인사이트

전기가 공장 생산성을 바꾸기까지 40년이 걸린 이유

웨이스가 AI 공장을 공정이 아니라 흐름으로 설계하는 까닭

방동걸 (주)웨이스 대표이사
2026년 10월 13일

덴마크 제약사 노보 노디스크가 비만 치료제 위고비를 만드는 힐레뢰드 공장을 한국 언론에 처음 공개했습니다. 조선일보 10월 13일 보도에 따르면 자율주행 로봇이 부품을 실어 나르고 로봇 팔 수십 개가 차례로 조립하며, 작업자는 주로 설비가 제대로 작동하는지 살폈습니다. 노보는 이곳을 「미래 공장」이라고 부르고, 안내를 맡은 매니저는 「겉보기에는 단순해 보일지 모르지만, 보이지 않는 곳에서 정말 많은 일이 벌어지고 있다」고 말했습니다.

제조 AI 운영체제 VEXPLOR를 만드는 웨이스는 그 보이지 않는 곳이 미래 공장의 본체라고 봅니다. 로봇과 센서는 눈에 보이지만, 공정과 공정 사이에서 무엇이 오가고 누가 다음 판단을 내리는지는 보이지 않습니다. 웨이스는 최근 자동창고부터 팔레트 포장까지 6개 공정을 하나의 흐름으로 운영하는 VEXPLOR 가상 공장 영상을 공개했습니다. 이 글에서는 그 영상에 담은 생각을 100년 전 공장에 전기가 들어오던 시기에 비추어 적습니다.

01

전동기를 단 공장은 처음 수십 년 동안 거의 빨라지지 않았습니다

경제사학자 폴 데이비드(Paul A. David)는 1990년 논문에서 새 동력이 공장 생산성에 나타나기까지 왜 그렇게 오래 걸렸는지 따졌습니다. 발전소도 있었고 전동기도 팔리고 있었는데, 1899년 미국 공장의 기계 동력 가운데 전동기 비중은 5% 미만이었습니다. 공장 대부분은 여전히 수차나 증기기관의 힘을 동력축과 벨트로 나눠 기계를 움직였습니다. 이 비중이 절반에 이르기까지 대략 20년이 더 걸렸습니다. 공장 전동화가 제조업 생산성에 효과를 내기 시작한 것은 1920년대 초입니다. 1881년 첫 중앙 발전소가 문을 연 지 40년 뒤였습니다.

시점	일어난 일	출처
1881년	첫 중앙 발전소 가동	David 1990
1899년	공장 동력 중 전동기 5% 미만	David 1990

시점	일어난 일	출처
1920년대 초	생산성 효과가 나타나기 시작	David 1990
1919~29년	총요소생산성 증가율 5%p 가속	David 1990

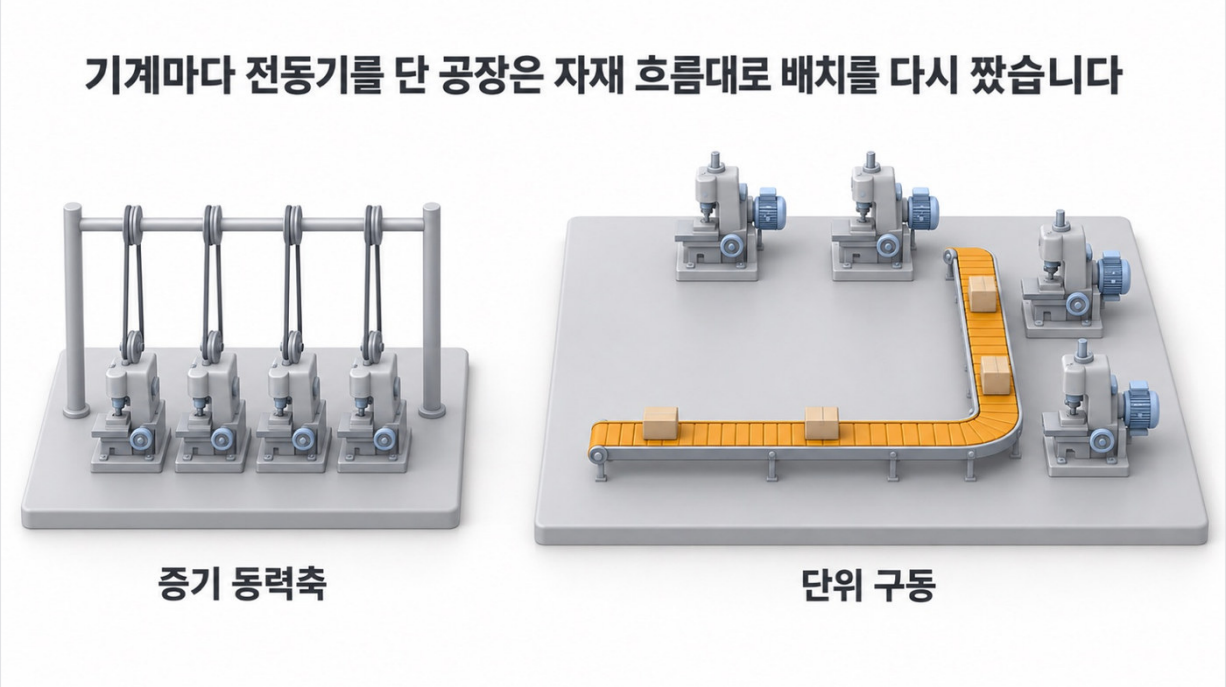
이 지연을 두고 경제학자 로버트 솔로가 했다고 전해지는 말이 있습니다. 「컴퓨터는 어디에나 보이는데 생산성 통계에서만 안 보인다.」 데이비드는 1900년의 사람들도 발전기를 두고 같은 말을 했을 법하다고 썼습니다. 새 기술은 어디에나 보이는데 숫자는 움직이지 않는다는 말은 지금 공장 AI가 듣는 말과 같습니다.

02

공장은 동력축을 걷어 내고 건물을 다시 설계한 뒤에야 빨라졌습니다

전동기가 처음 공장에 들어갔을 때 바뀐 것은 동력원뿐이었습니다. 증기 공장은 건물 위쪽에 긴 동력축(line shaft)을 매달고, 그 동력축에서 벨트를 내려 기계마다 힘을 나눴습니다. 초기 전동화는 기존 동력축과 증기기관을 그대로 둔 채 전동기를 더하는 방식이었고, 흔한 형태는 동력축을 몇 구간으로 나눠 구간마다 전동기를 다는 「그룹 구동」이었습니다. 데이비드는 이것을 옛 기술 체계 위에 새 체계를 덧씌운 과도기로 봤습니다.

큰 변화는 기계마다 전동기를 따로 다는 「단위 구동(unit drive)」에서 나왔습니다. 위에 매단 무거운 동력축을 받칠 보강이 필요 없어지자 공장 건물을 근본부터 다시 설계할 수 있었습니다. 긴 동력축의 동력 손실을 줄이려고 짓던 여러 층 건물 대신 단층의 직선형 배치가 가능해졌고, 자재가 흐르는 순서대로 기계를 놓고 제품이 바뀌면 배치를 다시 짤 수 있게 됐습니다. 한 구역을 고치려고 공장 전체 동력을 멈추지 않아도 됐습니다.



증기 공장의 동력축은 기계 배치를 묶었고, 기계마다 전동기를 단 공장은 자재 흐름대로 배치를 다시 짰습니다

방식	동력	공장 배치
증기 동력축	공장 전체가 하나	축 위치에 묶임
그룹 구동	구간마다 전동기	여전히 축에 묶임
단위 구동	기계마다 전동기	자재 흐름대로

데이비드에 따르면 1919~29년 미국 제조업의 총요소생산성 증가율은 그 전 10년보다 5%포인트 빨라졌고, 그 가속의 약 절반이 같은 기간 전동기 용량이 늘어난 것으로 통계상 설명됩니다. 에릭 브리뇰프슨(Erik Brynjolfsson) 등은 2017년 논문에서 같은 장면을 이렇게 요약했습니다. 기계마다 전동기를 달아 일을 다시 조직하는 방식은 돌이켜 보면 당연하지만 널리 퍼지기까지 30년이나 걸렸다는 것입니다.

03

지금 공장의 AI는 아직 그룹 구동 단계에 있습니다

웨이스가 현장에서 보는 공장 AI는 대부분 공정 하나에 붙어 있습니다. 비전 검사기에 판정 모델을 넣고, 로봇 셀에 동작 계획을 넣고, 설비 한 대에 이상 감지를 붙입니다. 셀 안은 빨라집니다. 그런데 셀과 셀 사이에서는 여전히 사람이 화면을 보고 다음 공정에 알리고, 엑셀을 옮기고, 막힌 곳을 전화로 찾습니다. 전동기만 더하고 동력축은 그대로 둔 공장과 구조가 닮았습니다.

브리뇰프슨 등은 AI의 이익이 저절로 오지 않는다고 결론지었습니다. 필요한 보완 요소를 만들고 일의 조직을 다시 짜는 노력이 함께 가야 한다는 뜻입니다. 같은 저자들은 2018년 J커브 논문에서 전기화 때도 공장 배치를 새로 고안하는 데 한 세대가 걸렸다고 적었습니다.

데이비드의 논문 결론에는 공장을 넘어서는 문장이 하나 있습니다. 기업의 정보 구조, 곧 어떤 데이터를 모으고 어떻게 나눠 처리하는가가 공장의 물리적 배치와 자재 흐름에 해당한다는 것입니다. 건물은 낡으면 다시 짓지만 정보 구조는 물리적으로 낡지 않아서, 시간이 지난다고 다시 설계할 계기가 오지 않습니다. 데이비드는 컴퓨터가 발전기와 같지는 않다고 선을 그었습니다. 웨이스도 역사가 그대로 반복된다고 보지 않습니다. 다만 공정 하나를 빠르게 하는 일과 흐름 전체를 다시 짜는 일이 다르다는 점은 100년 전과 같다고 봅니다.

04

웨이스는 6개 공정을 하나의 흐름으로 운영하는 가상 공장을 공개했습니다

VEXPLOR 가상 공장 영상은 이 생각을 화면으로 옮긴 것입니다. 원자재 상자가 자동창고에서 나와 입고되고, 카메라가 상자 안 부품 위치를 보고 로봇이 하나씩 집습니다. 로봇이 가공기에 부품을 공급하고, 협동로봇 여러 대가 회전 테이블에서 조립하고, 마지막 로봇이 완성품 상자를 팔레트에 쌓으면 랩핑기가 감아 내보냅니다. 공정 사이 운반은 AMR이 맡습니다.

▶ **VEXPLOR 가상 공장 — 6개 공정을 하나의 흐름으로 운영하는 시뮬레이션(전체판 3분 15초)**
영상 youtu.be/JiJ81fJC9f8

영상에서 봐야 할 곳은 로봇보다 운영 패널입니다. 아래 패널에는 6개 공정의 상태가 한 줄로 나오고, 셀을 고르면 오른쪽 패널에 그 셀의 설비마다 지금 무엇을 기다리는지가 나옵니다. 팔레트 대기 스테이션은 팔레트를 기다리고, 팔레트 AMR은 롤러 도킹을 확인하고, 적재 로봇은 다음 상자를 기다립니다. 비전 빈피킹이 배출 막힘 상태가 되면 그 앞뒤 공정이 어떻게 영향을 받는지도 같은 화면에서 봅니다.



VEXPLOR 가상 공장의 운영 화면은 6개 공정의 상태와 설비마다 기다리는 일을 한 화면에 보여 줍니다(화면 속 수치는 시뮬레이션 값)

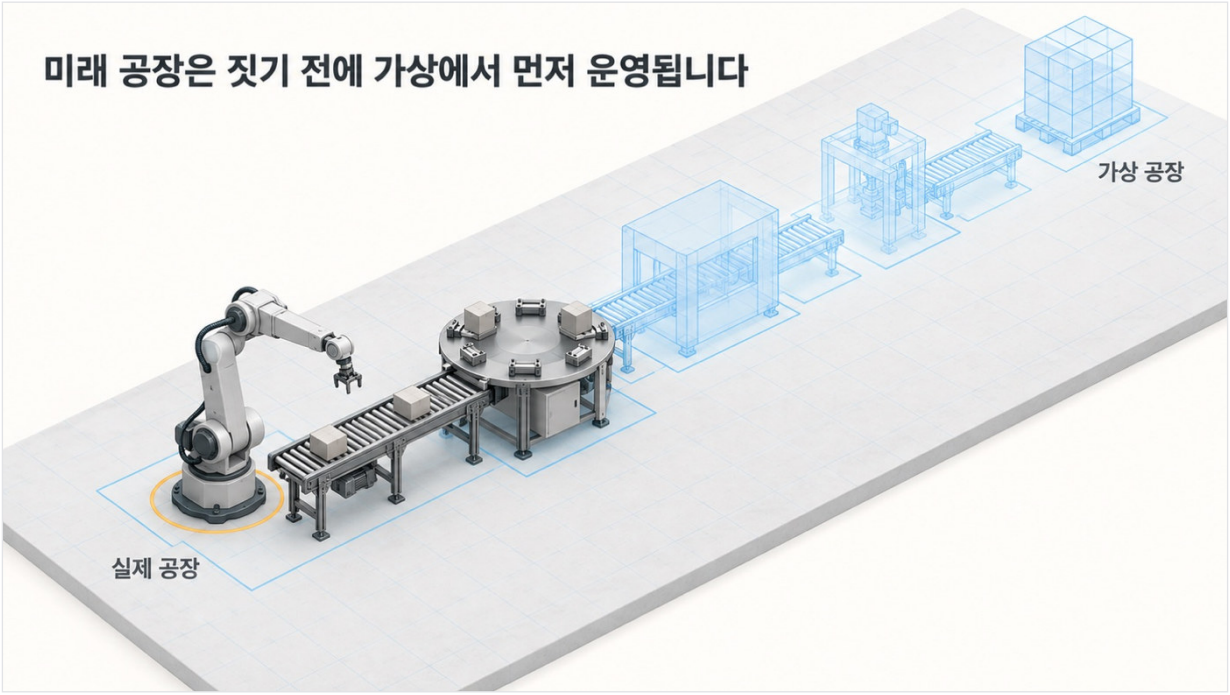
공정	하는 일	다음 공정에 넘기는 것
자동창고	원자재 상자 출고	상자
입고	재고로 받기	상자
비전 빈피킹	부품 하나씩 집기	부품
CNC	가공기에 부품 공급	가공 부품
조립	협동로봇 조립	조립품
팔레타이징	적재와 랩핑	팔레트

화면 속 수치는 시뮬레이션 값입니다. 실제 공장의 처리량이나 성능을 보증하는 값이 아닙니다. 이 영상이 보여 주려는 것은 숫자가 아니라 구조입니다. 공정마다 따로 빠른 공장이 아니라, 한 공정의 상태가 곧바로 다른 공정의 판단 재료가 되는 공장입니다.

05

미래 공장은 짓기 전에 가상에서 먼저 운영됩니다

단위 구동이 공장 건물을 다시 설계하게 했다면, 지금 그 설계는 가상 공장에서 먼저 이뤄지기 시작했습니다. BMW 그룹은 2023년 3월 헝가리 데브레첸 신공장이 BMW 그룹에서 처음으로 완전히 가상에서 계획되고 검증된 공장이라고 발표했습니다. 실제 양산보다 2년 넘게 먼저 가상 공장에서 차량 생산이 진행 중이라고 했습니다. 2025년 9월 BMW는 모든 작업을 미리 가상으로 시험했기 때문에 생산 라인을 디지털 트윈과 똑같이 건물에 설치할 수 있었고, 차체 공장의 1,000대 가까운 로봇 위치도 사전 시뮬레이션으로 정했다고 밝혔습니다.



미래 공장은 가상에서 먼저 운영해 본 뒤 그 배치 그대로 실제 설비를 설치합니다

같은 방향의 사례가 더 있습니다. 폭스콘은 멕시코 과달라하라 신공장의 디지털 트윈에서 공정을 정의하고 로봇을 훈련하며, 이 방식으로 연간 전력 사용량을 30% 넘게 줄일 수 있을 것으로 예상한다고 NVIDIA가 2024년 6월 전했습니다.

사례	가상에서 먼저 한 일	발표
BMW 데브레첸	공장 전체 계획·검증	2023·2025 BMW
폭스콘 과달라하라	공정 정의·로봇 훈련	2024 NVIDIA

웨이스는 가상 공장이 값을 만드는 경우를 셋으로 봅니다. 아직 없는 설비나 라인을 미리 볼 때, 아직 오지 않은 시점의 생산을 미리 운영해 볼 때, 그리고 설비와 사람이 어디에 놓여야 하는지 공간을 판정할 때입니다.

시뮬레이션이 실제와 얼마나 맞는지도 따로 확인합니다. 웨이스는 정부 자율형공장 구축 지원사업 현장에서 시뮬레이션 결과를 실제 라인 데이터와 대조해 정확도 85%를 확인했고, 공인 인증은 2027년에 받을 예정입니다. 85%는 그 현장의 시뮬레이션에서 확인한 값이라, 이번 영상의 정확도로 읽으면 안 됩니다.

가상 공장에 국한하지 않은 디지털 전환 성과로는, 세계경제포럼이 2025년 1월 등대 공장 17곳을 새로 선정하며 이번 선정 공장들이 AI·머신러닝·고급 분석 같은 디지털 솔루션으로 노동생산성을 평균 53% 높이고 전환 비용을 26% 줄였다고 보고했다고 발표했습니다.

06

웨이스가 그리는 미래 공장은 사람이 정보를 옮기지 않는 공장입니다

웨이스가 말하는 다크팩토리는 사람이 없는 공장이 아닙니다. 사람이 정보를 옮기지 않는 공장입니다. 관리 업무와 현장 설비가 같은 기록 위에서 움직이고, AI가 그 가운데서 공정 사이의 판단을 맡고, 사람은 가장자리에서 결정합니다. 사람이 줄어도 멈추지 않는 공장이라고 바꿔 말할 수 있습니다.

전동기의 역사에서 웨이스가 배우는 순서는 셋입니다.

- **흐름부터 그립니다** — 공정 하나의 속도보다 공정 사이에서 무엇이 오가는지를 먼저 적습니다.
- **가상에서 먼저 운영합니다** — 설비를 바꾸기 전에 가상 공장에서 흐름을 운영해 보고 막히는 곳을 찾습니다.
- **정보 구조를 다시 짭니다** — 사람이 화면과 서류로 옮기던 정보를 공정끼리 직접 주고받게 합니다.

VEXPLOR는 이 순서를 운영체제에 담으려 합니다. PC에 Windows가 있고 스마트폰에 iOS가 있듯이, 공장에도 설비와 AI와 사람을 한 흐름으로 묶는 운영체제가 필요하다고 웨이스는 봅니다.



이 글을 한 장으로 요약하면 이렇습니다

전동기가 공장을 바꾼 것은 전동기를 더했을 때가 아니라 공장을 흐름대로 다시 설계했을 때였고, AI도 공정 하나가 아니라 흐름 전체를 다시 짤 때 공장을 바꿀 것입니다.

WACE(웨이스)는 공장이 스스로 판단하고 멈추지 않게 하는 제조 AI 운영체제 VEXPLOR를 만드는 회사다.

07

함께 읽어보세요

- 10년 뒤 로봇이 일하는 공장에서 웨이스는 무엇을 맡는가
- 웨이스는 VEXPLOR로 공장의 판단을 공정 하나씩 어떻게 AI에게 넘기려 하는가
- 자동차 회사들은 어느 공정부터 사람 없이 가동하고 있나

참고한 자료

- Paul A. David, "The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox", American Economic Review 80(2), 1990
- Erik Brynjolfsson, Daniel Rock, Chad Syverson, "Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox", NBER Working Paper 24001, 2017
- Erik Brynjolfsson, Daniel Rock, Chad Syverson, "The Productivity J-Curve", NBER Working Paper 25148, 2018(2020 개정)
- 조선일보, 「위고비 이렇게 만들어진다…노보 노디스크 '미래 공장' 𝌆 언론 첫 공개」, 2026년 10월 13일

- BMW Group 보도자료, 2023년 3월 21일 · 2025년 9월 17일
- NVIDIA 블로그, "Foxconn Trains Robots, Streamlines Assembly With NVIDIA AI and Omniverse", 2024년 6월 2일
- World Economic Forum 보도자료, "Global Lighthouse Network 2025", 2025년 1월 14일

원문 blog.vexplor.com/post/why-electricity-took-40-years-to-change-factories

발행 2026년 10월 13일 · 방동걸 (주)웨이스 대표이사

회사 주식회사 웨이스 (WACE Inc.) · 대표이사 방동걸 · 사업자등록번호 439-87-02852

주소 (18462) 경기 화성시 동탄구 동탄영천로 150, 에이동(A동) 1702-1708호 (영천동, 실리콘앨리동탄)

연락처 전화 070-4730-0629 · contact@wace.me

홈페이지 wace.me · linkedin.com/company/wace-inc

원문 홈페이지 링크드인