



지속가능성을 실현하는 AI 기술

The intelligence behind sustainability

산업용 AI를 활용한 가치 실현과 탈탄소화 전략

IFS x PwC UK 공동 연구

Executive Summary

산업 탈탄소화는 결정적인 전환기에 진입했다. 전 세계 에너지 수요는 지속적으로 증가하고 있으며, **감축 난제(hard-to-abate)로 분류되는 8대 산업 분야가 글로벌 온실가스 배출량의 40%를 차지**한다. 현시점에서 건설되는 용광로 및 터빈은 금세기 중반까지 탄소 배출이 지속될 수 있다. 다만, 해당 자산들을 AI 기반으로 운영·업그레이드할 경우, 탈탄소화를 가속화하는 핵심 수단이 될 수 있다.

전 세계 공장, 그리드, 공정 플랜트에서 조용한 AI 변혁이 진행 중이다. 산업용 AI(Industrial AI)는 산업 환경 내 복잡한 운영 프로세스를 자동화·최적화·강화하는 기술로, 이미 실시간으로 탄소 배출과 비용을 절감하고 있다. 이 보이지 않는 혁명은 식품 생산 방식부터 그리드 인프라의 재생 에너지 통합까지, 산업계 전반을 변화시키고 있다.

2025년 IFS 연구 '**보이지 않는 혁명(The Invisible Revolution)**'은 이러한 산업계의 변화를 명확히 보여준다. 전 세계 제조·에너지·건설·유틸리티 분야 고위 경영진 1,700여 명을 대상으로 한 설문 조사 결과는 다음과 같다.

- 미국 리더의 90%는 2025년에 AI 투자를 늘릴 계획이다.
- 86%는 AI가 에너지 효율성부터 탄소 배출 관리까지, 조직의 환경 목표 달성에 기여할 것으로 본다.
- 산업 분야에서 "AI-First" 기업 비중은 12개월 내 32%에서 59%로 급증할 전망이다.

산업용 AI 도입이 늘면서 에너지 수요가 증가하는 측면이 있으나, 최근 연구에 따르면 AI를 통한 탈탄소화 효과가 이를 충분히 상쇄할 것으로 나타났다.

그랜섬 기후변화·환경 연구소(Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment)와 시스템iq(Systemiq)의 공동 연구⁴에 따르면, 전력·운송·식품 생산 분야에서 AI 기술이 발전할 경우 2035년까지 연간 32억~54억 톤의 이산화탄소*를 감축할 수 있다.

AI가 탄소 다배출 산업에 도입되면, 넷제로(Net-Zero) 달성의 핵심 촉매제가 될 수 있다.

AI를 초기에 도입한 기업들은 이미 가시적인 성과를 거두고 있다. IFS의 '계획·일정관리·최적화(PSO) 솔루션' 도입 사례를 살펴보면, 현장 인력 및 차량의 총 이동 거리가 평균 37.1% 감소했으며, 기업별 운영 환경과 디지털 성숙도에 따라 15%~70%까지 다양하게 나타났다⁵.

이러한 효율성 향상은 연료 사용량과 운영 비용을 절감하고 생산성을 높여, 탄소 배출 감축과 실질적인 투자 수익을 동시에 실현한다.

90%

2025년 AI 투자 계획 확대
(미국 리더 기준)

86%

AI가 환경 목표 달성에
기여할 것으로 전망

*CO₂ 환산량(CO₂-equivalent) 기준

1. Aviation, shipping, trucking, steel, cement, aluminum, primary chemicals and oil and gas
2. World Economic Forum, Emissions fall in hard-to-abate sectors but still off track to reach 2050 net-zero targets, 2024.
3. IFS, The Invisible Revolution: Industrial AI Driving Global Growth, 2025.
4. London School of Economics, New study finds AI could reduce global emissions annually by 3.2 to 5.4 billion tonnes of carbon dioxide equivalent by 2035, 2025.
5. IFS Field Service Data, IFS Planning, Scheduling and Optimisation (PSO) Results Summary, 2025.

비즈니스 리더, 투자자, 규제 당국에게 '신뢰(Trust)'가 핵심 요소로 부상하고 있다. 산업용 AI는 운영 전반에서 '추적 가능하고 감사 가능한 데이터(traceable, auditable data)'를 생성해 지속가능성 성과 검증에 핵심적인 역할을 한다. PwC의 Trust Based Transformation 경제 모델링에 따르면, 책임 있는 AI 도입과 과감한 탈탄소화가 높은 신뢰를 기반으로 추진될 경우, AI가 주도하는 생산성 향상이 좌초자산(stranded assets) 비용을 상쇄할 수 있다. 이 경우 2035년까지 현재 대비 약 37%의 순성장(net growth)을 달성할 잠재력이 있는 것으로 나타났다⁶.

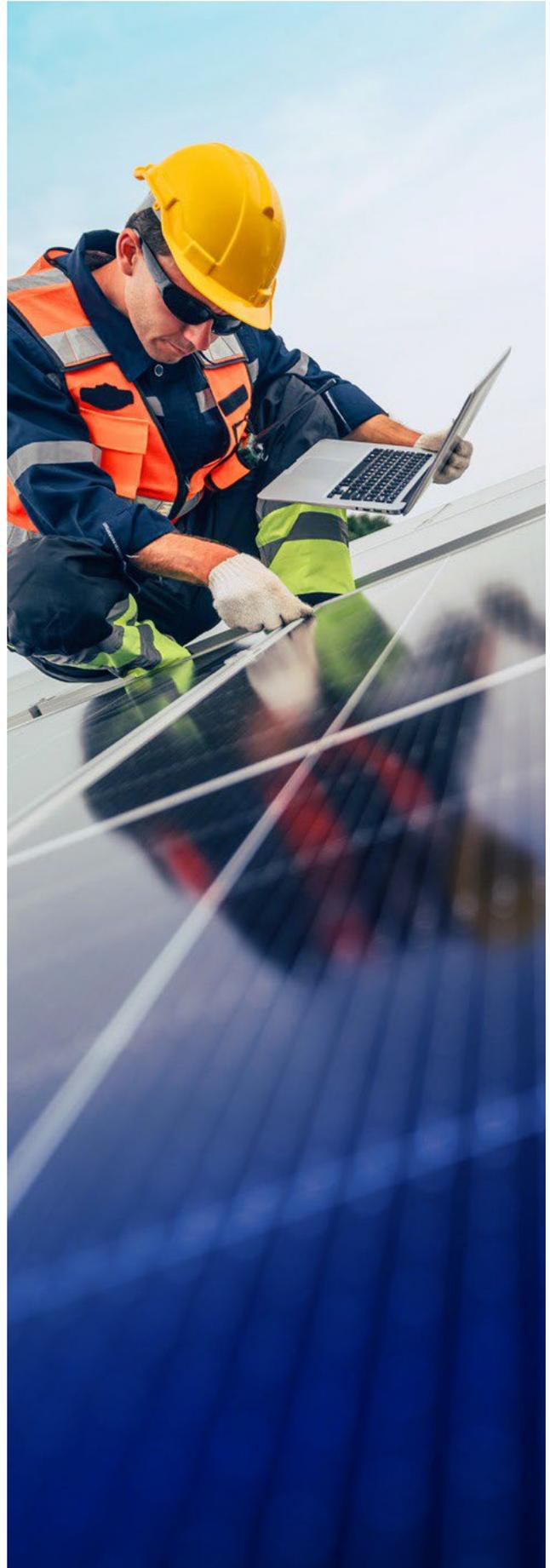
이러한 데이터 기반 신뢰 구축 역량은 운영 현장에서도 실질적인 효율성 향상으로 연결된다. 물론 산업용 AI가 중공업 탈탄소화의 구조적·공정적 문제를 근본적으로 해결하지는 않는다. 다만, 효율성과 자원 활용도를 높여 배출량을 의미 있는 수준으로 감축할 수 있다.

단기적으로 산업용 AI의 역할은 '최적화'다. 운영 관리를 정밀화하고, 생산 및 제조 공정의 조절 능력을 높이며, 낭비를 줄인다. 이를 통해 확보된 자원은 청정 기술 투자로 이어질 수 있다.

장기적으로는 '산업 혁신'이 핵심이다. AI가 더욱 자율화되면, 시스템이 에너지·수요·생산·유지 보수를 자동 조절하여 전력망의 탄소 집약도나 재생에너지 가용량에 맞춰 산업 성과를 최적화하게 된다. 또한 AI 중심 모델은 기후 회복탄력성, 생물다양성, 물 부족 등 새로운 요소를 자본 투자 계획에 통합해 성공적인 전환을 뒷받침할 것이다.

산업용 AI는 신뢰할 수 있는 데이터, 효율적인 컴퓨팅, 부서 간 협업을 기반으로 저탄소 경제를 움직이는 핵심 인프라로 자리잡고 있다. 변화는 이미 시작됐고, 현재 진행 중이다. 이제 관건은 산업계 리더들이 이 변화를 실제 성과로 전환할 수 있느냐에 달려 있다.

**보고의 신뢰성을 높이는 기술이
운영 현장에서는 실질적인
효율성 향상까지 이끌어낸다.**



6. PwC, A Leader's Guide to Value in Motion, 2024.

들어가며

중공업 및 탄소 감축 난이도가 높은 산업은 현대 경제의 근간이자, 가장 큰 탈탄소화 과제 중 하나다. 성장을 견인하면서도 전 세계 배출량의 상당 부분을 차지하기에, 생산량과 신뢰성을 유지하면서 지속가능하게 운영할 방법에 대한 근본적 재고가 필요하다.

PwC 보고서 'Will Net Zero AI Become a Reality'에서 설명하듯, AI가 넷제로 달성의 핵심으로 부상하면서, 늘어나는 에너지 수요와 탈탄소화 기술 사이에서 균형을 찾는 것이 새로운 과제이자 기회가 되고 있다⁷.



이들 산업의 탈탄소화가 유독 복잡한 이유는 높은 에너지 집약도, 제거하기 어려운 공정 배출, 그리고 현재의 관행을 고착시키는 수명이 긴 대규모 설비(장기 운영 자산) 때문이다. 2050년에 운영될 인프라 상당수가 여전히 수십 년 전 설계된 시스템과 자산에 의존하고 있어, 지금 당장 가능한 운영 최적화와 설비 개조가 배출량 감축으로 가는 가장 빠른 길이다.

그러나 낮은 마진, 시장 불확실성, 저탄소 기술의 낮은 성숙도로 인해 앞으로 나아갈 길에는 제약이 많다. 이에 선도적인 제조·유틸리티·에너지 기업들은 기존 제약 속에서 더 스마트하게 운영하고, 가능한 부분에서 발전을 가속할 방법을 모색하고 있다.

많은 기업이 주목하는 것은 산업용 AI다. 지능형 저탄소 운영의 새로운 중추로 부상하는 이 시스템은 데이터로부터 지속적으로 학습하며 실시간으로 성과를 미세 조정한다. 이를 통해 생산을 안정화하고, 유지보수 필요성을 예측하며, 재생에너지 가용성에 맞춰 전력 사용을 최적화한다.

개별적인 개선은 사소해 보일 수 있지만, 이것들이 모여 실질적인 변화를 만들어낸다. 세계경제포럼(WEF)에 따르면, 에너지 소비를 줄이고 배출을 피할 수 있는 가장 중요한 단기적 기회는 에너지 효율성에 투자하는 것이다.

7. Utility Week, Decision Analytics for Net Zero and ESG, 2021.

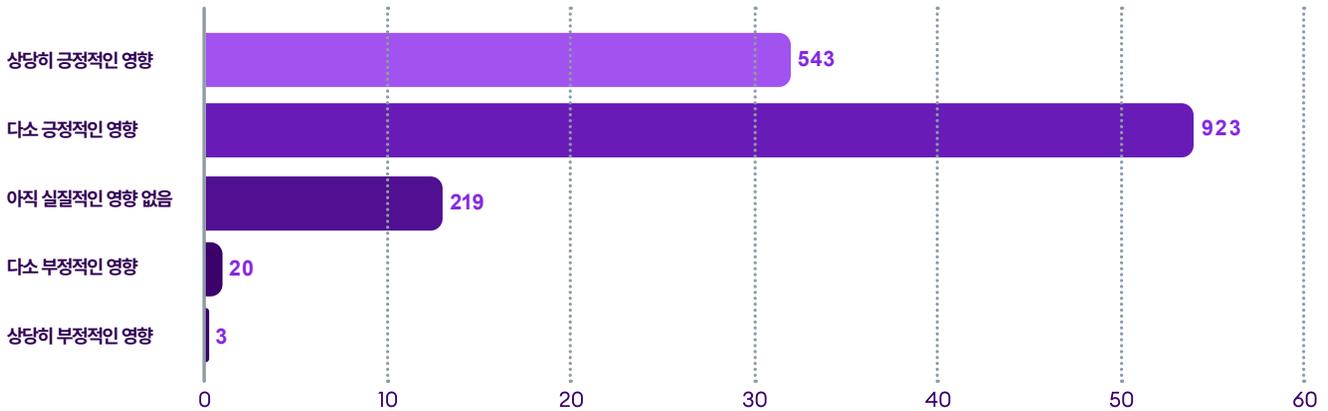
개별적인 개선은 사소해 보일 수 있지만, 이것들이 모여 실질적인 변화를 만들어낸다. 세계경제포럼(WEF)에 따르면, 단기간에 에너지 소비와 배출을 줄이는 가장 효과적인 방법은 에너지 효율성에 투자하는 것이다.

이러한 효율성은 기존 자산과 프로세스를 데이터 기반으로 더 스마트하게 운영해 즉각적이고 신뢰할 수 있는 감축 효과를 가져온다. 이는 운영 비용을 낮추고, 에너지 가격 변동에 유연하게 대응하며, 넷제로 달성 속도를 높인다. 중공업의 경우, 이러한 에너지 효율성에 디지털 기술을 더하면 그 효과는 배가 된다. 아무리 작은 최적화라도 설비와 자산 전반에 걸쳐 축적되어 상당한 배출량 감축으로 이어진다.

열효율 개선, 적시 유지보수, 매일 이루어지는 수백 건의 미세 조정이 축적되어 에너지 사용량과 배출량을 측정 가능한 수준으로 줄여나간다. 그리고 이는 먼 미래가 아닌 지금 당장 가능한 일이다. 기업들은 빠른 성과를 낼 수 있는 영역에 산업용 AI를 우선 도입한 후, 검증된 솔루션을 확장해 효과를 가속하고 있다. 이러한 접근을 통해 지금 당장 배출량을 줄이면서 동시에 수익성과 경쟁력을 빠르게 확보할 수 있다.

산업용 AI는 단순히 성과를 개선하는 것을 넘어, 결과에 대한 신뢰를 구축한다. 운영을 최적화하는 데 사용된 바로 그 데이터가 보고를 위한 검증 가능한 증거를 제공하기 때문이다. 이처럼 AI는 성과 개선과 그 입증은 동시에 가능케 해, 탈탄소화의 신뢰성을 높인다.

현재 AI가 귀사 공급망의 지속가능성 개선에 얼마나 기여하고 있습니까?



Source: IFS "The Invisible Revolution", 2025

중공업 혁신의 새로운 패러다임, 산업용 AI

산업용 AI는 세계에서 가장 복잡한 산업 분야의 핵심 운영 방식을 재정의하고 있다. 지난 수십 년간 산업계는 자동화, 공정 제어, 최적화 소프트웨어에 의존해 왔다.

가장 큰 변화는 이러한 기존 시스템들이 실시간 데이터, 확장 가능한 컴퓨팅, 머신러닝과 융합되었다는 점이다. 이 요소들이 결합해 플랜트, 그리드, 설비군 전반에서 지속적으로 성과를 미세 조정하는 자체 학습 시스템(self-learning layer)을 형성한다.

지금 중요한 시점이다. 중공업은 탈탄소화를 더디게 만드는 구조적 제약에 직면해 있다. 수십 년간 운영되는 대규모 설비, 낮은 수익성, 높은 열에너지 수요, 대체 연료 전환의 기술적 어려움이 바로 그것이다. PwC 보고서 '**Derisking the Energy Transition in Europe**'에 따르면, 탈탄소화 목표 중 56%는 현재 시장에서 검증되지 않은 기술로 달성해야 한다⁸. 이러한 기술이 개발되는 동안에도 산업용 AI는 효율성을 높이고 기존 시스템을 최적화하며, 가동 중인 자산의 배출량을 줄여 탈탄소화 목표를 향한 실질적인 진전을 가능케 한다.

산업용 AI 확산을 이끄는 세 가지 흐름이 있다:

1. 데이터 기반 강화

산업계는 운영·유지보수·전사 시스템에 데이터가 분산되어 어려움을 겪어왔다. 최근 이러한 플랫폼 통합이 진전되면서 일관되고 고품질의 데이터 확보가 가능해졌고, 이는 AI가 신뢰할 수 있는 인사이트를 제공하는 기반이 된다.

2. 컴퓨팅 환경 개선

산업용 AI는 방대한 운영 데이터를 빠르고 안전하게 처리해야 한다. 클라우드와 엣지 인프라 접근성이 높아지면서, 기업들은 데이터가 생성되는 현장에서 AI를 실행할 수 있게 되었다. 대용량 데이터는 클라우드에 저장하고, 생산 라인·자산·서비스 현장의 데이터는 엣지에서 실시간으로 처리해 지연과 비용을 줄이는 하이브리드 방식이 가능해졌다. 이 방식은 여러 지역에서 운영하는 중공업에 특히 적합하다.

3. Commitment to decarbonization

84%의 기업이 기존 기후 목표를 유지하는 등 탈탄소화 의지가 강해지고 있다⁹. 규제 압력과 장기적으로 지속가능한 성장을 구축하려는 노력이 실질적인 행동으로 이어지고 있으며, 진전을 위해서는 기술 발전과 밸류체인 협력이 필수라는 점도 인식하고 있다.

IFS의 '**The Invisible Revolution**' 보고서에 따르면, 산업계의 약 60%가 1년 내 'AI-First' 방식으로 운영될 것으로 예상하며, 이는 현재의 거의 두 배 수준이다. 또한 미국 리더의 90%가 2024년 대비 2025년에 AI 투자를 늘릴 계획이라고 밝혔다³. 이미 산업계 AI 도입이 빠르게 확산되고 있으며, 많은 기업이 파일럿 단계를 넘어 실제 운영에 적용하고 있다.

산업용 AI는 단순히 프로그래밍된 규칙을 따르는 데 그치지 않고, 스스로 학습한다. 공정 변수의 미세한 변화를 감지하고, 제어 값을 조정하며, 최적화를 지속한다. 이러한 작고 보이지 않는 조정들이 모여 가시적인 성과를 만든다. 이런 관점에서 지속가능성은 별도의 활동이 아니라 운영 체계 자체에 내재된 요소가 된다.

산업용 AI는 추적성과 검증 방식도 바뀐다. 모든 의사결정, 데이터, AI 모델 업데이트 과정이 이력과 함께 기록될 수 있다. 투명성 요구가 높아지는 산업에서, 지속가능성 보고서가 단순 추정치가 아닌 검증 가능한 운영 데이터로 뒷받침될 수 있다는 의미다.

3. IFS, The Invisible Revolution: Industrial AI Driving Global Growth, 2025.

8. PwC, Derisking the Energy Transition in Europe, 2025.

9. PwC, State of Decarbonisation Report, 2025

탈탄소화 시대, 산업계가 직면한 과제들

중공업 탈탄소화는 복잡하고 범지구적인 과제다. 철강·시멘트·화학 분야의 생산 공정에서 발생하는 배출(process emissions)은 전체 산업 이산화탄소 배출량의 상당 부분을 차지한다. 이러한 배출이 '감축 난제(hard-to-abate)'인 이유는, 전력화가 어려운 화학 반응이나 열 공정에서 직접 발생하기 때문이다. 동시에 중공업은 빠듯한 마진과 30~50년에 이르는 긴 투자 회수 기간으로 운영된다. 새로운 플랜트가 건설되면, 그곳의 배출량은 수십 년간 '고착화(locked in)'된다.

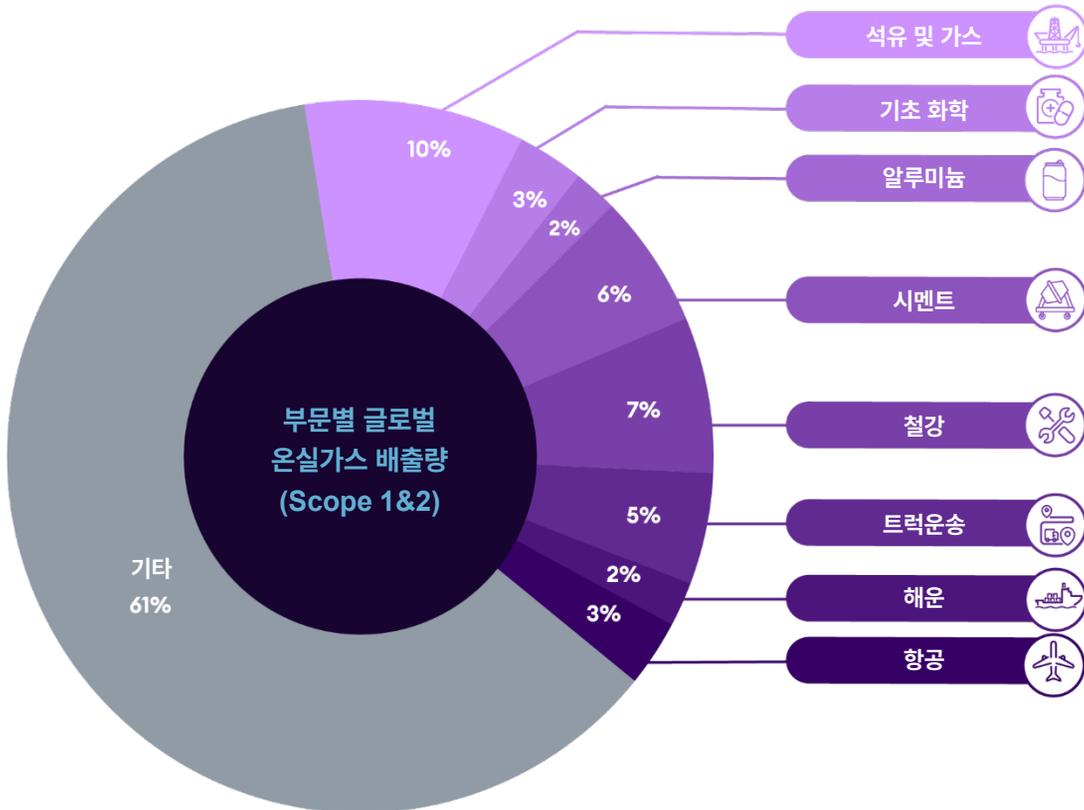
데이터 파편화(Data fragmentation)는 이러한 과제를 더욱 심화시킨다. 핵심 정보가 전사 자원 통합 관리 시스템(ERP), 제조 실행 시스템(MES)*, 데이터 히스토리언 시스템*, 현장 센서 등에 서로 호환되지 않는 형식으로 흩어져 있기 때문이다. 일관되고 검증된 데이터가 없으면, 기업은 기준점(baseline) 산정, 진행 상황 추적, 투자자·규제 기관을 위한 신뢰할 수 있는 근거 마련에 어려움을 겪는다.

*생산 현장의 작업을 실시간으로 관리·모니터링하는 시스템

*산업 공정의 시계열 데이터를 수집·저장·분석하는 시스템

기업들은 빠른 속도로 탄소를 감축하고, 기후 리스크 대응 능력을 증명하며, 그 과정을 투명하게 공개해야 한다는 요구에 직면해 있다. 이는 규제 변화 때문만은 아니다. 자사 공급망까지 탈탄소화를 원하는 고객사부터, Scope 3 배출량의 투명한 공개를 요구하는 투자자까지, 이해관계자들의 압박이 거세지고 있다. 이에 따라 기업은 배출량 감축 성과를 구체적인 데이터로 입증해야 한다. 그러나 주요 이해관계자들의 데이터 수집·공개에 대한 요구는 빠르게 늘어나는 반면, 실제 기업의 탄소 감축 속도는 이를 따라가지 못하고 있다.

산업계는 그 어느 때보다 강력한 탈탄소 압박에 직면해 있다. 그러나 기존 경영 관리 도구는 이를 위해 설계되지 않아, 목표와 현실 간 구조적 마찰이 발생하고 있다. 이 격차를 해소하려면 효율성 향상, 배출량 추적, 데이터 검증을 하나의 운영 체계로 통합해야 한다. 산업용 AI가 바로 이를 가능하게 하는 기술이다.



Source: IEA and IAI. via World Economic Forum: Net-Zero Industry Tracker 2024 Edition

탈탄소화를 뒷받침하는 산업용 AI의 잠재력

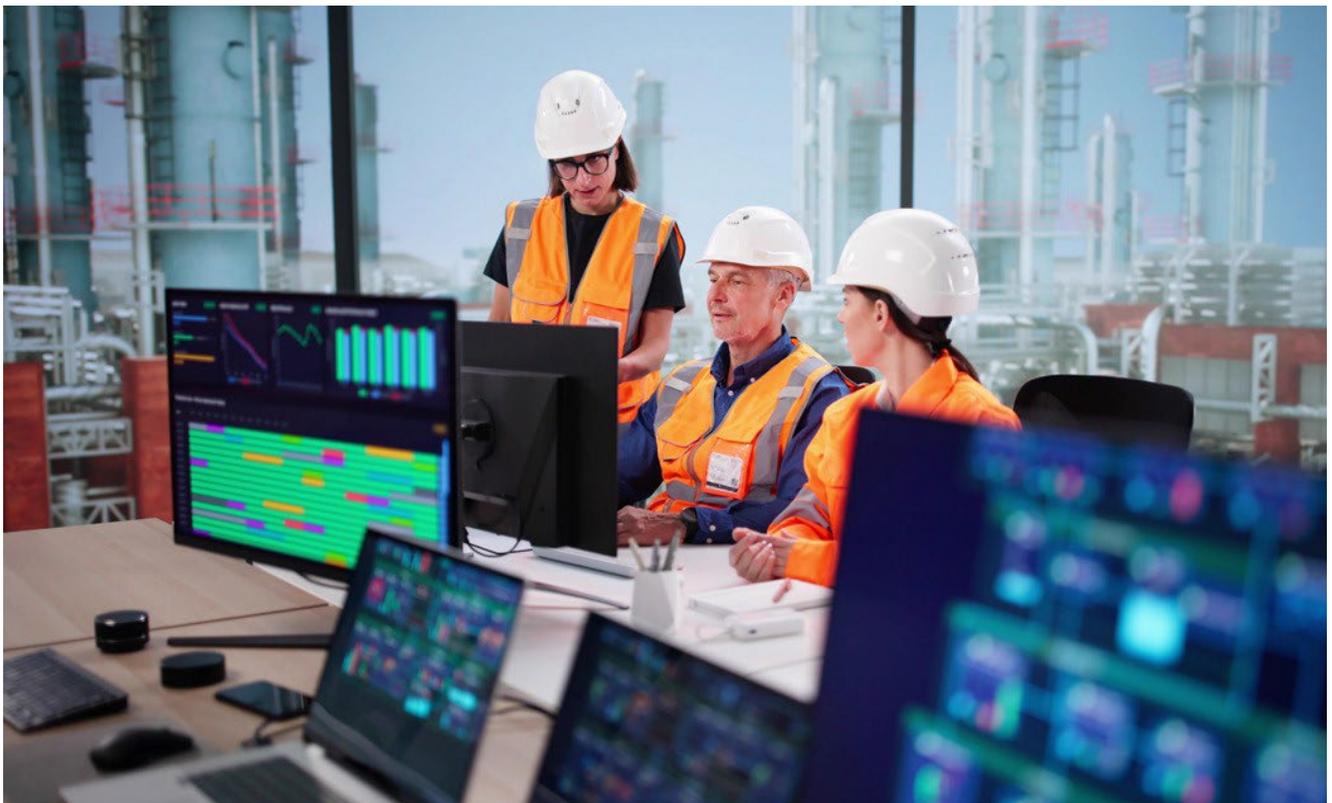
산업용 AI는 중공업 기업이 현실적인 제약 속에서 탈탄소 전환을 가속화할 수 있는 강력한 도구다. 수소 에너지나 탄소 포집 기술(CCS)처럼 미래 기술의 상용화를 기다릴 필요 없이, AI 기반 최적화를 통해 지금 바로 배출량 감축을 시작할 수 있다.

산업용 AI는 공장 내 센서, 자동 제어 시스템, 운영 데이터로부터 지속적으로 학습해 사람이 발견하기 어려운 비효율을 포착한다. 탈탄소의 만능 해법은 아니지만, 제대로 적용되면 기존 탈탄소화 수단을 더 효율적으로 작동하게 하는 AI 조율 시스템 역할을 한다.

구체적으로, 산업용 AI는 날씨 및 전력 수요 예측을 활용해 보일러·터빈·압축기를 최적으로 연계 운영하고, 펌프·팬의 진동·전력 데이터를 분석해 고장을 예측하고 정비 계획을 수립한다. 더 나아가 복잡한 공정을 안정시키고, 재생에너지 발전량에 맞춰 에너지 사용을 조절하며, 예측 기반으로 설비 투자·유지보수 전략을 수립하도록 돕는다

산업용 AI는 신기술 도입 과정에서도 중요한 역할을 한다. 디지털 트윈을 활용하면 새로운 연료, 에너지 저장 장치, 탄소 포집 기술이 공장 성능에 미치는 영향을 투자 전에 미리 시뮬레이션할 수 있다. 발전 분야에서는 전력 공급 안정성을 유지하면서 재생에너지 활용을 극대화하는 역할을 한다.

산업용 AI는 기존 기술 개발을 대체하는 것이 아니라 가속화한다. 운영 데이터를 바로 활용 가능한 정보로 전환해, 기업이 탄소 감축 목표를 달성하고 차세대 청정 기술의 기반을 마련할 수 있도록 지원한다.



산업용 AI의 주요 활용 분야와 기대 효과

AI는 운영 데이터를 학습해 기업이 자원을 더 효율적으로 사용하고 낭비를 줄이며, 의사결정을 측정 가능한 지속가능성 성과로 연결하도록 돕는다. 이러한 역량은 다양한 분야에서 혁신적인 변화를 가져올 수 있다.

1. 설비 투자 및 인프라 계획

대규모 투자가 필수적인 산업은 비용, 운영 안정성, 지속가능성을 모두 고려해야 하는 복잡한 투자 결정에 직면한다.

그러나 현실에서는 단기적인 예산 주기, 제한된 투자금, 변동성 높은 원자재 가격이 걸림돌이 된다. 특히 에너지·유틸리티 분야에서 이러한 어려움이 두드러진다.

AI 기반 자산 투자 계획은 이 문제를 해결하는 데 기여한다. 투자 의사결정의 질을 높이고, 포트폴리오를 최적화하며, 자산 위험을 분석하고 성능을 예측해 기업이 더 효과적인 결정을 내리도록 지원한다.



인데버 에너지(Endeavour Energy)

AI 기반 지속가능성 투자

호주 전력 회사 **인데버 에너지(Endeavour Energy)**는 67억 호주 달러 규모의 전력망을 운영한다. 이 회사는 AI 기반 계획 프레임워크를 도입해 비용뿐 아니라 설비 안정성, 안전, 환경 성과를 종합적으로 평가한다.

이 접근법은 투자 결정이 탄소 배출, 전력 공급 신뢰도, 고객 성과에 미치는 영향을 정량화해, 규제 기관과 투자자에게 측정 가능한 근거를 제공한다.

“

과거에는 고려하지 못했던 요소들까지 분석해 고객을 위한 실질적인 가치로 전환할 수 있다. AI는 우리의 사업 활동이 환경에 미치는 영향 뿐만 아니라, 서비스 중단이 고객에게 미치는 영향까지 이해하고 수치화하는데 큰 도움이 됐다.”

인데버 에너지(Endeavour Energy)



2. 제조, 스케줄링 및 공정 최적화

산업용 AI는 제조·공정 산업의 생산 계획과 제어 방식을 고도화한다. AI 모델은 수요 예측, 설비 상태, 에너지 가격 등의 데이터를 종합 분석해 낭비를 최소화하고 탄소 집약도를 낮추는 최적의 운영 방식을 도출한다.

최대

50%

생산성 향상
(원자재 및 에너지 소비 동시 절감)

Suzuki Garphyttan

AI로 생산 계획 혁신

스프링 와이어 제조사 스즈키 가피탄(**Spring-wire manufacturer Suzuki Garphyttan**)은 6개국에 걸쳐 수요 계획 및 생산 스케줄링을 위한 AI 기반 모듈을 도입하고 있다. 원자재 낭비와 에너지 소비를 줄이는 동시에 생산성을 최대 50%까지 향상시키는 것이 목표다⁹.

전력망의 탄소 배출이 적은 시간대에 공장을 가동하는 '탄소 인지 스케줄링(Carbon-aware scheduling)'이 가능하기 때문이다. 연구에 따르면 이 방식으로 Scope 2 배출량을 최대 47.6%까지 감축할 수 있다¹⁰.

AI 기반 생산 계획은 즉각적인 운영 비용 절감과 장기적인 탈탄소화 목표 달성을 동시에 지원하는 핵심 전략이다.

9. IFS, Suzuki Garphyttan Case Study: AI-Driven Demand Planning and MSO Simulation, 2025.

10. Mencaroni, G. et al., Towards Net-Zero Manufacturing: Carbon-Aware Scheduling for GHG Emissions Reduction, 2025.



3. 예지보전 및 설비 안정성

예지보전(Predictive maintenance)*은 산업용 AI 중 가장 성숙하고 효과를 측정하기 쉬운 분야다. 고장 후 수리하거나 정해진 주기에 따라 부품을 교체하던 방식에서 벗어나, 설비 상태를 실시간으로 모니터링하는 '상태 기반 유지보수(Condition-based Monitoring)'가 가능해진다. 머신러닝 알고리즘이 진동, 온도, 에너지 사용 패턴을 분석해 이상 징후를 감지하고 고장을 사전에 예측한다.

예지보전은 안전성도 향상시킨다. 긴급 수리를 방지하고, 위험 환경에서의 수동 점검 횟수를 줄일 수 있기 때문이다. 또한 설비 수명을 극대화하고 교체 부품의 내재 탄소를 줄여 자원 순환 경제 원칙에도 기여한다.

독일의 에너지 기업 E.ON은 AI 프로그램의 일환으로 배전망 설비 고장을 예측하는 머신러닝 모델을 구축했다. 이 모델은 중압 케이블의 교체 시점을 예측하여 정전 발생을 30% 감축하는 성과를 거뒀다¹¹.

모든 정비 활동과 결과는 추적 가능한 데이터로 기록되어, 유지보수와 성능, 배출 감축 간의 연결고리를 명확히 입증한다. 예측 유지보수는 산업용 AI가 현장에서 발휘하는 효과를 가장 명확히 보여주는 사례다.

*설비 상태를 정량적으로 파악해 설비의 이상 상태나 앞으로 일어날 수 있는 사태를 미리 예상하고 적절하게 유지하고 보수하는 활동

30%

예지보전을 통해 정전 발생률 감소

11. Hy-Ram, AI in the Utilities Sector, 2025.

4. 현장 서비스 및 물류 최적화

현장 서비스와 물류는 즉각적인 탄소소화 기회를 제공하는 핵심 영역이다. 차량 이동, 부품 배송, 인력 배치 등은 자산 집약적 산업에서 많은 양의 Scope 3(기타 간접) 배출을 유발한다. 산업용 AI로 이러한 활동을 최적화하면 효율성과 탄소 성과를 동시에 개선할 수 있다.

AI 기반 계획·스케줄링·최적화(PSO) 시스템은 서비스 수요, 위치, 기술자 역량, 부품 재고, 교통 상황 등 실시간 데이터를 분석한다. 이를 통해 가장 효율적인 경로와 일정을 실시간으로 찾아내 불필요한 이동과 대기 시간을 없애고, 업무 생산성을 높인다.



코니카 미놀타(Konica Minolta) AI 기반 일정 최적화로 이동 거리 및 배출량 감축

코니카 미놀타는 5개국 법인에서 43만 고객을 지원하기 위해 **AI 기반 계획·스케줄링·최적화(PSO) 시스템**을 도입했다. 18개월 만에 다음과 같은 성과를 달성했다:

- 현장 생산성 25% 향상
- 업무 당 평균 소요 시간(이동 및 작업) 11.1 % 단축
- 투자 수익률 4.36배 달성

모든 경로 최적화 과정은 추적 가능한 데이터로 기록되어, 검증 가능한 배출량 보고에 활용할 수 있다. 현장 서비스는 AI의 지속가능성 기여 효과를 가장 쉽게 정량화할 수 있는 분야 중 하나다.

코니카 미놀타의 성과는 IFS 스케줄링 최적화 벤치마크의 전반적인 추세와도 일치한다. 이 벤치마크에 따르면, AI 스케줄링 도입 시 평균 이동 거리 37%, 이동 시간 33% 감축되는 것으로 나타났다. 코니카 미놀타도 높은 성과를 거두었지만, 일부 기업은 더 높은 절감률을 기록했다. 이는 AI 기반 스케줄링이 다양한 운영 모델과 성숙도 수준에서 효과적으로 확장될 수 있음을 보여준다.

“

**이동 시간 단축, 신속한 업무 처리,
유류비 절감 효과를 종합한 결과,
AI 스케줄링 도입 이후 4.36배의 투자
수익률(ROI)을 달성했다.”**

게드 크래니(Ged Cranny), 코니카 미놀타
BEU 서비스·지원팀 선임 컨설턴트¹²

12. IFS, Konica Minolta Customer Story, 2025.



5. AI와 저탄소 기술 통합

AI 기반 시뮬레이션과 디지털 트윈 기술은 수소, 히트펌프, 탄소 포집, 공장 자체 소규모 전력 시스템 등 저탄소 기술의 도입을 가속화한다. 투자 전에 다양한 구성에 대한 성능과 리스크를 시뮬레이션해 최적의 경로를 도출할 수 있다. 기술 도입 이후에도 AI 시스템이 실시간으로 운영을 모니터링하며 운영 설정을 최적화한다.

신기술 도입 단계부터 AI를 활용하면 탈탄소화를 데이터 기반으로 효율적이고 지속적으로 추진할 수 있다. 그러나 중공업과 같은 분야는 배출량 대비 투자가 부족한 상황이다. 실제로 글로벌 기후 관련 벤처 투자의 70~80%는 이미 전환이 진행 중인 에너지·모빌리티 분야에 집중되어 있다.¹³

녹색 세액 공제와 같은 금융 메커니즘은 민간 투자를 유도하는 강력한 수단으로 부상하고 있다. 이러한 지원은 초기 기술 개발의 리스크를 낮추고, AI 기반 탈탄소화 솔루션의 대규모 확산을 앞당기는 핵심 역할을 한다.

6. 운영 프로세스에 검증 체계 구축

산업용 AI는 지속가능성 데이터의 정확성과 추적성을 높인다. 모든 데이터와 의사결정이 자동으로 기록되어 투명한 이력을 남긴다. 이를 통해 규제 기관, 감사인, 투자자의 신뢰를 높일 수 있다.

AI는 배출량 계산, 예측 조정, 증빙 자료 생성을 자동으로 처리한다. 수작업 보고 시간을 줄이고, 담당 조직이 반복 업무 대신 미래 전략에 집중할 수 있게 한다.

결과적으로 운영과 검증이 실시간으로 연결된다. 지속가능성 성과를 바로 측정하고 신뢰할 수 있어, 더 빠른 의사결정이 가능해진다.

13. PwC, State of Climate Tech 2024.

AI 도입의 리스크와 해결 방안

물론 산업용 AI가 탄소 감축에 큰 도움이 되는 것은 사실이나, 새로운 과제도 따른다. AI 구동을 위한 데이터와 컴퓨팅 자원에 대한 의존도가 높아지기 때문이다. 결국 AI 운영으로 발생하는 배출량보다 AI를 통해 줄이는 배출량이 더 크다는 것을 입증해야 한다.

환경적 측면 외에도, AI 의사결정의 신뢰성은 데이터 품질에 좌우된다. 또한 현장 직원들이 AI를 신뢰하지 않거나 활용 역량이 부족할 경우, 도입 속도가 느려질 수 있다.

1. The Energy Footprint of AI

국제에너지기구(IEA)는 2024년 기준 전 세계 데이터센터 전력 소비량이 글로벌 총소비량의 약 1.5%에 해당하며, 기본 시나리오에 따르면 2035년에는 약 945TWh에 도달할 것으로 전망한다. 이는 현재 일본의 연간 총 전력 사용량과 맞먹는 수준이다¹⁴. **골드만삭스**는 AI로 인해 데이터센터 전력 수요가 2030년까지 165% 증가할 것으로 전망한다¹⁵.

2024년 세계경제포럼(WEF) 보고서에 따르면, AI의 환경 영향은 훈련(20%)과 추론(80%) 두 단계에서 발생한다¹⁶. 산업 공정에 AI를 내재화하면 모델 운영을 위해 지속적인 에너지 소모가 발생한다. IEA는 "일반적인 AI 중심 데이터센터는 10만 가구와 맞먹는 전력을 소비한다"¹⁴고 지적하며, 냉각을 위한 물 사용량도 증가 추세에 있다.

그러나 이러한 수요는 다른 산업 부문 대비 상대적으로 낮은 기준점에서 시작하고 있으며, AI 구동을 위한 재생에너지 사용도 증가하고 있다. PwC 보고서 '넷제로 AI는 현실이 될 것인가'는 AI 에너지 사용량 증가가 예상되지만, 친환경 인프라 투자, 재생에너지 통합, 책임 있는 AI 도입 전략을 통해 AI 성장과 글로벌 넷제로 목표를 동시에 달성할 수 있다고 분석한다⁷.

현재 데이터센터 전력의 약 27%는 재생에너지에서 공급된다. 재생에너지가 풍부한 시간대로 작업을 이전하는 '탄소 인지 스케줄링'이나, 사용자 가까이에서 데이터를 처리해 전송량을 줄이는 '엣지 컴퓨팅' 같은 기술이 AI의 환경 부담을 줄이고 있다¹⁴.

이러한 흐름에 맞춰 마이크로소프트는 Stegra와의 파트너십을 통해 기존 철강보다 배출량이 최대 95% 낮은 친환경 철강(green steel)으로 데이터센터를 건설하고 있다¹⁷.

대형 IT 기업들은 AI 기술 개발뿐 아니라, 데이터센터용 재생에너지 확보와 친환경 자재 생산 지원 등 친환경 경제 전반에 대한 투자를 이끌 수 있다. 그러나 재생에너지 활용, 효율 개선, 체계적인 데이터 품질 관리가 뒷받침되지 않으면, AI 운영에 드는 에너지 비용이 AI가 제공하는 혜택을 잠식할 수 있다.

향후 AI의 에너지·물 사용량은 여전히 불확실하다. AI 기술 자체는 효율적으로 발전하고 있으나, 광범위한 도입과 에이전트 AI(Agentic AI)의 등장으로 수요가 급증해 효율 개선 효과가 상쇄될 가능성이 있다. 이는 지속적으로 주시해야 할 과제다.

7. PwC, Will Net Zero AI Become a Reality, 2025

14. IEA, Energy and AI, 2025.

15. Goldman Sachs, AI to Drive 165% Increase in Data Center Power Demand by 2030, 2025.

16. World Economic Forum, How to Manage AI's Energy Demand: Today, Tomorrow and in the Future, 2024.

17. Stegra, Agreement with Microsoft Announced, 2025.

2. 데이터 품질, 보안 및 거버넌스

AI는 결국 데이터의 품질에 좌우된다. 체계적인 거버넌스가 없으면, 품질이 낮거나 시간이 지나면서 변질되는 데이터(데이터 드리프트)는 신뢰할 수 없는 결과를 초래한다.

사이버 리스크도 중요한 이슈로 부상하고 있다. 세계경제포럼(WEF)의 '글로벌 리스크 보고서(2025)'는 사이버 공격을 향후 2년간 세계를 위협할 5대 리스크 중 하나로 꼽았다¹⁸. 산업용 AI 시스템은 사이버 위협과 데이터 조작으로부터 보호되어야 하며, 안전장치, 이중화 시스템, 철저한 검증 과정을 통해 위기 상황에서도 안전하게 복구하고 운영을 지속할 수 있어야 한다.

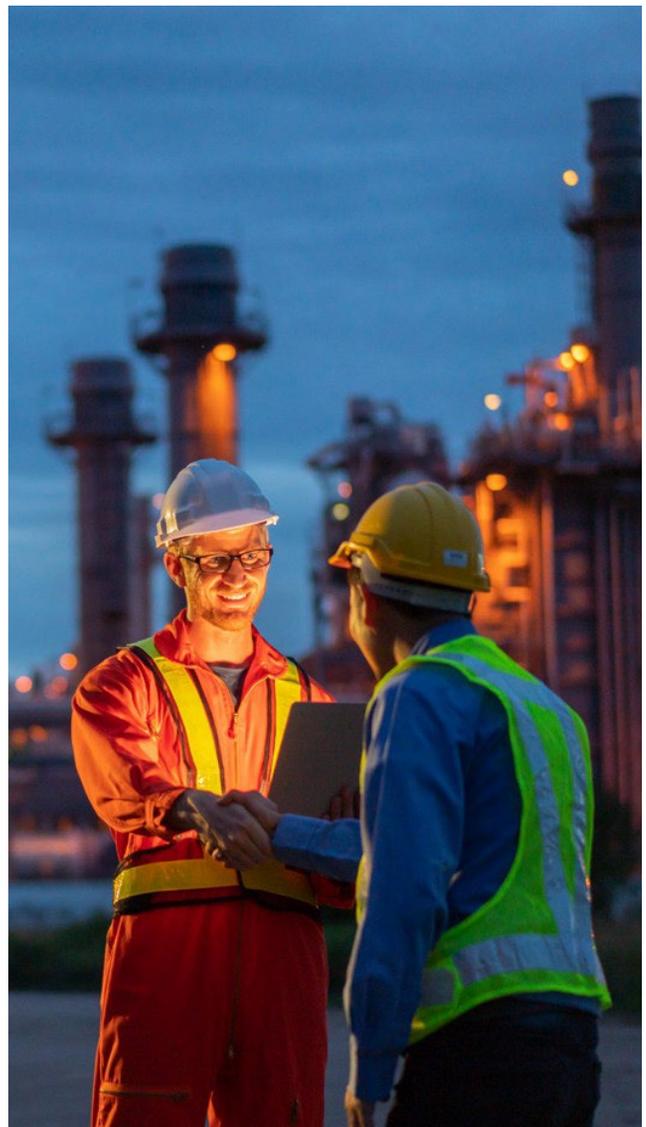
명확한 책임 소재, 주기적인 검증, 테스트 체계를 갖춘 강력한 거버넌스 프레임워크가 필요하다. AI 모델을 책임자가 정해진 핵심 운영 자산으로 다루면, 현장에 책임 의식이 자리잡는다.

AI는 데이터 무결성과 거버넌스 유지에도 핵심적인 역할을 할 수 있다. AI가 데이터 이상 징후를 자동으로 감지해 잘못된 정보에 기반한 의사결정을 방지할 수 있으며, 나아가 사이버 보안 위협을 모니터링하고, 안전 및 배출 기준 준수를 확인하는 디지털 감독 역할도 수행할 수 있다.

3. AI 도입과 조직의 변화

AI가 도입되면 직원들의 역할도 바뀐다. 특히 에너지 산업에서는 **AI의 도움을 받아 더 높은 역량을 발휘하는 직무가 5년 만(2019년~2024년)에 93% 증가했다**¹⁹. IFS 연구에 따르면, AI를 제대로 활용하려면 거의 모든(99%) 기업이 직원 재교육이 필요하며, 절반 이상의 기업은 전체 직원의 60%를 재교육해야 할 것으로 보고 있다³.

이러한 변화에 성공하려면, 초기부터 직원들을 논의에 참여시키고 AI가 왜 그런 판단을 내렸는지 투명하게 보여주어야 한다. 그래야 직원들이 AI를 신뢰하고 적극적으로 활용하게 된다. 결국 기계가 아무리 똑똑해져도, 현장의 안전과 최종 판단은 사람이 책임져야 한다는 사실은 변하지 않는다.



3. IFS, The Invisible Revolution: Industrial AI Driving Global Growth, 2025.

18. World Economic Forum, Global Risks Report, 2025.

19. PwC, AI Jobs Barometer—Industry Insights, 2025.

성공적인 AI 확산을 위한 핵심 성공 요인

산업용 AI의 성공적인 확산을 위해서는 양질의 데이터, 튼튼한 인프라, 직원의 역량, 그리고 무엇보다 '신뢰'가 조화를 이뤄야 한다. 많은 기업이 일부 부서에서 성공적인 시범 운영을 경험했지만, 이를 전사적으로 일관되게 확산하는 데는 여전히 어려움을 겪고 있다.

IFS 연구에 따르면, 산업계 리더의 86%는 AI가 지속가능성 목표 달성에 필수적이라고 인식하지만, 데이터 품질, 조직 문화, 거버넌스가 가장 큰 장벽으로 남아 있다.

1. 신뢰할 수 있는 데이터

산업용 AI의 성공은 양질의 데이터에 달려 있다. 기업들은 방대한 양의 데이터를 보유하고 있지만, 핵심은 데이터의 신뢰성이다. AI를 효과적으로 활용해 빠른 성과를 내려면, 흩어진 데이터를 하나의 신뢰할 수 있는 데이터 소스로 통합해야 한다. 데이터의 양보다 질에 집중해야 한다.

데이터의 출처와 변환 이력을 투명하게 관리하고, 품질 저하나 변질 여부를 지속적으로 모니터링해야 문제 발생 전에 신속하게 대응할 수 있다.

2. 견고한 디지털 인프라 구축

AI 성능은 견고한 디지털 인프라에 좌우된다. 그러나 많은 기업이 여전히 낡은 네트워크에 의존해 안정성이 떨어지는 것이 현실이다. 기본부터 갖춰야 한다. 필요한 곳에 충분한 자원을 배치하고, 현장과 본사 시스템이 끊김 없이 연결되며, 비용·탄소 배출량·서비스 품질을 한눈에 파악할 수 있어야 한다. 현실적인 해법은 현장에서 빠른 처리를 위해 엣지 컴퓨팅을, 전체 통합 관리는 클라우드를 활용해 이 둘을 조화롭게 결합하는 것이다. 이러한 균형을 통해 시스템 안정성을 높이고, 반응 속도를 빠르게 하며, 에너지 사용을 최적화할 수 있다.

3. 인력 역량 강화

AI는 일하는 방식을 근본적으로 재편한다. 단순 반복 업무는 AI가 맡고, 사람은 데이터 분석이나 의사결정 감독과 같은 더 중요한 일에 집중하게 된다. 그러나 AI의 성공적인 확산을 위해서는 직원들도 함께 진화해야 한다. PwC의 '**2025 Global AI Jobs Barometer**'에 따르면, AI 관련 직무에 필요한 기술은 비AI 직무보다 66% 더 빠르게 변하고 있다²⁰. **IFS 연구**에 따르면, 기업 임원의 53%가 전 직원의 60%를 재교육해야 할 것으로 예상했으며, 3분의 1은 사실상 전원(100%)을 다시 교육해야 할 수도 있다고 답했다³. 빠르게 AI를 도입하는 기업들의 비결은 간단하다. 초기 단계부터 현장 직원들을 참여시키는 것이다. 이를 통해 신뢰를 구축하고, 시스템의 정확도를 높인다.

4. 명확한 원칙과 책임있는 활용

체계적인 관리 감독은 필수다. IFS 설문조사에 따르면, 전 세계 기업 리더의 62%가 AI에는 어떤 형태로든 규제가 필요하다고 답했다³.

잘 갖춰진 거버넌스는 AI의 신뢰성, 투명성, 책임 소재를 명확히 한다. 이는 기업이 AI를 책임감 있게 확장하기 위한 필수 토대다.

5. 협업을 통한 혁신

어떤 기업도 고립된 상태에서는 혁신할 수 없다. 중공업 분야에서 산업용 AI를 성공적으로 확산시키려면 산업계, 정부, 기술 기업, 인증 기관 등 모든 주체의 긴밀한 협력이 필요하다. 이러한 협력을 통해 기업들은 변화하는 규제에 인한 불확실성에 대응하면서, 산업 전반의 탈탄소화와 지속적인 운영 효율을 효과적으로 추진할 수 있다.

3. IFS, The Invisible Revolution: Industrial AI Driving Global Growth, 2025.

20. PwC, AI Jobs Barometer: United Kingdom Analysis, 2025.

기업 고려 사항



산업용 AI는 이제 중공업의 운영 체계에 깊숙이 자리 잡고 있다. 공장, 유틸리티, 생산 네트워크는 AI를 활용해 유지보수, 물류, 생산 계획을 하나의 지능형 시스템으로 통합하고 있다.

다음 단계는 적응성과 자율성이다. **IFS 연구에 따르면**, 기업의 35%가 정해진 안전 범위 내에서 스스로 계획하고 행동하는 에이전트 AI(Agent-based AI)를 이미 실험하고 있다³.

35%

에이전트 AI 도입을
실험 중인 기업

세계경제포럼(WEF)은 디지털 기술이 확산되면 2050년까지 에너지, 소재, 모빌리티 등 배출량이 가장 많은 3대 산업 부문에서 배출량을 20% 감축할 수 있을 것으로 전망한다²¹.

다만 이러한 성과 실현은 기업들이 산업용 AI를 포함한 기술을 일상적으로 활용할 수 있는 기반을 갖추고 있는지에 달려 있다.

20%

2050년까지 3대 고배출
산업 배출량 감축 전망
(에너지·소재·모빌리티)

3. IFS, The Invisible Revolution: Industrial AI Driving Global Growth, 2025.

21. World Economic Forum, How Digital Solutions Can Reduce Global Emissions, 2022.

지속가능한 산업 전환을 위한 과제

중공업계는 경쟁력 유지와 탄소 감축이라는 두 가지 과제에 동시에 직면해 있다.

에너지 가격은 불안정하고, 공급망은 취약하며, 공시 의무는 확대되고 있다.

완벽한 해답보다, 실행하는 과정을 통해 점진적으로 발전해 나가야 한다.

산업용 AI는 경제적 가치와 지속가능성을 동시에 실현할 수 있는 현실적인 경로를 제시한다. 핵심은 세 가지다:

- **최소 자원으로 최대 효과:** 운영 효율을 극대화해 자산과 서비스 전반의 환경 부담을 줄인다.
- **데이터 기반 인사이트 활용:** 원자재·부품 조달 시 탄소 배출량이 낮은 옵션을 선택하는 등 주요 의사결정에 명확한 근거를 제공한다.
- **비즈니스 모델 혁신:** 전기차 전환, 재생에너지 도입 등 사업 방식 자체를 바꾸는 장기 투자 계획을 지원한다.

산업용 AI는 비용 관리 방식이 아닌, 가치 창출 방식 자체를 바꾼다. IFS Copperleaf와 같은 의사결정 분석 플랫폼은 AI를 활용해 기후 및 수요 시나리오에 따른 장기 투자 포트폴리오를 테스트하고, 리스크를 정량화하며, 시간에 따른 최고 가치 옵션을 제시한다. 이를 통해 설비 투자 계획은 누구나 일관되게 적용할 수 있는 체계적 프로세스로 전환되며, 설비 투자 계획이 위기 대응 목표와 연결되고, 의사결정 과정이 투명하게 기록된다.

연구에 따르면, 최적화 및 가치 기반 의사결정 분석 도구를 설비 투자 계획에 적용하면 동일 비용으로 포트폴리오 가치를 최대 20% 높이고²², 계획 시간을 50% 단축하며, 리스크 노출을 최대 200%까지 낮출 수 있다²³. 더 중요한 점은 이러한 프레임워크가 지속가능성을 재무적 의사결정에 내재화한다는 것이다. 탈탄소화, 회복탄력성, 사회적 가치 등의 성과를 비용·리스크와 함께 정량화해, 장기 투자 전략이 경제적으로도 환경적으로도 타당함을 입증할 수 있게 한다.

순환 경제나 성과 기반 비즈니스 모델에서는 디지털 트윈의 역할이 더욱 중요해진다. 가상 환경에서 자산의 전 생애주기에 걸쳐 설계, 테스트, 모니터링이 가능하기 때문이다. 이를 통해 투명성, 성능 검증, 추적성을 확보할 수 있으며, 이는 지속가능한 비즈니스 모델을 확장하는 데 필수 요소다.

AI 전환을 가속화하려면 세 가지 우선순위에 집중해야 한다:

1. 측정 가능한 사례부터 시작

예측 유지보수, 생산 계획 최적화, 공정 제어는 빠른 성과를 기대할 수 있어 좋은 출발점이 된다.

2. 데이터 준비에 투자

정제되고 통합된 데이터는 AI 시스템의 전사적 확장과 결과에 대한 신뢰를 뒷받침한다.

3. '신뢰'를 초기 설계에 반영

AI가 스스로 판단하고 행동하는 시대에는, AI 자체에 대한 신뢰가 핵심 설계 원칙이 되어야 한다.

이미 현장에서는 산업용 AI로 변화의 조짐이 보이고 있다. 먼저 움직이는 기업은 넷제로 목표를 더 빨리 달성할 뿐 아니라, 미래 산업의 새로운 기준을 만드는 지속가능성의 '게임 체인저'가 될 것이다.

22. Utility Week, Decision Analytics for Net Zero and ESG, 2021.

23. Copperleaf, Asset Management and ESG: Aligning Investment Decisions with ESG Goals and Objectives, 2024.



Copyright © 2025 PricewaterhouseCoopers LLP. All rights reserved. In this document, PricewaterhouseCoopers LLP is a limited liability partnership in the United Kingdom, which is a member firm of PricewaterhouseCoopers International Limited. Please see www.pwc.com/structure for further details. In this document, "PwC" refers to the UK member firm, and may sometimes refer to the PwC network

Copyright © 2025 Industrial and Financial Systems, IFS AB. IFS and all IFS products and services names are trademarks of IFS. All rights reserved. This document may contain statements of possible future functionality for IFS's products and technology. Such statements are for information purposes only and should not be interpreted as any commitment or representation. The names of actual companies and products mentioned herein may be the trademarks of their respective owners.

Production: IFS, November 2025.
Translation: PwC Korea, February 2026.
S/N: 2601W-RP-010
URL: www.pwc.com/kr/sustainability-ai

