

'26.01.26~26.02.01. 글로벌 탄소산업 주요 동향

□ 2026년 북해 정상회의 개최: 해상 풍력 에너지 분야 유럽 협력 강화(26.01.26.)

※ [BMWE] 독일 정부가 해상 풍력 에너지의 국제적 협력을 확대하고 관련 산업의 경쟁력을 높이기 위한 새로운 전략 발표/ Media Room & Event

- <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2026/01/20260126-more-cross-border-expansion-of-offshore-wind-energy-and-strengthening-of-the-offshore-sector.html>
- <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Veranstaltungen/2026/20260126-nordsee-gipfel-2026-in-hamburg.html>
- #유럽 #독일 #해상풍력 #재생에너지 #전력 시장

- 베를린, 2026년 1월 26일 - 연방 정부는 오늘 해상 풍력 발전의 효율적인 확충과 유럽 내 전력망 연결을 강화하기 위한 포괄적인 추진 계획을 확정했다. 이번 조치는 2045년 기후 중립 달성을 위한 에너지 전환의 핵심 동력이 될 것이다



그림 1. 북해 정상회의 개최

- 북해 연안 국가들의 정상과 에너지 장관들이 북해 해상 풍력 에너지 확대 및 해양 부문 강화 방안을 논의하기 위해 북해 정상회의를 개최한다.
- 프리드리히 메르츠 독일 총리와 카테리나 라이헤 독일 연방 경제에너지부(BMWE) 장관의 초청으로 제3차 북해 정상회의가 2026년 1월 26일 함부르크에서 개최되었다. 독일 외에도 벨기에, 덴마크, 프랑스, 아일랜드, 아이슬란드, 룩셈부르크, 네덜란드, 노르웨이, 영국 등 9개 유럽 국가가 참가했으며, 유럽연합 집행위원회, NATO, 그리고 140여 개 기업, 협회, 비정부기구 대표들도 참석했다.
- 카테리나 라이헤 연방 경제에너지부 장관은 "북해는 그 어느 때보다 유럽의 핵심 전략 지역이다. 우리는 함께 북해에서 경제, 안보 및 에너지 정책적 이익을 강화하고 있다. 해상 에너지의 활발한 확장과 스마트한 네트워크 구축은 저렴하고 깨끗하며 안전한 에너지를 생산하고, 전략적 의존도를 줄이며, 유럽 전체의 회복력을 강화한다. 오늘 체결된 투자 협약은 정책 프레임워크를 안정화하고 지역 가치 창출과 고품질 산업 일자리를 보장한다."라고 밝혔다.



그림 2. 독일 BMWE 라이헤 장관

- 제3차 북해 정상회의는 2022년 덴마크와 2023년 벨기에에서 열린 이전 회의를 기반으로 하며, 당시 참가국들은 러시아의 우크라이나에 대한 불법 침략 전쟁과 그로 인한 에너지 위기에 대응하여 북해 지역의 풍력 에너지 확대를 위한 야심찬 계획에 합의했다.

100GW의 국경 간 발전 용량

- 참여국들은 구체적인 조치들을 채택했다. 특히 지역 협력 강화와 해상풍력발전소 및 관련 전력망 확장을 위한 자금 조달에 중점을 두었다. "협력 프로젝트" 건설 확대는 기존 부지의 효율적인 활용, 비용 절감, 에너지 시스템의 회복력 향상에 기여할 수 있다. "협력 프로젝트"란 두 개 이상의 국가와 연결된 해상풍력발전소, 그리고 다른 국가의 배타적 경제수역(EEZ)에서 연결된 해상풍력발전소를 의미한다. 특히 북해 연안 국가들은 최대 100GW의 발전 용량에 대한 국경 간 네트워크 구축에 합의했다.
- 북해 연안 국가, 해상 풍력 산업, 그리고 송전 시스템 운영자 간의 공동 투자 협약에서 모든 이해관계자는 북해 지역을 세계 최대의 청정에너지 허브로 만들겠다는 공동의 비전을 실현하기 위한 조치에 합의했다. 특히, 북해 연안 국가들은 2030년 이후까지 안정적인 해상 풍력 발전 입찰 파이프라인을 구축하여 풍력 에너지 및 전력망 산업에 계획 및 투자 안정성을 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 바탕으로 풍력 산업은 2040년까지 전력 생산 비용을 30% 절감하고, 2030년까지 유럽에 95억 유로를 투자하여 새로운 생산 설비를 확충하며, 9만 1천 개의 일자리를 추가로 창출하기로 약속했다.
- 북해 정상회의의 결정 사항은 다음 공동 선언문에 명시되어 있다.
 - 함부르크 국가원수 및 정부수반 선언
 - 함부르크 에너지 장관 선언
 - 북해 연안 국가, 해상 풍력 산업계 및 송전 시스템 운영자 간의 북해 해상 풍력 공동 투자 협약
- 이와 더불어 라이헤 BMWE 장관은 국경을 넘는 협력 프로젝트에 관한 다음과 같은 국제 협정에 서명했다.
 - 북해 해상 재생에너지 연계망 구축을 위한 협력 프로젝트 개발에 관한 공동 의향 선언
 - 북해 재생에너지 인프라 협력에 관한 공동 의향 선언
 - 발트해 및 북해 해상 재생에너지 협력 프로젝트를 포함한 에너지 분야 전략적 파트너십에 관한 공동 의향 선언
- 독일은 2026년 북해 에너지 협력(NSEC) 공동 의장국을 맡을 의사를 밝혔으며, 이에 따라 정상회의 결정 사항 이행을 추진할 것이다.

- 북해 정상회의는 2022년 덴마크 에스비에르 항구도시의 주도로 처음 개최되었다. 이 회의의 목적은 북해 연안 국가들 간의 해상 풍력 에너지 확대 협력을 강화하고, 우크라이나에 대한 러시아의 침략 전쟁으로 인해 발생하는 화석 연료 수입 의존도를 줄이는 것이었다.
- 제2차 북해 정상회의는 2023년 벨기에 오스텐드에서 개최되었으며, 제1차 덴마크 에스비에르 참여국(독일, 덴마크, 벨기에, 네덜란드)을 비롯해 노르웨이, 프랑스, 룩셈부르크, 영국, 아일랜드가 참여했다. 이 회의에서 참가국들은 북해를 "유럽을 위한 친환경 발전소"로 개발하고 2050년까지 북해에 최대 300기가와트(GW) 규모의 풍력 발전 설비를 공동으로 설치하기로 결의했다.
- 참여국들은 구체적인 조치들을 채택했다. 특히 해상 풍력발전소와 관련 전력망 확장을 위한 지역 협력 및 자금 조달 강화에 중점을 두었다. 예를 들어, 소위 협력 프로젝트 건설 증가는 기존 지역의 효율적인 활용, 비용 절감, 에너지 시스템의 회복력 향상으로 이어질 수 있다. 협력 프로젝트는 두 개 이상의 국가와 전력망에 연결된 해상 풍력발전소뿐만 아니라 다른 국가의 배타적 경제수역(EEZ)에서 연결된 해상 풍력발전소를 포함한다. 특히 북해 연안 국가들은 최대 100GW의 발전 용량에 대한 국경 간 전력망 연결에 합의 했다.
- 북해 연안 국가, 해상 풍력 산업계, 그리고 송전망 운영사 간의 공동 투자 협약에서 모든 당사자는 북해 지역을 세계 최대의 청정에너지 허브로 만들겠다는 공동의 비전을 실현하기 위한 조치에 합의했다. 특히, 북해 연안 국가들은 2030년 이후 해상 풍력 입찰의 안정적인 흐름을 확보하여 풍력 에너지 및 전력망 산업에 계획 및 투자 안정성을 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 바탕으로 풍력 산업계는 2040년까지 균등화 발전비용(LCOE)을 30% 절감하고, 2030년까지 유럽에 95억 유로를 신규 생산 설비에 투자하며, 9만 1천 개의 일자리를 추가로 창출하기로 약속했다.
- 정상회의 결과는 여기에서 다운로드할 수 있다. 결과에는 다양한 수준의 정부 간 정상회의 선언문, 북해 연안 국가들과의 협력 프로젝트 협정, 그리고 업계와의 협정이 포함되어 있다.



그림 3. 출처 | BMW E

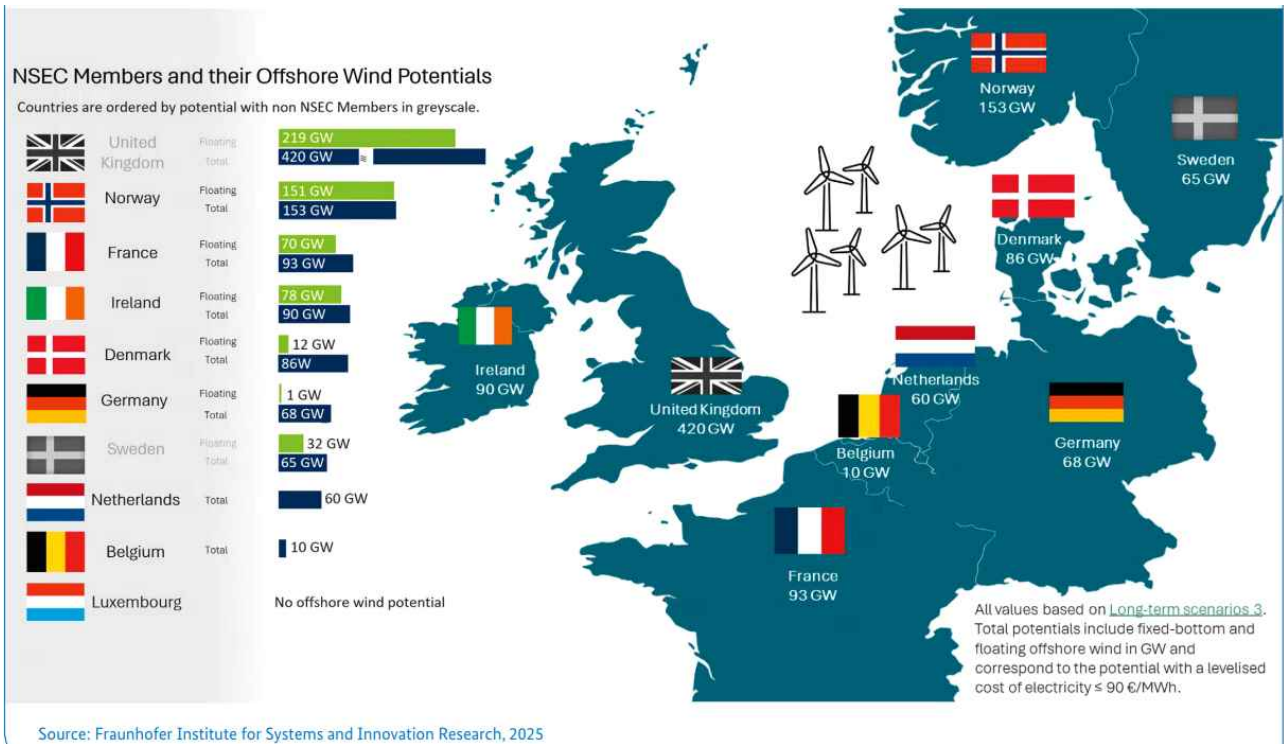


그림 4. 북해(North Seas) 지역의 해상풍력 기술적 잠재량. 2023년 기준 약 30GW 수준인 북해 해상풍력 용량을 2030년 120GW, 2050년 최소 300GW까지 확대하는 것이 목표이다. 출처 | Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, 2025

□ 2024년 유럽 원자력 발전량 4.8% 증가(26.01.29.)

※ [EU-Eurostat] 2024년, 원자력 발전을 시행 중인 EU 12개국은 총 649,524 기가와트시(GWh)의 전력을 생산했으며, 이는 2023년 대비 4.8% 증가한 수치로 원자력 발전량은 급감했던 2022년(609,255 GWh) 이후 2년 연속 증가세 및 원자력 발전소는 EU 전체 전력 생산량의 23.3% 차지/ News

- <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20260129-2>
 - https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_bal_peh_custom_19755149/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=f59a2c5e-e8ec-4d1d-afcf-2df8f9181ce6&c=1769006647000
 - #유럽 #에너지 #전력 시장
- 2024년 EU 12 개국의 원자력 발전량은 총 649,524기가와트시(GWh)로, 2023년 대비 4.8% 증가했다. 이는 2022년 감소세(609,255GWh) 이후 2년 연속 증가한 수치이다. EU 전체 전력 생산량에서 원자력 발전소가 차지하는 비중은 23.3%이다.
 - 유럽연합(EU) 최대 원자력 발전국인 프랑스는 EU 전체 원자력 발전량의 58.6%(380,451GWh)를 생산했다. 스페인이 54,510GWh(8.4%)로 그 뒤를 이었고, 스웨덴(50,665GWh, 7.8%)과 핀란드(32,599GWh, 5.0%)가 그 뒤를 이었다.
 - 2023년과 비교했을 때, 원자력 발전량은 프랑스에서 +12.5%로 가장 크게 증가했으며, 스웨덴(+4.5%)과 슬로베니아(+4.2%)가 그 뒤를 이었다. 나머지 원자력 발전국들은 슬로바키아의 -0.6%에서 네덜란드의 -10.3%까지 다양했지만, 평균 4%의 감소세를 보였다.
 - 독일은 2021년까지 EU에서 두 번째로 큰 핵연료 생산국이었으며, 2023년 4월에 핵연료 생산을 완전히 중단했다.
 - 2024년 기준 원자력 발전에 가장 크게 의존하는 EU 국가는 프랑스(전체 전력 생산량의 67.3%)와 슬로바키아(61.6%)였다. 헝가리, 불가리아, 벨기에, 핀란드, 체코에서는 전체 전력 생산량의 약 40%가 원자력 발전이었다. 반면 네덜란드에서는 원자력 발전소에서 생산되는 전력이 전체 전력 생산량의 2.9%에 불과했다.
 - (참고) 원자력 발전을 하지 않는 12개 국가는 덴마크, 독일, 에스토니아, 아일랜드, 그리스, 크로아티아, 이탈리아, 키프로스, 라트비아, 리투아니아, 룩셈부르크, 몰타, 오스트리아, 폴란드, 포르투갈이고, 슬로베니아에 위치한 원자력 발전소는 크로아티아와 50%씩 공동 소유하고 있다.

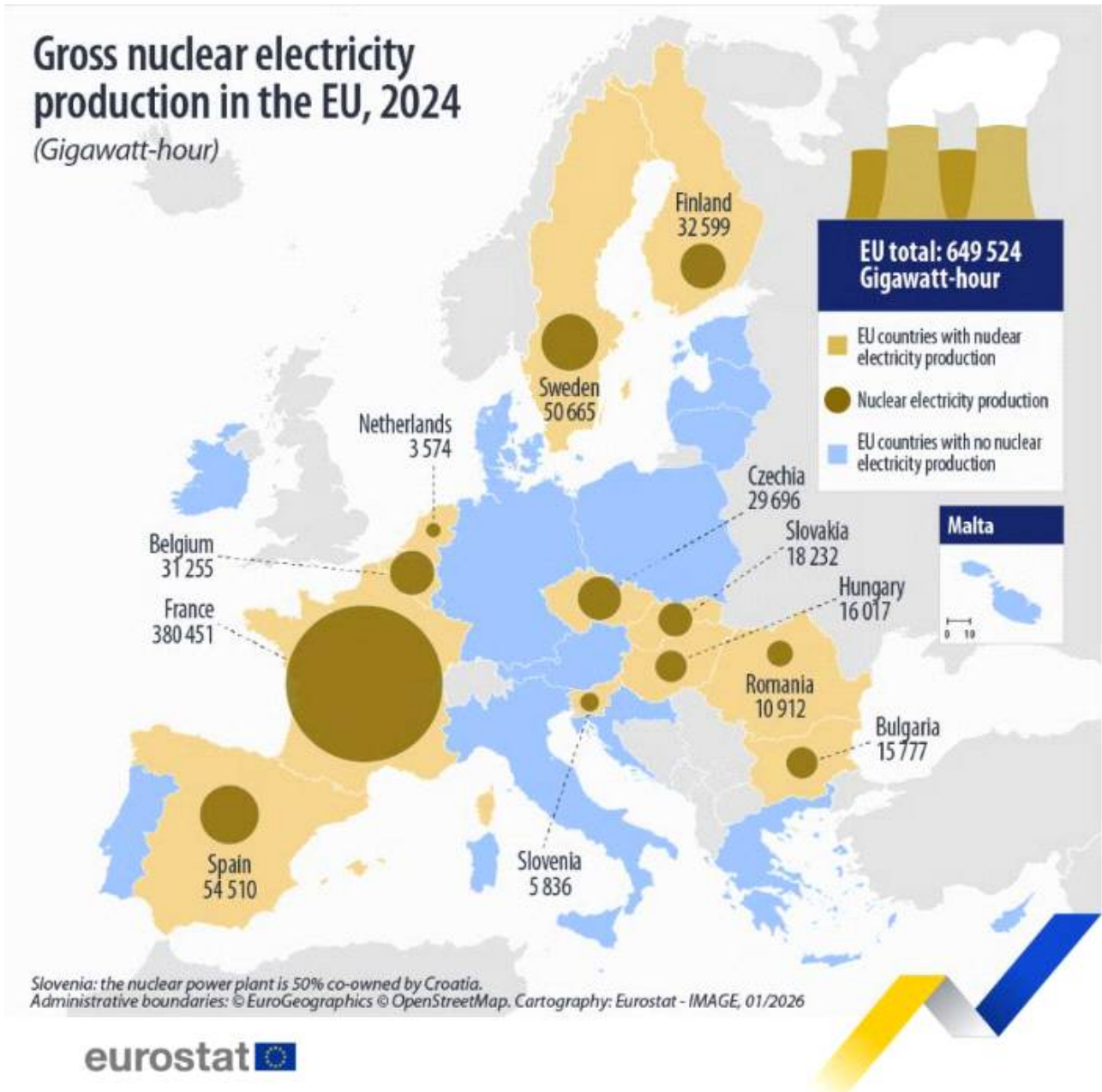


그림 5. 출처 | EUROSTAT 연료 종류별 전력 및 열 생산량 데이터

□ 영국 CFP Composites, 100% 재활용 가능한 순환형 내화 탄소섬유 복합재 소개(26.01.26.)

※ [Composites World] Longworth의 폐쇄형 DEECOM 시스템을 통합함으로써 100% 재활용 복합재를 회수하고 고성능 방화 재료로 재사용 가능/ News

- <https://www.compositesworld.com/news/cfp-composites-introduces-100-recyclable-circular-fireproof-carbon-fiber-composites>
- #영국 #복합소재 #재활용 #EOL
- 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장

○ CFP Composites(영국 더들리)는 재활용 기술 전문 기업인 영국 블랙번의 Longworth Engineering Ltd. 와 협력하여 오늘날 전 세계 산업계가 직면한 가장 어려운 지속가능성 과제 중 하나인 배터리 화재 방지 소재의 진정한 수명 주기 종료(EOL) 재활용 문제를 해결하고 있다.

○ CFP는 DEECOM의 압력 분해 재활용과 CFP의 특허받은 대규모 제조 공정 및 제품의 결합을 통해 다음과 같은 이점을 얻을 수 있다고 주장한다.

- 수명이 다한 실리콘 복합 부품에서 섬유와 수지를 100% 회수한다.
- 재활용 섬유를 본격적인 제조 공정에 직접 재사용한다(요람에서 요람까지).
- 1mm 두께의 재활용 적층 부품에 3kW 버너를 사용한 화재 시험 결과, 100% 새 부품과 동일한 성능을 보였으며 45분 이상 연소 후에도 관통 현상이 발생하지 않았다.



○ CFP Composites의 CEO이자 설립자인 사이먼 프라이스는 "당사의 완전한 순환형 솔루션은 고객에게 화재, 고온/미립자 및 EMI 차폐 성능을 제공할 뿐만 아니라, 모든 구성 요소가 재활용 가능하고, 매립 폐기물이 전혀 발생하지 않으며, 생산 과정의 모든 단계를 100% 투명하게 공개한다. 또한 금속 소재 대비 부품 무게를 75% 줄이고 사용 중 배출량을 크게 감소시키며, 윤리적이고 지역에서 조달한 원자재를 사용한다."라고 말했다.

○ 이 회사는 방화 라미네이트(FR.10), 유연 방화 매트(FR.3D) 및 3D 성형 구조 부품(FR.M)을 포함한 방화 복합 재료 솔루션을 제조한다.

□ 독일 HyEnD eV, 경량 탄소섬유 엔진에 Taniq 소프트웨어 사용 (26.01.26.)

※ [Composites World] 하이브리드 엔진 개발(Hybrid Engine Development)의 성공적인 액체 연료 로켓 엔진은 TaniqWind 설계 소프트웨어를 통해 구현된 경량 섬유 외피를 특징/ News

• <https://www.compositesworld.com/news/hyend-ev-uses-taniq-software-for-lightweight-carbon-fiber-engine>

- #독일 #우주 #탄소섬유 #복합소재 #필라멘트 와인딩
- 저자 : 진저 가드너, CompositesWorld 수석 기술 편집자

○ CW는 이 새로운 콘텐츠 형식을 통해 알고리즘의 한계를 뛰어넘고자 한다. "스냅샷"은 업계 관계자들이 공유하는 주요 복합재 개발 사항에 대한 간결하고 핵심적인 정보를 제공하여, 관련성과 명확성을 유지하면서도 독자들이 빠르게 정보를 얻을 수 있도록 설계되었다.

○ 하이브리드 엔진 개발(HyEnD eV)은 독일 슈투트가르트 대학교의 혁신적인 학생 로켓 개발팀이다. 이 팀이 개발한 액체 연료를 사용하는 1킬로뉴턴급 탄소섬유 로켓 엔진은 2025년 여름, 독일 항공우주센터 람폴트하우젠(DLR Raumfahrtantriebe)의 M11 시험장에서 시험 발사에 성공했다.

○ 이 엔진의 섬유 외피 설계는 네덜란드 로테르담의 TaniqWind 소프트웨어 덕분에 가능했다. 이러한 경량 설계를 바탕으로, 해당 로켓은 2025년 10월 유럽 로켓 경진대회 (EuRoC 2025)에서 2,903미터 고도에 도달했다.

○ CW 이전 기사에서 Taniq에 대해 더 자세히 알아보기 바란다.

- 복합재 탱크 및 파이프의 로봇 권선 공정 최적화
- Taniq의 하이브리드 시스템은 필라멘트 와인딩과 AFP 결합

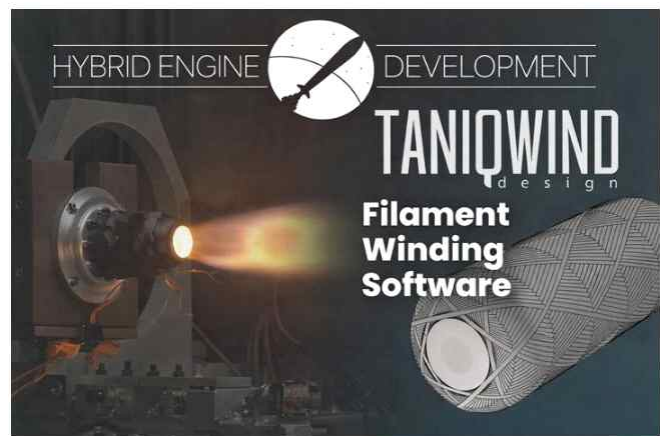


그림 7. 하이브리드 엔진 개발 로켓 팀은 CFRP 엔진에 TaniqWind 소프트웨어를 사용한다. 출처 | DLR 비디오의 하이브리드 엔진 개발 게시물, Taniq, CW의 조합.

□ 중국 동화대학교, 두꺼운 저융점 PAEK 적층재의 현장 응고 기술 시연('26.01.26.)

※ [Composites World] 민간 항공 복합재 센터는 가열 공구를 사용하지 않고도 1% 미만의 기포, 거의 제로에 가까운 뒤틀림, 우수한 압축성을 갖는 열가소성 복합재 적층판을 제작하여 OOA 생산 가능성 제시 / News

• <https://www.compositesworld.com/news/donghua-university-demonstrates-in-situ-consolidation-of-thick-lmpaek-laminates>

• #중국 #항공우주 #탄소섬유 #오토클레이브 #복합소재 #프로세스 #ATL/AFP #열가소성 수지

• 저자 : 진저 가드너, CompositesWorld 수석 기술 편집자

○ 중국 상하이 동화대학교 민간항공복합재료센터는 레이저 보조 자동 섬유 배치(AFP) 및 탄소섬유 강화 프리프레그와 저융점 PAEK 폴리머를 사용하여 제작한 7mm 두께의 열가소성 복합재(TPC) 적층판을 현장 응고하는 데 성공했다.

○ 현장 양생 과정에서 냉간 가공을 사용했음에도 불구하고, 팀은 다음과 같은 성과를 달성했다.

- 공극 함량이 극히 낮다..
- 뒤틀림이 적고 치수 안정성이 최적이다.
- 두꺼운 지반에 대한 견고한 보강이 된다.

○ "이러한 결과는 레이저 보조 현장 응고 기술이 확장 가능하고 오토클레이브를 사용하지 않는 생산에 활용될 수 있는 잠재력을 보여준다."라고 청 첸 부교수는 말하며, "특히 두께, 품질 및 형상 정확도가 중요한 경우에 더욱 그렇다." 라고 덧붙였다.

○ 이 작업에 대한 자세한 내용은 LinkedIn 에서 확인하실 수 있으며, TPC의 현장 통합에 대한 자세한 내용은 CW 의 관련 기사를 참조하기 바란다.



그림 8. 현장 강화 AFP를 사용한 7mm 두께의 탄소섬유/LMPAEEK 라미네이트. 출처 | 동화대학교 민간항공복합재료센터

□ 미국 Omni NDE, 로봇 컴퓨터 단층촬영술로 대형 복합재 구조물에 X선 CT 수준의 해상도 제공(26.01.28.)

※ [Composites World] Omni NDE 협업 로봇, X선 엔드 이펙터 및 Voxray의 재구성 접근 방식을 통해 크기 제약 없이 항공우주 부품의 5미크론 검사 수행 가능/ Articles

• <https://www.compositesworld.com/articles/robotic-computed-laminography-brings-x-ray-ct-resolution-to-large-composite-structures>

• #미국 #독일 #항공우주 #탄소섬유 #복합소재 #오토메이션 #비파괴 검사 #CT 스캔 #로봇

• 저자 : 스투어트 미첼, 기고 작가

- 복합재 항공우주 산업은 지속적인 검사 역설에 직면해 있다. 구조물의 크기는 점점 커지고 결함 탐지 요구 사항은 더욱 엄격해지는 반면, 기존의 컴퓨터 단층 촬영(CT) 시스템은 크기 제한이 매우 심하다. 예를 들어, 2미터 크기의 날개 외피 패널이나 로켓 페어링은 가장 큰 산업용 CT 스캐너에도 들어갈 수 없어 제조업체는 체적 X선 검사를 완전히 포기하거나, 파괴적인 절단 공정을 거쳐 사후 분석을 수행해야 한다.
- 미국 유타주 오그던에 위치한 Omni NDE는 대형 복합 구조물에 대한 CT 검사 방식을 근본적으로 혁신하는 로봇 기반 컴퓨터 단층촬영 시스템을 개발했다. 기존 CT의 원형 스캔 방식을 로봇의 임의 경로로 대체하고 고급 반복 재구성 알고리즘을 적용함으로써, 이 기술은 센티미터가 아닌 미터 단위로 측정되는 구조물에 대해 5 마이크로미터의 공간 해상도를 구현한다.
- 이 접근 방식은 항공우주 복합재 분야에서 충족되지 않았던 두 가지 중요한 요구 사항을 해결한다. 첫째, 초음파로는 제대로 분석할 수 없는 복잡한 내부 접합선을 시각화하는 것이고, 둘째, 기존 비파괴 검사(NDE) 방법이 모호한 결과를 도출할 때 합격/불합격 결정을 내릴 수 있도록 충분한 정확도의 2차 검사를 제공하는 것이다.
- "제가 이 분야에 처음 발을 들였을 당시 산업용 CT와 방사선 촬영 기술은 의료 영상 기술에 비해 10년에서 20년 정도 뒤쳐져 있었다."라고 의료용 CT 스캐너 개발 경력을 바탕으로 회사의 기술 방향을 제시한 옴니 NDE의 창립자 겸 CEO인 제임스 베넷 박사는 설명한다. "저희는 의료용 스캐너에 적용된 혁신 기술들이 복합재료 검사, 특히 기존 시스템으로는 검사하기 어려운 대형 구조물 검사에 있어 근본적인 문제들을 해결할 수 있다는 것을 깨달았다."

핵심 방법론

- Omni NDE의 솔루션은 회전/원형 CT 스캔 방식을 컴퓨터 단층촬영(computed

laminography)으로 대체한다. 컴퓨터 단층촬영은 기존 CT보다 수십 년 앞선 기술이지만 산업 현장에서의 적용은 제한적이었다. 원형 CT는 영상 시스템이 물체에 수직인 축을 중심으로 회전하는 반면, 단층촬영은 평평한 형태에 최적화된 평면 운동을 사용한다.

- 베넷은 "적층촬영법은 평면 또는 거의 평면에 가까운 구조물을 스캔하는 데 이상적이다."라고 설명한다. "복합재료나 CT 스캐너에 들어가지 않는 대형 구조물을 검사할 때는 이 방식이 매우 유리하다. 로봇이 부품의 형상을 따라가면서도 3D 입체 X선 검사를 수행할 수 있기 때문이다."
- 근본적인 혁신은 라미노그래피 자체에 있는 것이 아니라, 이 기하학적 구조를 로봇 구동 및 반복 재구성 알고리즘과 결합하는 데 있다. 기존 CT 재구성은 원형 투영 데이터를 3D 볼륨과 연결하는 푸리에 슬라이스 정리에서 파생된 해석적 해법에 의존한다. 이러한 폐쇄형 해법은 특정 기하학적 궤적에만 적용된다. 베넷은 "기하학적 구조가 임의의 궤적이 될 수 있는 경우, 이러한 방정식은 더 이상 작동하지 않는다."라고 지적하며, "따라서 임의 경로 CT라고 알려진 것을 가능하게 하는 반복 재구성으로 전환해야 한다."라고 설명한다.
- 반복 재구성 기법은 CT를 해석적 해법이 아닌 최적화 문제로 접근한다. 이 알고리즘은 3D 부피에 대한 초기 추정치로 시작하여, 이 추정치를 전방 투영하여 합성 X선 이미지를 생성하고, 이러한 시뮬레이션을 실제 획득한 투영 이미지와 비교하며, 차이를 최소화하도록 부피 추정치를 반복적으로 업데이트한다. 이 접근 방식은 계산 집약적이지만 최신 GPU 하드웨어 덕분에 가능하며, 해석적 요구 사항에 구애받지 않고 임의의 광원-검출기 형상을 허용한다.
- 평면 복합 구조물의 경우, Omni NDE는 광원 로봇과 검출기 로봇이 부품을 앞뒤로 왕복하며 스캔하는 래스터 스캐닝 패턴을 구현한다. 부품은 고정된 상태를 유지한다. 베넷은 "스캔 범위는 기본적으로 부품 크기에 관계없이 확장할 수 있다."라고 강조하며, "원한다면 어떤 크기의 로봇에도 시스템을 탑재할 수 있고, 로봇을 레일 위에 배치할 수도 있다."라고 덧붙였다.
- 이처럼 거의 무한대에 가까운 기하학적 범위는 두 가지 중요한 이점을 제공한다. 첫째, 복합 재료의 경우 투과 깊이가 사실상 무제한이 된다. 경사각 덕분에 패널 크기에 관계없이 X선이 항상 적절한 두께의 재료를 통과한다. 둘째, 관심 영역 스캔이 매우 간단해진다. 전체 물체 주변의 완전한 데이터 세트를 획득해야 하는 기존 CT와 달리, 라미노그래피는 특정 의심 영역에 계산 및 데이터 획득 자원을 집중할 수 있다. 베넷은 "날개 외피 패널에 충격이 가해진 특정 부위가 있다면, 부품을 회전시킬 필요 없이 해당 영역만 스캔하면 된다."라고 설명한다.
- Omni NDE와 독일 소프트웨어 회사인 Voxray GmbH(독일 뉘른베르크)의 파트너십

은 재구성 품질에 필수적인 요소였다. 베넷은 "이 회사 사람들은 전통적인 CT 분야가 아닌 컴퓨터 비전 분야 출신이다."라고 말하며, "그들은 컴퓨터 비전 분야에서 연구를 진행했는데, 그들의 박사 과정 지도교수가 물체를 반투명하게 만들면 CT에도 적용할 수 있을 거라고 제안했다. 그들은 Omni NDE의 자체 알고리즘보다 재구성 품질 면에서 훨씬 뛰어난 결과를 보여주었다. 그래서 우리는 그들과 협력하기로 결정했다."라고 덧붙였다.

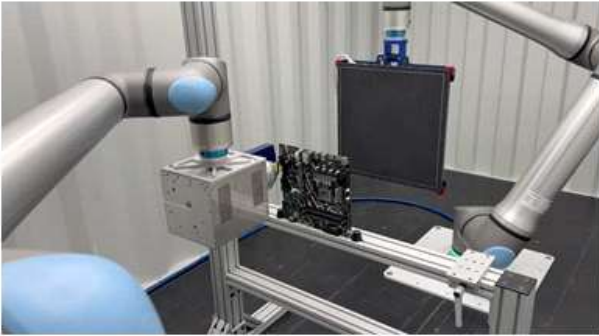


그림 9. 선적 컨테이너 스캔. 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 검사에 사용되는 낮은 X선 에너지(50~150킬로볼트 피크)는 강철 벽이 적절한 방사선 차폐를 제공할 수 있는 운송 컨테이너 내부에 휴대하여 배치할 수 있도록 한다.

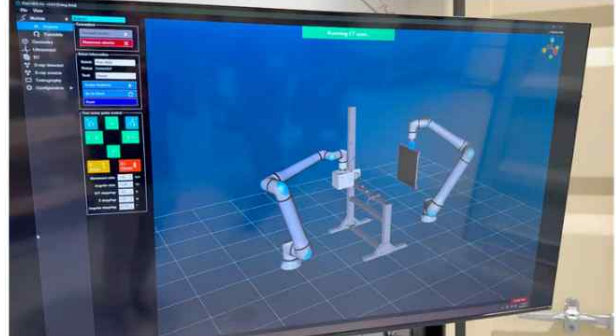


그림 10. 엔비디아 GPU가 장착된 표준 윈도우 워크스테이션. 간소화된 소프트웨어 인터페이스는 Nvidia GPU가 탑재된 표준 Windows 워크스테이션에서 로봇 위치의 실시간 3D 시각화 및 자동 스캔 경로 계획을 제공한다.

기술적 구현

- Omni NDE의 시스템은 협업 로봇, 마이크로포커스 X선 발생 장치, 디지털 검출기 패널 및 GPU 가속 재구성 소프트웨어를 통합하여 항공기 격납고나 제조 시설에 배치할 수 있는 이동형 플랫폼을 제공한다. 기본 구성에서는 로봇을 바닥판에 장착하여 3.6미터(12피트)의 스캔 폭을 제공한다. 확장 구성에서는 로봇을 선형 레일에 배치하여 사실상 무제한 이동이 가능하다.
- 탄소섬유강화폴리머(CFRP) 검사에 사용되는 X선 매개변수는 50~150킬로볼트 피크 범위에서 작동한다. 베넷은 "운송 컨테이너의 강철을 이용하여 X선을 낮은 수준으로 차폐할 수 있다."라고 설명한다. "낮은 에너지 요구량은 복합 재료가 금속에 비해 본질적으로 밀도가 낮기 때문에 효율적이다. 금속의 경우 상당한 양의 X선 발생원과 다양한 차폐 장치가 필요한 것과는 대조적이다."
- 이러한 저에너지 운전 방식은 장비 비용 절감 외에도 여러 실질적인 이점을 제공한다. 복합재료 검사에 필요한 방사선 안전 요건은 콘크리트/납으로 된 전용 금고 대신 넓은 출입 통제 구역을 요구한다. 따라서 항공기 격납고와 같은 장소에도 현장 배치가 가능해진다. 또한, 최소 출력으로 운전할 경우 선원의 수명이 크게 연장되어 소모품 비용을 절감할 수 있다.
- 레이저 표면 프로파일 측정법을 사용하여 샘플에 대한 로봇의 기하학적 보정을 수행한다. 이 표면 데이터는 후속 X선 스캐닝을 위한 좌표 기준 프레임을 설정하고

곡선 또는 불규칙한 형상에서도 일관된 이격 거리를 유지하는 로봇 경로 생성을 가능하게 한다. 시스템은 경로 계획을 안내하기 위해 CAD 모델을 가져올 수 있지만, 베넷은 "복합재료는 CAD와 절대 일치하지 않는다"고 지적하며, 따라서 직접 표면 스캐닝이 더 바람직한 경우가 많다고 말한다.

- 소프트웨어 인터페이스는 의도적으로 간소화된 워크플로우를 제공한다. 베넷은 "CT 촬영을 복잡하게 만드는 여러 세부 사항들을 단순화하여 2D 방사선 촬영만 다뤄본 사람도 쉽게 사용할 수 있도록 했다."라고 설명한다. 재구성 처리는 영상 획득 단계에서 자동으로 이루어지므로 스캔이 완료되는 즉시 최종 3D 볼륨을 대화형으로 시각화할 수 있다. 렌더링 엔진은 기존의 단면 보기, 최대 강도 투영, 그리고 전자 현미경과 유사한 선명도로 내부 구조를 보여주는 체적 렌더링을 포함한 다양한 표시 모드를 제공한다.

- 하드웨어 요구 사양은 그다지 높지 않다. 최소 사양은 엔비디아 GPU가 장착된 윈도우 워크스테이션이다. 베넷은 "제가 이 작업을 진행한 컴퓨터는 엔비디아 RTX A5000 하나가 장착된 일반 워크스테이션이었다."라고 말하며, "고성능 데이터센터용 GPU는 필수가 아니지만, 재구성 속도는 GPU 성능에 따라 달라진다."라고 덧붙였다.

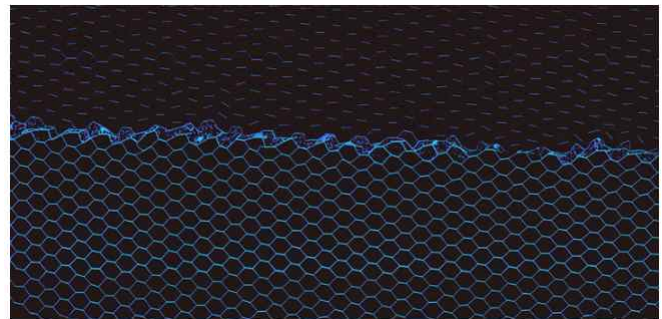


그림 11. 라미노그래피 세부 사항. 적층 구조 분석은 초음파 검사 방법으로는 감지할 수 없는 밀도 변화로 나타날 수 있는 접착면의 불연속성과 접착제 형상을 보여준다.

성능 검증

- 시연 목적으로 Omni NDE는 2x2피트 크기의 벌집형 코어 CFRP 샌드위치 패널을 망치로 의도적으로 손상시켜 실제와 같은 박리, 코어 파손 및 섬유 파손을 발생시켜 공구 낙하 또는 취급 과정에서 발생하는 손상을 재현했다. 스캔에는 한쪽 코봇 팔에는 X선 소스가, 반대쪽 팔에는 디지털 검출기 패널이 장착된 래스터 스캐닝 패턴이 사용되었다.
- 검사 순서는 두 번의 스캔으로 구성되었다. 첫 번째는 50킬로볼트 피크 전압과 4와트 출력으로 2제곱피트 면적 전체를 100마이크론 해상도로 조사하는 전면 조사로 65분이 소요되었다. 두 번째는 9제곱센티미터의 충격 영역에 초점을 맞춰 12마이크론 해상도로 관심 영역을 스캔하는 것으로 추가로 35분이 소요되었다.
- 100마이크론 해상도의 스캔 결과, 40마이크론 두께의 알루미늄 격벽을 포함한 모든 벌집형 셀이 드러났다. 충격 손상은 코어의 파쇄 및 변형이라는 뚜렷한 패턴을 보여주며, 접착 페이스트가 셀 벽과 접촉하는 접착 필렛이 명확하게 구분된다.

- 12마이크론 관심 영역 스캔으로 진행하면 이러한 형상에 대한 X선 이미징의 이론적 해상도 한계에 근접하는 특징들이 나타난다. 일반적으로 직경이 5~7마이크론인 개별 탄소섬유 다발이 뚜렷한 요소로 보인다. 충격으로 인한 섬유 파손은 불규칙한 손상 영역이 아니라 개별적으로 절단된 필라멘트로 나타난다.
- 얇은 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 표면층의 다공성은 측정 가능한 형태의 뚜렷한 공극으로 나타난다. 이 시스템은 공극의 형태를 기반으로 층 내부의 원형 공극과 층 사이의 길쭉한 공극을 구분할 수 있다. 재료를 절단하면 층 경계면에서 공극의 형태가 어떻게 변하는지 확인할 수 있으며, 이는 제조 공정의 차이를 나타낼 수 있다. 베넷은 "적층재 내부의 아주 작은 공기 주머니나 공극까지도 볼 수 있다."라고 설명하며, "각 층 내부에서 이러한 공극들을 매우 명확하게 관찰할 수 있다."라고 덧붙였다.
- 접착층의 접착 캐리어 직물은 접착선에서 뚜렷한 교차 격자 패턴으로 나타나며, 접착층의 다공성은 거의 모든 크기에서 관찰 가능하다. 확립된 기준 표준과의 검증을 통해 이 시스템이 CFRP 라미네이트에서 10마이크론 크기의 미세 기공까지 감지할 수 있음을 확인했으며, 높은 대비 감도로 수지 함량이 높은 영역에서 2~3%의 밀도 변화까지 식별할 수 있다. 특수 영상 품질 지표(IQI) 팬텀(CT 장비로 스캔하여 성능을 평가 및 모니터링하기 위해 재질과 구조가 알려진 물리적 물체)을 사용한 공간 해상도 측정 결과, 최적 조건에서 5마이크론의 해상도를 보이지만 최대 스캔 범위에서는 10~15마이크론으로 저하되는 것을 확인했다.

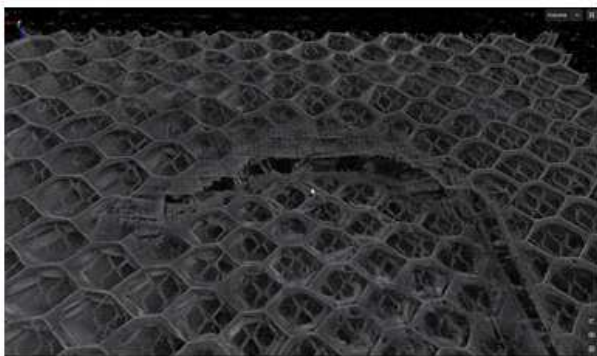


그림 12. 12마이크론 해상도의 입체 렌더링을 통해 충격 손상으로 인한 개별 탄소섬유 파손, 벌집형 코어의 파열 및 변형 패턴을 확인할 수 있다.

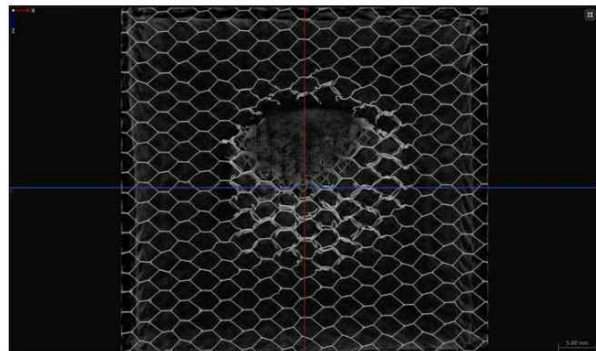


그림 13. 적층 구조 분석 결과, 손상된 부위에서 알루미늄 허니콤 코어와 CFRP 표면 시트 사이의 접착선 내부에 접착제 필렛 형상, 캐리어 직물의 교차 격자 패턴 및 개별 공극이 나타난다.

- 접합선 검사의 경우, 이 시스템은 기존 초음파 기술로는 특성 파악 능력이 제한적인 복합재-복합재 접합부, 특히 코어 접합부의 접착제 분포를 효과적으로 보여준다.
- 베넷은 "접착제가 접합부나 코어 스플라이스에서 실제로 어떻게 연결되었는지 또는 연결되지 않았는지 확인하려면 다른 방법은 없다."라고 말하며, "전 세계 항공우주

고객들은 바로 이러한 기능을 위해 저희 회사에서 시스템을 구매해 왔다."라고 덧붙였다.

산업적 영향

- Omni NDE의 라미노그래피 시스템을 통해 항공우주 엔지니어는 실제 결함이 있는 복합재의 형태를 시각화하고, 모호할 수 있는 초음파 신호나 파괴 검사를 통해 값 비싼 부품을 폐기하는 대신, 정보에 기반한 합격/불합격 결정을 내릴 수 있다.
- 계층형 관심 영역 스캐닝 검사 전략은 처리량과 정확도의 균형을 유지한다. 스텔스 항공우주 구조물은 특히 표면 기반 비파괴 검사(NDE) 방법으로는 검증할 수 없는 정밀한 기하학적 제어가 필요한 복잡한 내부 특징을 가지고 있어 매우 중요한 응용 분야이다. 베넷은 "방위 산업으로 진출하고 훨씬 더 복잡한 내부 구조를 가진 스텔스 구조물에 대해 논의하기 시작하면 이러한 기술이 필수적이 된다."라고 말한다.
- 이 기술은 수리 검증에도 적용되며, 수리 가능한 항공우주 복합재료에 대한 관심 증가에 대응한다. 예를 들어, 스카프 수리 시 접착제 분포 시각화, 접착 패치의 층 분리 순서 확인, 수리 재료의 경화 품질 검증 등은 기존 방식으로는 불가능했던 체적 검사를 통해 이점을 얻을 수 있다.
- 대형 구조물 CT 검사를 위한 경쟁력 있는 솔루션이 부재한 것은 시장의 관리 부실보다는 근본적인 기술적 장벽을 반영하는 것이며, 이는 로봇 적층 검사 기술이 차세대 항공우주 제조를 위한 핵심 기술로 자리매김 하게 한다는 것을 의미한다. 베넷은 "우리의 목표는 최신 기술 개발을 활용하여 검사 문제를 해결하는 동시에 새로운 가능성을 열어가는 것이다."라고 말한다.



그림 14. X선 발생원과 검출기를 갖춘 두 대의 협동 로봇(코봇). X선 발생 장치와 검출기를 장착한 두 대의 협동 로봇(코봇)이 대형 복합 구조물의 컴퓨터 단층촬영 검사를 위해 레스터 스캐닝 궤적을 따라 이동한다. 출처 | Omni-NDE

□ 대한민국 동남리얼라이즈, 바이오 기반 필러를 함유한 PP 복합재료의 구조-물성 관계 탐구하는 연구 진행(26.01.28.)

※ [Composites World] 리그닌, 바이오차, 폐조개껍질 분말 및 탄산칼슘 충전재를 순수 PP와 비교하여 환경 친화적인 미래의 복합재료에 대한 열적, 기계적 및 차단 성능을 평가하기 위해 종합적인 특성 분석 수행/ News

• <https://www.compositesworld.com/news/dongnam-realize-study-explores-structure-property-relationships-of-pp-composites-with-bio-based-fillers>

• #한국 #재활용 #복합소재 #지속가능성

• 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장

- 충남대학교(대한민국 대전)의 주도 하에 동남 리얼라이즈(대한민국 대전)는 목재, 목재와 바이오차, 굴 껍데기(폐껍데기), 탄산칼슘으로 만든 자사의 바이오 기반 CXP 소재와 복합재료에 사용되는 일반 폴리프로필렌(PP) 수지를 비교 연구하여 기능성을 향상시키고 환경 친화적인 소재를 개발하고자 했다.
- 2025년 7월 Fibers and Polymers 저널에 발표된 이 연구는 현대자동차, 미카와의 공동 연구를 통해 진행되었다.
- 분석의 편의를 위해 본 연구에서는 CXP 필러를 PP와 동일하게 취급하고 CXP의 에틸렌 사슬 분해 과정을 고려하지 않았다. 일반적인 물리적 특성에 초점을 맞추는 대신, 산소 투과율(OTR), 수증기 투과율(WVTR), 열전도율 및 열확산율과 같은 다양한 기능적 특성을 조사했다.
- 결과에 따르면 목재 기반 CXP의 산소 투과율은 PP(284)보다 1.5배 높았고, 수증기 투과율은 약 4배 높았다(1.11:4.55). 물 접촉각의 변화는 CXP가 PP에 비해 더 친수성을 더욱 분명히 보여주었다.
- 하지만 가장 주목할 만한 결과는 탄산칼슘(석회석) CXP에서 나타났다. 산소 투과율은 측정 한계를 초과했지만(즉, 산소가 투과 가능했지만), 수증기 투과율은 PP와 유사했다. 이는 CXP가 산소는 통과시키면서 습기는 차단한다는 것을 의미한다. 일반적으로 이러한 기능은 기능성 소재의 다층 복합재를 필요로 하지만, 본 연구는 단일 소재로도 이러한 기능을 구현할 수 있음을 보여주며, 향후 기능성 응용 분야에서 상당한 잠재력을 시사한다.
- CXP Wood는 동남리얼라이즈가 개발한 열연화성 바이오 기반 소재로, 임업 부산물, 쌀겨, 사과껍질, 인삼 찌꺼기 등 바이오매스를 지속 가능한 열가소성 소재로 변환한다.

- 회사에 따르면 이 목재 소재는 플라스틱을 사용하지 않고 사출 성형, 블로우 성형 또는 압출 성형이 가능하다.

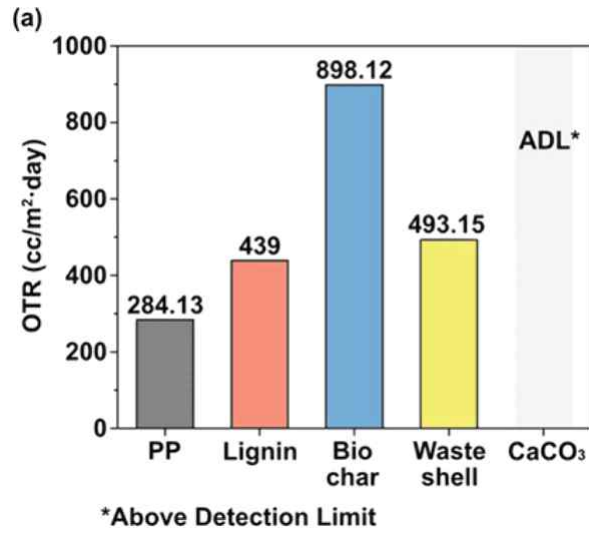


그림 15. 순수 PP와 리그닌, 바이오차, 폐조개껍질, 탄산칼슘을 첨가한 복합재료의 차단 특성 (23°C, 상대습도 50%)을 측정하였다. (a) 산소투과율(OTR) 및 (b) 수증기투과율(WVTR). (a)의 탄산칼슘 복합재료의 경우, OTR이 측정 장비의 검출 한계를 초과하였다. 출처 | 동남리얼라이즈

□ 미국 Owens Corning, 유리섬유 강화 사업부가 최초의 원형 유리 섬유 생산 라인 가동(26.01.28.)

※ [Composites World] 라르두아즈 공장은 현재 SUSTAINA LOOP 섬유를 생산하고 있으며, 유리섬유 폐기물을 생산 용광로에 지속적으로 재활용하고 있다. 또한 이산화탄소 배출량을 크게 줄이기 위해 수소 시범 생산을 진행 / News

• <https://www.compositesworld.com/news/owens-corning-glass-reinforcements-commissions-its-first-circular-glass-fiber-plant-production-line>

• #독일 #지속가능성 #재활용 #복합소재 #유리섬유 #순환 경제 #CAMX

• 저자 : 진저 가드너, CompositesWorld 수석 기술 편집자

- Owens Corning(미국 오하이오주 톨레도)의 SUSTAINA LOOP는 복합재 산업의 순환성을 높이기 위해 설계된 100% 순환형 유리섬유이다. 제조 과정에서 발생하는 폐기물과 수명이 다한 유리섬유를 재활용하여 만든 이 제품은 Owens Corning의 기존 어드밴텍스 E-CR 유리와 동일한 성능을 제공하며, 자동차, 풍력 에너지, 건설 등 다양한 분야의 기존 제품에 바로 적용 가능하다.
- SUSTAINA LOOP는 신규 원료와 순환형 유리섬유를 결합한 제품이다. 이러한 순환성은 국제 지속가능성 및 탄소 인증 기관(ISCC, 독일 쾰른)의 물질수지 인증 프로세스를 통해 모니터링 및 인증되며, 100% 순환성 주장의 정확성을 보장한다. 이 접근 방식을 통해 Owens Corning은 생산 공정에 순환형 유리섬유를 통합하는 동시에 투명성과 책임성을 확보할 수 있다.
- Owens Corning 라르두아즈는 수소를 연료로 사용하여 용광로를 가동하고 이산화탄소 배출량을 크게 줄이는 4개월간의 시범 운영을 적극적으로 진행하고 있다. 이 새로운 생산 라인은 고객사에서 발생하는 건조 유리 폐기물을 처리하여 SUSTAINA LOOP 제품을 생산하는 데 재활용할 수 있도록 한다.
- 2025년 12월, 해당 사업장은 750만 달러의 투자와 16,000시간의 노동력을 투입하여 라르두아즈에 SUSTAINA LOOP 프로젝트를 출범하는 기념식을 개최했다. 로랑 프록 공장장은 "우리는 함께 산업, 순환 경제, 그리고 환경적 책임을 발전시켜 나갈 것이다."라고 말했다.
- 이러한 성과는 Ahlstrom과 같은 고객사로부터 인정받아 Owens Corning에 "제품 탄소 발자국 최대 감소" 상을 수여했으며, SUSTAINA LOOP는 복합재 순환 경제 분야의 선도적인 발전으로 2025 CAMX 어워드 "최고의 혁신" 부문 최종 후보에 선정되었다.
- Owens Corning은 자사의 SUSTAINA LOOP 웹사이트 에서 유리 폐기물을 재활용하

여 매립지로 가는 것을 방지한다고 설명한다. 꼼꼼한 테스트와 분석을 거친 후, 폐기물을 다시 녹여 유리섬유로 만들어 Pulstrand 4100 및 SE1200과 같은 Type 30 단일 엔드 로빙 제품을 생산한다. SUSTAINA LOOP 유리섬유는 각 제품/용도의 성능 및 특성에 맞게 크기를 조정한다.

- SUSTAINA LOOP 외에도, 이 회사는 최대 100% 순환 함량을 가진 내식성 유리섬유인 SUSTAINA를 멀티엔드 로빙 및 건식 사용용 단섬유 형태로 제공한다.
- Owens Corning의 글로벌 재활용 및 순환 경제 구축을 위한 파트너십에 대해 자세히 알아보기.
 - 젠크라프트와 Owens Corning, 산업 폐기물 유리섬유 활용 강화
 - Owens Corning, 사빅 과 협력하여 PP 부품에서 재활용 섬유 시연
 - 파트너사인 아르케마, 쇼마라 그룹, 컴포지트 리사이클링, 베올리아, 베네토 그룹과 함께 메스트레이드 올해의 지속가능성 프로젝트상(2025년) 과 파리에서 열린 제18회 전국 혁신 책임자 회의(Rencontre Nationale des Directeurs de l'Innovation)에서 "최고 모범 사례 팀상 - 혁신상"을 수상 했다.



그림 16. Owens Corning, L'Ardoise에 100% 원형 유리섬유 공장 설립 출처 | Owens Corning 컴포지츠, 서스테이나 루프 웹사이트

□ 아랍에미레이트 ABFC와 Orlimex, 현무암 섬유 혁신을 위한 파트너십 체결 (26.01.28.)

※ [Composites World] Arab Basalt Fiber Co.와 Orlimex는 중동 지역의 건설 및 인프라 메가 프로젝트 증가를 이유로 내식성, 내열성, 저탄소 특성을 지닌 바살트 섬유의 도입 가속화/ News

- <https://www.compositesworld.com/news/abfc-orlimex-partner-for-basalt-fiber-innovation>
 - #아랍에미레이트 #건축건설 #천연섬유 #복합소재 #증원군
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
-
- 수직 통합 기업인 Arab Basalt Fiber Co.(ABFC, 아랍에미리트 푸자이라)는 연속 현무암 섬유 보강재 제조업체로서, 영국에 본사를 둔 Orlitech Group 산하의 엔지니어링 복합 시스템 전문 기업인 Orlimex(체코 오시크)와 전략적 파트너십을 체결했다고 발표했다.
 - 이번 파트너십을 통해 ABFC의 현무암 섬유 생산 능력과 Orlimex의 복합재 엔지니어링 전문성이 결합되어 건설, 인프라, 산업 및 첨단 제조 부문, 특히 빠르게 성장하는 GCC 지역의 메가 프로젝트 분야에서 고성능 저탄소 복합재 솔루션의 도입을 가속화할 것이다.
 - 이번 파트너십을 통해 ABFC는 Orlimex의 엔지니어링 복합 구조물 및 시스템을 지원하기 위해 연속 현무암 섬유 로빙을 공급할 예정이다. ABFC는 중국과 러시아를 제외하고 전 세계에서 현무암을 고성능 섬유로 직접 연속 압출하여 첨단 복합재 응용 분야에 적합한 직접 및 조립 로빙을 생산할 수 있는 단 두 곳의 제조업체 중 하나라고 주장한다.
 - ABFC의 CEO인 발레리 후리노비치는 "전 세계 엔지니어링 및 제조 분야에서 구조물의 무게를 줄이는 동시에 기계적 성능과 지속가능성을 향상시켜야 한다는 압력이 점점 커지고 있다."라고 말한다. "유리섬유나 탄소섬유와 같은 기존 보강재는 강도, 비용, 환경 영향 사이에서 어려운 절충점을 찾아야 하는 경우가 많다. [반면에] 현무암 복합재는 틈새시장용 대체재가 아니라 차세대 건설을 위한 전략적인 산업 소재이다."
 - Orlimex의 크리스 허스트 전국 총괄 매니저는 엔지니어링 및 공급 측면에서 이번 파트너십을 통해 오를리멕스가 복합재 성능을 더욱 향상시키는 동시에 시공성과 수명주기 효율성을 개선할 수 있게 되었다고 밝혔다. "ABFC의 연속 현무암 섬유는 강도, 내구성 및 일관성을 모두 갖추고 있다."

- ABFC의 현무암 섬유는 엄격하게 제어된 용융 균질화 및 장력 조절 압출 공정을 통해 생산되어 거의 제로에 가까운 현수선 현상과 최적의 필라멘트 균일성을 달성한다. 0.4~0.8%의 정밀한 사이징 적용은 최적의 실란 결합 및 수지 호환성을 보장하여 표면 보풀을 최소화하고 수지 습윤성 및 층간 접착력을 극대화한다. 이러한 특성은 직조 효율 향상 및 생산 폐기물 감소, 평탄하고 결함 없는 기능성 섬유 및 보강재 생산, 그리고 향상된 기계적 성능 및 장기 내구성으로 직결된다.
- ABFC의 현무암 섬유는 9~20미크론의 섬유 직경을 가지며, 최대 4,800MPa의 인장 강도(기존 E-유리보다 우수함), 최대 800°C의 내열성(내화 및 고온 환경에 적합), 그리고 100% 내식성을 제공한다.
- 이 회사는 푸자이라의 알 하일 지역(이흐파라)에 4만 평방미터 규모의 제조 시설을 운영하고 있으며, 이 시설은 고품질 현무암 자원과 푸자이라 항구 인근의 전략적 위치에 자리 잡고 있다. 이 시설은 확장 가능한 생산, 효율적인 물류 및 안정적인 글로벌 공급망을 지원한다.
- 관련 내용은 "걸프 카본 파이버 인더스트리, 카타르에 1억 2천만 달러 이상 규모의 복합재 생산 라인 건설 예정" 기사 참조.



그림 17. ABFC 시설. 출처 | Arab Basalt Fiber Co.

□ 일본 Toray, 기존 접합 방식보다 3배 빠른 탄소섬유강화플라스틱 (CFRP) 부품 용접 기술 공개(26.01.30.)

※ [Composites World] 성공적인 시험 결과, 해당 회사의 열 용접 공정은 열경화성 및 열가소성 CFRP 항공 구조물을 빠른 속도로 매우 높은 접착 강도로 용접할 수 있는 것 / News

- <https://www.compositesworld.com/news/toray-reveals-cfrp-part-welding-capabilities-three-times-faster-than-conventional-bonding>
 - #일본 #항공우주 #탄소섬유 #수지 #복합소재 #열가소성 수지 #용접 #프로젝트
 - 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장
- Toray Industries Inc.(일본 도쿄)는 기존 방식보다 거의 3배 빠른 속도로 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 항공기 모형 구조물을 용접하는 기술에 대한 시험을 성공적으로 완료했다. 이 회사는 2023년 2월에 이 열경화성 및 열가소성 용접 공정을 처음 공개한 바 있다
 - 열경화성 탄소섬유강화폴리머(CFRP)는 최적의 물성 및 오랜 실용성 덕분에 항공기 주요 구조물에 널리 사용된다. 최근 소형 부품 및 복잡한 형상에 대한 수요가 증가함에 따라 고속 생산에 적합하고 높은 설계 유연성을 제공하는 열가소성 탄소섬유강화폴리머(CFRTP)의 사용도 증가하고 있다.
 - Toray는 열경화성 및 열가소성 복합재의 조합이 성능과 생산성이 향상된 새로운 항공기 기체를 구현할 수 있을 것으로 기대하지만, 기존 방식(예: 접착 및 볼트 체결)은 복잡성을 증가시키고 생산 속도를 저하시킨다고 지적한다.
 - Toray는 수년간 축적된 CFRP 중간 프리프레그 제조 및 CFRP 성형 및 가공 전문 기술을 바탕으로 열경화성 수지와 CFRTP를 접합할 수 있는 열 용접 솔루션을 개발했다. 이 솔루션은 기존 접착제 접합 방식보다 높은 접합 강도를 제공한다(ISO 4587 기준 측정, 자세한 내용은 그래프 참조). 또한, 모의 항공기 구조물(첫 번째 이미지 참조)의 접합 시간을 기존 접착제 접합 및 볼트 체결 방식보다 3배 단축한다. Toray는 향후 항공우주 제조업체와의 협력을 통해 이 기술의 상용화를 가속화할 계획이다.
 - Toray는 설계, 시뮬레이션 및 테스트 기술이 논의되는 산업 컨퍼런스(예: CompositesWorld Tech Days)에 참여하며, 이러한 컨퍼런스에서는 구조 및 제조 시뮬레이션과 관련된 복합재 모델링 워크플로에 대한 발표가 자주 이루어진다.

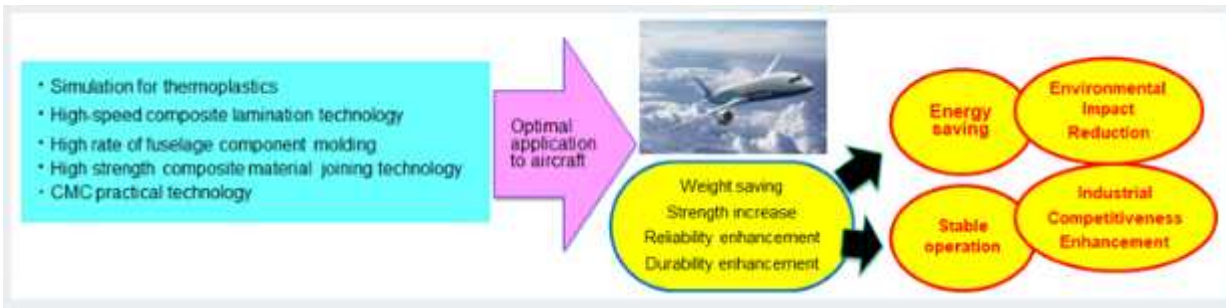


그림 18. 출처 | NEDO

https://www.nedo.go.jp/english/activities/activities_ZZJP_100171.html

- Toray의 용접 기술은 신에너지·산업기술개발기구(NEDO)의 지원을 받은 "신혁신 복합재료 및 성형기술 개발" 프로젝트의 결과물이다.
- 2020년부터 2024년까지 진행된 이 프로젝트는 열가소성 수지 시뮬레이션, 고속 복합재 적층, 고속 동체 부품 성형, 고강도 복합재 접합 및 엔진 부품용 실용적인 CMC 기술 등 모의 구조를 연구하여 알루미늄 기체와 동등하거나 그 이상의 생산 속도로 더 가볍고 강한 CFRP 항공기를 개발하는 것을 목표로 했다.



그림 19. 항공기 모형. 이 모형 항공기 구조물의 외피, 스트링거 및 프레임은 열경화성 탄소섬유강화폴리머(CFRP)로 제작되었으며, 클립은 열가소성 탄소섬유강화폴리머(CFRP) 또는 사출 성형 재료로 만들어졌다. 부품들은 열 용접으로 조립되었다(구조물 크기는 900 × 600mm). 출처(모든 이미지) | Toray공업(Toray Industries Inc.)

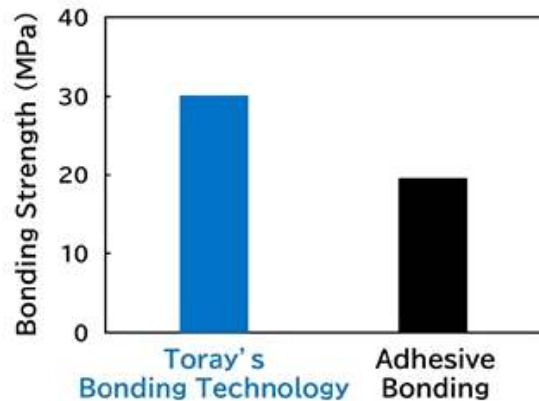


그림 20. 열경화성 및 열가소성 탄소섬유강화플라스틱(CFRP)의 상대적 접착 강도.

□ 미국 Shell GameChanger, 스타트업 프로그램으로 Mars Materials 바이오 유래 아크릴로니트릴 생산 경로('26.01.30.)

※ [Composites World] Mars Materials는 이제 바이오 기반 원료의 검증을 진행하고, 추가 투자를 유치하여 탄소섬유와 같은 소재의 지속 가능한 화학 생산 가속화 / News

• <https://www.compositesworld.com/news/shell-gamechanger-startup-program-moves-mar-material-on-bio-derived-acrylonitrile-production-pathway>

• #미국 #탄소섬유 #생체재료 #지속가능성 #프로그램

• 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장

- 이산화탄소를 포집하여 일상용품에 저장하는 기술을 개발하는 Mars Materials Inc.(MM, 미국 텍사스주 휴스턴)는 Shell GameChanger 프로그램에 선정되어 1단계 관문을 통과했다고 발표했다. 이 프로그램은 MM의 독자적인 아크릴로니트릴 생산 공정에 사용할 수 있는 대체 바이오 기반 원료를 검증하는 것을 목표로 한다.
- MM의 아크릴로니트릴은 탄소섬유, 물 생산용 폴리머, 내구성 플라스틱, 섬유 등 다양한 제품의 핵심 화학 구성 요소이며, 시안화수소가 함유되지 않아 전 세계 산업계에서 검증을 거쳤다("Mars Materials와 NC State, CO₂ 유래 탄소섬유 전구체 검증" 참조). 이 회사는 자체 파일럿 플랜트인 Cassini에서 혁신적인 공정을 통해 아크릴로니트릴을 그램 단위에서 킬로그램 단위로 성공적으로 확대 생산하고 있다.
- Shell GameChanger 시험 프로그램은 바이오 기반 당류 원료가 MM의 아크릴로니트릴 생산 경로에서 CO₂를 대체할 수 있는 원료인지 검증하는 것을 목표로 한다.
- Mars Materials의 CEO 겸 공동 창업자인 아론 피츠제럴드는 "Shell GameChanger는 스타트업과 대기업이 협력하여 상업적 기회를 창출하는 방법을 보여주는 대표적인 프로그램이다."라고 말했다. "셸의 지원 덕분에 개발 기간이 약 3년 정도 단축되었다. Shell GameChanger는 바이오 기반 당류를 원료로 사용할 수 있도록 지원하여, 전 세계적으로 분산된 공급망에 의존하는 기존 아크릴로니트릴 생산 공정보다 경쟁력을 강화할 수 있도록 도와줄 것이다."
- 로키산맥 국립연구소(GCxN)가 운영하는 Shell GameChanger 액셀러레이터는 유망한 에너지 스타트업에게 재정 지원, 최첨단 시설 및 세계적 수준의 기술 전문가를 제공한다.
- Shell GameChanger 프로그램은 기술적 지침 제공 외에도 시장 발굴, 상업적 시연 및 시장 진출 계획 수립에 있어 MM을 지원할 것이다.

- MM은 Shell GameChanger 프로그램의 첫 번째 관문을 성공적으로 통과하며 파트너 우선 접근 방식의 효과를 입증했다. 회사는 이러한 성공을 바탕으로 향후 규모 확장 및 상용화 단계에 필요한 추가 투자, 보조금 및 전략적 산업 파트너를 유치하고자 한다.



그림 21. 출처 | 게티 이미지

□ 미국 Noble Gas Systems, 미국 교통부 특별 허가 승인 획득

(`26.01.30.)

※ [Composites World] ISO-11119-3 및 DOT 특별 허가를 충족하는 적합한 고압 가스 저장 장치는 안전한 수소 운송 솔루션 가속화/ News

- <https://www.compositesworld.com/news/noble-gas-systems-receives-us-dot-special-permit-authorization>
- #미국 #자동차 #압력 용기 #수소 저장 #시장
- 저자 : 그레이스 스테빈스, CompositesWorld 및 Products Finishing 수석 편집장

○ Noble Gas Systems Inc.,(미국 미시간주 워싱턴)는 비탄소섬유 소재의 가스 저장 시스템 제조업체 중 최초로 ISO-11119-3 요구사항을 충족하고 미국 교통부(DOT) 특별 허가를 획득했다고 발표했다. 이러한 성과는 노블 가스의 엔지니어링 솔루션에 대한 신뢰도를 더욱 높이고 차세대 고압 가스 저장 기술의 상용화를 가속화할 것이다.

○ 미국 교통부(DOT) 특별 허가는 노블 가스의 재충전 가능 기술이 압축 또는 액화 가스의 안전한 저장 및 운송에 필요한 설계, 제작 및 테스트에 대한 엄격한 국제 표준을 충족함을 인정하는 것이다.

○ 또한, 이 허가는 미국 내에서 압축 수소 가스 및 불활성 가스의 도로 운송을 위한 노블 가스의 적합형 가스 저장 시스템의 제조, 판매 및 사용을 승인한다. DOT 특별 허가 및 ISO 11119-3 인증 요건 충족은 노블 가스의 적합형 고압 용기 기술의 우수성, 안전성 및 준비성을 더욱 뒷받침한다.

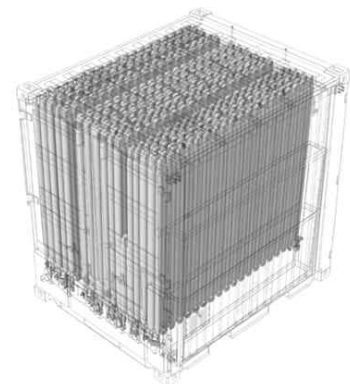


그림 22. 미국 교통부(DOT)에서 시험한 가스 저장 시스템의 조감도이다. 미국 교통부(DOT)에서 시험한 가스 저장 시스템의 조감도. 출처 | Noble Gas Systems Inc.

○ Noble Gas Systems Inc.의 CEO인 크리스 콘도기야니는 “이번 수상은 우리 팀과 기술의 또 다른 도약이다.”라고 말하며, “이러한 인정은 고압 가스 저장 문제에 대한 우리의 헌신, 엄격함, 그리고 혁신을 입증하는 것이다. 이번 성과는 더욱 안전하고 확장 가능하며 효율적인 고압 가스 저장 솔루션을 모색하는 우리 파트너들에게 중요한 발판이 될 것이다.”라고 덧붙였다.