스가 떠나고, 다음 시즌부터는 마세라티가 들어온다. 두 번째는 레이싱카다. 2022-23 시즌에는 더 강력한 출력에 더 효율적인 전기 파워트레인을 갖춘 3세대(Gen 3) 레이싱카가 트랙에 나선다. 세 번째는 포뮬러 E 공식 타이머다. 새로운 레이싱카와 함께할 새로운 타이머 제조사는 한국타이어엔테크놀로지다. 한국타이어는 이미 2011년부터 10년간 세계 최고의 투어링카 시리즈 DTM의 파트너로서 컴퍼티션 타이머 제조 및 공급 능력을 검증받았으며, 24시 시리즈에는 공식 타이머 공급사이자 타이틀 스폰서로 활동하고 있다. F3와 W시리즈, F4 등 다양한 싱글시터 시리즈에도 공식 타이머를 공급한 만큼 포뮬러 E 레이스 경험도 충분하다.

새로운 레이싱카, 새로운 타이머 그리고 새로운 레이스 팀까지. 과연 내년에는 어떤 드라마가 펼쳐질까? 2022-23 포뮬러 E를 기다려야 할 이유가 분명해졌다. **12**

(오른쪽 페이지) 8월 13-14일 ABB FIA 포뮬러 E 월드 챔피언십 2021-22 시즌의 마지막 대회를 서울에서 치렀다. 2세대 레이싱카의 마지막 경기이기도 했다.



2022-23 시즌부터 트랙의 새로운 주인공이 될 포뮬러 E 3세대(Gen 3) 레이싱카.



©Sam Bixham

©Andrew Ferrero

Tire Damages

트랙 위에서 드라이버와 레이스카는 일상에서 경험하기 힘든 수준의 엄청난 스트레스와 직면한다. 레이스에서 가장 중요한 요소인 타이어도 예외일 수가 없으니, 과연 어떤 일이 일어날 수 있는지 궁금해졌다.

WORDS 박종제 PHOTOGRAPHS 24시 시리즈, 게티이미지



올해 1월 두바이 24시 대회에서 아틀라스BX 모터스포츠 팀의 레이스카. 밤새 달리는 동안 앞 차에 의해 튀어 오른 마블이 부딪쳐 생긴 거뭇거뭇한 자국이 잔뜩 보인다. 사진 아래쪽의 검은 얼룩도 타이어 마블이다.

@Gruppe C Photography

레이스는 일상의 도로와 다양한 주행 상황을 제한된 공간과 시간 속에 압축한 것과 같다. 24시간 내구 레이스가 대표적이다. 예컨대 르망 24시간의 우승자는 보통 5000km 이상 달리고, 뜨거운 열기와 모래바람이 괴롭히는 두바이 24시 대회에서는 3200km 넘게 달린다. 연간 2만km를 주행하는 일반적인 자동차라면 2~3개월치의 주행거리를 하루에 달린다는 뜻이다.

이렇게 짧은 시간에 매우 긴 거리를 폭발적인 속도로 달리는 만큼 레이스카와 드라이버가 견뎌야 하는 스트레스의 수준은 우리의 상상을 초월한다. 그중에서도 가장 혹독한 환경에 노출되는 것은 다른 아닌 타이어다. 레이스 타이어와 일반 타이어는 성능뿐 아니라 수명에서도 큰 차이가 있는데, 겨우(!) 몇백 km 뛰고 교체하는 것만 봐도 레이스 중에 타이어가 겪는 극심한 스트레스를 추측할 수 있다.

이렇게 극도의 스트레스에 노출되어 있다 보니 레이스 타이어에서만 나타나는 특이한 현상들이 존재한다. 아마 독자의 대부분—승용차 운전자—은 이어서 소개할 현상들을 겪을 일이 거의 없을 것이다. 그런데 결론을 미리 이야기하면, 레이스 타이어에서 나타나는 현상을 극복하거나 줄이는 노력이 결국 우리가 일상에서 경험하는 타이어 성능을 높이는 데 큰 역할을 한다는 점이다.

디그레이데이션(Degradation) 포괄적인 의미로 타이어의 성능 하락을 가리킨다. 일상에서도 디그레이데이션은 일어나지만, 아주 천천히 진행되기 때문에 대부분 눈치채지 못한다. 반면 레이스에서는 드라이버가 즉각 체감할 정도로 분명히 드러난다. 발생 원인이 조금 다르다. 일반 타이어는 산화, 노화, 압력 변화 등에 의해 디그레이데이션이 일어나지만 레이스에서는 열과 마모에 의해 발생하는 경우가 대부분이다. 레이스 중에도 이 현상이 생기면 가속·제동·선회 성능이 떨어지며 결국 랩타임 하락으로 이어진다. 물론 이런 건 지극히 당연한 현상이다. 어떤 물건이든 쓰면 쓸수록 노후하거나 성능이 떨어지니까. 특히 레이스 타이어는 일반 타이어에 비해 성능은 극단적으로 높지만 내구성은 극단적으로 낮다. 레이스에서는 최대 성능에 빠르게 도달하기 위해 미리 열을 가하는 경우도 있다. 타이어 트레드를 구성하는 화합물이 녹기 시작하는데, 이 상태가 지속되면 당연히 성능은 떨어질 수밖에 없다. 제조사마다 디그레이데이션의 성격에도 차이가 있다. 어떤 타이어는 한계 상황까지는 특별한 징후를 보이지 않다가 한계점을 돌파하면 갑작스레 성능이 떨어져 드라이버가 곤란하게 되기도 한다. 다만 디그레이데이션 현상을 제조사의 능력 부족으로만 보기는 어렵다. 레이스 주최 측에서 타이어 수명이나 디그레이데이션 특성을 일부러 지정하는 경우도 있기 때문이다. 타이어 디그레이데이션이 극단적인 성격을 띠는 경우 변수가 많아져 그만큼 레이스에 재미를 더할 수 있다(팀과 드라이버에게는 결코 재미있는 일이 아니지만). 이런 내용을 잘 모르는 사람은 타이어 공급사에 억울한 누명을 씌우기도 한다.



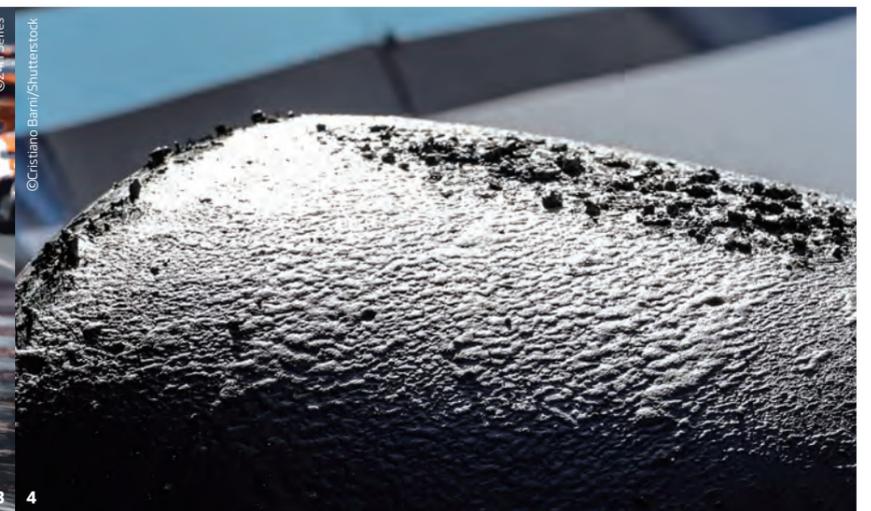
1



2



3



4

1 리타이어한 레이스카. 충돌사고로 부서진 레이스카의 잔해는 핑크를 유발하기 십상이다. 2, 3 레코드 라인 바깥쪽으로 타이어 마블이 흩어져 있으니(왼쪽) 라인을 벗어나면 마블이 달라붙기도 한다(오른쪽). 4 그레이닝 현상이 발생한 타이어.

블리스터링(Blistering) 레이스 타이어는 표면이 물집이 잡히고 터지기도 한다. 원인은 타이어 표면과 내부의 온도 차이이다. 레이스 타이어는 지면과의 마찰로 표면이 뜨거워지기도 하지만, 수축과 팽창을 반복하면서 내부의 온도가 올라갈 때도 있다. 타이어 워업(Warm Up)을 할 때 드라이버가 스티어링을 좌우로 흔들고 가속과 감속을 반복하는 이유도 여기에 있다. 타이어 내부를 채우고 있는 공기를 데우기 위함이다. 그런데 레이스 중에 타이어의 수축과 팽창이 반복되거나 공기압이 너무 높거나 서스펜션 설정에 문제가 있거나 해서 내부 온도가 표면보다 더 올라갈 때가 있다. 이 현상이 지속되면 결국 타이어 표면의 트레드가 그 아래의 벨트로부터 분리되기 시작한다. 이때 안쪽에서부터 바깥쪽으로 부풀어 오르기 때문에 마치 물집처럼 생겼다고 해서 블리스터링이라 부른다. 물집이 잡힌 타이어 표면이 지면과 다시 마찰하면서 트레드가 조금씩 떨어져 나간다. 트레드가 사라진 만큼 지면과 마찰 면적이 줄어들며 접지력에 악영향이 발생한다. 서킷의 구조나 트랙 표면의 온도에 따라서 블리스터링의 발생 빈도에 차이는 있으나 컴파운드가 부드러운 타이어일수록 자주 일어나는 편이다. 한 번 이 현상이 발생하면 되도록 타이어를 빨리 교체하는 게 바람직하다.

이스 초반에는 마블이 별로 없지만 중반을 넘어서면서 뚜렷하게 많아지는데 주로 레코드 라인 주변에서 쉽게 발견할 수 있다. 그래서 레코드 라인을 벗어나 주행할 경우 뜨거운 타이어 표면에 크고 작은 마블이 잔뜩 달라붙는 현상으로 이어지기도 한다. 심한 경우 타이어 표면이 울퉁불퉁해져 접지력이 저하될 수도 있다. 마블은 타이어 표면을 구성하는 성분이 그대로 담겨 있기 때문에 귀중한 분석 자료로 쓰이기도 한다. 따라서 어떤 타이어 제조사는 레이스가 끝난 후 최대한 타이어 마블을 수거해간다. 열과 마모를 겪은 후 성분의 변화를 연구·분석하는 것은 물론 난로에 넣어 때는 펠릿(Pellet)처럼 연료로 재사용하기도 한다. **그레이닝(Graining)** 타이어 트레드가 자질한 물결 모양으로 손상되는 현상으로, 주로 코너링에서 앞 타이어에 시작되는 그레이닝은 노면 또는 타이어 온도가 낮아 충분한 접지력이 만들어지지 않아 타이어가 옆으로 쓸려나가면서 발생한다. 이렇게 되면 타이어 표면이 불규칙해지므로 가속, 감속 그리고 선회할 때의 접지력이 설계 의도대로 발휘되지 못하는 등 전반적인 타이어 성능에 부정적인 영향을 미친다. 앞서 말한 마블이 발생하는 가장 큰 이유가 그레이닝이다. 그나마 다행인 것은 이 현상이 대체로 일시적이라는 점이다. 계속해서 레이스를 치르며 타이어 온도가 오르고 표면이 마모되어 다시 평평해지면 원래의 접지 면적으로 돌아올 수 있다.



1 2013년 F1 영국 그랑프리에서 4대의 레이싱카 타이어가 폭발하듯 펑크가 나고 적어도 2대 이상이 슬로 펑치를 겪었다. 문제의 원인 중 하나로 지목됐던 당시 실버스톤 서킷의 연석. 2 2013년 마지막 F1 한국 그랑프리에서 우승한 제바스티안 페텔이 연습 주행을 마쳤을 때 레이싱카 오른쪽 앞 타이어에 마블이 잔뜩 붙어 있었다.

청크(Chunk) 타이어 표면이 뜯겨나가는 현상을 말한다. 매끈한 슬릭 타이어보다는 트레드 패턴이 뚜렷한 타이어에서 자주 일어나는 현상으로, 포물러 E 타이어를 비롯해 웨트 타이어에서도 이 현상이 가끔 일어난다(둘 다 트레드 패턴이 있는 레이싱 타이어다). 원인은 다양하지만 주로 날카로운 연석을 지속적으로 밟고 지나가는 경우와 같이 타이어 트레드가 외부 충격에 의해 손상되면서 일어난다. 컴파운드(고무 복합재)가 부드러운 웨트 타이어를 뜨겁고 마른 노면 위에서 사용할 경우에도 온도에 의해 녹아내린 표면이 덩어리째 떨어져 나가기도 한다.

청크가 발생하면 일단 접지 면적이 줄어드는 것은 물론 타이어 표면이 불균일해지기 때문에 꽤나 거슬리는 진동을 유발하기도 하며 당연히 제동력에도 부정적인 영향을 미친다. 아주 드문 경우지만 타이어 제조 과정에서 발생한 불량으로 트레드 전체가 벨트와 분리되는 현상으로 이어지기도 한다.

플랫 스팟(Flat Spot) 타이어 표면, 즉 원의 일부가 평평해진 현상을 말한다. 하드 브레이크 과정에서 휠이 잠기면 타이어가 고정된 상태로 일부만 트레크와 마찰하며 마모되기 때문에 발생한다. 플랫 스팟이 생기면 특히 고속일수록 주행 중에 극심한 진동을 유발할 뿐만 아니라 당연히 접지력에도 부정적인 영향을 미친다. 그나마 다행인 것은 그레이닝 때처럼 계속 주행하면서 타이어가 마모되면 서서히

원(圓)형을 되찾아가면서 플랫 스팟이 차츰 사라진다는 점이다. 물론 그전까지 드라이버는 턱이 덜컹거리는 고통을 겪어야 하겠지만.

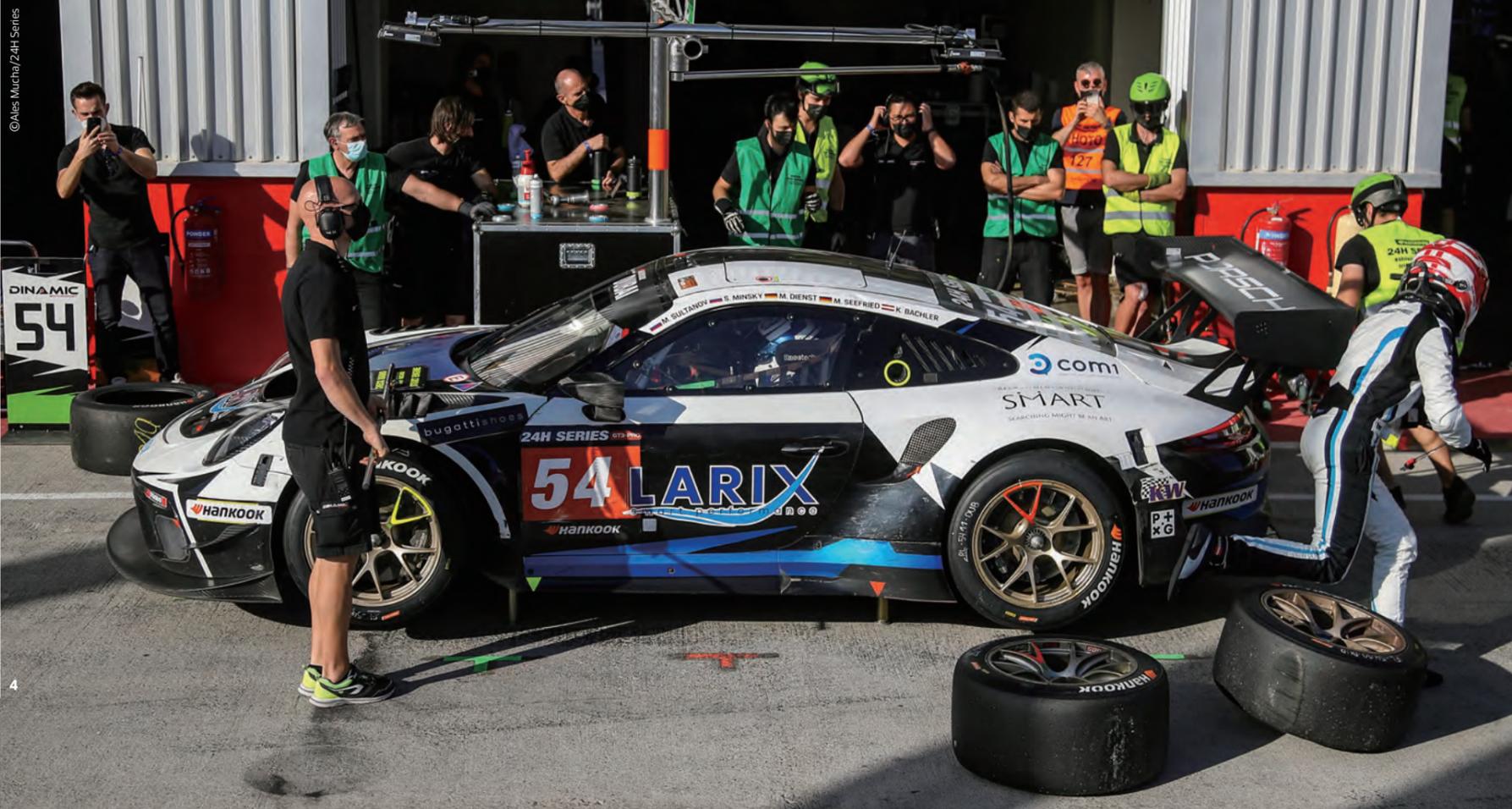
펑치(Puncture) 우리가 흔히 펑크 또는 ‘뽕꾸’라고 하는 타이어 손상의 정식 명칭이다. 펑크가 나는 원인은 다양하지만 가장 잦은 경우는 데브리(Debris)라고 부르는 파편 때문이다. 경기 중 사고로 레이싱카의 에어로 파츠가 부서져 노면에 뿌려졌을 때 다른 레이싱카가 이걸 밟고 지나가면 높은 확률로 펑크가 날 수 있다. 때로는 트랙 가장자리 연석의 날카로운 면을 밟았을 때도 발생하는데, 주로 연석을 새로 설치한 서킷에서 자주 일어난다.

많은 경우 레이싱카의 펑크는 높은 타이어 공기압 때문에 타이어가 폭발하기도 한다. 하지만 ‘슬로 펑치(Slow Puncture)’의 경우 당장 알아차리지 못할 정도로 달리는 데는 큰 문제가 없다. 물론 타이어 공기압이 떨어져 이내 정상적인 주행을 불가능해진다. 납작해진 타이어는 지나치게 접지 면적이 넓어지기 때문에 가속·제동·선회에 즉각적으로 악영향을 미치고, 아예 휠에서 벗겨지기도 하므로 곧바로 피트인 해서 타이어를 교체해야 옳다.

레이싱 타이어에 일어날 수 있는 부정적인 현상에는 드라이버의 책임도 있지만 노면 온도라든가 타이어 자체에 원인이 있다거나 하는 불가항력적인 문제도 있다. 한 가지 분명한 것은 어찌 됐든 랩타임에 악영향을 미친다는 점이고, 그래서 드라이버에게 필요한 능력 중 하나가 바로 타이어 매니지먼트다.

흔히 타이어 매니지먼트라고 하면 타이어 내구성과 열을 잘 관리해 필요할 때 속도를 올리고 추월을 만들어내며 타이어 교체 시기를 늦추는 것으로 알려져 있지만, 넓은 의미에서는 앞서 소개한 현상들이 되도록 일어나지 않도록 관리하는 것까지 포함된다. 마모 및 열 관리를 잘하다가도 단 한번의 브레이킹 실수로 플랫 스팟을 겪을 수 있으며, 자칫 라인을 벗어나는 것만으로도 그레이닝을 겪을 수 있으니 말이다.

타이어 매니지먼트의 책임은 팀이나 드라이버에게만 주어지는 것은 아니다. 제조사 역시 타이어 결함이나 불량으로 이런 현상이 나타나는 것을 엄격히 통제해야 한다. 아무리 훌륭한 레이싱카와 뛰어난 드라이버라도 타이어에 심각한 결함이 있거나 주행 중 손상이 발생하는 경우 우승은 커녕 완주조차 불투명해진다. 게다가 드라이버 안전에도 심각한 영향을 줄 수 있다. 레이싱카는 물론 일반 승용차에서도 타이어가 가장 중요한 부품이라고 하는 이유가 이것이고, 또한 레이싱 타이어를 아무나 공급할 수 없는 가장 큰 이유기도 하다. [2]



3 경기가 끝나갈 무렵 레코드라인이 아닌 트랙의 가장자리에 타이어 마블이 많이 흩어져 있다. 4 탈거한 타이어(맨 오른쪽)에서 플랫 스팟 현상이 보인다. 2022년 두바이 24시 시리즈에서.



©Ana de Sousa

1

Legacy Will be Back

땅은 물론 바다와 하늘에도 모터스포츠는 존재한다. 특히 2003년 화려하게 등장한 레드볼 에어 레이스는 항공 스포츠 팬뿐 아니라 모든 사람의 마음을 순식간에 사로잡았다. 그 대회는 종료됐지만 새로운 에어 레이스가 부활의 신호탄을 쏘아 올렸다.

WORDS 박호준 PHOTOGRAPHS 셔터스톡



2

등장할 때부터 최대 규모로 관심을 끌었던 레드볼 에어 레이스가 안타깝게도 2019년 종료되고, 이어지듯 겹친 코로나19 팬데믹의 영향으로 항공 스포츠는 한동안 잠잠했다. 익스트림 스포츠에서 타의 추종을 불허하는 레드볼이라는 타이틀 스폰서를 잃었지만, 에어 레이스 자체는 지난해부터 다시 꿈틀대기 시작했다.

26년 동안 영국 왕립공군(RAF) 파일럿으로 근무했고 레드볼 에어 레이스의 경주 코스 설계 및 조종사 훈련을 담당했던 윌리 크룩센크와 역시 RAF 소속의 곡예비행대 '레드 애로'의 첫 여성 파일럿으로 유명한 커스티 머피가 '에어 레이스 월드 챔피언십(Air Race World Championship)' 재개를 위한 이사회 멤버로 합류한다는 뉴스가 발표됐기 때문이다. 이후 국제항공연맹(FAI)과 15년간의 독점 파트너십을 체결한 것을 신호탄으로 영국, 인도네시아, 호주, 말레이시아가 개최지로 합류했다는 보도가 이어지며 2022

년 첫 시즌 개막에 대한 기대가 고조됐다.

파일럿 라인업은 정해졌다. 레드볼 에어 레이스 챔피언 중 유일한 아시아 출신인 일본의 요시 무로야, 2018년 레드볼 에어 레이스 월드 챔피언이자 16번이나 포디엄에 오른 체코 출신의 베테랑 마틴 손카, 2021년 영국 곡예비행 챔피언 멜라니 애슬레스 등 경력이 쟁쟁한 열두 명의 파일럿이 벌써 참여 의사를 밝혔다.

재개되는 에어 레이스(이하 ARWC)는 다양한 프로그램을 준비하고 있다. 하늘을 질주하는 비행기를 바라보는 것뿐만 아니라 'G-플라이트 패키지'를 신청하면 경기에 참여하는 파일럿과 함께 약 10분간 비행을 경험할 수 있다. 비행기와 파일럿을 보다 가까이에서 접하는 격납고 투어도 제공된다. 경기에 나서기 전 파일럿과 스태프가 어떤 식으로 준비를 하는지 살펴볼 수 있으며, 자신이 응원하는 파일럿과 대화를 나누고 기념사진을 찍을 수 있는 좋은 기회다.

조금 색다른 투어도 있다. 파일론 투어다. 트랙을 따로 구분할 수 없는 하늘에서는 물 위나 지상에 25m 높이의 파일론—알파인 스키의 기문(旗門)과 같은 역할—을 설치해 레이스를 펼치는데, 파일론 투어를 신청하면 그 안으로 들어가 이게 어떻게 만들어지고 운용되는지 확인할 수 있다. 참여 가능한 날짜와 가격은 경기가 펼쳐지는 장소에 따라 차이가 있어 에어 레이스 월드 챔피언십 공식 홈페이지(wcairrace.com)를 통해 알아봐야 한다.

새로운 대회에선 기존의 에지 540이나 MXS와 같은 저익기—날개가 조종석보다 낮은 위치에 있는 형태—뿐 아니라 수직이착륙기(VTOL)도 마주할 가능성이 크다. 파트너십을 맺은 벨벳더 인더스트리와 오브 에어로스페이스 모두 VTOL을 주력으로 차세대 도심 항공 모빌리티를 준비하는 기업이기 때문이다. ARWC는 재개 후 다섯 번째 시즌부터는 VTOL 종목을 추가할 계획인데, 만약 VTOL 경기가 펼쳐진다면 긴 활주로가 필요하지 않으므로 레이스 코스가 주로 바다였던 이전의 대회와 달리 다양한 장소에서 곡예를 펼치는 광경을 목격하게 될지도 모른다.

기대되는 소식이 하나 더 있다. ARWC는 탄소 배출을 줄이는 친환경 항공 연료를 사용할 계획이다(VTOL은 배터리와 전기 파워트레인 사용 예정). 생산 주체에 따라 부르는 이름이 다르지만 친환경 항공유의 근본 원리는 '열화학 태양 연료 생산(Thermochemical Solar Fuel Production)' 공법에 있다. 태양에너지에서 전환한 전기를 이용해 공기 중에 존재하는 물과 이산화탄소를 분리한 후 촉매와 압력 반응을 거쳐 합성가스를 추출한다. 이 합성가스를 바탕으로 화학 공정을 통해 등유와 메탄올로 바꾼다. 한마디로 공기와 태양에너지만으로 연료를 얻는다는 이야기다.

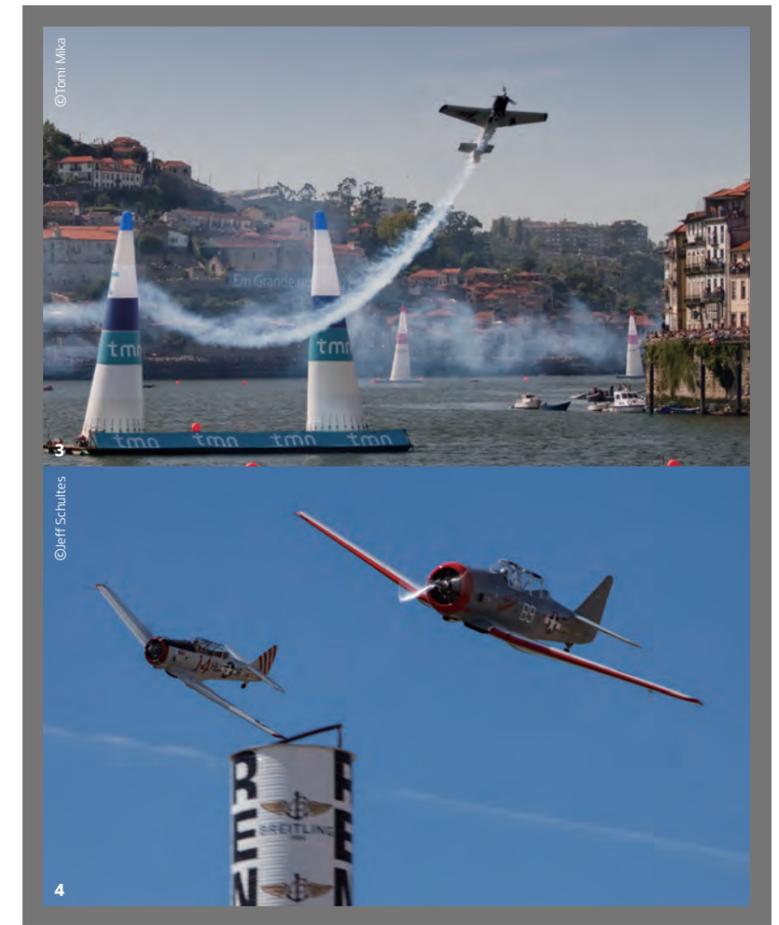
물론 공기 중에서 얻은 연료나 채굴한 원료를 정제한 연료나 엔진 속에서 폭발하면서 이산화탄소를 내뿜는 건 똑같다. 하지만 열화학 태양 연료는 생산 과정에서 이산화탄소를 포집·전환하므로 연소 과정을 거치더라도 전체 이산화탄소의 양은 변화가 없다. '플러스 마이너스 제로'인 셈이다. 에너지 기업 프로메테우스는 지난해 6월 ARWC와 파트너십을 맺으며 이렇게 말했다. "우리는 친환경 연료가 에너지원으로서 효용을 지닌다는 것을 재차 확인했으며 기술력 또한 지난 몇 년 사이 놀라운 속도로 발전하고 있습니다. 곧 정식 출시할 수 있을 것입니다."

순항하는 듯했던 ARWC가 뼈저려가는 모습을 보인 건 지난 6월부터였다. 7월 10~11일 영국 굿우드에서 펼쳐질 예정이던 ARWC 개막전이 돌연 취소된 것이다. 주최 측은 대회가 채 한 달이 남지 않은 시점인 6월 2일, SNS를 통해 "물류에 대한 어려움을 비롯한 여러 요인 때문에 굿우드에서 경기를 시작하기 어렵게 됐다"는 짧은 글을 올렸다. 급기야 8월 12일에는 ARWC 공식 홈페이지에 2022 시즌 취소 소식을 알리는 공지가 게시됐다. 취소를 결정하게 된 이유는

는 재차 유행하는 코로나와 악화된 글로벌 경제 상황을 꼽았다. 그들은 아쉬운 마음을 전하면서도 2023년엔 한국과 일본 등 다양한 나라에서 에어 스포츠 팬과 만날 수 있기를 바란다는 고무적인 메시지를 덧붙였다.

지난 8월 서울에서 열린 포물러 E에 동행했던 지인은 이렇게 말했다. "실제로 보니 정말 멋있네요. 이렇게 재미있을 줄 몰랐어요." 모터스포츠 '직관'이 처음이라는 그는 경기 규칙이나 드라이버·레이스카에 대해 전혀 알지 못했지만 경기 내내 트랙에서 눈을 떼지 못했다. 에어 레이스도 마찬가지로 30년 만에 속편으로 돌아와 재차 흥행에 성공한 영화 <탑건: 매버릭>은 박진감 넘치는 비행 장면으로 관객을 사로잡았다. 스크린 속 화려한 비행기의 움직임이 머리 위에서 벌어진다고 상상해보자. "우와! 진짜 대박이다"라는 말이 절로 나올 테다. 부디 그런 날이 오기를 고대한다. **12**

1 레드볼 에어 레이스의 유산을 이어받은 에어 레이스 월드 챔피언십이 올해 계획했던 개막전을 취소했다. **2** 2003년 등장해서 2019년 종료된 레드볼 에어 레이스는 막강한 스폰서 덕분에 가장 대표적이고 대중적인 항공 스포츠로 군림했다. 3 레드볼 에어 레이스는 F1처럼 전 세계 개최지를 돌며 시리즈로 치른 대회였다. 2017년 헝가리 부다페스트에서. 4 하늘의 모터스포츠도 유서 깊다. 1964년 시작한 미국의 리노 에어 레이스에서는 클래식한 복엽기, 제2차 세계대전에서 활약한 전투기, 심지어 시속 800km가 넘는 제트기 종목도 열린다.



3

4



STEER

©Kang Pimo



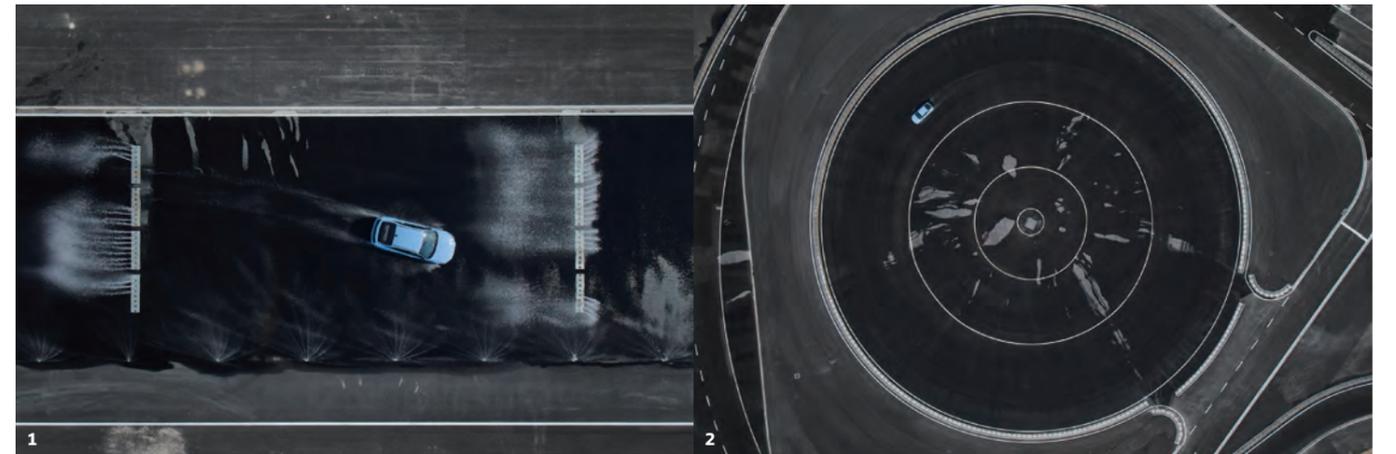
High Technology Test Bed

우수한 제품을 내놓기 위해서는 기획에서부터 디자인과 제조 공정에 이르기까지 모든 단계가 중요하다. 완벽한 제품을 추구한다면 테스트하고 개선하고 다시 테스트하는 무한 반복을 당연시해야 한다. 한국타이어엔테크놀로지가 혁신적인 주행 시험장 '한국테크노링'을 만든 까닭이다.

WORDS 유정석 PHOTOGRAPHS 한국타이어엔테크놀로지

126만㎡에 달하는 아시아 최대 규모의 타이어 주행 시험장인 한국테크노링(Hankook Technoring)은 최대 50대의 자동차를 동시에 테스트할 수 있다. 시그너처 코스는 4.6km의 4차선 트랙인 고속주회로(High Speed Oval). 선회 구간의 기울기가 38.87°에 달하는 오벌 트랙으로, 최고 250km/h 이상의 고속 주행 테스트가 가능하다.

1 젖은 노면 핸들링 시험로에서는 노면 위에 물을 뿌려 비에 젖은 도로를 모사하고 최고 속도 128km/h까지 주행 테스트를 진행한다. 서킷 구간의 수심은 1~1.5mm 정도로 조절 가능하고, 서킷 바깥쪽에는 사진처럼 바닥에서 솟아오르는 물줄기를 이용해 설정한 경로를 따라 핸들링 테스트를 하는 구간도 설치됐다. 2 젖은 노면 핸들링 시험로 안쪽에는 웨트 서클(Wet Circle)도 마련해 젖은 노면에서도 최대 선회 능력 평가를 할 수 있다.



13종의 시험로 중 젖은 노면 핸들링 시험로(Wet Handling Circuit)는 11개의 다양한 코너로 구성된 총길이 1.6km, 폭 6m의 서킷 형태의 트랙이다. 함께 조성된 수막 곡선로(Hydroplaning Curve)에서는 타이어 패턴과 컴파운드의 영향을 테스트하며, 노면의 수심을 1~10mm까지 조절할 수 있다.

마른 노면 핸들링 시험로(Dry Handling Circuit)는 조종 안정성을 테스트하는 드라이 트랙이다. 총 길이 3.4km, 16개의 코너로 구성되어 웬만한 레이싱 서킷에 필적한다. 직선 구간 길이는 670m, 최고 190km/h 속도에서 테스트할 수 있다.



1 마른 노면 핸들링 시험로 안쪽에는 그레블 로드(Gravel Road)가 조성됐다. 날카로운 돌이 많은 도로를 주행하거나 예리한 급속 등의 이물질로 타이어가 손상되는 현상에 대한 테스트를 진행한다. 2 장애물로(Off Road)에는 비포장도로와 물웅덩이, 언덕, 바위 등의 장애물을 설치해 험로 및 오프로드 주행 테스트를 진행할 수 있다. 3 통과 소음 시험로(Pass by Noise)는 완성차 제조사 및 ISO 국제 인증 테스트를 수행하기 위한 인증 노면을 두 개 건설해 동시에 복수의 테스트를 진행할 수 있다. 4 소음 시험로(Noise Vibration Harshness)에서는 다양한 노면에서 타이어가 마찰할 때 발생하는 소음을 평가한다. 총 길이 700m, 5개 차로에 종류가 다른 7개의 노면-아스팔트 및 콘크리트 포장-으로 구성됐다.





1 제동 시험로(Braking)는 마른 노면과 젖은 노면이 각각 4개 차로씩 구성돼 있고, 젖은 노면은 아스팔트와 콘크리트로 포장돼 있다. 그리고 수막 직선로(Hydroplaning Straight)가 있어서 젖은 노면에서 타이어 트레드 패턴의 배수 성능을 종합적으로 평가할 수 있다. 2 VDA(Vehicle Dynamics Area)에서는 슬라럼, 차로 변경, 원선회 등 조종 안정성과 한계 성능을 테스트한다. 최고 200km/h까지 테스트 가능하며, 원선회로(Skid Pad)의 직경은 240m나 된다.

최신 공항을 떠올리게 하는 컨트롤 타워.
테스트 진행을 총괄하는 최첨단 통합 모니터링
시스템은 물론 주요 테스트 데이터를 축적하는
빅데이터 분석 플랫폼을 구축했다.



Motor Fantasy

바이안은 오스트리아의 전기차 스타트업 데우스가 선보인 하이퍼카다. 이탈리아인, 윌리엄스 어드밴스드 엔지니어링과 삼각 편대를 이뤄 개발했다. 2025년부터 순차적으로 99대만 생산할 예정이다.

WORDS 김기범 PHOTOGRAPHS 데우스 오토모빌즈

Deus Vayanne (공개 사양)

공차 중량	1,810kg
최고 출력	2,243hp
최대 토크	208kg·m
최고 속도	400km/h 이상
0-100km/h 가속	1.99초 미만
구동 방식	사륵구동 3모터 (앞×1, 뒤×2)
배터리 용량	85kWh/800V
배터리 타입	실린더형 셀(21,700개)
충전 시간	80%까지 20분(350kW)
1회 충전 주행거리	500km



오스트리아 전기차 스타트업의 배경

하나의 사명으로 세 브랜드가 뭉쳤다. 지난 4월 뉴욕 국제 오토쇼에서 베일을 벗은 데우스 바이안(Deus Vayanne)이 그 결실이다. 2020년 오스트리아 빈에 설립된 ①데우스 오토모빌즈가, 디자인 명가 ②이탈디자인과, 레이싱 달인 ③윌리엄스 어드밴스드 엔지니어링(WAE)과 함께 개발한 전기 하이퍼카다. 발표는 올해 했지만 생산은 2025년부터, 그리고 딱 99대만 만들어 팔 계획이다. 브랜드와 차명 모두 더없이 낯설다. 하지만 적어도 디자인과 스펙으로 세간의 관심을 끄는 데는 확실히 성공했다. 회사만큼 창업자 또한 새파랗게 젊다. 올해 스무 살의 아드리안 필립 부투카는 데우스 오토모빌즈의 CEO이자 디자인 총괄이다. 그는 루마니아에서 태어나 오스트리아 빈에서 성장했다. 그런데 그의 이력이 호기심을 자극한다. 아드리안은 자신을 ‘독학으로 깨친 디자이너(Self-taught Designer)’라고 소개한다. 실제로 그는 미국 아트센터디자인대학교(ACCD), 영국 왕립예술대학교(RCA)나 코벤트리대학교 등 자동차 디자인의 명문 근처에도 가지 않았

다. 대신 일찍이 열네 살 때부터 3D 모델링으로 자신의 꿈을 구체화하기 시작했고, 열일곱 살엔 첫 차를 3D 프린터로 완성했다. 천부적 재능과 든든한 지원 없인 쉽지 않은 경력이다. 이쯤 되면 자동차에 폭 빠진 부잣집 아들의 호기 어린 도전 아닐까 싶은 합리적 의심이 드는데, 결론부터 말하면 어느 정도 맞다. 루마니아의 온라인 언론사 ‘토피아시(TOPIASI)’의 보도에 따르면, 아드리안의 아버지는 30여년간 인쇄소와 출판사까지 다양한 분야에 손을 뻗쳐 성공적으로 사업을 일구었다. 또한 ‘라디오 HIT’라는 채널로 지역 미디어 시장의 45%까지 거머쥐었다. 2000만 유로 이상의 재산을 축적한 그는 본거지인 루마니아 제2의 도시 이아시에서 한때 부자 서열 35위에 오른 백만장자였다. 하지만 정계 입문을 시도하며 공들인 탐에 금이 가기 시작했다. 여기에 최근의 코로나19 팬데믹까지 겹치면서 사업에 큰 타격을 입은 그는 자산의 상당 부분을 매각했다고. 아무튼 그가 공정을 팔아 마련한 돈의 일부(또는 전부)는 이들의 꿈을 이루는데 투자했을 것으로 추측된다.

독학으로 디자인을 깨쳤다는 창업자가 스무 살의 나이에 설립한 2년 차 스타트업이 내놓은 데우스 바이안.



흥행 점치긴 조심스러운 단계

디자인 총괄로서 아드리안은 바이안의 외부 디자인을 이렇게 정의한다. “우리 디자인은 단순히 외형에 관한 것만이 아닙니다. 전기 하이퍼카로서 정교한 디자인과 기능을 최첨단 기술과 손쉽게 결합한다는 신조를 반영하기 위해 통합된 개념입니다. 이러한 조화를 보여주기 위해 우리는 선(Line)과 디자인 기능의 대칭 및 기하학적 정렬에 대한 아이디어를 중심으로 스타일링했습니다.”

다분히 현학적인 설명과 달리 실제 모습에서 기대를 넘어설 요소는 찾기 어렵다. 가령 무한대(∞)를 형상화했다는 앞 범퍼의 흡기구나 테일램프는 페라리나 로터스 등 기존 차종에서 익숙한 형태다.

배터리와 전기모터를 바닥에 깎 구성인데도 실루엣이 상당히 두툼하다. 또한 V12 엔진을 얹은 전통적인 미드십 스포츠카 뺨치게 기다란 공기무늬가 팽팽한 긴장을 누그러뜨린다. 그 자신이 내세우는 성능이나 상징성, 희소성을 감안할 때 도어가 버터플라이나 결빙 등 한눈에 시선을 끄는 방식이 아닌 점도 아쉽다. 12cm의 최저 지상고를 확보하고, 차체를 3cm 들어 올릴 수 있는 ‘액티브 리프트’ 기능은 실용적 측면에서 칭찬할 만하다.

데우스 바이안의 실내는 “EV 세그먼트의 호화로운 오아시스를 표방했다”고 밝혔다. 하지만 전반적으로 무대에 한 번 세우기 위해 급조한 쇼카를 연상케 한다. 외부 디자인과의 통일성도 약하고, 너무 많은 디테일을 담아 일견 조악해 보이기까지 한다. 디스플레이로 모든 기능을 몰아넣는 최근 트렌드와 달리 직접 매만질 수 있는 물리적 스위치도 상당히 많다(어떤 면에서는 긍정적으로 작용하려나).

크기는 물론 공기저항계수(Cd)나 다운포스 등 하이퍼카의 핵심 제원도 베일에 싸여 있다. 앞서 밝힌 성능 제원도 시뮬레이션으로 가능한 수치다. 외신을 통해 전해진 바이안의 가격은 200만 유로(약 26억8000만원)부터. 계획대로 99대를 순조롭게 인도하면 최소 2650억원 정도의 매출을 확보할 수 있다. 주문자 생산 방식이니 옵션에 따라 가격은 더욱 올라갈 전망이다.

하지만 지금까지 드러난 정보만으로 바이안의 흥행을 점치긴 조심스럽다. 아직 다듬을 여지가 많아 보이는 까닭이다. 데우스는 사전 예약을 통해 받은 계약금으로 개선과 타협을 거쳐 바이안의 완성도를 높여가며 현실화하지 않을 까 싶다. 여러모로 물음표가 떠오르긴 하지만, 새로운 전기 하이퍼카의 탄생은 늘 낱감다. 참고로 데우스는 라틴어로 ‘신’이란 뜻이다. 부디 신의 가호가 함께하기를! **12**

- 1 바이안의 운전석은 전형적이고 익숙한 모습이다. 물론 아직은 전시회 출품용 쇼카 또는 콘셉트카에 가까운 단계일 수 있다. 2 큼직한 디스플레이는 갖췄지만 공조 장치만큼은 손으로 누르고 돌리는 버튼과 다이얼로 조작한다.
- 3 엔진을 운전석 뒤에 배치한 미드십 스포츠카의 비율과 비슷한 모습의 옆면. 4 바이안의 디자인 콘셉트는 대칭과 ‘무한대’다. 프런트 그릴뿐 아니라 뒷모습도 무한대 기호를 형상화했다. 5 데우스는 지난 5월 이탈리아의 클래식카 이벤트 ‘콘코스 델레간차 빌라 데스테에 참가했다.

아웃소싱으로 거듭난 마니아의 꿈

창업자의 배경을 살펴보니 어느 정도 윤곽이 드러난다. ‘금수저’ 아드리안은 아버지의 통 큰 지원에 힘입어 유년 시절부터 키워온 열정을 본격적인 사업으로 전환하기 시작했다. 제2의 크리스티안 폰 괴닉세그(스웨덴)나 마테 리마츠(크로아티아)를 꿈꾸면서. 뭐, 약간의 차이는 있다. 괴닉세그는 포드 V8 엔진을 사다 얹었고, 리막은 자체 기술로 전기 심장을 개발했다.

디자인과 모델링 솜씨 빼면 마땅히 내세울 기술이나 경험도 없는 아드리안은 리막처럼 전기 파워트레인으로 승부를 걸었다. 또한 각 분야의 최고만 추린 아웃소싱을 택했다. 이탈리아인은 노련한 마우리로 아드리안의 상상에 현실

의 옷을 입혔다. WAE는 오랜 레이싱카 제조 경험을 녹여 넣어 초짜 하이퍼카의 존재감을 키울 스펙을 완성했다. 데우스가 자사 홈페이지를 통해 밝힌 바이안의 최고 출력은 2243마력(hp), 최대 토크는 208kg·m다. 피닌파리나 바티스타(1876마력)나 로터스 에비아(1923마력)를 넉넉하게 웃돈다. 데우스 바이안은 550kW(약 748마력) 출력의 전기모터를 앞 차축에 하나, 뒤 차축에 두 개, 합쳐서 3개를 짝지어 얹은 전기 하이퍼카다.

바이안의 배터리는 800V를 지원하는 85kWh 용량으로, 거의 바닥난 상태에서 80%까지 20분 만에 급속 충전할 수 있다. 나아가 1회 충전으로 최대 500km를 주행할 수 있다. 예상대로 주행 성능 제원도 화끈하다. 공차 중량 1810kg

의 바이안은 정지 상태에서 시속 100km까지 가속을 1.99초 미만에 끊고, 최고 속도는 400km/h 이상이다. 공개한 사양만 보면 현존하는 전기 하이퍼카 중 최강이다.



Hydrogen on High

위 공기가 맑으면 아래 공기도 맑아질까? 친환경 비행을 위한 탄소 제로 항공기를 이륙시키기 위해 수소에너지를 연구하고 있다.

WORDS 고정식 PHOTOGRAPH ATI

영국 항공우주기술연구소가 올해 발표한 플라이제로 콘셉트 항공기. 쌍발 수소 제트엔진을 장착하고 1만 km를 비행하는 것이 목표다.

전 세계가 이상기후에 시달리고 있다. 유럽은 올해 최악의 폭염과 가뭄이 몰아닥쳤다. 지난달 우리나라 중부지방에 쏟아진 폭우도 이상기후와 무관치 않다는 게 중론이다. 기후변화에는 자연적인 이유도 있지만 지구온난화의 영향이 크다. 대표적인 원인은 온실가스, 그중에서도 이산화탄소다. 같은 양이면 다른 온실가스에 비해 영향력이 크지 않지만, 대기 중 구성 비율이 높고 자연 상태에서는 분해되지 않는 게 문제다. 특히 인류의 산업화 이후 대기 중 이산화탄소의 양이 급격하게 불어났다. 결국 인간이 만든 문제다. 그래서 산업계에서는 이산화탄소 배출을 줄이기 위한 노력을 지속적으로 기울이고 있다. 매년 9억 톤 정도의 이산화탄소를 배출하는 항공업계도 마찬가지라서, 제조사들은 수소를 사용하는 ‘탄소 제로 여객기’ 개발에 매진하고 있다. 최근에 성과가 속속 드러나며 수소 항공기 시대에 대한 기대가 높아졌다.

영국 항공우주기술연구소(ATI)는 ‘플라이제로(FlyZero)’를 진행 중이다. 지난해 9월 ‘탄소 배출 제로 비행’을 목표로 하는 플라이제로 프로젝트의 성과 세 가지를 발표했다. 항속거리가 900·2200·6300km인 70~160인승 여객기 콘셉트로 각각 배터리·전기모터, 고압 수소 연료전지·전기모터, 액체수소·제트엔진을 사용한다. 지속적으로 연구 결과를 발표하는 ATI는 올봄에도 세 가지 콘셉트를 추가로 공개했다. 수소 연료전지 또는 수소 제트엔진을 사용하는 75~280인승의 항공기로, 항속거리 1500km의 단거리 기종에서부터 최장 1만 km에 달하는 장거리 기종이 포함됐다. 새로운 콘셉트에서는 배터리가 제외됐고, 중·장거리 기종은 액체수소를 태우는 제트엔진 2기를 장착한 디자인이다. 영국 정부와 ATI는 2025년까지 수소 항공기 동력의 핵심 기술을 시연하고, 2030년대에는 협동동체의 단거리 항공

기를 시작으로 실제 노선에 투입하며, 2050년대에는 운항 여객기의 절반을 수소 항공기로 대체해 ‘플라이제로’를 달성하겠다는 목표를 제시했다. 에어버스도 수소 항공기 개발에 몰두하고 있다. 에어버스 또한 수소 자체를 연료로 사용하는 제트엔진, 그리고 전기모터로 팬을 돌리는 수소 연료전지 파워트레인을 함께 사용하는 수소 하이브리드를 채택하고자 한다. 지난 2020년에 발표한 수소 항공기 콘셉트인 ‘제로 e(ZEROe)’ 역시 세 가지 모델이 포함됐다. 두 개의 수소 하이브리드 터보프롭 엔진을 장착한 단거리 여객기는 100명 이하의 승객을 태우고 600km/h 남짓한 속도로 1800km 이상 날 수 있다. 두 개의 수소 제트엔진을 장착한 200인승 모델의 항속거리는 3700km를 목표로 한다. 에어버스는 이와 함께 예전부터 연구하던 독특한 디자인의 블렌디드윙 보디(Blended-Wing

Body)를 적용한 콘셉트도 발표했다. 이 미래형 항공기 역시 200인승의 중거리 여객기다. 콘셉트 개발과 함께 에어버스는 수소 제트엔진 실증 실험을 준비 중이다. 지난 2월에는 사상 최대의 여객기 A380을 이용해 수소 제트엔진 테스트를 진행하겠다고 발표했다. 제로e 테스트를 총괄하는 마티아스 안드리아미시아나는 이 커다란 여객기는 “광범위한 무공해 기술을 테스트하는데 다재다능하고 안전하며 신뢰할 수 있는 플랫폼이며, 수소 추진 시스템의 성능을 분석하는 데 필요한 대형 테스트 장비를 편안하게 수용할 수 있다”고 밝혔다. A380 테스트 항공기는 원래 장착된 네 개의 터보팬 제트엔진과 별도로 동체 윗부분에 수평으로 튀어나온 작은 날개를 추가하고 그 끝에 수소 제트엔진 시제품을 장착한다. 네 개의 액체수소 연료탱크는 동체 후방에 탑재된다. 에어버스 역시 제로e 프로젝트를 통해 2025년에 수소 추력 기술

을 완성 단계까지 끌어올리고, 2035년에는 수소 항공기의 상업 노선 운항을 시작한다는 목표다. 수소 여객기가 상업 운항을 시작하려면 꽤 많은 어려움이 따른다. 항공기 개발은 당연한 일이고 공항에 수소 보관 및 재충전 시설 등 관련 인프라도 구축해야 한다. 수소의 끓는 점은 -252.87°C. 액체수소를 대량으로 다룬다는 것은 상상 이상의 설비와 안전장치가 필요하다. 더불어 재생에너지로 생산한 전기를 사용해 ‘그린 수소’를 만들어내는(그러지 않으면 탄소 저감이라는 목표가 무색해진다) 가격도 합리적으로 수준으로 떨어져야 한다. 항공용 수소에너지 실용화는 아직 갈 길이 멀다는 이야기다. 그래서 최근 항공업계에서는 지속 가능한 연료로서 항공 대체유(SAF, Sustainable Aviation Fuel) 사용을 확대하고 있다. 탄소배출량을 최대 80%까지 줄일 수 있는 SAF는 친환경 비행의 현실적인 대안으로 꼽히며 수소든 순수 전

기 항공기든 원대한 목표에 다다를 때까지 징검다리 역할을 충분히 할 수 있다. 아직은 기존 항공유보다 2~5배가량 비싸고 생산 시설과 공급망도 부족하다. 현재 전 세계 항공유 사용량 중 SAF의 비중은 0.1%에 불과하다. 항공업계에서 SAF를 처음으로 사용한 건 2011년 네덜란드의 KLM이다. 현재 매년 7만 5000톤 이상의 SAF를 소비하는 KLM은 아예 공장 건설에 나섰다. 친환경에너지 업체 스카이 NRG와 함께 유럽 최초의 SAF 공장을 만드는 중인데, 예정대로 올해 완공되면 당장 현재 전 세계 SAF 생산량 이상의 친환경 연료를 직접 생산할 수 있게 된다. 대한항공도 지난 2월부터 파리-인천 구간에 SAF를 도입했다. 시험 사용 경험은 있지만 정기편에 SAF를 도입한 건 올해가 처음이다. **12**

Ghost Ships

인간의 한계로 다양한 조건에서 일어날 수 있는 사고를 방지하는 기술은 끊임없이 발전해왔다. 그 발전의 결과 중 한 가지가 자율주행이고, 이는 도로뿐 아니라 바다에도 적용된다. 사람 없이 떠다니는 배를 유령선이라고 했지만, 미래의 바다는 선원이 불필요한 자율운항 선박이 누빌 예정이다.

WORDS 이경섭 PHOGRAPHS 게티이미지, Courtesy

제임스 카메론 감독의 <타이타닉>은 사투 감동적인 로맨스 서사로 그려졌지만 영화의 배경은 무려 1513명의 목숨을 앗아간 ‘세계 최대의 해난 사고’다. 침몰의 가장 주된 원인은 선원이 빙산을 너무 늦게 발견한 탓이었다고 한다. 빙산을 비껴가지 못한 배가 충돌함으로써 1912년 당시 세계 최대의 크기와 시설을 자랑하던 여객선이 허무하게 가라앉았다.

테슬라를 비롯한 여러 자동차 회사가 자율주행차를 앞다퉈 개발하는 것처럼 바다에서도 배가 스스로 목적지까지 운항할 수 있는 기술이 개발되고 있다. 국제해사기구(IMO)의 정의에 따르면 이렇게 ‘인간의 개입이 없거나 최소한의 개입으로 운항할 수 있는 배’를 자율운항 선박(MASS, Maritime Autonomous Surface Ships)이라 부른다. 자율운항선도 자율주행차처럼 몇 가지 단계로 구분한다. 자동화된 프로세스 및 결정 지원 시스템을 갖춰 부분적 자율운항을 하는 레벨 1, 선원이 승선하지만 원격 제어가 가능한 레벨 2, 선원 없이 원격으로 제어할 수 있는 레벨 3, 완전 무인 자율운항 수준의 레벨 4가 그것이다.

자율운항선이 필요한 가장 큰 이유는 해난 사고 때문이다. 앞에서 언급한 타이타닉호 침몰 사고처럼 바다에서의 사고는 대부분 과실로 인해 일어난다. 해양수산부 산하 중앙해양안전심판원에 따르면 해양 사고는 매년 꾸준히 증가하는데, 기상 악화 같은 자연·기후 요인과 선박 노후 같은 자체적 요인보다 사람의 과실에 의한 원인이 훨씬 더 많아 90%에 이른다.

궁극적으로 선원이 필요 없게 되는 자율운항선은 갈수록 심화되는 해운 인력 부족과 선원 노령화 문제도 해결할 수 있으며 인건비 등 선박 운영비를 크게 줄일 수 있다. 선원의 거주 공간과 안전 장비가 필요 없어 선박의 공간 활용성이

크게 높아져 더 많은 화물을 싣는다는 이점도 있다. 이처럼 자율운항선은 해운 물류의 패러다임을 바꿔놓는다.

이런 이유로 전 세계 자율운항선 시장 규모는 매년 큰 폭으로 성장하고 있다. 글로벌 시장조사 업체 어큐트마켓 리포트에 따르면 자율운항 선박 및 관련 기자재 시장은 매년 12.6%씩 성장해 2028년에 2357억 달러(약 280조원)에 이를 것으로 전망된다. 또 다른 글로벌 시장조사 업체 리서치앤마켓의 조사에서도 자율운항 선박 시장 규모는 2021년 896억 달러(약 113조원)에서 2027년 1329억 달러(약 168조원)까지 성장할 것으로 예상된다.

자율운항선 개발은 군사 분야에서 시작됐다. 미국과 중국 등은 일찍이 적군 정찰이나 침투, 폭탄 공격을 감행할 무인선박을 개발해왔다. 미 해군은 2012년부터 대테러용 무인고속정을 개발·운용했고 2016년 중국 해군도 스텔스 기능을 갖춘 무인선박을 선보였다.

상업용 자율운항선 개발은 주로 노르웨이, 핀란드 등 유럽 국가가 주도하고 있다. 우리나라와 중국, 일본 등 조선산업이 발달한 나라의 기업도 국가 차원의 지원 아래 활발하게 기술 개발을 진행하고 있다.

2018년 영국 롤스로이스—롤스로이스 자동차가 아니라 항공기와 선박의 엔진을 제조하는 롤스로이스 홀딩스를 가리킨다—는 핀란드 국영 해운사 핀페리(Finferries)와 손잡고 세계 첫 완전 자율운항 여객선을 선보였다. ‘팔코(Falco)’라 명명된 53.8m 길이의 자율운항선은 80여 명의 승객을 태우고 핀란드 남부 발트해 연안 50km를 왕복하는 시험 운항에 성공했다. 팔코호는 IMO 기준 자율운항 레벨 3, 즉 선원이 탑승하지 않은 채 지상에서 원격 제어로 조종됐으며 장애물이나 날씨 등 모든 상황 역시 지상 통제실에서 모니터링했다.



1 현재 시범 운용 중인 아라리의 비로 운반선. 레벨 3(무인·원격 제어)의 자율운항선으로 엔진 대신 전기모터와 배터리를 설치한 전기 선박이다. 2 지난 4월 중국에서 상용 취역한 스마트 컨테이너선 ‘즈페이’는 레벨 2(선원 승선·원격 제어) 자율운항선이다. 3 2018년 독일 도르트문트-발트호프 구간의 운하를 정기 운항하는 화물선을 대체하기 위해 시범 운항 중인 자율운항선.

노르웨이의 비료 회사 아라(Yara)의 자율운항선은 탄소 배출이 전혀 없는 세계 최초의 완전 전기 선박이라는 점에서 돋보인다. 심각한 온실가스를 유발하는 암모니아비료 생산업체 아라는 2017년부터 노르웨이의 해양 기술 업체인 콩스버그(Kongsberg)와 함께 '아라 버클랜드(Yara Birkeland)'를 개발해 시범 운용 중이다. 이 화물선은 노르웨이 남부의 포르스그룬 내 생산 시설과 브레빅 수출항을 오가는 기존의 화물차 운송을 대체할 예정이다. 아라는 육상 운송을 해상 운송으로 전환하는 것으로 도로 안전을 개선하며 먼지 유발과 교통 소음을 줄이는 한편 질소산화물과 이산화탄소 배출을 줄이겠다는 목표다. 기존 내연기관 대신 전기차 약 100대 분량인 6.8MWh 용량의 배터리를 장착해 매연을 전혀 배출하지 않는 아라의 무인 화물선은 그야말로 순수 전기선이다. 80m 길이의 아라 버클랜드는 지난해 11월 19일 시범 운항에 나서 비좁은 협만을 지나 다리 두 개와 항해 코스 주변의 상선, 보트, 카

약 등 장애물을 피하면서 복잡한 항구에 접안하는 고난도 운항을 성공적으로 마쳤다. 아라 버클랜드는 매년 4만 대의 디젤 트럭 운행을 대체할 수 있어 연간 678톤의 온실가스를 줄일 수 있다. 아라는 향후 2년에 걸쳐 개선과 보안을 통해 완전한 자율운항선으로 전환하겠다는 계획이다. 중국은 2019년 12월 홍콩-마카오 노선에서 자율운항 레벨 2~3에 해당하는 화물선 '근두운 0호(筋斗雲0号)'의 시범 운항을 시작했다. 우한 이공대학교가 주하이시 및 중국선급사(CCS), 그리고 무인 선박 및 수상 드론을 개발하는 회사 윈저우지능 등과 협업해 개발에 들어간 지 2년 만에 거둔 결실이다. 2022년에는 공해상에서 원격 조종과 자율운항이 가능한 과학연구 선박을 건조해 운용하고 있다. 업계에서는 향후 자율운항 선박 시장의 주도권을 중국이 쥐게 될 것으로 전망하는 시각도 있다. 글로벌 해상 전문 기술 분석 및 컨설팅 업체 테티우스는 보고서를 통해 최근 약 3000건의 자율운항선 기술 관련 특허를 분석한 결과 이 중



1 롤스로이스는 해군용 자율운항선도 연구 중이다. 드론을 전개하는 해군 무인 함정. 2, 3 2012년 자율운항선박 연구센터를 개설한 롤스로이스가 2016년경 발표한 자율운항선 컨셉트와 원격 통제실.

무려 96%가 중국에서 등록된 것이라고 밝혔다. 뿐만 아니라 중국 정부 차원에서 광동성에 테스트 설비를 구축하고 막대한 연구·개발 자금을 바탕으로 자율운항선의 성장을 위해 투자와 지원을 아끼지 않고 있다고 분석했다. 일본도 자율운항선의 개발에 적극적이다. 일본 최대 해운사 미쓰이 OSK 라인은 2022년 1월 연안 항로용 컨테이너선 '미카게(みかげ)'의 시험 운항에 성공했다. 6m 규격 컨테이너 194개를 선적할 수 있는 규모의 미카게호는 일본 후쿠이현 쓰루가항을 출항해 돗토리현 사카이항까지 298km의 거리를 단 한 명의 선원도 없이 위성항법 시스템(GNSS)과 라이다(LiDAR) 센서를 이용해 출항부터 운항, 목적지 정박에 이르기까지 모든 단계를 스스로 수행했다. 한 달 뒤 또 다른 자율운항 컨테이너선 '스자쿠(すざく)'가 일본 혼슈 남동쪽 도쿄만과 혼슈 이세만 사이 380km 구간에서 시범 운항을 시작했다. 일본은 2025년 자율운항선의 상업 운영을 시작하고 2040년에는 일본 국적 선박의 50% 이상을 완전 자율운항선으로 대체하는 것이 목표다. 전통적인 조선업 강국인 우리나라도 자율운항선 개발에 열심이다. 정부 차원에서 2020년 '자율운항 선박 기술 개발 통합사업단'이 출범해 영국 로이드선급협회 아시아와 '자율운항 지능형 시스템 실증 및 성능 시험 개발' MOU 체결 등 기술 개발을 위한 활발한 행보를 보이고 있다. 2024년 하반기에 레벨 3(무인·원격 제어) 자율운항선을 선보인다는 계획이다. 민간에서 자율운항선 기술은 조선 3사(삼성중공업, 현대중공업, 대우조선해양)가 주도한다. 얼마 전 6월에는 현대중공업의 자율운항 전문 자회사 아비커스의 12인승 크루즈가 국내 최초로 완전 자율운항에 성공했다. 포항에서 열린 시범 운항에서 아비커스의 자율운항선은 시로 선박 상태와 항로 주변 정보를 증강현실(AR) 기반으로 전송하며 약 10km 정도를 무인 운항했다. 아비커스는 또한 300m 길이의 초대형 LNG 운반선의 자율운항 대양 횡단에 자체 개발한 시스템을 시범 적용했다.

5월 미국 프리포트항을 출발, 6월 충남 보령의 LNG터미널에 도착하기까지 운항거리 2만 km의 절반을 자율적으로 운항한 것. 시로 최적 경로와 항해 속도를 설정하고 날씨, 파고 등 주변 환경과 선박 상황을 인지해 실시간으로 선박의 조타 명령까지 제어하는 레벨 2 자율운항 실증이었다. 2021년 9월 삼성중공업도 전남 신안군 거제도 인근 해역에서 자체 개발한 시스템을 이용한 자율운항선 두 척의 충돌 회피 기술을 해상에서 실증했다. 두 선박의 운항 상황 모니터링은 실증 해역에서 300km 떨어진 삼성중공업 대덕 연구소에 설치된 육상 관제센터에서 진행했다. 대우조선해양 역시 스마트십 솔루션 'DS4'를 독자 개발해 최근 HMM에 인도한 컨테이너선—길이 400m의 초대형 선박으로, 6m 컨테이너 2만 4000개를 실을 수 있다—에 탑재했다. 선주는 DS4를 통해 선박의 메인 엔진, 공조 등 주요 시스템을 원격으로 진단해 유지·보수 작업을 지원할 수 있다. 자율주행차의 AI 해킹에 대한 경각심이 높아지는 것과 마찬가지로, 이들도 선박 원격 조종 시 선박과 육상 관제소를 연결하는 통신 체계에 대한 사이버 보안 기술도 개발하고 있다. 자율운항 선박은 얼핏 생각하기에 자율주행 자동차보다 개발이 쉬워 보일 수 있다. 수많은 차와 보행자, 복잡한 골목이 있는 육상에 비해 바다에는 그만큼의 장애물이 없기 때문이다. 하지만 복잡한 항구에서 출발하거나 접안하는 상황을 빼고 대양 크루징만 따진다면 하더라도 기준을 삼을 아무런 지형지물이 없는 망망대해와 같은 상황 그리고 파도의 높이와 안개, 폭풍우 같은 기상 환경, 인명 구조, 주변 선박과 유빙의 위치와 경로 등 고려해야 할 조건이 육상의 그것보다 까다로울 수 있다. 대형 선박의 경우 출발하고 멈추고 선회하는 데 많은 시간이 걸린다는 점도 고려되어야 하기 때문에 레벨 4의 완전한 자율운항선의 개발은 쉽지 않다. 그럼에도 자율주행차가 다가오고 있는 것처럼 자율운항선 역시 시간문제일 뿐이다. **11**



1620년 미국으로 떠난 메이플라워호 출항 400주년 기념식의 일환으로 2020년 영국 플리머스항에서 진수된 메이플라워는 해양 데이터를 수집하는 자율운항선이다.

MOTIVE



Power Tools to Save Your Time

“전동 공구가 뭐죠?”라고 묻는 사람은 많지 않지만 여전히 지난 세대가 애용했던 드라이버나 커다란 톱을 사용하는 사람은 많다. 명필이 붓을 닦지 않는다는 얘기는 오히려 비현실적이다. 작지만 강력한 전동 공구로 빠르게 장인의 지위에 도전할 수 있다.

WORDS 구본진 PHOTOGRAPHS 박남규



1 메타보 SSD 18 LTX 200 BL '임팩 드라이버' 드릴링 후 자동으로 토크를 감소시켜 나사가 과도하게 조여지는 것을 방지해주는 ASP 기능이 탑재된 임팩트 드라이버. 사용 중에도 토크 조절을 12단계로 할 수 있다. metabokorea.kr 2 메타보 STA 18 LTX 100 18V '충전 직소' 작업할 재료에 맞게 톱날의 각도를 조절 가능한 충전 직소. 최대 10cm 두께의 목재를 절단할 수 있고, 바람을 불어 절단면을 확인해가며 작업할 수 있는 기능도 탑재했다. 3 밀워키 M18 '콤팩트 브러시리스 헤머드릴 드라이버' 콤팩트한 사이즈(길이 165mm)와 가벼운 무게(1.8kg)로 높은 위치나 좁은 공간에서도 쉽게 천공 작업을 할 수 있다. 과부하, 과열을 방지하는 '레드링크 시스템'과 토크 60Nm 브러시리스 모터가 탑재됐다. milwaukeetool.co.kr 4 메타보 SB 18 LTX BL I 18V '충전 진동드릴 드라이버' 이 녀석 하나면 석재, 목재, 철재까지 모두 뚫을 수 있다. 회전 동작을 시작할 때 부드럽고 섬세하게 움직이는 '임펠스 기능'이 탑재돼 풀기 힘든 나사를 제거할 때도 유용하다. 5 다웰트 7.2V / 1.0Ah '자이로 스크류 드라이버' 권총형과 직선형의 두 가지 형태로 사용할 수 있는 드라이버 전용 제품. 내장된 자이로 센서가 좌우 기울기를 인식해 회전 방향과 속도를 자동 조절한다. dewalt.co.kr 6 다웰트 '플렉시블 샤프트' 일명 '코브라'라고 불리는 드릴, 드라이버 연장 액세서리. 손이 닿지 않거나 구석진 곳에서도 작업할 수 있다.



1 Milwaukee M12 FUEL '6인치 체인 톨' 손목 굵기 이하의 나뭇가지나 뿌리 등을 제거하는 데 유용한 충전식 미니 체인 톨. 무게 2.3kg으로 성인 남성이 한 손으로 작업할 수 있을 정도다. 가변 속도 트리거로 톨날의 속도를 쉽게 제어할 수 있다. milwaukeetool.co.kr 2 Milwaukee 12V FUEL '8인치 전정기' 대규모 작업보다는 자그마한 정원에 어울리는 가볍고 작은 전정기로 블레이드 길이는 203mm, 자를 수 있는 나뭇가지 직경은 최대 8mm다. 파워스테이트 브러시리스 모터가 사용 중 과부하로 인한 꺼짐을 방지하고 최대 출력을 유지해준다. 3 메타보 SSE 18 LTX Compact 18V '충전 만능톱' 별도의 도구 없이 날을 간편하게 교체할 수 있으며, 직소 날과 킷소 날을 구분 없이 사용할 수 있는 만능 톨이다. 앞쪽에 가이드 바가 있어 깔끔하게 작업할 수 있다. 톨날 스트로크는 13mm. metabokorea.kr 4 Milwaukee M12 FUEL '듀얼 액션 폴리셔 15mm' 일명 '광택기'라고도 불리는 제품. 최대 5100rpm(무부하)을 자랑하며 8단계의 속도 제어가 가능하다. 통풍식 평형 백킹 플레이트(Backing Plate)가 도장 표면에 발생하는 발열과 진동을 감소시킨다. 5 카처 'K 미니' 하지만 110bar의 압력으로 시간당 360ℓ의 물을 뿜어내는 강력한 고압 세척기. 발코니, 베란다는 물론 에어컨 실외기, 자전거, 바이크도 세척할 수 있다. 기본 구성품으로 꺾임, 꼬임 방지 기술이 적용된 소프트 고압 호수를 제공한다. karcher.co.kr

Nano, Micro and Future

<퍼시픽 림>의 집시 데인저와 <에반게리온>의 에바 유닛-01은 키가 80m에 육박하는 거구지만, 눈에 보이지 않을 만큼 작은 로봇도 있을까? 휴머노이드형 로봇은 아니지만 실제로 나노와 마이크로 세계에는 작디작은 기계가 있다.

WORDS 송지환 PHOTOGRAPHS 게이이미지, 셔터스톡, Courtesy

‘로봇이야? 벌레야?’ 같은 제목을 단 뉴스가 가끔 나온다.

지난 5월, 미국의 노스웨스턴대학교 연구진이 원격 조종이 가능한 보행 로봇 중 가장 작은 것으로 평가되는 0.5mm 크기의 초소형 로봇을 개발했다는 기사가 그렇다. 복잡한 하드웨어나 유압 장치 또는 전기로 움직이지 않고 자체의 탄력적 회복성으로 구동하는 방식의 초소형 로봇이라니. 더 놀라운 건 게(Crab) 모양을 한 이 녀석은 걷는 것은 물론이요 돌고 돌고 굽히고 튀는 능력까지 지녔다는 점이다.

형상기억합금 소재로 만든 동체에 레이저 빔을 쬐 가열과 냉각을 반복하면서 변형과 복원의 재주를 부리게 하는 까닭이다. 즉 원격 제어 방식으로 한 위상에서 다른 위상으로 형태를 변화시키면서 이동(작동)한다. 형태 변화의 에너지 원이 열이라서 작을수록 동작 속도가 빠르다. 이 연구팀은 일찍이 자벌레, 귀뚜라미, 딱정벌레를 닮은 mm 단위 크기의 로봇도 개발한 바 있다.

이보다 앞선 지난 1월, 우리나라 기초과학연구원(IBS)은 ‘세상에서 가장 작은 기계’로 불리는 분자 기계를 만드는 데 성공했다. 외부의 자극에 의해 기계적인 움직임을 구현해 내는 분자 집합체로, 이를 처음 설계하고 합성한 연구진이 2016년 노벨 화학상을 받았을 만큼 기술적 난도가 높고 유망한 분야. IBS 복잡계 자기조립 연구단은 프로펠러나 스크루 같은 회전자(Rotor)의 구조를 닮은 23nm 크기의 분자 로터를 합성해냈다.

보통 머리카락 굵기의 10만분의 1에 해당하는 분자 로터는 화학적 혹은 자외선의 원격 자극을 통해 회전체 분자가 축분자를 중심으로 빠르게 회전(Rotary Motion)하거나, 축분자 자체가 느리게 움직이는 텀블링 운동(Tumbling Motion)이 가능하다. 연구진은 이를 통해 외부 자극으로 임의 조절이 가능한 분자 수준의 스마트 인공 기계들을 개발할 수 있을 것으로 내다봤다.

나노봇과 마이크로머신

엄격히 정의하면 다소의 차이가 있겠으나, ‘아주 작은 기계’를 통칭하는 개념은 한물이 아니다. 과학자들은 나노봇 또는 나노로봇(Nanobot·Nanorobot), 나노이드(Nanoid), 나나이트(Nanite), 나노머신(Nanomachine), 나노마이트(Nanomite)라는 용어로 세분화해가며 앞다퉀 연구 개발을 진행하고 있다. 모두 나노로봇공학(Nanorobotics)에서 분화하고 파생한 초소형 로봇 기술이다.

이들 모두는 나노(n, 10억분의 1)라는 극소 단위의 기계적 혹은 전기·기계적 장치를 설계하고 구축하고 응용하는 데 기여한다. 이처럼 극소화한 사이즈의 특질상 생명공학, 바이오, 의료, 환경, 방역, 화학 등 초미세를 요구하는 분야를 중심으로 두드러지게 연구된다.

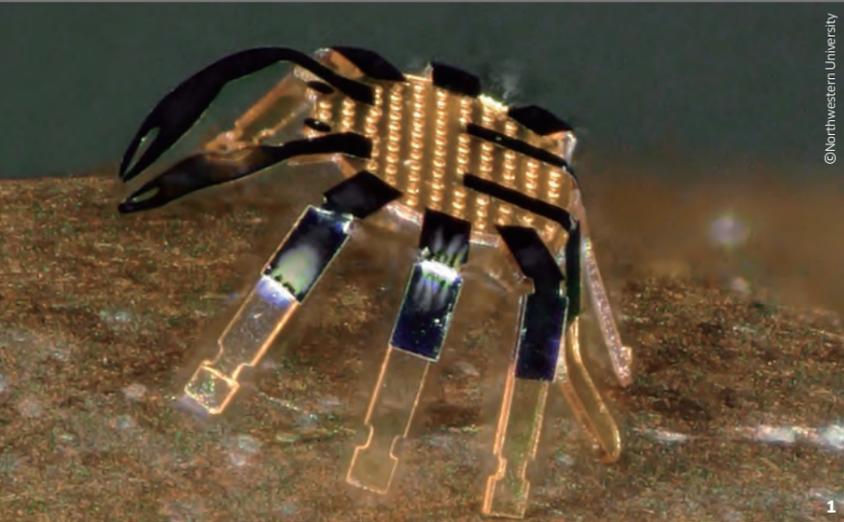
나노보다는 크지만 마이크로(μ , 100만분의 1) 역시 초소형 기계를 만드는 데 적용되는 단위다. 위에서 언급한 나노봇 부류도 현실적으로는 1 μ m 이하의 기계를 포괄하는 것으로 본다. 이처럼 분자 수준의 기계는 물리학적(기계학적) 원리를 넘어서 화학적 그리고 생물학적 영역까지 아울러 가며 의도한 작동을 실현하는 복잡계 장치다.

여기서 멤스(MEMS, Micro-Electro Mechanical Systems), 즉 미세 전자 기계장치 혹은 초소형 정밀 기계장치라는 용어까지 곁들이면 좋다. 1987년 처음 등장한 용어 멤스는 나노 공학 기술로 만든 초소형 기계장치를 말한다. 21세기형 유망 산업으로 주목받은 이래 적용해 초정밀과 고감도를 구현한 극소형 센서, 논리 회로, 메커니즘, 액추에이터 등으로 영토를 확장 중이다.

©Andrey Rudakov/Getty Images

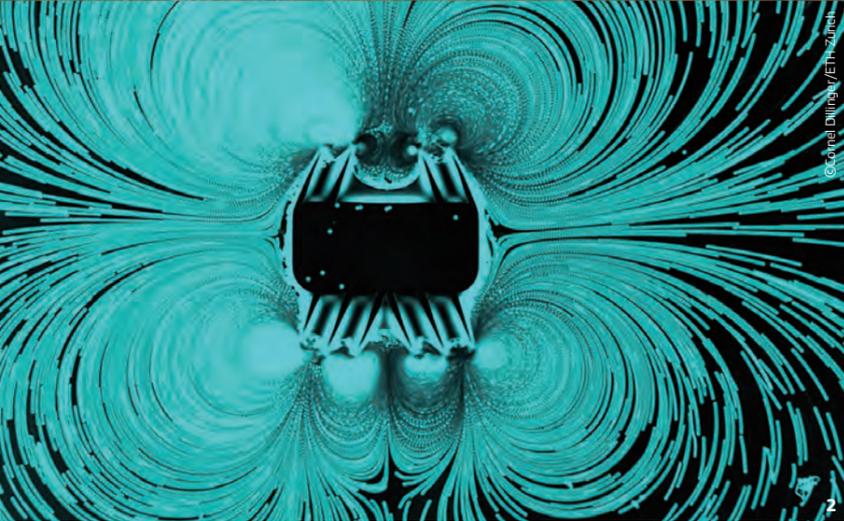


자율주행차의 주요 솔루션 중 하나로, 주변 공간을 정밀하게 인식하고 시야각이 넓은 장점을 가진 라이더는 광학 MEMS 센서를 사용한다.



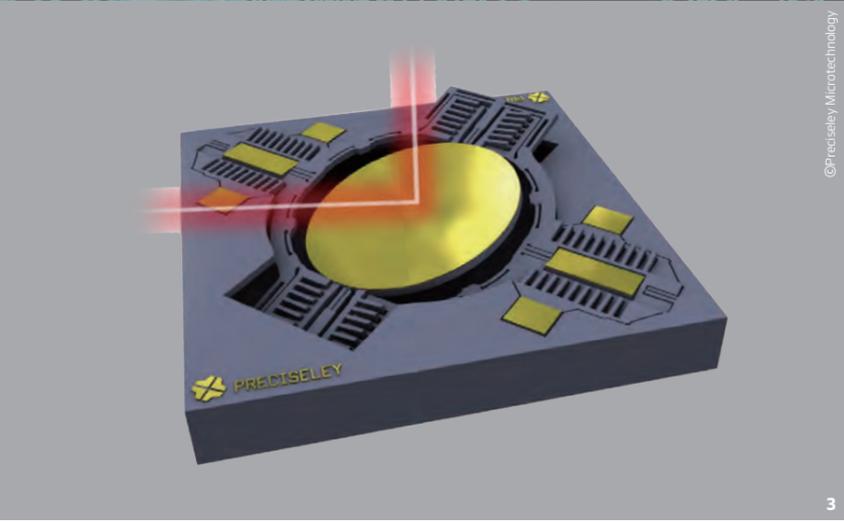
©Northwestern University

1



©Cornell University / ETH Zurich

2



©Preciseley Microtechnology

3

1 노스웨스턴대학교의 존 로저스(실험)·황용강(이론) 교수 팀이 개발한 500 μ m의 원격 제어 보행 로봇(이미지컷). 빛을 쬐어 가열하는 것으로 형태 변화를 유도해 움직이는 탄성체다. 2 취리히연방공과대학교가 만든 마이크로로봇(400 μ m). 초음파를 받으면 섬모가 진동해 움직인다. 3 프리사이슬리 마이크로테크놀로지는 광통신 네트워크, 자율주행차 라이다, 의료용 이미징 장비 등에 사용되는 광학 MEMS를 전문적으로 설계 및 판매하는 펠리스(Fabless) 기업이며, 위 사진과 같은 텀핑 미러의 최소 직경은 480 μ m에 불과하다.

움직이는 작은 기계들

로봇화한 나노와 기계화한 마이크로가 (그리고 종종 혼용되는 것처럼 나노머신과 마이크로로봇이) 우리 삶에 얼마나 가까이 그리고 깊숙이 와 있는지 가늠할 수 있는 최근의 대표적 사례를 보자. 우선 ‘큰놈’부터다. 그래도 mm 단위에서 시작한다.

15mm 물고기 로봇 중국에서 2022년 6월 개발됐다. 헤엄쳐 다니며 미세 플라스틱을 수집하는 로봇이다. 근적외선 레이저의 빠른 점멸을 동력으로 꼬리를 움직이고 방향을 바꾸며 활동적 식물성 플랑크톤의 이동과 맛먹는 속도로 이동한다. 물속에서 오염물질(미세 플라스틱)을 흡착해 운반하는 목적으로 만들어졌다.

마이크로 유영 로봇 물속에서 헤엄치는 더 작은 녀석이 또 있다. 일본에서 2021년 12월 개발한 분자 로봇은 1mm 이하의 크기지만 빛을 받으면 변형하는 유기분자 결정이 물고기의 지느러미처럼 앞뒤로 움직이며 이동한다. 두께는 1 μ m, 가로·세로 크기는 수십~수백 μ m, 최고 속도는 15 μ m/sec다.

마이크로 불가사리 물속 유영이라면 불가사리도 빠질 수 없다. 스위스 취리히연방공과대학교가 2021년 11월 발표했다. 갓 부화한 새끼 불가사리의 유영 모습에서 영감을 얻어 만든 0.4mm 크기의 마이크로로봇이다. 표면의 섬모가 초음파에 의해 초당 1만 회(실제 불가사리 유생보다 약 1000배 빠르게) 진동해 추진력을 얻는다. 미량의 약물을 인체의 특정 부위로 운반하는 약물 전달 시스템(DDS, Drug Delivery System)을 목표로 개발됐다.

짚신벌레 나노로봇 울산과학기술원(UNIST)이 2022년 6월 개발한 미세 기계장치에 여러 개의 입자를 적용한 것이다. 나노 크기의 자성 입자를 쌓는 방식으로 짚신벌레의 섬모 구조를 길고 가능하게 합성한 기술로, 니켈 조각을 배열한 후 에어로졸 상태로 자성을 띤 373nm 크기의 나노 입자를 분사해 최대 54개까지 수직으로 쌓았다. 이 나노로봇은 지금까지 합성된 인공 섬모 중 최대 높이다. 미세 구조물 속 이물질 제거나 인체 내 투입으로 운동 능력을 발휘해야 하는 초미세 액추에이터 개발에 도움이 될 것으로 보인다.

의료용 나노로봇 한국마이크로의료로봇연구원이 2019년 11월 발표한 다기능성 의료용 나노로봇은 직경 10~20nm 자성 입자를 뭉쳐 100nm 크기로 만든 것이다. 외부 자기장을 이용해 정밀하게 암세포로 유도하고, 근적외선을 쬐어 선택적으로 열이나 약물을 방출하는 기능을 통해 화학·열 치료를 가능하게 한다. 정밀도나 민감도 저하 등 기존의 나노 입자 기반 DDS의 단점을 극복할 수 있는 기술이다.



©CI Photos/Shutterstock

분자 단위 크기의 의료용 나노로봇이 체내에서 작용하는 모습의 상상도.

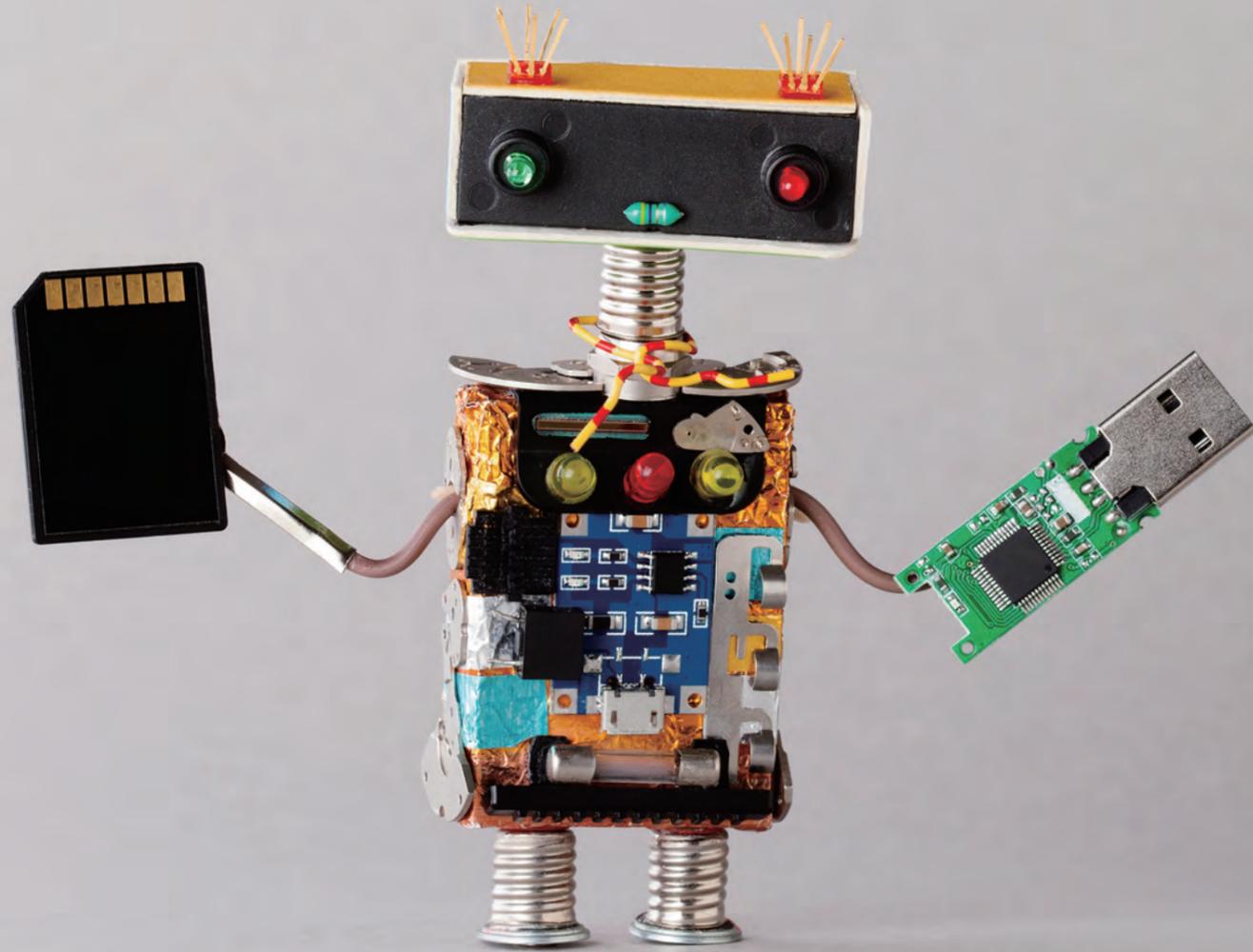
미래를 이끄는 작은 기계들

자기 몸체를 움직이지 않고 적재적소에서 기능하는 작은 기계도 많다. 의료, 바이오, 생명공학 외에도 특히 자동차를 비롯한 모빌리티와 점점 더 ‘스마트’해지는 사물 인터넷(IoT), 더 깊이 공부하는 인공지능(AI) 부문에서 괄목하게 발전하고 있다. MEMS의 대표 주자는 센서 부문이다. 동작과 소리를 감지하는 것은 기본이고 압력과 자기장, 가스 측정 등 다양한 영역에서 수요가 급증하고 있다. 자율주행차라면 더욱 필수적이다. 운전자 모니터링, 위치 파악은 물론 데이터 수집을 통한 운전자 편의성을 확대할 수 있어서다. 이산화탄소 저감을 위해서도 초소형 센서가 필요하다. 전기차 리튬이온 배터리 모듈의 압력 변화를 측정하는 센서의 수요가 증가하는 것도 같은 맥락이다.

MEMS 기반의 센서는 AI 부문으로도 기반을 넓힌다. 우리나라의 보이스 센서 업체 프로닉스는 음원에서 최대 8배 멀리 있는 사람의 목소리를 감지하고 7개의 채널을 통해 상대를 구별할 수 있는 AI 센서를 개발해 주목받았다. 이는 초소형 마이크를 대체하는 신기술로 평가된다. 피부에 붙이거나(어태처블) 몸에 걸칠 수 있는(웨어러블) 제품에도 MEMS의 손길이 담긴다. 예컨대 포스텍 연구진이 개발한 손톱

4분의 1 크기의 마이크로폰은 기존의 MEMS 마이크보다 유연한 고분자 소재로 만들어 피부나 손가락에 붙일 수 있다. 유럽의 반도체 업체 ST마이크로일렉트로닉스 부사장 데 이비드 브루노는 국제반도체장비재료협회(SEMI)가 온라인으로 개최한 ‘MEMS·센서 산업 포럼’에서 삶을 윤택하게 하는 대표 제품으로 MEMS 기반의 센서를 집약한 스마트 안경을 언급했다. 스피커, 마이크, 동작 감지 센서, 광 센서, 미러 등 여러 센서를 탑재해 증강현실(AR)을 구현하는 제품이다. MEMS 센서는 한창 발전하고 있는 자율주행차 시대를 이끄는 핵심 기술이기도 하다. AR 솔루션은 스마트 안경뿐 아니라 자율주행차의 헤드업 디스플레이나 창문에도 적용돼 운전자·탑승자의 안전과 편의를 한층 끌어올릴 수 있다. 휴먼머신 인터페이스(HMI)의 섬세한 발전이다. 올해 초 한국엔컴퍼니가 한국타이어엔테크놀로지와 함께 인수한 캐나다의 프리사이슬리 마이크로테크놀로지는 광통신 분야의 핵심 부품인 MEMS 미러 기술을 보유한 업체다. 프리사이슬리의 MEMS 미러는 정전기 방식을 이용해 0.48~1.5mm 크기의 거울을 빠른 속도로 정확하고 안정적으로 조정할 수 있는 핵심 기술을 바탕으로 5G 광통신 네트워크 및 데이터 센터 내에서 널리 사용되고 있으며, 이외

에도 라이다(LiDAR) 솔루션과, 의료용 3D 스캐너, 항공우주 정보통신용 부품 등으로 사업을 확대할 수 있을 것으로 기대된다. 마이크로(100만분의 1)와 나노(10억분의 1) 다음은 무엇인가. 피코(Pico, 1조분의 1)가 있고 펨토(Femto, 1000조분의 1)가 있으며 그 너머에는 아토(Atto, 100경분의 1)가 있다. 이 글이 쓰이고 읽히는 와중에도 세계 곳곳의 학계와 산업계는 이미 나노를 넘어서고 있을지 모른다. 안전하고 섬세하며 우월한 테크놀로지로 맞이하는 미래는 늘 진지함과 설렘을 동반한다. 1959년 ‘나노’의 개념을 창발한 볼세첼의 물리학자 리처드 파인만 역시 그런 앞날을 어렵פות하게나마 내다봤으리라. **12**



©Beesjunior

1 백업에 왕도는 없다. 어떤 저장 매체를 이용하든 주기적으로 반복하는 것이 정답이다. 2 클라우드 서비스는 어떤 기기에서든 간편하게 접근할 수 있다는 게 장점이다. 3 CD나 DVD는 광디스크 드라이브 자체가 사라져가는 추세라서 백업용 저장 매체로서의 효용이 낮아졌다.

Decision to Backup

백년 기업은 있어도, 백년 데이터는 없다. 디지털 저장 매체에 대한 맹신을 경계하라는 얘기가. 종이는 사라져도 PC나 휴대폰만 있으면 데이터가 영원할까? 디지털 데이터는 사실 수많은 위협에 노출돼 있다. 데이터가 곧 자산인 시대, '백업할 결심'은 언제 해도 이르지 않다.

WORDS 이희욱 PHOTOGRAPHS 게티이미지



©Simpson33

1

©Luza Studios

2

©Steve Quattrini

3

우리는 종이 신문 대신 인터넷으로 뉴스를 읽고, 영화관을 찾지 않고도 안방에서 버튼 한 번만 눌러 최신 영화를 곧바로 감상한다. A4 용지나 종이 노트에 보고서나 글을 작성하던 시대는 지났다. PC와 휴대폰, 태블릿 같은 정보 기기로 일상을 기록하고 중요한 자료를 생성·수정·보관한다. 내 일상은 서랍 속 앨범을 떠나 휴대폰과 PC 하드디스크(HDD)에 고이 보관된다. 삶이 곧 디지털로 기록되고 보관되는 시대다.

그렇지만 디지털 데이터를 마냥 믿었다간 큰코다친다. 디지털 파일은 종이나 인화된 사진보다 보관과 관리가 쉽지만, 아날로그 데이터와는 또 다른 위험을 안고 있다. 공들여 만든 디지털 문서는 이를 지원하는 응용 프로그램(앱)이 사라지면 무용지물이다. 디지털 데이터는 또한 바이러스에 감염될 위험을 늘 안고 있다. 이메일이나 스팸 문자로 끝없이 쏟아지는 악성 프로그램(멀웨어)도 호시탐탐 내 데이터를 노린다. 위험으로부터 온전히 벗어날 수 없다면 최악의 경우를 대비해 중요한 데이터를 따로 보관해둬야 한다. 백업은 조심성 많은 이들의 과민 반응이 아니라 디지털 시대를 살아가는 필수 습관이다.

백업은 원본 데이터의 사본을 만드는 작업이다. 이왕 대비하는 거, 사본은 둘 이상 만들어두는 것이 좋다. 외장형 HDD에 하나, 클라우드 서비스에 하나만 만들어두는 식이다. 클라우드를 활용하는 이유는 언제 어디서든 인터넷만 연결돼 있으면 즉시 데이터에 접근할 수 있기 때문이다. 백업용 미디어는 수명이 길고 내구성이 강한 제품이 좋다. CD와 DVD는 장당 수백 원 정도로 값이 싼 것이 매력이지만, 수명이 짧고 외부 충격에 약하다. 겉보기엔 멀쩡해도 몇 년만 지나면 자연스레 손상된다. 짧게는 3~5년, 길어도 10년이 지나면 저장된 데이터를 제대로 읽지 못할 수 있다. 그러니 중요한 데이터의 백업 용도로는 적합하지 않다. 요즘엔 광디스크 장치(CD/DVD 드라이브) 자체가 찾기 힘들다. 이미 외장형 HDD나 플래시 미디어—메모리 카드, USB 메모리, SSD 등—가 이를 대체했다. 혹시 지금 집에 보관해둔 백업 CD/DVD가 있다면 당장 데이터를 뽑아서 다른 데 보관하길 권한다.

요즘엔 대체로 값싼 이용료로 어떤 기기에서든 손쉽게 쓸 수 있는 클라우드 서비스가 널렸다. 예전에 '웹하드'란 이름으로 불리던 서비스들이다. '구글 드라이브' '마이크로소프트 원드라이브' '네이버 마이박스' '드롭박스' 등이 대표적이다. 중요한 문서부터 사진과 동영상, 음악이나 영화 같은 미디어 파일을 구름 속에 올려놓고 언제든 꺼내 쓸 수 있다. 물론 일정 용량이 초과하면 월 또는 연 단위로 비용을 지불하고 써야 한다.

클라우드도 맹신은 금물이다. 업체 사정으로 해당 서비스가 문을 닫거나 외부 공격을 받아 데이터를 잃어버릴 위험이 있기 때문이다. 서비스가 중단될 경우 사전 안내를 통해

데이터를 이전할 시간을 주지만, 외부 공격은 속수무책으로 당할 수밖에 없다. 그러나 클라우드를 백업 용도로 쓰더라도, 네트워크에 연결되지 않은 오프라인 저장소에 별도 사본을 보관해두는 게 좋다. 실제로 SK텔레콤의 '클라우드 베리(구 T클라우드)'와 '다음 클라우드' 같은 개인용 클라우드들이 회사의 전략 변화나 이용 부진 등을 이유로 각각 서비스를 종료한 바 있다. 클라우드의 왕좌 아마존마저도 2023년 말을 끝으로 '아마존 드라이브' 서비스를 접는다.

'구글 포토'는 2015년 5월 발표된 이후 오랫동안 '대체 불가능한' 사진 보관 서비스로 군림해왔다. 사진 분류·보관·관리가 편리하기도 했지만, 무엇보다 무제한 저장 용량을 무료로 제공하는 것이 가장 큰 매력이었다. 그래서 비용 부담 없이 인생을 통째로 구글 포토에 보관해온 사람이 적잖았다. 그러다가 지난해 6월 유료 서비스로 전환하며 이용자들 발등에 불이 떨어졌다. 부랴부랴 대체 서비스를 찾았지만, 구글 포토만 한 서비스를 찾기도 어려웠고 방대한 데이터를 옮길 엄두도 나지 않았다. 결국엔 방향 끝에 구글 포토로 되돌아와 지갑을 연 이용자들의 사연이 한동안 이어졌다. 클라우드는 매력적인 백업용 서비스지만, 한 번 저장 잡히면 빠져나오기 어려운 서비스이기도 하다. 그게 싫다면 적당한 안식처를 찾아 이곳저곳을 떠도는 데이터 난민이 될 수밖에.

외장형 HDD나 USB 메모리는 대표적 오프라인 백업용 저장 매체로 점점 용량은 커지고 가격은 내려가는 추세다. USB 메모리 1TB 제품은 해외 직구를 이용하면 2만원대부터 구매할 수 있다(USB 3.0 지원 모델). 같은 용량의 HDD도 주요 온라인 쇼핑몰에서 5만원대부터 구매할 수 있다. 다만 HDD는 SSD나 USB 메모리에 비해 외부 충격에 약한 것이 단점이다. 실수로 외장형 HDD를 떨어뜨렸다가 망가뜨린 경험을 해본 이들이 적잖을 것이다. 중요한 데이터를 보관하려면 되도록 USB 메모리 같은 플래시 미디어를 활용하자.

디지털 시대, 데이터는 시간과 함께 쌓이고 변한다. 이 글을 쓰는 지금도 새로운 문서 데이터가 만들어지고 있다. 그러니 백업도 한번 하고 끝나는 게 아니라, 주기적으로 반복해야 하는 작업이다.

생각날 때마다 일일이 백업을 해도 되지만, 정기 백업 기능을 이용하는 것도 좋은 방법이다. 윈도나 맥OS 같은 주요 운영체제들은 자체에 데이터 백업 기능을 내장하고 있다. 윈도의 '파일 백업 및 복원', 맥OS의 '타임머신' 기능이 그렇다. 윈도 사용자는 제어판에서 '백업 및 복원'을 선택하고 '백업 설정'을 눌러 저장할 드라이브 위치와 백업 대상, 백업 주기 등을 지정해주면 된다. 맥에선 '타임머신' 앱을 열고 백업용 디스크와 윈도, 백업 대상을 지정하면 된다. 맥OS의 경우 백업 용도로 쓸 외부 저장 장치는 맥용 디스크 포맷인 '맥OS 확장 장널링' 방식만 허용된다. **12**

Surprisingly Slow

인류가 우주로 쏘아 올려 가장 멀리 간 보이저 1호 탐사선은 지구를 떠난 지 44년이 넘는 동안 시속 6만1200km로 날고 있지만 빛의 속도로는 겨우 22시간도 안 되는 거리다. 그저 빠른 줄 알았는데 곰곰 생각해보면 의외로 느린 게 많다. WORDS 안춘하 PHOTOGRAPHS 게티이미지, Courtesy



1

지난해 봄호(30호)에 소개된 제임스 웹 우주망원경이 예정 대로 발사돼 올해부터 작동을 개시해 지난 7월부터 망명한 우주의, 그러나 별과 은하가 가득한 사진을 찍어 보내고 있다. 제임스 웹이 처음 찍었다는 사진 다섯 장 중에서도 131억 광년 떨어져 있는 은하를 포함한 사진(SMACS 0723)이 관심을 불러일으켰다. 유사 이래 인간이 본 것 중 가장 먼 거리까지 촬영된 사진이다. 131억 광년의 거리라는 것은 131억 년 전에 출발한 빛이 초속 30만 km(시속 10억8000만 km)의 속도로 달려와 겨우 망원경의 센서에 도착했다는 얘기다. 우주가 그만큼 크다는 뜻인데, 무심히 들으면 절대적으로 빠른 줄 알았던 빛이 의외로 느리다고 생각할 수도 있다. <스타트렉>이나 <스타워즈>에 아무렇지도 않게 등장하는 '워프' 항법이 실현되지 않는 한 앞으로 인류—한 인간이 아니라 인류 전체—는 골백번 죽었다 깨어나도 우주를 구석구석 다 가볼 수 없다는 거다. 사실 맞는 말이고, 여차

피내가 가볼 수도 없는 거리인데, 어쩐지 섭섭하다. 지난 8월 5일에는 우리나라 최초의 무인 달 탐사선 다누리호가 미국 스페이스X의 팰컨9 로켓에 실려 성공적으로 발사됐다. 다누리는 아폴로 우주선처럼 며칠 만에 직진하지 않고 '탄도형 달 전이 방식(BLT)'으로 부르는 궤적에 따라 느리지만 효율적으로 영리하게 움직여가고 있다. 오는 12월에 달에 도착, 달 궤도를 돌며 다양한 탐사 임무를 수행할 예정이다. 다누리와 소통하며 임무를 운영할 항공우주연구원도 말하자면 드론 조종하듯 원격으로 달 탐사선을 관제하게 된다. 131억 광년 떨어진 우주 사진을 보고 난 다음이라서 갑자기 궁금해졌다. 달은 지구에 딸린 위성이고 밤마다 뻗히 보이는 거리에 있는데 다누리와의 교신에 '랙(Lag) 걸리는' 일은 없을까? 정답은 '예/아니오' 모두다. 랙이 걸린다고 얘기해도 되는 것은 관제소에서 보낸 신호가 다누리, 즉 달에 닿기까지 약 1.3초가 걸리기 때문이다.

지구와 달의 평균 거리가 38만 km라서 그렇다. 송신만 하는 일방통행이 아니라 인터넷 핑(Ping) 테스트처럼 뭐라도 회신을 받으려면 왕복 2.6초가 걸린다. 그런데 이걸 랙이 걸리는 게 아니라고 말할 수도 있다. 랙이 걸렸다는 표현은 비정상적으로 지연되거나 일시적으로 지체되는 현상을 말하는데, 달과의 교신에 왕복 2.6초가 걸리는 것은 지극히 정상적인 일인 데다가 변함없이 언제나 그만큼 걸리기 때문이다. 다누리 관제소 담당자가 누군지 모르지만 핑 테스트에 2.6초 걸리는 인터넷 속도에 익숙해져야겠다. 달은 약과다. 우리나라도 장차 화성에 탐사선을 보낼 텐데, 화성과 소통하려면 대답을 듣기까지 짧게는 6분에서 길게는 40분 넘게 걸린다(지구-화성의 거리는 편차가 크다). 이 또한 약과다. <2001: 스페이스 오디세이>에 등장하는 탐사선처럼 목성에서 지구와 통신하려면 가장 가까울 때가 왕복 65분, 가장 멀 때라면 1시간 50분 가까이 걸린다. 계속 약과다. 인간이



3



4



2

만들어 우주로 쏘아 보낸 물체 중 가장 멀리까지 간 탐사선 보이저 1호는 태양계를 벗어나 성간(Interstellar)에 진입했는데, 아직도 우주선(Cosmic Ray) 측정 데이터를 지구로 보내오고 있다. 그나마 이걸 편도 시간인데, 21시간 48분 걸린다! 시선을 또는 단위를 조금 낮춰보자. 지난 7월에는 국산 초음속 전투기 KF-21 '보라매'가 첫 비행에 성공했다. 보라매의 제원상 최고 속도는 마하 1.8이다. 마하 2가 넘는 F-22는 물론 <탐간: 매버릭>의 톰 크루즈가 젊은 시절에 탔던 F-14보다 느리다. 하지만 자동차가 그렇듯 속도가 전부가 아닌 데다가 스텔스 전투기 F-35의 사례(마하 1.6)처럼 임무에 따라 설계 사양이 결정되는 거다. 무엇보다 마하 1.8은 웬만한 권총탄의 총구 속도(마하 1~1.5)보다 빠르다. 아니 의외로 총알이 느린 건가? 총알 얘기가 나와서 말인데 '쏠살같다'는 표현이 있다. 날아가는 화살처럼 매우 빠르다는 관용구인데, 도대체 화살은 얼마나 빠를까? 우리나라가 역사적으로 활에 강했다지만 최신 장비로 쏘는 화살이 옛날보다 느릴 리는 없을 테니

1 제임스 웹 우주 망원경이 찍은 사진. 131억 광년 거리의 은하도 포함되어 있다. 2 KF-21이 첫 테스트 비행을 위해 이륙하는 모습. 총알(권총탄)보다 빠른 전투기다. 3 '쏠살같은' 속도는 시속 200km다. 사진과 같은 최신 컴파운드 활(Compound Bow)이라면 최고 300km/h까지 나간다. 4 메이저리그 투수가 던지는 강속구는 당신(의 자동차)보다 느리다.

지난 도쿄 올림픽에서의 양궁(Recurve Bow) 기록을 찾아봤다. 남자 선수 기준으로 화살 속도는 200~210km/h 정도. 음, 쏠살같다는 게 현대 아반떼 N보다 느리군. 스포츠 기록이 점점 향상된 것과 마찬가지로 요즘 메이저 리그 투수들의 직구는 평균 시속 150km다. 160km/h가 넘어야 '좀 빠르네' 할 정도다. 기네스 세계 기록은 2010년 아를디스 채프먼이 던진 169.1km/h짜리 공이다. 도구를 이용하지 않고 팔을 휘둘러 던진 야구공 속도가 시속 170km에 육박한다니 어마어마하다. 하지만 자동차 운전자에게 저 속도 자체는 그닥 놀랍지 않다. 안전 운전을 일삼는 당신조차 170km/h를 찍은 적이 있을 거라는 데 500원을 걸겠다. 작정하고 기록을 내기 위해 여러 가지 조건을 갖춰 달린 부가티 베이론 슈퍼스포츠(431.1km/h)나 킥네스고 아제라 RS(447.2km/h)의 속도는 놀랍다. 더 놀라운 것은 인간의 신경 전달 속도(뉴런의 종류에 따라 다르다) 중에서도 빠른 게 겨우 초속 120m라는 점. 시속으로 환산하면 방금 언급한 슈퍼카와 비슷한 432km/h다. 의외로 느리지만, 우리가 광속에 맞먹는 것처럼 빠르게 느끼는 건 도달 거리(몸의 크기)가 짧아서일 뿐이다. **11**

Can Eat Light?

단지 광합성만으로, 태양으로부터 받은 빛에너지를 바탕으로 그토록 꾸준히 성장을 계속하는 식물의 가능성이 경이롭다. 이 능력을 인간이 취할 수는 없을까?

WORDS 민소연 PHOTOGRAPHS 게티이미지, Courtesy

광합성의 힘. 세계 최대의 나무 '셔먼 장군'의 키는 83m가 넘는다.

©Peter Kralow/Getty Images

미국 캘리포니아주에 있는 레드우드 국립공원에는 세상에서 가장 큰 나무 '셔먼 장군(General Sherman)'이 있다. 나이가 2000살에서 3000살 사이로 추정되는 이 자이언트 세콰이어의 키는 무려 83.8m, 둘레는 31m에 이른다.

자연과 식물의 힘을 상징하는 사례 중 하나다. 모든 생물은 생명을 유지하고 활동하기 위해 에너지가 필요하다. 식물은 햇빛을 이용해 스스로 양분을 만드는데 이를 광합성이라 한다. 빛과 물, 이산화탄소를 재료로 유기물(포도당)과 산소를 만들어내는 광합성은 식물과 동물을 구분하는 가장 큰 특징이기도 하다.

거의 무한대라 할 수 있는 태양에너지만 있으면 스스로 유기물을 합성해 에너지를 얻는 식물의 능력을 인간에게 적용할 수 있다면? 그래서 인간이 광합성만으로 살아갈 수 있다면? 우선 우리가 발생시킨 이산화탄소를 자체 흡수해 기후 위기의 지구를 되돌릴 수 있지 않을까. 먹고살기 위해 애써 노력하지 않아도 생존이 보장되니, 어쩌면 치열한 경쟁이 사라진 나른한 사회가 될 수도 있겠다.

이러한 SF적 상상은 벌써 여러 창작물에 등장한 바 있다. 미국 SF 작가 존 스칼지의 소설 <노인의 전쟁>에 등장하는 미래 군인에게는 발달한 유전공학으로 '제조'한 녹색 육체가 주어진다. 특히 피부 세포에는 엽록소가 있어 식량과 산소가 떨어진 상황에서도 최소한의 생존이 가능하다. 한편 2017년 개봉작 <유리정원>의 주인공 이재연(문근영 분)은 몸속에 엽록체를 주입하는 '녹혈구 프로젝트'에 집착한다는 설정이다. 이유는 자연에 한없이 가까운 나무처럼 순수한 존재가 되길 바라서다.

이처럼 소설이나 영화에 등장하는 식물의 광합성은 군사적 생존 능력, 혹은 세속적 욕망을 초월한 순수한 존재 방식으로 해석되며 인간이 갖지 못한 특별한 가치로 여겨진다. 그런데 인간이 광합성을 하는 것이 정말 가능할까? 당연히 불가능에 가깝다.

사람이 광합성을 하지 못하는 것은 동물 세포에 엽록체가 없기 때문이다. 엽록체는 먼 옛날 세포가 잡아먹은 박테리아가 소화되지 않고 세포의 일부로 공생·진화한 것으로 추측된다. 독자적인 DNA를 갖고 있어 미토콘드리아와 함께 대표적인 세포 내 공생체로, 마치 지주와 소작인 관계처럼 세포는 엽록체에 장소를 제공하는 대가로 포도당을 넘겨 받는다.

엽록체 게놈 연구 결과 46억 년 지구 역사상 단 한번 모든 엽록체의 조상 박테리아(남세균, 시아노박테리아)로 분류되는 광합성 박테리아)가 엽록체로 진화했는데, 이 시기가 최소 10억 년 전으로 추정된다. 광합성 박테리아를 잡아먹고 엽록체를 갖게 된 이 단세포 생물이 10억 년의 시간 동안 다시 여러 생물로 진화했는데 동물은 여기에 포함되지 않았다.

즉 인간에게 엽록체를 주입한다고 해서 식물이 그 긴 시간 자체적으로 이룩해온, 광합성을 위한 여러 장치와 유전적 시스템이 당장 적용될 수는 없는 것이다. 전문가에 따르면 인간이 체내에서 엽록체를 계속 생산하고 유지할 수 있기 위해서는 3000~3500개의 유전자가 필요한데 이 중 최소 2900개 정도가 식물 유전자다. 따라서 인간이 광합성을 하려면 상당한 양의 식물 유전자를 거부반응 없이 신체 조직과 결합시켜야 한다. 또한 체내의 엽록체가 빛에 반응하려면 피부가 투명해야 하는데 인간이나 육상동물은 햇빛에 견디기 위한 멜라닌 색소를 지니고 있어, 이 역시 실현시키기 어려운 일이다.

그런데 광합성을 하는 동물이 전혀 없는 것은 또 아니다. 나뭇잎을 닮은 푸른 민달팽이(Elysia Chlorotica)는 식물인지 동물인지 그 경계가 모호한데, 이들은 섭취한 조류(藻類)에서 엽록체를 빼앗아 광합성을 한다. 엽록체를 소화하는 대신 자신의 세포 안으로 이동시켜 광합성에 활용하는 것이다. 민달팽이는 조류로부터 엽록체와 유전자 모두 넘



푸른 민달팽이는 해조류를 먹고 부분적으로 소화시켜 엽록체를 자기 세포 속에 남기는데, 엽록체는 여전히 광합성을 통해 푸른 민달팽이에게 에너지를 제공한다.

겨받기 때문에 자신의 체내에서 광합성을 할 수 있다. 살아가는데 필요한 일부 에너지는 광합성으로, 나머지는 자신이 먹은 조류에서 얻는다.

또한 이러한 형질은 자손에게도 이어지는 것으로 밝혀졌는데, 바로 여기서 새로운 가능성을 찾을 수 있다. 푸른 민달팽이처럼 광합성이 가능한 동물을 만들어 식량 문제를 해결하자는 것. 실제로 광합성을 하는 어류를 개발하는 연구가 과학자들에 의해 진행되고 있다.

인간이 식물처럼 직접 광합성을 하긴 힘들어도 기술로 광합성 작용을 유사하게 만들어낼 수는 있다. 생체모방학(Biomimetics)의 일종인 인공 광합성은 햇빛을 에너지원으로 물이나 이산화탄소를 재료로 청정에너지인 수소나 고분자 화합물을 만들어낸다. 무기물에서 유기물을 생성하는 식물의 광합성을 재현하되, 반도체나 광촉매 기술로 그 효율을 높인 인공 광합성은 '21세기 연금술'이라고도 불린다.

한편 반대편에서는 햇빛 없이도 광합성을 하는 기술을 연구 중이다. NASA와 연계한 므두셀라 재단이 주최한 '심우주 식량 경연(Deep Space Food Challenge)'은 빛이 없는 심우주를 항행하면서도 식량을 안정적으로 생산하는 새로운 가능성을 탐색하기 위한 목적으로 개최됐다. 1차(Phase 1)에서 우승한 팀은 미국 캘리포니아대학교 리버사이드와 델라웨어대학교의 연구진이다.

어둠 속에서도 식물을 키울 수 있는 기술이 상용화된다면 우주 농사는 물론 자연환경(햇빛!)에 절대적인 제약을 받아왔던 농업의 패러다임에도 큰 변화를 불러일으킬 것으로 보인다. 만약 영화 <마션>이 요즘 만들어졌다면, 화성에서 살아남은 주인공의 식탁이 감자가 아닌 신선한 버섯과 채소로 풍성하지 않았을까. 음, 먹고살 만하면 지구로 돌아오려는 절박함이 1할 정도 사라지겠지만. **11**

1 동물은 비록 외모가 녹색이라도 햇빛을 에너지원으로 삼지는 못한다.
2 햇빛 없이 식물을 키울 수 있는 인공 광합성 기술이 개발되고 있다.

역사: 126년 대 92년	
<p>올림픽 첫 번째 하계올림픽은 1896년 그리스 아테네에서 열렸다. 프랑스의 피에르 드 쿠베르탱 남작이 1894년 국제올림픽위원회(IOC)를 창설하며 기반을 닦았다. 쿠베르탱 남작이 지독한 남녀 차별주의자였다는 점, 그래서 초창기에는 여성의 출전이 심하게 제한됐다는 점 등 시시비비를 가려야 할 부분이 적지 않지만, 적어도 ‘참가하는 데 목적이 있다’는 올림픽 정신은 되새길 만하다. 동계올림픽은 그로부터 28년 뒤인 1924년 프랑스 샤모니에서 처음 열렸다.</p>	<p>월드컵 세계축구선수권대회, 즉 월드컵이 시작된 주된 원인은 ‘축구의 프로화’였다. 1920년대부터 유럽과 남미를 중심으로 프로화의 물결이 몰아치면서 수많은 클럽과 선수가가 프로로 전향했지만, 당시 올림픽 무대는 아마추어만 출전할 수 있을 뿐이었다. 이에 세계축구연맹(FIFA)은 줄 리메 회장의 주도 아래 프로도 참가할 수 있는 세계 대회 개최를 서둘렀고, 그 결과 탄생한 것이 1930년 우루과이 월드컵이다. 단일 종목으로는 역사상 첫 선수권대회다.</p>

Olympics vs. FIFA World Cup

흔히 세계 3대 스포츠 제전으로 월드컵, 올림픽, 세계육상선수권대회를 꼽는다. 이 셋 가운데에서도 사람들의 관심이 가장 많이 쏠리는 대회는 아무래도 월드컵과 올림픽, 두 대회가 아닐까 싶다.

WORDS 김유준 PHOTOGRAPHS 게이이미지

흥미로운 이야기거리: 콘돔 대 문어	
<p>올림픽 올림픽이 열릴 때마다 화제가 되는 것은 선수촌 도처에서 배포되는 콘돔이 아닐까 싶다. 올림픽 참가 선수단 등에 콘돔을 제공하는 관행은 1988년 서울 올림픽에서 후천성면역결핍증(AIDS) 예방 등을 목적으로 시작했다. 당시 배포된 콘돔 개수는 8500개. 이후 2008년 베이징에선 10만 개, 2012년 런던에선 15만 개, 2016년 리우 데자네이루에선 역대 최다인 45만 개가 무료 배포됐다. 지난 도쿄 올림픽에서는 대폭 줄여 15만 개. 2021년 당시 도쿄올림픽조직위원회는 코로나19 확산 방지를 위해 선수촌에서 사용하지는 말아달라고 당부하면서 다만 집으로 가져가는 건 가능하다고 밝혔다.</p>	<p>월드컵 승부를 점치는 문어가 등장한 것은 2010년 남아프리카공화국 월드컵 때. 독일에서 ‘파울’이라는 이름의 문어가 대회 기간 동안 우승팀을 물론이고 독일이 출전한 7경기의 승패를 모두 알아맞혀 화제가 됐는데, 안타깝게도 같은 해 10월 온 명했다. 횡감으로 팔려나간 것은 아니고 오버하우젠 해양생물관 물탱크에서 자연사했다. 이후 월드컵이 열릴 때마다 세계 곳곳에서 온갖 동식물이 등장해 승패를 예측했지만 파울보다 더 영험한 점쟁이는 없었다. 남아공 월드컵은 ‘부부젤라’라는 남아공 전통악기를 낚설지 않게 만든 대회이기도 하다. 좋은 의미에서든, 나쁜 의미에서든.</p>

규모: 206개국 대 211개국	
<p>올림픽 코로나19 팬데믹 여파로 2021년 치러진 2020년 도쿄 올림픽의 경우 33개 종목에 206개국에서 1만1417명이 참가했다(대한민국은 29개 종목, 선수 232명, 임원 122명 참가). 팬데믹 때문에 규모가 대폭 줄어들었는데, 그렇다고 하더라도 1964년 같은 도시에서 올림픽이 열렸을 때 92개국에서 선수 5000여 명이 참가한 것을 돌이켜보면 그동안 규모가 두 배 이상 커졌음을 알 수 있다.</p>	<p>월드컵 축구라는 단일 종목인 만큼 올림픽보다 참가 선수와 임원 수는 대폭 적다. 하지만 국가대항전으로서 참가국의 숫자만큼은 대등하다. 2018년 러시아 월드컵은 사상 처음으로 211개 FIFA 회원국이 모두 예선 참가를 신청했다(결국 취소하거나 실격된 나라도 있지만). 예선에 나선 나라가 몇 이든 간에 본선은 언제나 32개국 이 치른다(예선 통과 31개국+주최국). 11개 도시, 12개 경기장에서 64경기가 치러졌다.</p>

개최 일정: 보름 대 한 달	
<p>올림픽 여러 종목의 경기가 여러 경기장에서 동시다발로 진행되는 터라 참가 선수단의 규모는 월드컵보다 크지만 일정은 짧다. 보름 남짓 걸리는 게 보통인데, 지난 도쿄 올림픽의 경우 2021년 7월 23일부터 8월 8일까지 17일간 열렸다.</p>	<p>월드컵 축구 경기는 과격하다. 때문에 한번 경기를 뛰고 나면 선수들이 체력을 회복하는데 시간이 꽤 걸린다. 당연히 대회 일정도 길어진다. 지난 러시아 월드컵은 2018년 6월 14일에 시작돼 7월 15일에 끝났으니 32일 걸렸다.</p>

적절한 비유: 백화점 대 전문점	
<p>올림픽 미국 할리우드에서는 유명 스타들이 대거 출연하는 영화를 두고 ‘백화점 영화’라고 부른다. 율여름 개봉된 <비상선언>도 바로 그런 영화가 아닐까 싶다. 송강호와 이병헌만으로 부족했는지 전도연에 김남길에 임시완까지 출연시켰으니까. 이런 영화의 장점이라면 볼거리가 보장돼 있다는 것이다. 올림픽도 이와 비슷하다. 수많은 종목에 수많은 스타가 대거 등장해 세계 최고의 자리를 놓고 자웅을 겨룬다. 그만큼 시선이 여럿으로 분산된다는 단점이 있는데, 다행히 하루 이들이 아니라 보름 넘게 진행된다는 점에서 올림픽은 ‘백화점 영화’와 차별된다고 할 수 있겠다.</p>	<p>월드컵 올림픽이 다채로운 푸드 코트라면 월드컵은 ‘한 우물만 파는’ 전문 레스토랑이라 할 수 있다. 식당에 들어섰을 때 메뉴가 하나 또는 둘로 축약돼 있을 때 손님에게는 왓지 모를 신뢰감을 월드컵 또한 관객들에게 선사한다. 공 하나에만 집중하면 되는 안도감이랄까. 올림픽을 관전할 때 흔히 볼 수 있는 광경—몰입한 친구를 방해하며 옆의 친구가 경기 룰을 물어보는—은 월드컵에는 존재하지 않는다. 상대편 골대 안에 공을 자주 집어넣으면 그뿐인데 뭘 더 물어보겠는가? 그만큼 단순하지만, 단순함이 주는 명료함과 명쾌함이 월드컵의 가장 큰 장점이 아닐까.</p>



1 올림픽 금메달은 은에 최소 6g 이상의 금을 도금해 만든다. 지난 도쿄 올림픽에서 우승자에게 수여된 금메달은 총 340개다. 물론 단체 종목은 참가 선수 모두에게 메달을 수여하므로 실제 개수는 더 많다. 2 6kg 남짓한 월드컵 트로피는 18금이라서 순금 함량은 대략 4.6kg이니 올림픽에서 수여되는 금메달 전체보다 많이 들었다. 하지만 시상식 때나 잠깐 등장할 뿐이고, 우승국에는 도금한 복제품이 주어진다.

올림픽은 인기 배우가 총출동한 블록버스터 영화와 비슷하다. 수많은 종목에 수많은 스포츠 스타가 대거 등장해 세계 최고의 자리를 놓고 자웅을 겨룬다. 그만큼 시선이 여럿으로 분산된다는 단점이 있는데, 다행히 하루 이들이 아니라 보름 넘게 진행된다는 점에서 올림픽은 단순한 ‘백화점 영화’와 차별된다고 할 수 있겠다.

올림픽과 월드컵은 하얀 코끼리?

올림픽 | 2020년에 열릴 예정이었다가 1년 연기돼 이듬해 개최된 도쿄 올림픽. 잘 알려졌듯 엄청난 적자를 기록했다. 미국 경제 전문지 <포브스>는 “적자 규모가 32조원에 이를 것”이라고 예상했고, 심지어 40조원을 넘을 것이라는 예측도 나왔다. 도쿄 올림픽뿐만 아니라 올림픽을 개최한 국가(또는 도시)가 빚더미에 올라앉은 경우는 적지 않다. 올림픽 효과를 지나치게 기대한 나머지 막대한 예산을 투입했다가 흥행이 저조해 재정 손실을 입거나, 각종 시설을 지어놓고도 폐회 이후 방치하다 운영난을 겪기 때문이다. 캐나다는 1976년 몬트리올 올림픽으로 당시 28억 달러(약 3220조2000억 원)의 빚을 졌고, 스페인은 1992년 바르셀로나 올림픽으로 61억 달러(약 7조1500억 원), 그리스는 2004년 아테네 올림픽으로 90억 달러(약 10조3500억 원)의 적자를 낸 바 있다. ‘올림픽의 저주’라 불릴 만하다.

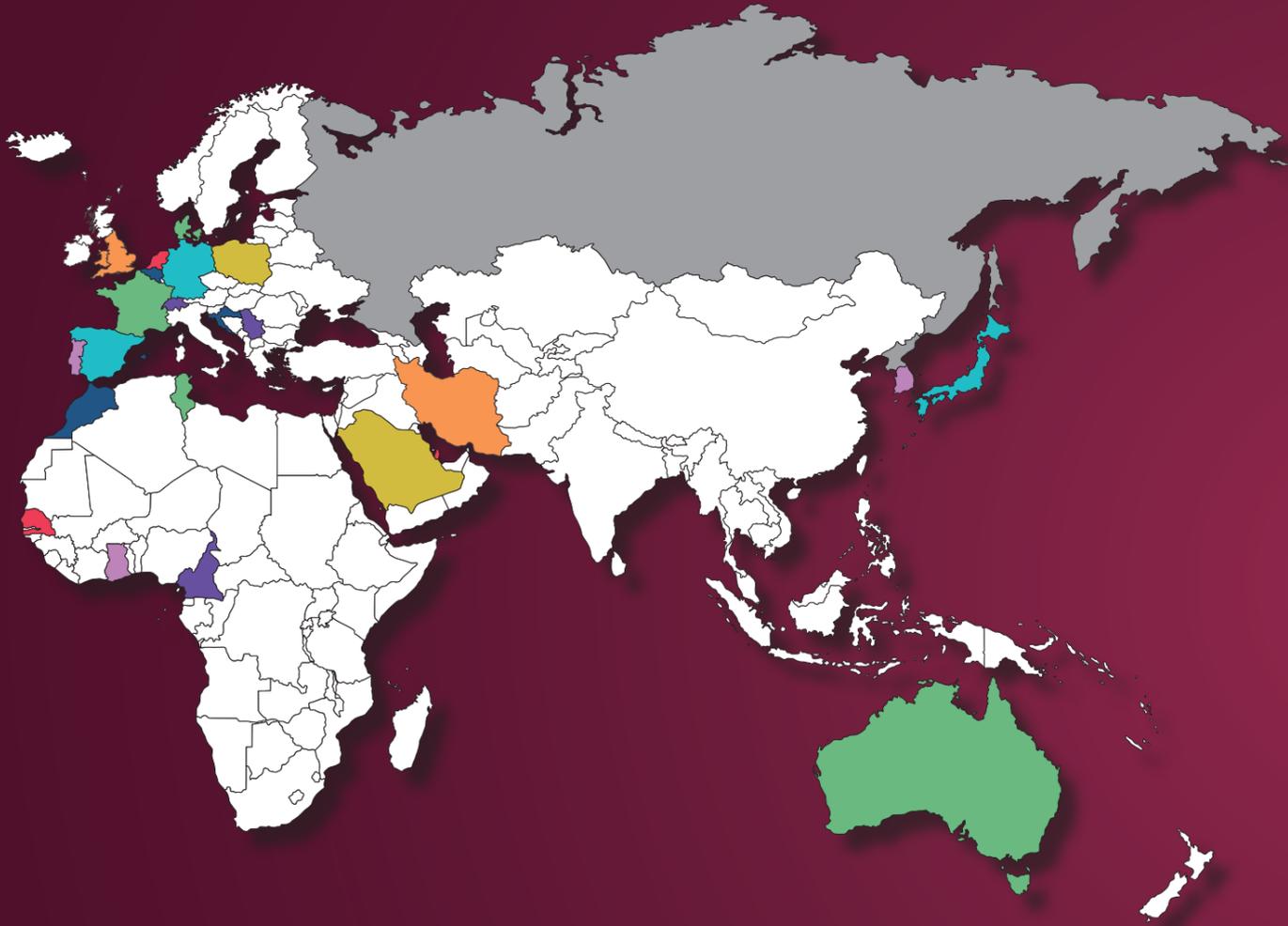
VS

월드컵 | 재주는 곰이 부리고 돈은 다른 누군가가 챙긴다는 말이 있다. 월드컵이 꼭 그렇다. ‘프로화’를 염두에 두고 시작된 대회라 중계권료, 광고료, 입장료 등 수익이 엄청나지만 그 대부분을 개최국이 아니라 FIFA가 가져간다. 2002년 한·일 월드컵을 예로 들어보자. 당시 한국과 일본은 월드컵을 동시에 치러 18억 달러에 이르는 수익을 냈다. 하지만 우리나라와 일본에 돌아온 몫은 각각 1억 달러에 그쳤다. 이런 구조라면 투자 및 인프라 비용을 고려할 때 개최국에 남는 장사일 리 없다. 브라질은 괜히 월드컵을 개최했다가 준결승에서 독일에게 1대 7로 대패하는 바람에 국가 전체가 파산 위기에 몰리기도 했다. 인도에는 어느 귀족이 왕에게 하얀 코끼리를 하사받았지만 건사하는 데 돈이 너무 많이 들어 파산했다는 이야기가 있다. 어쩌면 올림픽과 월드컵 또한 ‘하얀 코끼리’일지 모른다. **12**

2022 FIFA World War

11월 20일 카타르 월드컵이 개막한다. 세계 최대의 '축구 전쟁'을 앞두고, 자동 참가하는 개최국과 최종적으로 취소·포기한 국가를 제외하고도 205개국이 예선을 펼쳐 32개국이 본선에 진출했다.

EDIT 유정석 INFOGRAPHIC 김원태



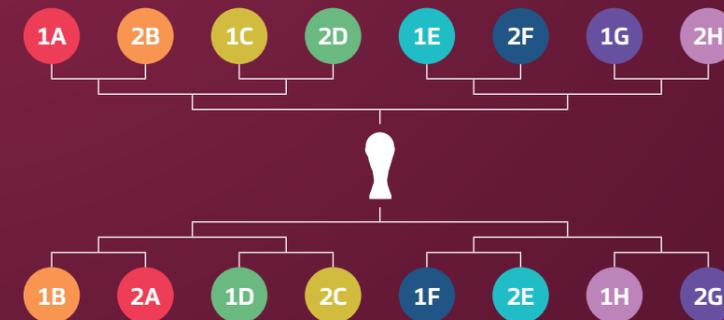
예선 참가국(흰색), 본선 진출국(조별 색상)

아시아 45개국	아프리카 54개국	남미 10개국	유럽 55개국
라이베리아	가이아나	가이아나	가이아나
레소토	과테말라	과테말라	과테말라
네팔	그레나다	그레나다	그레나다
대만	가나	가나	가나
동티모르	니카라과	니카라과	니카라과
라오스	도미니카 공화국	도미니카 공화국	도미니카 공화국
레바논	도미니카 연방	도미니카 연방	도미니카 연방
마카오	멕시코	멕시코	멕시코
말레이시아	몬트세랫	몬트세랫	몬트세랫
몰디브	미국	미국	미국
몽골	미국령 버진	미국령 버진	미국령 버진
미얀마	나미비아	나미비아	나미비아
바레인	나이지리아	나이지리아	나이지리아
방글라데시	남수단	남수단	남수단
베트남	남아프리카	남아프리카	남아프리카
부탄	공화국	공화국	공화국
브루나이	바베이도스	바베이도스	바베이도스
사우디아라비아	바하마	바하마	바하마
스리랑카	북마케도니아	북마케도니아	북마케도니아
시리아	북아일랜드	북아일랜드	북아일랜드
싱가포르	불가리아	불가리아	불가리아
아랍에미리트	산마리노	산마리노	산마리노
아프가니스탄	세르비아	세르비아	세르비아
예멘	스웨덴	스웨덴	스웨덴
오만	스위스	스위스	스위스
요르단	스코틀랜드	스코틀랜드	스코틀랜드
우즈베키스탄	스페인	스페인	스페인
이라크	슬로바키아	슬로바키아	슬로바키아
이란	슬로베니아	슬로베니아	슬로베니아
인도	아르메니아	아르메니아	아르메니아
인도네시아	아이슬란드	아이슬란드	아이슬란드
일본	아일랜드	아일랜드	아일랜드
중국	아제르바이잔	아제르바이잔	아제르바이잔
카타르	안도라	안도라	안도라
캄보디아	알바니아	알바니아	알바니아
쿠웨이트	에스토니아	에스토니아	에스토니아
키르기스스탄	오스트리아	오스트리아	오스트리아
타지키스탄	우크라이나	우크라이나	우크라이나
태국	웨일스	웨일스	웨일스
투르크메니스탄	이스라엘	이스라엘	이스라엘
파키스탄	이탈리아	이탈리아	이탈리아
팔레스타인	잉글랜드	잉글랜드	잉글랜드
필리핀	조지아	조지아	조지아
한국	지브롤터	지브롤터	지브롤터
호주	체코	체코	체코
홍콩	카자흐스탄	카자흐스탄	카자흐스탄
	코소보	코소보	코소보
	크로아티아	크로아티아	크로아티아
	키프로스	키프로스	키프로스
	튀르키예	튀르키예	튀르키예
	페로 제도	페로 제도	페로 제도
	포르투갈	포르투갈	포르투갈
	폴란드	폴란드	폴란드
	프랑스	프랑스	프랑스
	핀란드	핀란드	핀란드
	헝가리	헝가리	헝가리
	북중미 34개국	북중미 34개국	북중미 34개국
	타히티	타히티	타히티
	파푸아뉴기니	파푸아뉴기니	파푸아뉴기니
	피지	피지	피지
	유럽 55개국	유럽 55개국	유럽 55개국
	그리스	그리스	그리스
	네덜란드	네덜란드	네덜란드
	노르웨이	노르웨이	노르웨이
	덴마크	덴마크	덴마크
	독일	독일	독일
	라트비아	라트비아	라트비아
	러시아	러시아	러시아
	루마니아	루마니아	루마니아
	룩셈부르크	룩셈부르크	룩셈부르크

본선 조별 리그

Group A (11/20, 21, 25, 29)	Group B (11/21, 25, 29)	Group C (11/22, 26, 30)	Group D (11/22, 26, 30)	Group E (11/23, 27, 12/1)	Group F (11/23, 27, 12/1)	Group G (11/23, 27, 12/1)	Group H (11/24, 28, 12/2)
카타르	잉글랜드	아르헨티나	프랑스	스페인	벨기에	브라질	포르투갈
에콰도르	이란	사우디아라비아	덴마크	독일	캐나다	세르비아	가나
세네갈	미국	멕시코	튀니지	일본	모로코	스위스	우루과이
네덜란드	웨일스	폴란드	오스트레일리아	코스타리카	크로아티아	카메룬	대한민국

본선 토너먼트 대진표



9 Sugar Substitutes



바야흐로 대체 설탕의 시대다. 무지막지한 양의 설탕 때문에 탄산음료를 꺼렸던 이들은 죄책감을 느끼지 않으며 마음껏 즐길 수 있게 되었다. 설탕을 대체할 수 있는 인공감미료 덕분이다.

WORDS 이용재 PHOTOGRAPH 박남규

‘다이어트 코크’가 1982년에 출시되었으니 올해로 꼭 40년이다. 당시 코카콜라는 상표등록(1886년) 이후 근 100년 만의 신제품 다이어트 코크로 다시 한번 탄산음료계의 패러다임을 바꿔놓았다. 최근까지는 그저 구색 갖추기에 지나지 않은 것 같아 보였던 국내 식음료 시장의 양태도 체감할 정도의 변화를 보이고 있다. 코카콜라를 비롯한 메이저 제품군을 넘어 아예 ‘제로’ 음료만 신제품으로 내는 경우도 흔해졌다. 0kcal의 위력을 보여주는 방증이지만 인공감미료의 세계도 손을 놓고 방관하지 않은 않았다. 그동안 설탕과 맛의 격차를 계속 줄여온 것이다. 코카콜라만 하더라도 아세설팜칼륨을 첨가한 코크 제로를 2005년 출시한 뒤 2017년과 2021년 맛을 한 차례씩 다듬었다. 계속 앞으로 나아가고 있는 인공감미료의 세계를 살펴보자.

사카린(Saccharin) 다이어트 코크의 40년도 짧은 세월은 아니지만 인공감미료의 역사는 그보다 훨씬 더 길다. 태초에 사카린이 있었으니 역사가 1879년까지 거슬러 올라간다. 미국 존스홉킨스대학의 화학 교수 아이라 렘슨과 제자인 콘스탄틴 팔베르크가 타르에 포함된 화학물질의 산화 반응을 연구하다가 우연히 발견했다. 우리에게는 ‘뉴슈가’로도 알려진 사카린은 설탕(자당)에 비해 단맛이 300배나 강한 대신 쓴맛도 난다. 1977년 캐나다 국립국립보건연구소에서 쥐에게 실험해 종양을 발견했다는 연구 결과 공개로 사용이 제한되기도 했다. 그러나 1993년 국제식품첨가물 전문가위원회(JECFA)와 1995년의 유럽식품안전청(EFSA)에서 무해함을 입증한 이후 입지가 다시 점차 넓어지고 있다. 일부 다이어트 콜라도 아스타팜과 더불어 사카린으로 단맛을 낸다.

칼로리를 낮춘 설탕 대체재의 인기가 상승 곡선을 그리고 있다. 큐원(삼양사)의 액상 알룰로스.

아스파탐(Aspartame) 다이어트 코크의 기적(?)을 가능케 했던 아스파탐은 1965년 화학자 제임스 M. 솔라터가 발견해 1974년 미국 식약청(FDA)의 식품 사용 승인을 받았다. 설탕보다 200배 단 아스파탐은 열량이 전혀 없지는 않고 1g당 4kcal라서, 실제 사용량으로 환산하면 다이어트 코크 100ml당 1.2kcal가 된다. 결국 음료 캔 하나에 방울토마토 1개 분량의 열량이니 무시할 만큼의 미량인 데다가, 단백질 합성물로 혈당의 상승에 영향을 미치지 않는다. 암이나 고혈압과의 상관관계에 대한 우려가 계속 나오고는 있지만 여태까지는 근거가 없다고 알려져 있다.

아세설팜칼륨(Acesulfame Potassium) 아스파탐과 비슷한 시기인 1967년 독일의 화학자 칼 클라우스가 우연히 발견했다. 설탕보다 200배 단 아세설팜칼륨은 다른 인공감미료의 맛을 가려줘 한결 더 자당에 가까운 맛을 내주므로 배합해 쓰이는 경우가 많다. ‘코카콜라 제로’에서 접할 수 있듯 아스파탐이나 수크랄로스 와 함께 쓰인다.

수크랄로스(Sucralose) 영국의 식음료 첨가물 기업 테이트&러일의 연구진이 1976년 발견했다. ‘스플렌다’라는 제품명으로 알려졌으며, 설탕보다 단맛이 320~1000배 강해 미량만 넣어도 되므로 덱스트로스나 말토덱스트린 등의 포도당·다당류를 95% 이상 첨가해 부피를 늘린다. 따라서 수크랄로스 자체는 0kcal지만 첨가제 때문에 스플렌다의 경우 1작은술당 2~4kcal을 낸다. 설탕에서 추출해 다른 인공감미료보다 안전 논란에서 자유로우며, 단맛과 지속 시간이 설탕과 매우 흡사하다. 아세설팜칼륨처럼 다른 인공감미료와 배합될 경우 단점을 보완하고 단맛을 증가시킨다.

에리스리톨(Erythritol) 많은 인공감미료가 설탕보다 몇 백 배 이상 달지만 예외도 있다. 단맛이 설탕의 60~70% 수준인 에리스리톨이 대표적이다. 1848년 스코틀랜드의 화학자 존 스텐하우스가 발견해 1852년 별도의 성분으로 분리하는 데 성공했지만 상용화는 1990년대 일본에서 처음 이루어졌다. 설탕만큼 단맛을 내지 않으면서도 촉촉함을 잃지 않으므로 제과·제빵, 특히 케이크류에 많이 쓰인다.

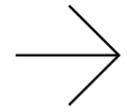
스테비아(Stevia) 일명 ‘설탕초’라 불리는 스테비아 잎에서 스테비오사이드를 추출해 단맛이 설탕의 300배에 이르는 인공감미료로 활용한다. 스테비아는 국화과의 식물로 중남미의 열대 산간 지방이 원산지인데, 국내에는 시험 재배용으로 1973년 들어왔다. 가루 형태의 제품 수요도 상당한데, 식품의 단맛을 내는 데도 쓰이지만 요즘은 농사에도 활용된다. 토마토·굴·키위 등을 재배하는 흙에 스테비아를 뿌려 당도를 증가시키는 방식이다.

설탕(칼로리)을 배제한 탄산음료는 새로운 패러다임을 이끌었다. 오늘날에는 ‘제로 칼로리’ 제품군이 대폭 다양해졌으며 설탕과 맛의 격차는 계속 줄어들고 있다. 인공 감미료는 배합을 통해 보완하는 경우도 많다.

알룰로스(Allulose) 무화과나 견포도 같은 과일이 함유하는 단당류로, 설탕에 비해 열량은 90% 낮고 단맛은 70% 수준이다. 1940년대에 처음 밀에서 확인된 알룰로스는 자연 상태에서 소량만 존재한다. 하지만 1994년 일본 가가와 대학의 이즈모리 켄 교수가 과당을 알룰로스 로 변환하는 공법을 발견해 대량생산이 가능해졌다. 2012년 6월 미국 FDA는 CJ제일제당의 요청을 받아들여 식품에 활용하기에 일반적으로 안전하다고 규정한 반면 유럽연합에서는 아직도 식품에 사용할 수 없다. 또한 삼양사는 세계 최초로 비GMO 알룰로스를 생산했다. 알룰로스는 대부분 옥수수에서, 일부가 사탕무에서 추출되고 있다.

모그로사이드(Mogroside) 우리에게는 나한과라 알려진 몽크프루트(Monkfruit)의 추출물인 모그로사이드도 설탕 대체재로 활용된다. 설탕보다 300배 단 모그로사이드는 아직은 비싸지만 점차 생산량이 늘면서 가격이 낮아지고 있다. 특히 스테비아와 배합해 많이 쓴다.

시클라메이트(Cyclamate) 설탕보다 30~50배 달아 인공감미료 가운데서는 강도가 낮은 시클라메이트는 주로 사카린과 10:1의 비율로 배합되어 서로의 단점을 보완해 쓰여왔다. 1937년 일리노이주립대학의 대학원생 마이클 스베다가 발견한 시클라메이트는 1969년 쥐를 활용한 실험에서 발암물질로 판명 나 미국에서 사용이 금지됐다. 1996년부터 제한을 푼 유럽연합을 비롯해 130여 개국에서 허용된 가운데 미국과 한국, 일본 등 일부 국가에서는 여전히 금지되어 있다.



MiU's Choice

당장 사지 않더라도 최신 트렌드를 알아두는 것은 이 다음의 현명한 소비를 대비하는 근사한 준비운동이다. <유>가 엄선한 아이템을 둘러보시라.
WORDS 오성윤 PHOTOGRAPHS PR, Courtesy



01 Neom

사우디아라비아가 발표한 '네옴'은 사막 위에 만드는 폭 200m, 길이 170km의 일자형 도시다. 다소 뜬구름 잡는 이야기로 들릴 수밖에 없었는데, 최근에 설계를 공개하면서 다시금 이목을 끌고 있다. 계획의 주안점은 도시 양쪽에 세우는 500m 높이의 구조물. 이 외벽이 900만 명의 시민을 위한 주거 시설 및 여타 건축물의 기능을 품고, 수직 구조를 활용해 개별 주민이 모든 주요 시설에 5분 안에 닿을 수 있도록 한다는 것이다. 내부에는 도로가 없고, 자연히 자동차도 다닐 수 없으며, 오직 도시 끝에서 끝까지 20분 만에 도달하는 고속열차만 운행한다. 실현 가능성에 대해서는 여전히 여러 전문가가 난색을 표하는 상황이지만, 아무튼 2030년 완공을 목표로 약 1조 달러가 투입될 예정이다. neom.com



02 ouTask

여행을 위한 새로운 개념의 랜턴 우태스크는 텔레스코픽 구조로 만들어 다방면으로 활용할 수 있다. LED 램프 헤드의 각도를 조절해 조명 각도를 자유롭게 바꿀 수 있으며, 완전히 뒤집으면 플래시처럼 손에 들고 다니며 앞을 비출 수도 있다. 기둥을 완전히 뽑으면(높이 1.1m) 넓은 지역을 밝힐 수 있다는 것도 큰 장점. 삼각대를 펼치면 어디든 세워둘 수 있으며, 다리에는 자석을 넣어 자동차나 쇠로 된 물체에 붙여 사용할 수도 있고 걸이용 구멍도 마련됐다. 3단계 밝기 조절 및 SOS 기능을 담았다. 11월 첫 배송 예정이며 정가 130달러(약 18만원). outask.life

03 Revolv

바이닐 레코드, 흔히 LP라고 부르는 음반의 요체는 '골'이다. LP의 표면을 들여다보면 동심원—정확하게 말하면 중앙으로 향하는 소용돌이—이 새겨져 있는데, 턴테이블에 얹어 규정 속도로 회전시키고 그 위에 바늘(스타일러스)을 얹어놓으면 골 모양에 따라 움직이면서 미세한 전기신호를 만든다. 이 신호를 앰프로 증폭시켜 스피커로 보내면 소리가 나온다. 리볼브는 이렇게 소리를 '물리적인 방식'으로 만들어내는 바이닐 레코드의 경이를 시각적으로 표현한 스마트폰 앱이다. 카메라로 레코드의 소리 골과 턴테이블 바늘의 움직임을 추적해, 거기에서 생성되는 음향(주파수 대역)을 증강현실로 표현한다. 신기함이야 한두 번 쳐보면 가시겠지만, 새로 산 레코드를 SNS에 자랑할 때 요긴하게 써먹을 수 있겠다. iOS만 지원하며 0.99달러다. signal-to-noise.co.uk



05 P.50 Built-It-Yourself Kit Car

P.50은 2010년 '세상에서 가장 작은 차'로 기네스북에 오른 삼륜차. 1962년 필 엔지니어링에서 출시해 1965년 단종됐던 차가 2011년부터 다시 출시되고 있지만 지적재산권은 누구도 보유하고 있지 않다. 말인즉슨 여러 회사에서 나온 다양한 레플리카가 있다는 뜻이다. "공중전화 부스보다 작고, 베스파보다 짧다"고 말하는 펜던 모터스도 그중 하나다. 이들은 심지어 P.50 BIY 키트까지 내놓았다. 기계적으로 단순하고 극도로 작고 가볍기 때문에 자동차 제작에 입문하기 위한 완벽한 모델이라는 것이다. 다양한 색상을 선택할 수 있고, 배터리+전기모터 또는 49cc 엔진은 별매다. 1만2795파운드(약 2000만원)부터. p50cars.com



Fender×MoFi PrecisionDeck

전자기타의 명가 펜더의 부사장은 어느 날 오디오숍에 갔다가 '모파이'—악조건 속에서도 오직 집념으로 유명 턴테이블 제조사가 된 음반 제작사—라는 브랜드에 대해 알게 된다. 그는 펜더와 모파이 사이의 연결 고리를 발견했고, 기타에 쓰이는 나무로 턴테이블 케이스를 만들어 펜더의 아이코닉 패턴 '3색 선버스트'까지 입혔다. 이게 바로 프리시전데크의 시초다. 두 브랜드는 턴테이블의 모든 요소를 심도 있게 고민했으며, 최고의 음향 전문가의 감수까지 받았다. 기념 모델의 의미를 넘어 기능적으로 진일보한 턴테이블을 만들고자 했다는 뜻. 1000대 한정판으로 가격은 3495달러(약 470만원). mofi.com



06 Bowmore×Aston Martin ARC-52

영국 최고의 슈퍼카 브랜드 애스턴마틴과 싱글몰트 브랜드 보모어의 합작품. 1968년에 증류한 52년산 스위스키로, 각각 세리와 버번을 숙성시켰던 오크통에서 숙성시킨 싱글몰트를 섞어 만들었다. 애스턴마틴이 맡은 것은 디자인으로, 자연과 수공예의 미학을 결합해 '무중력'에서의 모습처럼 보이는 병을 만들었다. 자부심 강한 두 브랜드가 자사가 낼 수 있는 최고의 결과물만을 모았다는 뜻. 가격 또한 경이롭다. 7만5000달러(약 1억원). bowmore.com



07 Grasshopper Golf Backpack

캐디 없이 혼자서 메고 다니며 공을 칠 수 있도록, 심지어 골프장에 자전거를 타고 갈 수도 있게끔 고안된 배낭형 골프백. 스웨덴의 스타트업 그래스호퍼는 '새롭게 확장되고 있는' 스포츠인 골프를 위해 골프 백팩을 고안했다. 맨 채로 격하게 움직일 수 있도록 무게를 안정적으로 배분하는 배낭 형태의 내부에는 7개의 클럽을 고정할 수 있다. 분리해 세척 가능한, 단단하고 편평한 바닥 덕분에 어디에나 내려놓을 수 있으며 등 쪽에 달린 지지대를 펼치면 클럽을 꺼내기 좋게 배낭을 비스듬하게 세울 수 있다. 물병과 골프공, 티 등을 넣을 수 있는 공간도 마련했다. 무게 4.71kg, 가격은 299유로(약 40만원). grasshopperbags.com



08 Null Stern Anti-Idyllic Suite

별이 쏟아지는 스위스 밤하늘을 이불 삼아 잠들면 어떨까? 질문을 좀 더 정확히 해야겠다. 1박에 44만원짜리 호텔이 그냥 거리에 침대만 깔려 있는 '노상 객실'이라면? '0스타'라는 뜻의 null 스타는 스위스 곳곳에 벽도 지붕도 없는 스위트룸 네 개를 가진 호텔 브랜드다. 그나마 이전 객실 세 개는 스위스의 아름다운 풍경—중세풍 마을, 포도밭, 13세기에 세워진 석탑 옆—에 자리 잡았다면 최근 오픈한 '반목가적 스위트(Anti-Idyllic Suite)'는 시골 마을 길거리, 주유소 바로 옆에 세워졌다. 브랜드를 만든 쌍둥이 예술가 프랑크·파트릭 리클린의 설명에 따르면 기후 문제, 경제 문제, 안보 문제, 평등 문제 등에 대한 질문을 던지는 작품이라고. 예약을 통해 숙박할 수 있는 실제 호텔로, 조식은 물론 집사 서비스까지 제공된다. 약천후에는 일반 호텔 객실로 옮겨준다. nullsternhotel.ch



10 Prodrive Racing Simulator

프로드라이브는 모터스포츠 대회의 쌍벽인 F1과 WRC 출전 차량을 만드는 토퍼 레이싱카 제조사다. 이들이 35년 만에 처음으로 시뮬레이터를 만들었으니, 홈페이지에서는 이렇게 설명한다. "세계에서 가장 아름다운 레이싱 시뮬레이터." 최고 사양의 부품을 사용하기도 했지만, 그 자체가 하나의 예술 작품이 되게끔 의도했다는 뜻이다. 16겹 자작나무 합판에 피아노 블랙으로 광택 마감한 소재부터 우아한 유선형 디자인까지 모두 그런 고민의 결과다. 세전 가격 3만9000파운드(약 6100만원). prodrive.com



09 Minbay Pixel Artboard

'픽셀 아트'라는 장르가 있다. 어도비의 정의에 따르면 초기 컴퓨터 게임이나 비디오 게임 그래픽이 연상되는 그림을 통칭하는데, 해상도가 낮았던 시절처럼 그림의 점 하나하나가 보이는 게 핵심이다. 픽셀 말이다. 민베이는 휴대용 픽셀아트 단말기로, 한 변이 10cm 조금 넘는 손바닥만한 기기에 10cm(3.95") 터치스크린과 여섯 개의 버튼을 달아 어디서든 그림을 그릴 수 있게 했다. 오직 픽셀 아트에 최적화했으며 색상 옵션은 100가지, 해상도는 3종류를 지원한다. 픽셀 아트 커뮤니티나 SNS에 공유할 수도 있다. 300싱가포르달러(약 29만원). minbay.com



11 Richard Mille RM UP-01 Ferrari

여름호에 소개한 불가리 옥토피니시모 울트라를 기억하시는지. 스위스 워치 업계는 어쩌나 치열한지, 계절이 지나기 무섭게 '세계에서 가장 얇은 손목시계'의 왕좌가 바뀌었다. 리차드밀이 페라리와 파트너십 기념 모델로 내놓은 RM UP-01의 티타늄 케이스 두께는 1.75mm. 불가리보다 A4 용지 두께의 절반 정도(0.05mm) 더 얇고, 시곗줄을 포함한 무게도 30g에 불과하다. 무브먼트만의 두께는 1.18mm로 진동수는 4Hz(2만8800bph), 파워 리저브는 45시간이다. 하도 얇아 용두가 없으며 별도의 와인딩 드라이버를 이용해 수동으로 태엽을 감아줘야 하는 이 시계는 150대 한정 생산되며 가격은 188만8000달러(약 25억5000만원)다. richardmille.com

12 Space Campers

정작 테슬라 사이버트럭의 출시는 계속 미뤄지고 있으나, 사이버트럭 전용 부품 및 애드온을 위한 시장은 벌써 활황이다. 스페이스 캠퍼는 사이버트럭을 캠핑카로 만들어주는 서비스다. 가장 매력적인 부분은 사이버트럭 특유의 모듈식 레이아웃과 넓은 내부 구조를 활용해 '개조'라고 할 만한 구석 없이 설치할 수 있다는 점. 스위치만 누르면 차체에 탑재된 공기압축기가 공압 실린더를 작동시켜 단 몇 분 만에 지붕을 일으키고 텐트 구조를 만들어준다. 두 명이 누울 수 있는 10cm 두께의 메모리폼 매트리스를 갖고 있으며 캠핑용 주방, 외장 샤워 부스, 루프랙이 달린 태양전지판 등 다양한 옵션이 있다. 홈페이지에서 사전 예약 중. 선주문 가격은 2만4000달러(약 3200만원)다. spacecampers.com



EXIT

MiU 정기구독 안내

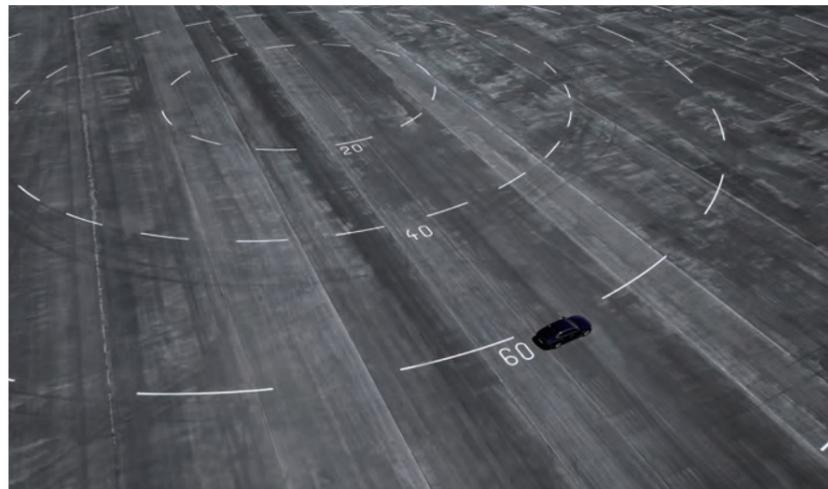
이번 호에서는 전기 생산에 대해 빙산의 일각이나마 지면에 다루었습니다. 연료를 태워 물을 끓여 만든 증기로 터빈을 돌려 전기를 만들어내는 대규모 발전소 외에도 소소한 '에너지 수확'을 포함해 전기를 생산하는 기술의 다양성과 깊이가 놀랍습니다. 그만큼 전기는 현대 문명의 혈류이자 우리가 숨 쉬는 공기만큼 중요하다는 방증입니다. <유>를 만들어 독자께 전하는 모든 과정 또한 전기가 없다면 불가능했을 것입니다. 전기의 존재가 고맙고, 이 고마움을 오래도록 누릴 수 있도록 노력해야겠습니다.

또 한 권의 책을 세상에 내놓으며 <유> 편집부는 독자 여러분께서 얼마나 만족하시는지, 개선되었으면 하는 내용이 있는지 무척 궁금합니다. <유> 편집부에 전하고 싶은 말씀이 있다면 아래 이메일을 통해 의견을 보내주십시오. 독자 여러분의 의견은 더욱 흥미진진한 내용을 담은 다음 호 <유>를 만드는 데 커다란 도움이 될 것입니다.

다음 호 <유>를 받아보고 싶으시다면 정기구독을 신청해주시요. 특히 다른 사람이나 카페, 은행, 골프장, 리조트, 자동차 서비스 센터, 대학 도서관에서 잠깐 빌려 읽은 분이라면 정기구독을 신청해 자택이나 사무실에서 편안하게 받아보시기를 권합니다. 하이테크 라이프스타일 정보를 다루는 <유>는 정기구독을 원하시는 분께 매호 발송해드립니다. 한국타이어엔테크놀로지의 사회공헌 활동의 일환으로 발행되는 정보간행물 <유>는 무료로 배포되며, 정기구독자에게 <유>를 보내드리는 비용 또한 무료입니다.

<유>와 함께 테크노마드 드라이브에 나서고자 하시는 독자께서는 정기구독을 신청해주시기 바랍니다.

정기구독 신청 접수 miusurvey.com
문의 및 독자 의견, 주소 변경 신청 miu@kayamedia.com



©Park Namkyu

HK GROOVY
HANKOOK TIRE × TREAD&GROOVE

