

손 쉬운 학습

PTC 특별판

# 제품 지속 가능성

for  
**dummies**<sup>®</sup>  
A Wiley Brand



탄소발자국  
감축 설계

효율적인 제조

수익성 있는  
서비스 및 순환

제공 :



ptc<sup>®</sup>

Dave Duncan

## PTC 소개

항공기부터 의료기기, 풍력 터빈, 컴퓨터에 이르기까지 PTC의 독보적인 소프트웨어 솔루션 포트폴리오는 기업들이 제품의 설계, 제조, 유지관리 방법을 혁신할 수 있도록 합니다.

제품 라이프 사이클 관리 분야의 글로벌 리더로서 PTC의 소프트웨어는 제품 라이프 사이클의 전반적인 데이터 관리를 지원하여 제품 복잡성을 단순화하고 엔지니어링 및 디자인 분야의 우수성을 추구하며 제조 및 공급망의 효율성을 높이고 운영 및 서비스의 최적화를 실현합니다.

모든 규모의 기업들이 PTC의 디지털 기술 포트폴리오, 광범위한 파트너 네트워크, 산업 전문성을 눈여겨 보고 PTC를 신뢰합니다. PTC 소프트웨어는 제품 라이프 사이클의 모든 단계를 지원하며 시장을 선도하는 제품 라이프 사이클 관리 (PLM), 애플리케이션 라이프 사이클 관리 (ALM), 컴퓨터 지원 설계 (CAD), 서비스 라이프 사이클 관리 (SLM)를 아우릅니다.

3 만 곳이 넘는 PTC의 고객 중에는 자동차, 항공우주 및 방위, 산업 기계, 의료 기술, 전자 및 첨단 기술 등 주요 제조 산업 분야의 선도적이면서 혁신적인 기업들이 있습니다. PTC는 고객의 성공을 위해 최선을 다하고 있으며 고객과 긴밀히 협력하여 디지털 전환을 지원합니다.

PTC의 목표는 더 나은 세상을 상상하면서, 그 세상을 만들어가는 것입니다. 이 목표는 PTC의 가치, 지속 가능성 이니셔티브, 사회적 영향력 활동, 소프트웨어 솔루션에 고루 반영되어 있습니다.



# 제품 지속 가능성

PTC 특별판

저자 **Dave Duncan**

for  
**dummies**<sup>®</sup>  
A Wiley Brand

# 제품 지속 가능성 For Dummies®, PTC 특별판

## 발행인

John Wiley & Sons, Inc.  
111 River St.  
Hoboken, NJ 07030-5774  
[www.wiley.com](http://www.wiley.com)

Copyright © 2025 by John Wiley & Sons, Inc., 뉴저지주 호보肯. 텍스트 및 데이터 마이닝, AI 훈련, 유사 기술 등을 포함한 모든 권리를 보유합니다.

1976년 미국 저작권법 107항 또는 108항에 따라 허가된 경우를 제외하고 본 출판물의 어떠한 부분도 발행인의 사전 서면 허가 없이 전자적, 기계적, 복사, 녹화, 스캔 등 어떠한 형태나 방식으로든 검색 시스템에 복제, 저장하거나 전송할 수 없습니다. 발행인에게 허가를 요청하려면 John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, (201) 748-6011, 팩스 (201) 748-6008 또는 온라인(<http://www.wiley.com/go/permissions>)으로 허가 부서에 문의하십시오.

**상표:** Wiley, For Dummies, Dummies Man 로고, The Dummies Way, Dummies.com, Making Everything Easier 및 관련 트레이드 드레스는 미국 및 기타 국가에서 John Wiley & Sons, Inc. 및/또는 해당 계열사의 상표 또는 등록 상표이며 서면 허가 없이 사용할 수 없습니다. PTC 및 PTC 로고는 PTC의 등록 상표입니다. 기타 모든 상표는 해당 소유자의 자산입니다. John Wiley & Sons, Inc.는 이 책에 언급된 모든 제품이나 업체와 관련이 없습니다.

**책임 제한/보증 배제:** 발행인 및 저자는 이 책 내용의 정확성이나 완전성과 관련하여 어떠한 진술이나 보증도 하지 않으며 특히 특정 목적에 대한 적합성의 보증을 포함하여 모든 보증을 제한 없이 부인합니다. 판매 또는 홍보 자료를 통해 어떠한 형태의 보증도 생성하거나 연장할 수 없습니다. 여기에 포함된 조언과 전략은 모든 상황에 적합하지 않을 수도 있습니다. 제공된 정보는 일반적인 안내를 목적으로 하며, 세무, 혜택 또는 법적 자문을 제공하지 않습니다. 이 책은 발행인이 법률, 회계 또는 기타 전문 서비스 업종에 종사하지 않음을 이해하고 판매됩니다. 전문적인 도움이 필요한 경우 유능한 전문가를 찾아야 합니다. 발행인이나 저자 모두 이로부터 발생하는 손해에 대해 책임을 지지 않습니다. 이 책에서 인용 및/또는 잠재적인 추가 정보 소스로 조직 또는 웹사이트를 언급했다고 해서 저자 또는 발행인이 해당 조직 또는 웹사이트에서 제공하거나 추천하는 정보를 보증함을 의미하지는 않습니다. 독자는 이 책이 작성된 시점과 이 책을 읽는 시점 사이에 이 책에 나열된 인터넷 웹사이트가 변경되거나 사라졌을 수도 있음을 인지해야 합니다.

당사의 다른 제품과 서비스에 대한 정보 또는 귀하의 조직이나 비즈니스용 맞춤형 *For Dummies* 책을 제작하는 방법을 알아보려면 미국에 있는 당사 비즈니스 개발 부서(877-409-4177) 또는 [info@dummies.biz](mailto:info@dummies.biz)에 문의하거나 [www.wiley.com/go/custompub](http://www.wiley.com/go/custompub)을 방문하십시오. 제품 또는 서비스에 *For Dummies* 브랜드를 라이선싱하는 방법을 알아보려면 [BrandedRights&Licenses@Wiley.com](mailto:BrandedRights&Licenses@Wiley.com)에 문의하십시오.

ISBN: 978-1-394-36837-2 (pbk); ISBN: 978-1-394-36838-9 (ebk); 978-1-394-36839-6 (ePub). 인쇄 버전의 일부 빈 페이지는 ePDF 버전에 포함되지 않을 수 있습니다.

## 발행인 감사의 글

다음은 이 책을 발간할 수 있도록 도움을 주신 분들입니다.

### 프로젝트 관리자 겸 개발 편집자:

Carrie Burchfield-Leighton

### 수석 관리 편집자: Rev Mengle

### 원고 검토 편집자: Traci Martin

### 수석 고객 계정 관리자:

Matt Cox

### PTC 기여 저자:

Elena Angst, Sean McGrath,  
Ashley Pruitt, Nicole Dwyer,  
James Norman,  
Kristen Wells Griffith,  
Brad Donegan

### 제작 편집자: Magesh Elangovan

# 목차

<b>서론</b>	1
이 책에 대한 정보	2
근거 없는 가정	2
이 책에서 사용된 아이콘	3
추가 자료	3
<b>1장: 제품 지속 가능성 수준 설정</b>	5
지속 가능성 정의	5
제품으로 인한 혼란	7
컴플라이언스 — 채찍	8
수익성 — 당근	9
라이프 사이클 사고를 통한 탄소발자국 감소	10
<b>2장: 생태계 및 컴플라이언스 문제 해결</b>	11
문제 파악	11
9가지 지구 위험 한계선	12
탈탄소화	13
유한 자원 보존	14
문제 규제	16
환경성적표지	17
유해 물질 규제	17
탈탄소화 규제	18
순환성 규제	21
<b>3장: 지속 가능성과 비즈니스 가치의 조화</b>	23
탈탄소화 가치	24
부품 설계 시 재료 절감	25
임베디드 소프트웨어를 통한 디지털화	26
공급업체 데이터 향상 및 선정	27
균형 있는 재료 선정 기준	27
분산 제조	28
제조 가능성 시뮬레이션	29
EPD 자동화	29
순환성 가치	30
모듈식 설계	31
기술자 지원(최후의 수단)	32
서비스 부품 주문(최후의 수단)	33
탄소발자국에 따른 제품 차별화	34

<b>4장: 지속 가능성 원칙을 고려한 설계</b>	35
라이프 사이클에서 DfS 가치 인식	35
DfS 지혜를 찾아서	36
개별 제조업체를 위한 DfS 프레임워크	37
구성요소 수준	37
제품 수준	39
제품 서비스 시스템 수준	40
DfS 실제 시퀀싱 관리	40
<b>5장: 전체 라이프 사이클 사고를 통한 탄소발자국 관리</b>	41
라이프 사이클 사고 지침	42
라이프 사이클 인벤토리 우선순위	43
운영 탄소발자국	44
업스트림 탄소발자국	45
다운스트림 탄소발자국	46
순환성	47
라이프 사이클 디지털 스레드	48
엔지니어링 허브	49
자산 허브	50
PLM BOM 및 자산 허브 통합	51
구성별 작업 지침	51
장비 기반 예측	52
데이터 기반의 설계 및 서비스	52
AI 가치 강화	52
<b>6장: 수익성 있는 탄소발자국 감소를 위한 라이프 사이클 팁 10가지</b>	53
전체 라이프 사이클 고려	53
모듈형 하드웨어 및 소프트웨어로 순환성 실현	54
현장 작업자의 중요한 역할	54
잘 구성된 BOM 기능으로 EPD에 접근	55
DPP의 장점 고려	55
CFO가 만족할 탄소발자국 감축 실현을 위한 행동	56
브랜드 핵심 주제 선도하기	56
탄소 가치 이해도 향상	57
순환성 직관 습득	58
지속 가능성 의무화를 통한 디지털 스레드 구축	59

# 서론

**더** 나은, 더 깨끗한, 더 수익성 있는 제품으로, 이제 제품 지속 가능성을 추상적인 전략 메시지에서 벗어나 제품을 설계, 제조, 서비스 및 폐기하는 여러분과 같은 리더들의 손에 맡겨야 할 때가 왔습니다. 행동으로 옮기지 않는 한, 제품 탄소발자국은 개선되지 않습니다. 제품 탄소발자국의 약 80%는 설계 결정(제조 및 서비스 계획 포함)에 따라 좌우되기 때문에 여러분은 환경과 비즈니스 측면에서 유의미한 성과를 이루어내는 영웅이 될 수 있습니다.

지속 가능성의 대부분의 사람이 느끼기에 새로우면서도 빠르게 변화하는 주제입니다. 그러나 전문 지식이 부족하더라도 걱정하지 마세요. 이 책을 읽고 나면 곧 최고의 전문가들과 협업할 수 있게 될 겁니다. 지속 가능성 실무자들은 환영받는 집단입니다.

대학의 교내 스포츠를 떠올려보세요. 축구를 선택한다면 대부분의 선수들이 어릴 때부터 시작했기 때문에 힘들 수 있습니다. 하지만 대다수의 사람들은 얼티밋 프리스비에는 처음이므로 빠르게 필드에 나가 팀에 기여할 수 있습니다.

제품 지속 가능성은 얼티밋 프리스비와 비슷합니다. 기본 원리만 이해하면 바로 시작할 수 있습니다. 이 책을 통해 제가 진리로 여기는 다음 세 가지 주요 사항을 강조하고 싶습니다.

- » **제품 탄소발자국 감소는 수익성이 있는 경우에 지속 가능합니다.** 재정적 이익을 위해 반드시 취해야 할 조치를 통해 향후 5~10년 이내에 제품 탄소발자국을 절반 이상으로 줄일 수 있습니다. 추가적인 기법과 기술이 2030년대까지 성장하여 대부분 숙제로 남은 어려움을 유익하게 해결할 수 있게 될 겁니다.
- » **정치적 논쟁은 배제합니다.** 정치적인 여론은 번덕스럽습니다. 기술이 비용과 탄소발자국을 줄이면서 더 나은 제품을 개발하는 방향으로 진보하는 것은 불가역적이며 내구성, 에너지 비용 절감, 공급망 회복 탄력성 측면에서 만인에게 널리 인정받고 있습니다.
- » **현재 업무 방식을 뒤엎지 않아도 됩니다.** 전 시스템 설계 엔지니어링 부사장 David Genter는 제품 라이프 사이클을 실무자들이 품질에 대해 다각도에서(성능, 기능, 신뢰성, 준수성, 내구성, 편리성, 심미성, 지각된 품질) 이미 비용을 절충하는 균형을 맞추고 있다고 했습니다. 여기에 ‘지속 가능성’을 더하면 됩니다.

그러니 재생성, PFAS 무첨가의 100% 재활용 가능한 폴리에틸렌 프리스비를 선택해 시작해 보세요!

## 이 책에 대한 정보

이 책은 다음과 같은 내용을 알아보는 6개의 장으로 구성됩니다.

- » 주제와 중점적인 부분을 정하는 제품 지속 가능성 수준 설정
- » 제품이 유발하는 문제와 탄소발자국 감소를 촉진하는 법적 환경
- » 탄소발자국 감소 및 재정적 우선순위의 조화에 대한 비즈니스 사례
- » 지속 가능성 설계(DfS) 원칙
- » 전체 라이프 사이클 사고를 통한 탄소발자국 관리
- » 효과적인 제품 탄소발자국 감소를 위한 10가지 라이프 사이클 팁

장별로 읽을 수 있도록 구성되었습니다. 따라서 관심을 불러일으키는 주제를 발견했다면 해당 장으로 건너뛰어도 됩니다. 이 책은 자신에게 맞는 순서로 읽을 수 있습니다.

## 근거 없는 가정

지속 가능성은 광범위한 주제이지만, 제품 지속 가능성은 보다 집중적입니다. 저는 독자에 대해 몇 가지 가정을 했습니다.

- » 먼저, 개별적으로 제조된 제품에 대한 지속 가능성을 이해해야 합니다. 비행기, 기차, 자동차, 신발, X선 촬영장치, 토스터 오븐, 스마트폰, 엘리베이터, 불도저, 밸브와, 발등에 떨어졌을 때 고통스러운 단단한 물체들이 이에 해당합니다. 이 책에서는 오일, 가스, 화학물질, 식품, 맥주, 원자재 및 기타 레시피 기반 제품 등의 공정 기반 제조를 다루지 않습니다.
- » 둘째로, 여러분은 제품 라이프 사이클 실무자 또는 기업 지속 가능성 실무자(또는 이같은 기능 담당 임원) 중 하나에 종사하고 있을 수 있습니다. 제품 라이프 사이클 측면에서 엔지니어링, 제조 계획, 서비스 관리, IT, 제품 관리, 소싱, 컴플라이언스 등 다양한 기능 분야에서 일반적 또는 전문직으로 근무하고 있을 수 있습니다.
- » 제품 또는 지속 가능성 관련 업무를 담당하지 않더라도 이 책은 현 산업이 어떻게 하면 탄소발자국을 줄일 수 있는지 알아보는 유익한 내용을 담고 있습니다.

# 이 책에서 사용된 아이콘

이 책은 중요한 항목을 환기시키기 위해 가끔 특별한 아이콘을 사용합니다. 다음과 같은 아이콘을 찾을 수 있습니다:



이 아이콘은 기억할 가치가 있는 정보를 나타냅니다.

기억하세요



여기에서는 다른 구현 사례에서 얻은 경험을 활용할 수 있는 제안, 조언 또는 관찰을 통해 유용하거나 도움이 되는 내용을 찾을 수 있습니다.

팁



경고 아이콘은 빠진 부분이나 돈 쟁는 곳, 기타 위험 등을 피하도록 주의를 환기시키기 위한 것입니다. 본서에서 이 부분에 특별히 주의하면 부적절한 방해 요소를 피할 수 있습니다.

경고



기술 자료 이 아이콘은 다음 두 가지 방식 중 하나로 사용할 수 있습니다. 기술자는 이 곳의 흥미롭고 중요한 세부 정보에 집중하지만 아마도 다른 사람들은 기꺼이 다음 단원으로 건너뛸 것입니다.

기술 자료

## 추가 자료

이 책은 좋은 입문서이지만 64페이지 분량으로는 일부 주제를 다루기에 깊이가 부족합니다. 더 자세한 정보는 [PTC.com/beyond-the-book](http://PTC.com/beyond-the-book)을 방문해 주세요. 본서에서는 이 링크를 여러 차례 인용하고 있기 때문에 모든 리소스에 편리하게 접근할 수 있습니다.

- » 지속 가능성 이해하기
- » 제품이 미치는 영향 알아보기
- » 규제 준수하기
- » 수익성 추구하기
- » 라이프 사이클 사고로 탄소발자국 줄이기

# 1장

## 제품 지속 가능성 수준 설정

**지**속 가능성에는 다양한 컨텍스트(다양한 의미!)가 있어서 이 여정의 어디쯤에 있는지 파악하는 게 쉽지 않을 수 있습니다. 이번 장에서는 제품 지속 가능성의 원칙과 제품 라이프 사이클 실무자들이 개별 제품에서 가장 큰 영향을 미치는 부분을 살펴봅니다. 다음 장에서 이 주제에 대해 더 자세히 다룹니다.

### 지속 가능성 정의

1987년에 유엔(UN) 브룬트란트 위원회는 지속 가능성을 정의했는데, 그 정의는 지금도 계속 유효합니다. 지속 가능성이란 현재 세대의 니즈를 충족하면서 미래 세대의 니즈를 충족하는 데 있어 타협하지 않는 것입니다. 우리 모두는 쾌적한 집, 편리한 교통수단, 모험적인 휴가, 그리고 영양가 있는 식사를 누립니다. 여러분은 자녀, 손수, 증손주, 고손주 등등 자손만대가 번영하는 자연환경을 누리면서 현재와 유사하거나 더 나은 기회를 얻을 수 있기를 희망합니다. 지속 가능성에 대한 마음가짐으로 윤택한 삶과 환경 보존을 조화롭게 하며, 제품 및 서비스를 누릴 수 있는 새로운 방식을 찾아야 합니다.

지속 가능성은 환경, 사회, 거버넌스 이 세 가지 분야로 구성됩니다. 각 분야는 그림 1-1과 같이 더 세분화됩니다. 그림 1-1의 밝은 칸은 관리하는 제품 라이프 사이클에서 중점적으로 봐야 할 부분입니다(화재경보기 또는 무기 등 일부 제품은 긍정적이거나 부정적인 사회적 영향을 미칠 수 있음).

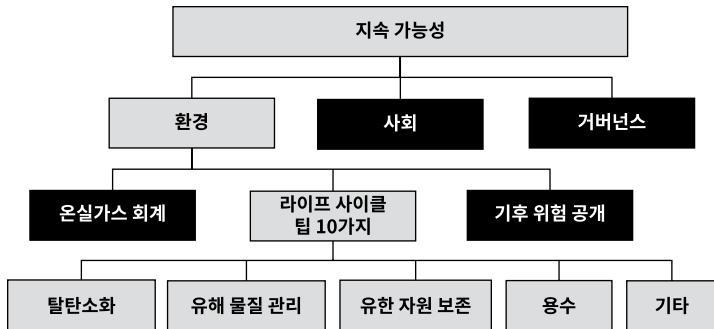


그림 1-1: 개별 제조에서 제품 라이프 사이클 실무자들의 공통된 지속 가능성 중점 사항.

ESG라는 용어가 지속 가능성과 혼용되는 것을 들어보셨을 것입니다. ESG는 환경, 사회, 거버넌스를 의미하며, 유엔이 채택한 17개의 지속가능발전목표(SDG)를 기반으로 합니다. 17개의 목표는 기술적으로 환경을 더욱 잘 보존할 수 있는 수단이 있다 하더라도(현재 대부분 보유하고 있음), 시민과 국가들이 협조하지 않는다면 필요한 속도와 규모로 이를 시행할 수 없음을 나타냅니다. (정치적인 이야기를 하려는 게 아닙니다. 앞으로 어떻게 여러분의 기여를 정치 중립적으로 유지하는지 알려드리겠습니다.)

사회적 목표인 빈곤 종식(1번)과 거버넌스 목표인 평화, 정의 및 강력한 제도(16번)는 환경(E) 목표 달성을 필수적이며, 이 책에서 중점적으로 다루는 내용입니다. 모든 제품 라이프 사이클 실무자들은 과학적으로 검증된 기술과 비즈니스 가치를 바탕으로 환경(E) 분야에서 활동하고 있습니다. 17개의 목표 중 중점적으로 보는 두 가지는 다음과 같습니다.

» 9번 — 산업, 혁신, 인프라: 제품 라이프 사이클의 설계 요소입니다.

» 12번 — 책임 있는 소비와 생산: 제품 라이프 사이클의 제조, 서비스, 순환 실행 요소입니다.



기술 자료

공급망 인권과 관련된 일부 사회(S) 목표는 설계 시 재료 및 구성요소 선택에 중요한 규제 준수 항목입니다. 귀사는 공급자를 직접 평가하지 않습니다. 대신에 귀사의 소싱 그룹에서 이를 대신하고 분쟁광물 규제준수 및 기타 요인을 고려하여 승인된 공급업체 목록을 제공합니다.

# 제품으로 인한 혼란

이전 섹션에서 저는 이 책의 주요 ESG 초점을 UN의 SDG 프레임워크 내에서 환경(E)으로 식별합니다. 이번 섹션에서는 귀사의 환경 문제 중 개선해야 할 부분을 소개합니다. 2장에서 이를 자세히 알아봅니다.

제품들은 일반적으로 환경에 세 가지의 중대한 부정적 영향을 미칩니다.

» **유해 물질:** 수은, 납, 카드뮴과 같은 유해 물질은 사람 및 다른 생물체에 유해합니다. 최근 연구에 따르면, 플라스틱도 심각한 문제를 유발할 수 있습니다. 강철 및 알루미늄 같은 금속은 제품 상태에서 주로 불활성이지만 채굴 과정에서는 수질과 토양을 오염시킬 수 있는 광미가 남습니다.



기술 자료

광업에서 광석 분리 과정 후에 남은 잔류물을 광미라고 합니다.

» **온실가스 배출:** 제품 라이프 사이클에서, 온실가스 배출은 화석 연료를 연소시켜 생산되거나 사용되는 모든 것에서 발생할 수 있습니다. 예를 들어, 가솔린을 연소시켜 주행하는 자동차가 그렇습니다. 다른 기계들은 전기를 사용하는데, 이 전기의 업스트림 발전에서는 석탄이나 천연가스 같은 화석 연료를 연소시킬 수 있습니다. 전원공급이 필요 없는 제품에도 제조 과정에서 사용된 탄소량이 포함되어 있습니다. 참고: 일부 제품은 작동하면서 냉매 같은 추가적인 온난화 가스를 배출할 수 있습니다.



기술 자료

체화 탄소는 광물 채굴, 재료 가공, 제조, 운송 등 제품 생산 과정에서 발생하는 온실가스 배출량의 총합입니다.

» **유한 자원 고갈:** 유한 자원 고갈은 지구의 자원에 있는 금속, 광물, 석유처럼 추출 가능한 자원이 한정되어 있다는 점을 고려합니다. 트럭이 디젤을 연소시키거나, 파손된 제품을 폐기하여 소각하거나 매립하는 등 선형적인 방식의 소비를 지속한다면 언젠가 미래 세대는 이러한 생산적인 공급망을 더 이상 확보하지 못하게 될지도 모릅니다.

환경 측면의 기업 책임은 종종 자발적으로 이러한 외부효과를 완화하여 비즈니스 가치를 창출합니다. 갈수록 기업들에게 책임을 묻도록 규제가 강화되고 있습니다.

# 컴플라이언스 — 채찍

컴플라이언스란 규정을 준수하는 것이며, 이에 대한 자세한 내용은 2장에서 다릅니다. 유해 물질 규제 준수는 업계에서 20여 년 동안 점차적으로 강화되어 왔습니다. 귀사는 유해 물질 관리에 대한 성숙한 프로그램을 보유하고 있을 것입니다.

유해 물질 관리와 다르게, 탈탄소화와 순환성은 새로운 컴플라이언스 분야입니다. 국가적 차원의 규정은 다수 있지만, 전 세계를 주도하는 힘은 유럽연합(EU)의 기업 지속가능성 보고 지침(CSRD)을 통해 이루어지고 있습니다. CSRD는 ESG 관련 주제를 광범위하게 포괄하며 EU로 수출하는 기업들에게도 국제적으로 적용됩니다. 따라서 EU에서 직접 제품을 판매하거나 EU에서 제품을 판매하는 공급업체와 협력하는 경우, 규제 압력을 받을 수 있습니다.

제품 라이프 사이클 실무자들에게 있어 CSRD 및 관련 규정은 제조업체가 다음을 이행하도록 강제합니다.

- » 제품의 탄소발자국 측정
- » 정량화된 탄소발자국 감축 약속
- » 수명이 다한 부품 및 제품에서 나온 자재 재활용



기억하세요

경제학자의 관점에서 보면, 지구 온난화는 온실가스 배출이라는 외부효과를 관리하는 데 있어서 시장의 실패라고 할 수 있습니다. 점차적으로, 이 외부효과를 해결하기 위해 규제적 “강제 조치”가 도입되고 있습니다.

순수한 비즈니스 측면에서 보면, 규제를 준수하지 않는 경우의 비용은 매우 높습니다. 우선, 법적 제재가 있는데 국가 및 무역 블록별로 다릅니다. 기업 간 거래(B2B) 제조업체의 경우, 이러한 불이익이 비즈니스 손실 위험에 비해 상대적으로 작을 수 있는데, 고객들이 규제를 준수하지 않는 공급업체의 자격을 박탈할 수 있습니다.



이 규제 준수를 번거롭게 여기지 마십시오. 대신에 제품 디자인의 기준을 높이고, 공정한 경쟁 환경을 조성하며, 새롭게 수익성 높은 비즈니스 기회를 창출합니다.

팁

## 수익성 — 당근

규제 준수에 대해, 귀사의 비즈니스 케이스는 단순히 “사장님, 이건 해야 합니다!”가 될 수 있습니다. 하지만 그러한 사업 비용 중심의 접근 방식은 차별화된 투자를 유치하지 못할 것이며, 그보다 훨씬 더 좋은 기회가 있을 수 있습니다.

본질적으로 제품의 지속 가능성은 가시성을 높여 가치와 효율성의 우선순위를 명확히 파악할 수 있도록 합니다. 그런 다음 이러한 우선적 기회를 검증된 첨단 솔루션과 결합합니다. 컴플라이언스 가치를 제외하더라도, 결과는 비즈니스 우선순위와 일맥상통합니다.

- » 재활용, 경량화, 폐기물 최소화, 내장형 소프트웨어를 통해 재료와 부품 비용 절감.
- » 에너지 효율성, 재제조 및 재포장으로 생산 비용 절감.
- » 고객 가치를 중심으로 설계하며, 과도한 엔지니어링을 세련되게 방지.
- » 내구성, 효율성 및 내장형 소프트웨어 혁신을 통해 초기 매출 수익 증대.
- » 효율적인 서비스, 업그레이드 및 부가 제품 시장을 통해 애프터세일즈 매출 증대.
- » 공급망 가시성 향상 및 리스크 대응 능력 강화.
- » 브랜드 인지도와 친환경 프리미엄으로 시장 확대.

고민할 필요가 없는 쉬운 문제입니다! 이 목록대로 하면 비즈니스와 환경에 유익하며, 상사가 법정에 서게 되는 일도 막아줍니다.



제품의 탄소발자국 감소는 수익성이 있을 때 지속 가능하며, 수익성은 귀사가 추구하는 막대 위의 당근과 같습니다(이전 섹션 참조). 쉬운 부분부터 중점적으로 성과를 내기 시작해서 어려운 부분까지 단계적으로 나아갑니다. 재생 가능 전기화, 탈물질화, 분산형 제조, 서비스화 등은 오늘날 일반적으로 수익성이 좋은 기회입니다. 다른 기회들은 초기 단계일 수 있지만, 지금 선도자의 이점을 제공하거나 향후 다음 단계 옵션을 제공합니다. 가치 세부사항에 대한 더 자세한 내용은 3장에서 확인할 수 있습니다.

## 라이프 사이클 사고를 통한 탄소발자국 감소

이전에 진행된 지속 가능성 프로그램은 탄소발자국에 중점을 두었는데, 특히 기업 내에서 탄소발자국이 명확히 드러나는 공장 운영에서 폐기물 감소, 에너지 사용량 감소, 가능한 경우 재생 에너지로의 전환과 같은 내용을 담고 있습니다. 필요하거나 수익성이 있는 경우 배출가스 포집 장치도 설치합니다.

그러나 제조업체는 **CSRД** 규제 준수와 투자자 및 고객의 기대가 만나는 새로운 환경에서 제품의 전체 라이프 사이클에 대해 책임지며, 이는 외부에서도 마찬가지입니다. 공장 하역장에 도착하는 재료 및 부품의 경우, 이제 제조업체는 이 공급망의 업스트림 단계인 광산 채굴, 운송, 재료 가공 및 하위 제조 계층에서 발생하는 모든 영향에 대해 책임져야 합니다. 제조업체는 판매후 다운스트림 영향에 대한 책임도져야 하는데, 여기에는 제품의 운영 에너지, 서비스, 폐기물 배출량 등이 해당됩니다.



기억하세요

개별 제조에서 일반적으로 탄소발자국의 1~10%가 운영 중에 나옵니다. 나머지 90~99%는 업스트림 및 다운스트림 단계에서 나옵니다. 지속 가능성을 공장 운영에 집중시키는 것만으로는 충분하지 않으며, 책임은 제품의 전체 라이프 사이클에 걸쳐 확장됩니다. 그렇기 때문에 제품 라이프 사이클 실무자들이 솔루션의 핵심을 담당합니다. 기업은 제품의 탄소발자국을 효율적으로 축소하여 수익성을 높이기 위해 탄탄한 프로세스와 디지털 인프라를 갖추어야 합니다.

지속 가능성 설계 원칙에 대한 자세한 내용은 4장에서, 라이프 사이클 구현에 대한 자세한 내용은 5장에서 설명합니다.

- » 제품이 환경에 미치는 해로운 영향 탐구하기
- » 해악을 줄이기 위한 법률 이해하기

## 2장

# 생태계 및 컴플라이언스 문제 해결

### 01

장에서 다루는 주제는 제품 지속 가능성에서 해결해야 하는 문제를 이해하는 데 필수적입니다. 이 내용을 읽으면서 너무 낙심하지 않기를 바랍니다. 좋은 것과 함께 나쁜 것도 알고 있어야 합니다.

이 장에서는 제품이 환경에 미치는 해로운 영향과 이같이 부정적인 영향에 가장 크게 기여하는 활동으로 무엇이 있는지 알아봅니다. 또한 제조업체들이 제품 외부효과를 완화하도록 유도하는 규제를 어떻게 설정하는지 알 수 있습니다.

## 문제 파악

오늘날 제조되는 제품들은 그야말로 지속 가능하지 않습니다. 지구를 오염시키고 온난화를 일으키며 한정된 자원을 소비하고 있습니다. 마케팅 부서에서 제품 홍보를 할 때 지속 가능한 제품 또는 친환경 제품과 같은 표현을 사용하지 말아야 합니다. 현재로서는 넷제로 탄소발자국을 목표로 점차 나아가고 있지만, 더 지속 가능한 제품과 같은 표현을 사용하는 게 바람직합니다.



넷제로란 기업의 온실가스 배출량을 대폭 감축하고(탄소 제거 기술의 실용적 한계로 인해 일반적으로 초기 배출량 대비 90% 이상 감소) 나머지 배출량은 탄소 제거 수단을 구매하여 순배출량 0을 달성하는 것을 의미합니다.

## 9가지 지구 위험 한계선

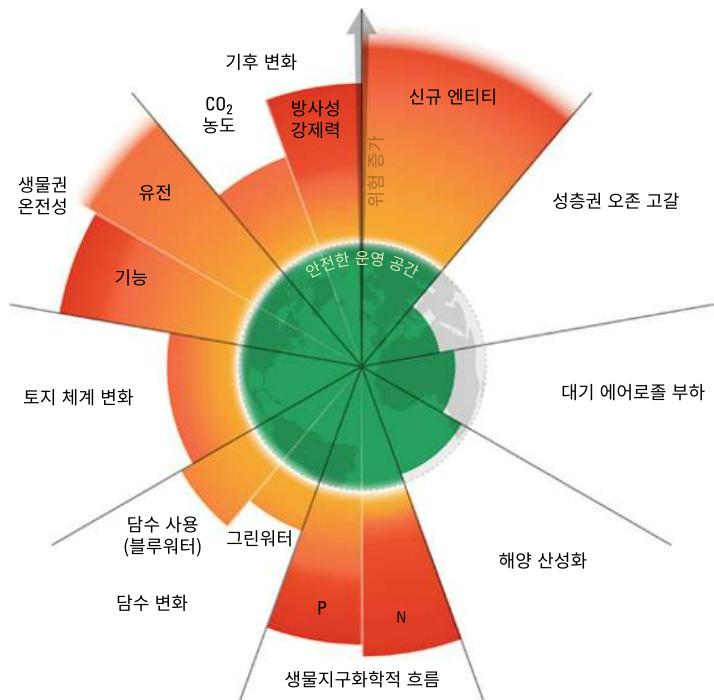
지구는 얇은 대기권(공기), 얇은 생물권(지표면과 토양), 두꺼운 지권(지각과 맨틀)으로 이루어져 우리가 살아갈 수 있습니다. 80억 이상의 인류가 지구 곳곳을 누비며 풍요로운 생활 수준을 추구하면서 인류가 지구의 생명 유지 체계에 새로운 방식으로 스트레스를 가하고 있습니다.

스톡홀름 회복력 센터는 이 문제를 추적하는 데 9가지 지구 위험 한계선을 사용합니다. 이 프레임워크는 인류의 활동이 지구를 해하는 9가지 위험 요소를 보여주는데 그림 2-1을 통해 알 수 있습니다. 안전한 구역 내의 한계선은 장기적으로 문제가 없습니다. 한계선 바깥으로는 그렇지 않습니다. 이 한계선들은 다시 안전한 구역이 되어야 하며, 이상적인 경우 자연이 극단적으로 균형을 조정하려 하기 전에 적절하게 회복되어야 합니다.

그림 2-1에서 안전한 구역이 침해된 다수의 사례를 볼 수 있는데, 이는 암울하고 절망적으로 보일 수 있으나 각 한계선을 개선할 방법이 있습니다. 성공 사례 중 하나는 1980년대 후반에 가장 공개적으로 알려진 한계선 설정 실패였던 성층권 오존 고갈 한계선입니다. 냉각수와 기타 화학물질이 대기권의 오존층을 분해하고 있어 인류와 다른 생물체가 과도한 방사선에 노출될 수 있었습니다. 다행히도 기술은 해결책(합리적인 비용으로 대체 화학물질 사용)이 되어주었으며 세계 지도자들이 의지(몬트리올 의정서)를 나타냈습니다. 지금은 이 한계선이 이상적인 상태를 유지하고 있어 오존층이 회복되고 있으며, 여전히 합리적인 가격의 냉방과 차가운 음료를 즐길 수 있습니다.

개별 제조에서, 각 제품은 다른 한계선 설정에 도움이 될 수 있습니다. 예:

- » 정밀 농업은 고급 트랙터, 파종기, 드론 등을 활용해 비료 및 농약을 지나치게 사용하지 않도록 합니다. 이렇게 생화학적 흐름을 개선합니다.
- » 수처리 기술은 담수를 더 깨끗하고 안전하게 이용할 수 있도록 합니다.



출처: Azote for Stockholm Resilience Centre, Stockholm University. Based on Richardson et al. 2023, Steffen et al. 2015, and Rockström et al. 2009.

그림 2-1: 9가지 지구 위험 한계선.

이를 지원하는 제품을 보유하고 계신다면 정말 대단하신 겁니다! 여러분의 자정 능력을 시장이 알아볼 겁니다.



경고

9개 한계선 중 일부는 제품으로 인해 손상되었습니다. 한 가지 예로는 새로운 물질(미세 플라스틱과 같은 유해 물질)이 있습니다. 다른 두 가지는 기후 변화와 해양 산성화(모두 온실가스 배출로 인해 발생)입니다. 다행히 성층권 오존 고갈 한계선과 마찬가지로 이러한 한계선 조건을 개선하기 위해 점차 기술적 방법과 함께 비즈니스 목표와 연계된 수단을 갖추게 되었습니다.

## 탈탄소화

탈탄소화는 온실가스(GHG) 배출량을 감축하는 행동입니다. 온실가스 배출량은 주로 이산화탄소이지만 메탄 등 기타 온실가스도 포함됩니다.

많은 사람들이 9가지 지구 위험 한계선에서 기후 변화를 가장 긴급한 한계선으로 보고 있습니다. 개별 제조에서 온실가스(GHG)의 기여도는 주로 가치 사슬에서 화석 연료의 연소로부터 발생합니다.



경고

그림 2-2를 통해 문제를 알 수 있습니다. 숲에 쓰러진 나무와 같이 연소하는 생물권의 물질은 새로운 식물성 물질로 빠르게 순환될 수 있습니다. 그러나 화석 연료는 수백만 년 동안 깊은 지권에 묻혀 있었습니다. 이 화석 연료를 지구 대기권에서 연소시키면 자체적으로 지권에 다시 순환되지 않기 때문에 탄소 불균형을 초래합니다.

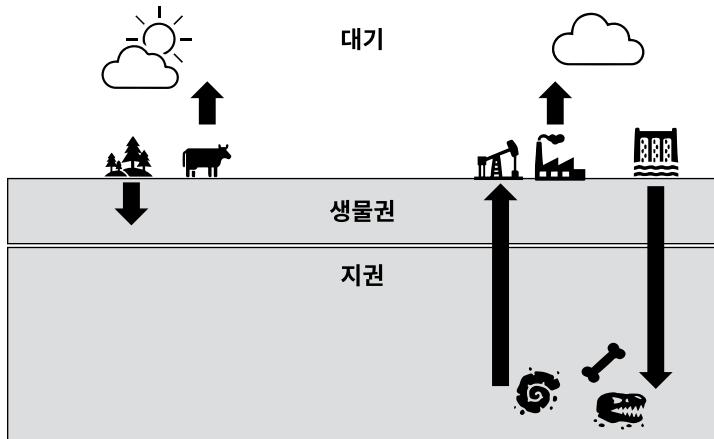


그림 2-2: 탄소 순환.

Climeworks 및 Charm Industrial 같은 곳에서 공급하는 탄소 제거 기계는 탄소를 지권으로 다시 배출할 수 있도록 합니다. 긍정적으로 보면 이러한 탄소 제거 기술은 2030~40년대까지 현재 배출량의 10%를 지각으로 다시 주입하는 것을 경제적으로 실현할 수 있을 정도로 규모가 커질 수 있습니다. 탄소를 제거하여 넷제로를 달성하려면 화석 연료 사용을 완전히 중단하지는 않되 사용량을 대폭 줄이고 더 깨끗한 혼합 연료를 사용해야 합니다(천연가스는 석탄보다 50% 더 깨끗하게 연소하며 석유 등급은 중간 정도에 해당).

## 유한 자원 보존

개별 제조는 화석 연료 사용을 줄이고 유해 물질 관리를 철저히 해야 할 책임이 있습니다. 환경 및 비용상의 이유로 석탄, 석유, 가스를 지각에 묻어두기로 하는 경우 앞으로 수십 년 동안 풍력 터빈, 배터리, 태양광 패널, 원자력 발전소, 스마트 그리드 등을 사용해 에너지 인프라를 대체하기 위해 지하에서 엄청난 양의 금속과 광물을 채굴해야 합니다.

그림 2-3의 McKinsey 차트를 보면 에너지 전환에 필요한 원자재의 상대적 수요를 알 수 있습니다. 가전제품, 자동차, 항공기, 의료기기 등 다른 제품들에도 동일한 자원이 필요합니다.

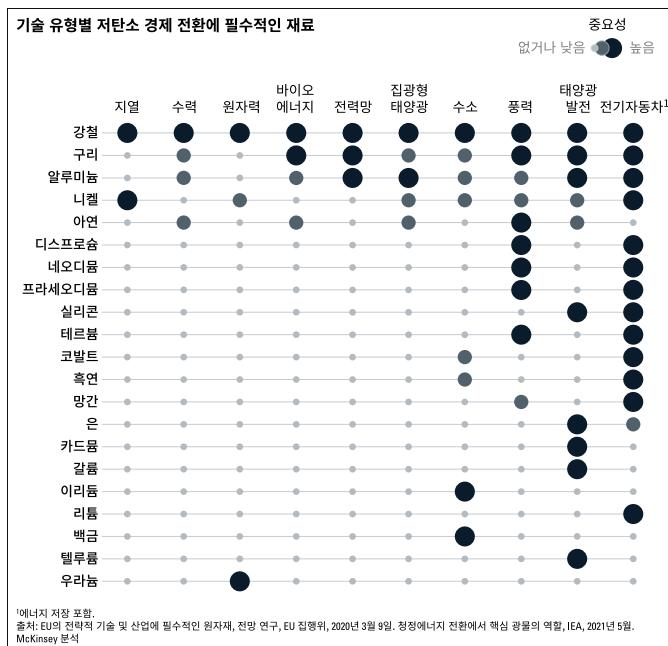


그림 2-3: 경제적으로 중요한 유한 자원.

그림 2-3에 대한 자세한 내용은 [PTC.com/beyond-the-book](http://PTC.com/beyond-the-book)를 방문해 주세요.

미국, 유럽, 일본, 한국 및 기타 산업화 국가에서 겪고 있는 문제는 이 자원이 국내에서 충분한 물량으로 공급되지 않다는 점입니다. 결과적으로 순환성은 환경에 놀라운 혜택을 가져올 수 있으나 현재는 국가 안보 지침에 따라 핵심 자원을 국가경제 내부에 유지하도록 강화되고 있습니다.



기억하세요

순환성은 선진 제조국에서 경제적 필요성 때문에 지속성 있는 동력으로 자리잡고 있습니다. 자원이 부족하면 생산 라인이 중단되기 때문입니다.

# 문제 규제

개별 제조의 혼란을 줄이기 위해 규제 당국은 유해 물질 관리, 탈탄소화, 순환성에 대한 조치를 강화하고 있습니다. 규제란 제품 계획 및 설계에 반영해야 할 시장 조건입니다.

물론, 지속 가능성 관련 규정 및 기준의 폭은 위협적일 수도 있습니다. 법률 및 컴플라이언스 부서에서 이를 관리하며 여러분의 참여가 필요한 부분에 대해 안내해 드립니다. 다행히 제품 라이프 사이클 실무자들에게 있어 핵심 규정은 제품 라이프 사이클 프로그램에서 자주 언급되는 예상 조치의 간략한 목록으로 요약됩니다. 표 2-1을 참조하세요.

표 2-1 탄소발자국 감소를 위한 규제 조치

규정 또는 지침	제품 라이프 사이클과의 관련성
기업 지속 가능성 보고 지침(CSRD)	이에 해당하는 기업들은 환경 영향에 대해 보고해야 합니다. EU 제조업체를 비롯한 글로벌 공급망은 적용 대상에 포함될 수 있습니다(전 세계에 있는 대부분의 개별 제조업체 고려).
기업 지속 가능성 실사 지침(CSDDD)	CSRD와 관련이 있습니다. CSRD가 공개를 요구하는 반면 CSDDD는 시행을 요구합니다. 기업들이 환경 영향을 검증할 수 있는 방식으로 감소하도록 의무화합니다. 특히 탈탄소화와 순환성에 중점을 두고 있습니다.
화학물질의 등록, 평가, 허가, 제한(REACH)	광범위한 물질 목록(241개의 물질 및 추가 종)을 통해 모든 제품에 대한 위험 물질을 관리합니다.
위험 물질 제한(RoHS)	전기 및 전자 장비의 위험 물질을 관리합니다. 10가지 물질에만 적용됩니다.
폐전기전자제품처리(WEEE)	순환 설계와 함께 정부 재활용 센터의 전자 폐기물 수집 편딩을 위해 제조업체에 세금을 부과합니다.



기억하세요

규제 전문가처럼 엄격하지 않아도 됩니다. 라이프 사이클 실무자로서 여러분의 규제 준수 기여도는 일반적으로 제품 탄소발자국을 측정하여 이를 감축하는 것으로 나타날 수 있습니다.

## 환경성적표지

지속 가능성에 대한 기대치의 결과로 환경성적표지(EPD)가 있습니다. EPD는 제품이 미치는 환경 영향을 나타내는 제품의 영양성분표와 같습니다. 그림 2-4에서 제품의 환경 영향을 측정하는 샘플 EPD를 볼 수 있는데, 에너지 사용량, 탄소 배출량, 해양 산성화, 수질 오염, 성층권 오존 감소, 지표면 오존 오염 등을 포함합니다.

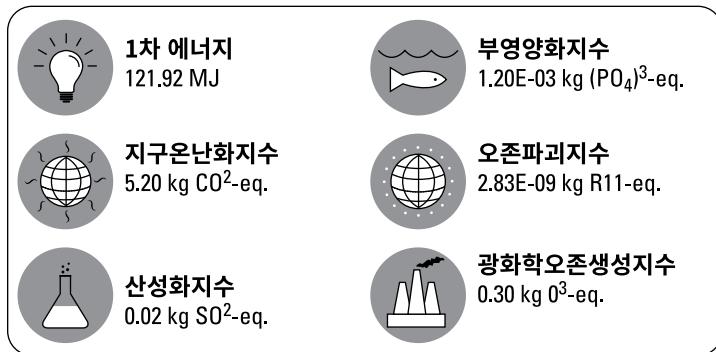


그림 2-4: 샘플 EPD.

EPD는 더 광범위한 라이프 사이클 평가(LCA)에서 도출된 요약입니다. 현명한 소비자들은 구매 결정을 할 때 EPD를 참고할 수 있으나 EPD는 현재 기업 간 거래(B2B)에서 더 자주 사용되고 있습니다. EPD가 간소화된 소비자 친화적 형식으로 제공된다면 이러한 상황은 바뀔 수 있습니다.



팁

귀사의 자재명세서(BOM) 프로그램은 LCA와 EPD 모두에 상당한 자동화를 제공할 수 있습니다.

## 유해 물질 규제

유해 물질 규제의 경우, 예를 들어 REACH와 RoHS는 접근 방식이 유사합니다. 최고 조건인 경우에 이러한 유해 물질을 지정된 극미량 이상으로 사용하지 마세요. 만약 사용한다면 제조, 사용, 폐기 단계에서 취급하는 사람이나 환경에 유해하지 않다는 것을 입증해야 합니다.



PFAS(과불화화합물)는 유사한 규제가 필요한 다음 유해 물질 범주가 될 것으로 예상되나, 이 책이 출판된 시점에는 일관되게 규제되고 있지 않습니다. 내열, 내유, 내수 제품을 보유하고 있는 경우 PFAS 관련 문제를 완화해야 할 수도 있습니다.

## 탈탄소화 규제

CSRD는 GHG 측정을 의무화하며, CSDDD는 탄소 배출량을 넷제로를 달성하도록 줄이기 위한 과학 기반 감축 목표(SBT)를 추진합니다. 물론 개선하고자 하는 부분을 먼저 측정해야 합니다.

## GHG 프로토콜

재무 회계에 달려처럼 측정 단위로 거래를 측정하는 기준(예: GAAP)이 있듯이 GHG 회계는 자체 표준인 GHG 프로토콜을 따르며, 이 프로토콜은 온실가스 배출량을 측정합니다(측정 단위는 메트릭 톤의 이산화탄소 환산량 또는 MTCO2e). GHG 회계는 여러 범위인 범위로 구분되며 각 범위는 특정 기업 행동을 장려하기 위해 마련되었습니다. 다음은 라이프 사이클 실무자들에게 가장 관련성이 높은 것입니다.

- » **범위 1 — 직접 배출:** 소유물이거나 임대한 사무실, 공장과 차량에서 소모된 연료(공급업체가 소모한 연료는 제외). 제조업체는 공장 내 화석 연료 사용을 전기나 기타 잠재적으로 재생 가능한 에너지원으로 대체하도록 요구받고 있습니다. 또한 이 범위는 기업이 서비스 트럭의 배출량을 감소하기 위해 출차를 줄이고 전기 트럭으로 전환하도록 촉진합니다.
- » **범위 2 — 간접 배출(전력 생산):** 이 범위는 석탄, 가스, 석유에서 발생된 브라운 전기 사용으로 구성됩니다. 기술적으로 보면 구매한 증기 에너지도 여기에 해당합니다. 기업들이 브라운 에너지를 그린 에너지로 대체하도록 추진하고 있는데, 그린 에너지는 재생 가능하게 발생된 전기입니다. (참고: 원자력은 저탄소 에너지로 좋은 평가를 듣지만, 재생에너지로 분류되지 않습니다. 단, 여전히 범위 2 감축을 위한 옵션으로 고려되고 있습니다).
- » **범위 3 — 간접 배출(가치 사슬):** 귀사의 가치 사슬에서 발생하는 배출량이 여기에 해당하며, 업스트림(제품 조립 전)과 다운스트림(제품 판매 후) 활동을 포함합니다. 범위 3은 하위 카테고리가 있는데 일반적으로 귀사의 제품에 중요한 점은 다음과 같습니다.

- **3.1 — 구매한 상품 및 서비스:** 공장 하역장에 도착하는 물품에 포함된 탄소 배출량을 포함합니다. 내재 탄소는 채굴, 운송, 재료 가공, 하위 단계 제조 등 공급망의 업스트림에서 발생하는 탄소 배출량에서 누적됩니다. 이는 기업들이 탄소 배출량이 적은 공급업체를 선택하여 재료 사용량을 줄이도록 합니다.
- **3.4 — 운송 및 유통:** 공급망 운송의 배출량을 포함합니다. 기업들이 탄소발자국이 낮은 운송 수단(지상 운송 대비 항공 운송, 화석 연료 대비 재생에너지 기반)으로 전환하도록 합니다. 이 범위 하위 카테고리는 분산 제조를 통해 지역 공급망을 활용하도록 촉진합니다.
- **3.11 — 판매된 제품 사용:** 고객들이 귀사의 제품을 작동하기 위해 사용하는 연료를 연소하여 발생된 전기 또는 비재생에너지로 생성된 전기입니다. 이 카테고리는 기업들이 화석 연료로 작동되는 제품을 잠재적으로 재생 가능한 에너지원(주로 전기화)으로 대체하도록 촉진합니다.
- **3.12 — 폐기 처분:** 폐기된 부품 및 제품의 운송, 소각 또는 분해 과정에서 발생하는 탄소 배출을 포함합니다. 기업들이 순환성으로 전환하도록 합니다(범위 3.1의 탄소 효율적인 공급에 기여).

귀사는 기업 전체의 탄소발자국을 계산하지는 않을 텐데, 아무래도 사무실 활동, 업무 출장 등이 배출량에 포함되기 때문입니다. 하지만 제품탄소발자국(PCF)을 계산해야 합니다. GHG 회계 용어에서 PCF는 다음을 포함합니다.

- » 공장까지의 운송을 포함한 제품의 공급업체 재료 및 부품의 내재 탄소량(범위 3.1 및 3.4)
- » 제품을 생산하기 위해 귀사의 공장에서 발생하는 비재생에너지 배출량(범위 1 및 2)
- » 제품의 수명 기간 동안 예상되는 비재생에너지 운영 배출량(범위 3.11)
- » 예상 폐기 시점의 회수 또는 처분 배출량(범위 3.12)

서비스 파견 및 서비스 부품, 운영 운송, 업스트림 연료는 범위에 포함될 수 있으나 보통 상대적으로 작은 비중을 차지하는 분야입니다.

이를 관리하는 게 어려운 작업으로 느껴질 수 있겠지만 제품 라이프 사이클 관리(PLM) 시스템이 도움이 될 수 있습니다. 잘 구성된 BOM은 PCF를 계산하기 위한 데이터를 관리할 수 있습니다. 여기서는 탄소 및 기타 속성이 재료, 부품, 구성 수준에서 나타납니다.

## 넷제로 목표

탄소 중립화 책임의 또 다른 부분으로 과학 기반 방법을 이용해 PCF를 넷제로로 전환하는 것입니다. CSRD와 CSDDD는 대다수의 기업이 과학 기반의 감축에 대한 검증과 함께 넷제로 목표를 수립하도록 요구합니다. 이는 기업 차원에서 수행되어야 하지만 제조업체의 배출량 대부분이 제품에 포함되어 있어, 귀사에서 적극적으로 감축해 주기를 기대하고 있습니다.

그림 2-5를 통해 과학 기반의 넷제로 경로를 알 수 있으며, 다음을 포괄합니다.

- » **베이스라인 측정:** 이는 귀사의 초기 배출량으로, 이후에 감축 목표를 설정하는 기준이 됩니다.
- » **2030 단기 목표:** 2030년까지 또는 그 이전에 귀사의 베이스라인의 범위 1 + 2는 최소 42% 감축되어야 합니다. 또한, 일반적으로 공급망 범위 3.1인 귀사의 가장 높은 범위 3 영역은 최소 25% 감축되어야 합니다.
- » **2050 넷제로 목표:** 2050년까지 또는 그 이전에 귀사의 순배출량은 베이스라인 대비 90% 미만으로 감축되어야 합니다. 잔여 배출량(최대 10%)은 넷제로 달성을 위해 검증할 수 있는 탄소 제거 구매가 요구됩니다.

제거에는 실질 비용이 발생하지만 선언한 넷제로 날짜까지 필수는 아닙니다. 예를 들어 2051년에도 화석 연료를 사용하는 가공기계를 구동하는 재료 공급업체가 있을 수 있습니다. 이 기계에서 사용한 재료로 인해 1 MTCO<sub>2</sub>e를 배출할 경우 귀사의 범위 3.1에 1 MTCO<sub>2</sub>e가 부과됩니다. 귀사는 Climeworks와 같은 기업에 시장가격(예: 미화 100달러)을 지불하고 이산화탄소 1톤을 영구적으로 제거할 수 있습니다. 따라서 귀사는 넷제로 목표를 지키더라도, 재료에는 실효적으로 미화 100달러가 추가로 발생합니다.

그림 2-5에 대한 자세한 내용은 [PTC.com/beyond-the-book](http://PTC.com/beyond-the-book)을 방문해 주세요.

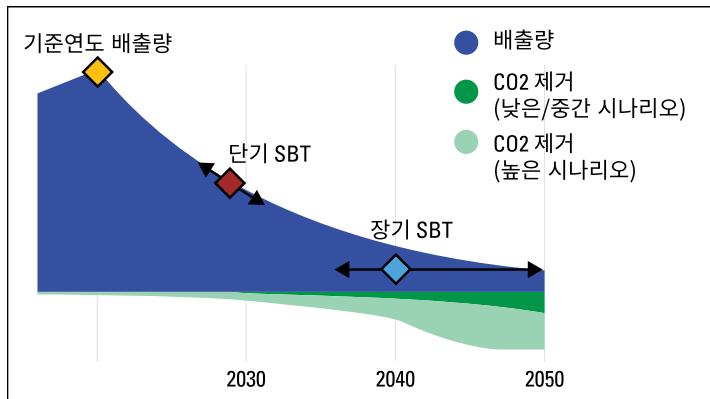


그림 2-5: 탈탄소화 경로.

## 순환성 규제

제품 순환성이란 수리, 재사용, 재제조, 재생산, 재활용으로 폐기물을 줄이는 것을 의미합니다. 오늘날 WEEE는 전자제품의 기본적인 재활용을 주도하고 있는데, 이는 전자제품에 많이 사용되는 유해 물질에 대한 REACH 및 RoHS의 폐기물 관리 규정과 부합합니다.

이번 10년을 시작으로 배터리 제조업체들은 디지털 제품 패스포트(DPP)를 통해 일부 제조업체들이 제품 재료에 대한 순환적 반환이 책임지도록 하고 있습니다. 폐기 부품 및 제품이 여기에 해당합니다. 배터리 이외에 다른 제품 분야에서도 이러한 패스포트가 필요하겠지만 이 책이 출판된 시점에는 일정이 최종적으로 확정되지 않았습니다.

그림 2-6에서 패스포트가 물리적 제품의 영향 요약 및 재료 흐름을 추적하는 것을 알 수 있습니다. 이 그림은 제품의 재료 구성, 유해 물질, 탄소발자국, 물 사용량, 순환 가능성 등 요약했습니다. 이 데이터는 판매전 이미 알려진 상태로 공개되었습니다. 판매후 데이터에는 서비스 부품 거래 내역, 서비스 부품 반품 증명서, 폐기 시 이전 또는 반품 증명서가 포함됩니다.

이러한 패스포트는 판매전 및 판매후 데이터 추적에 대해 어떤 제품이 어느 정도까지 적용되어야 하는지에 대해 아직도 “출시 예정”과 같은 기대가 있습니다. 일련화된 고가 자산은 초기 단계에서 로트 기반의 비내구성 제품보다 판매후 추적이 필요할 가능성이 더 높습니다.

## 요약

제품 일련번호: 4040425A1

제품 제조업체: Universal Exports

제품 모델: Lightning-A.1

탄소발자국: 1.2kg

용수 사용량: 14.5리터

## 재료 성분

알루미늄 1.23kg(재활용률 60%)

스테인리스 스틸 0.29kg(재활용률 30%)

코발트 0.003kg(재활용률 0%)

## 활동 장부

2024-11-18: 덴버 공장에서 제조

2024-11-19: 소유주 XYZ 수령

2025-01-23: Part 123을 RMA 456으로 교체

그림 2-6: 간단한 DPP 예시.

DPP에는 강력한 엔지니어링 및 서비스 데이터 기반이 필요합니다. 다행히 컴플라이언스를 넘어 패스포트는 상당한 추가 수익 기회를 제공하며 3장에서 이에 대한 가치를 다룹니다.

- » 탄소발자국을 효과적으로 줄이는 기술 알아보기
- » 특히 탈탄소화와 순환성에 중점 두기

## 3장

# 지속 가능성과 비즈니스 가치의 조화

### 제

품 탄소발자국 감소는 수익성이 있는 경우에 지속 가능합니다. “지구에 유익하다”는 말이 “비즈니스 우선순위”와 부합되지 않는다면 반발이 제기될 수 있습니다.

다행히 수익성 있는 기회가 풍부한 메뉴로 구성되어 있으며 이 메뉴는 새로운 기술과 규모에 따라 계속 확장됩니다. 조합한 이전 모델들을 혁신하며 재무적 가치를 제공하는 제품들의 예시를 몇 가지 들어보겠습니다.

- » **소비자:** 비슷한 가격으로 LED 전구는 백열전구보다 30배 더 오래 사용할 수 있으며 에너지 비용은 7배 절약됩니다.
- » **자동차:** 움직이는 부품이 약 2,000개 있는 내연 기관(ICE) 구동계에 비해 전기 구동계는 약 20개의 움직이는 부품으로 구성됩니다. 충전은 급유 비용보다 50~90% 저렴합니다. 전기자동차(EV)의 가속도는 동일한 가격대의 ICE 자동차보다 50% 정도 더 빠릅니다.
- » **산업:** 사업장 규모 확장에는 태양광 및 풍력 발전소가 새로운 화석 연료 발전소보다 일반적으로 더 경제적입니다. 규모가 작더라도 현장 태양광 발전은 대개 5~7년 이내에 투자 비용을 회수할 수 있습니다.

» **첨단 기술:** 주머니에 쑥 들어가는 스마트폰은 플립폰, GPS 장치, 디지털카메라, MP3 플레이어, 계산기, 손전등 등 많은 자재가 들어가는 여러 기기를 조합하는 것보다 훨씬 더 풍부한 기능을 저렴하게 제공할 수 있습니다.

» **항공우주:** 기어드 터보팬, 경량 복합 재료, 개선된 공기역학 등 고급 엔진 기술은 연료 효율성을 15~20% 끌어올렸습니다. 좌석 밀도를 8% 높이고 스캐줄 최적화를 10% 개선하면 탑승자당 효율성을 30~40% 개선할 수 있습니다.

이 장에서는 탈탄소화 및 순환성의 기회를 중점적으로 다룹니다. 탈탄소화 및 순환성은 유해 물질 관리(2장에서 다루는 내용)보다 규제 목표를 달성하기 위한 유연한 접근방식을 제공합니다. 흔히 이러한 방식은 컴플라이언스 가치에 더해 수익성을 창출합니다.

## 탈탄소화 가치

탄소 배출에 비용이 들지만 불필요한 배출 활동을 방지하면 비용을 절약할 수 있습니다. 그럼 3-1은 McKinsey가 이 전제를 심층 분석한 결과 개별 제조업체들이 2030년까지 탄소 배출량의 20~60%를 수익성 있게 감축할 수 있다는 점을 지적했습니다. 대부분은 50~60% 범위에 있습니다.

## 분석가의 관점에서 본 가치 정렬

2024년 보고서에서 Forrester의 Paul Miller는 탄소발자국 감소를 통한 비즈니스 기회를 강조했습니다. “2021년 산업 부문은 전 세계 에너지 소비의 31%, 재분배된 이산화탄소 배출량의 38%를 차지했으며 유한한 천연자원의 중요한 소비 주체이기도 합니다. 에너지 및 원자재 비용 상승과 함께 환경 규제 강화로 기후 변화에 회의적인 경영진조차도 소비와 폐기물을 줄이는 것을 합리적인 사업 의사결정으로 보고 있습니다.”

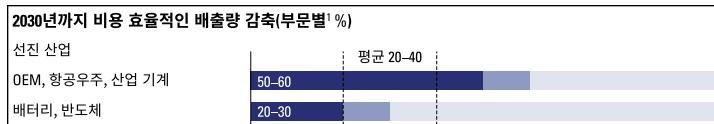


그림 3-1: 배출량도 감축하는 비용 효율성.

그림 3-1에 대한 자세한 내용은 [PTC.com/beyond-the-book](http://PTC.com/beyond-the-book)를 방문해 주세요.



기술 자료

가속화된 노후화로 인해 배터리와 반도체는 신제품의 탄소량을 줄이기 위해 기존 부품을 재사용하는 과정에서 더 많은 어려움을 겪고 있습니다. 그러나 가치 규모와 속도를 나타내는 보조 지표로, CIMdata의 **Mark Reisig**는 에너지 효율적인 하드웨어에 투자하고 재활용 자재를 사용하며 탄소 감축을 위해 공급망을 최적화한 첨단 기술 기업들이 첫 18개월 내에 10~30%의 투자수익률(ROI)을 달성했다고 지적했습니다.

이번 섹션에서는 제품 라이프 사이클 실무자로서 여러분에게 탈탄소화 기회와 관련된 조치를 알려드립니다.

## 부품 설계 시 재료 절감

컴퓨터 지원 설계(CAD) 소프트웨어는 퍼포먼스 시뮬레이션과 효율적으로 결합한 생성형 설계 기능을 제공하여 지정된 제약 조건(기하학적, 열적, 강도, 제조 공정 등) 내에서 재료 사용을 최적화합니다. 그림 3-2는 생성형 설계에서 전기 자전거의 스티어링 스템의 재료 사용을 줄이기 위해 세 가지 제약 조건을 고려한 옵션을 어떻게 제안하는지 보여줍니다. 엔지니어는 비용과 같이 다른 기준들에 균형을 맞춘 옵션을 선택합니다. 적층 제조 옵션은 일반적으로 재료 사용량이 가장 적지만 감산 제조 옵션에 비해 추가 비용이 발생하거나 생산량이 적을 수 있습니다.

이러한 최적화 접근 방식을 옹호하는 베테랑 엔지니어들은 새내기 엔지니어들이 수십 년의 경력이 있더라도 수동으로 설계할 수 있는 것보다 더 효율적인 부품을 설계한다고 말했습니다. CAD는 재료를 줄일 수 있도록 하며 재료 공급업체에서 발생하는 내재 탄소(범위 3.1)와 재료 비용을 비례적으로 절감합니다. 추가적인 이점으로는 경량화이며, 자동차와 같은 이동 수단에 상당한 에너지 효율성 이익을 제공할 수 있습니다(범위 3.11). 범위에 대한 설명은 2장을 참조하세요.



그림 3-2: 생성형 설계로 제거된 부품 재료의 예시.

## 임베디드 소프트웨어를 통한 디지털화

재료를 극단적으로 줄이면 일부 기계 부품이 소프트웨어로 대체될 수 있습니다. 제 개인적인 경험담이 이 가치를 잘 보여줍니다. 제가 타고 다니는 전기 자동차에 대한 리콜 통지를 받았습니다. 창문 안전 스위치가 제대로 작동하지 않아 손가락을 다칠 수 있다는 거였습니다(예: 아이가 창문에 장난을 칠 때). “이런, 대리점 대기실에서 드라마를 보면서 시간 때우게 생겼군.”이라고 생각했어요. 그다음 내용을 자세히 읽어보니 자동차 제조업체가 제 자동차 연식을 식별하여 물리적 창문 센서를 소프트웨어로 교체했다고 명시되어 있었습니다. 간편하게 원격 소프트웨어 업데이트를 제공하여 안전 문제를 쉽고 빠르게 해결해 주었습니다.

이 창문 센서를 소프트웨어로 대체함으로써 제조업체는 자재명세서(BOM)에서 물리적 부품의 비용, 무게, 내재 탄소를 줄일 수 있었습니다. 또한 리콜 기술자의 인력 투입과 교체 부품 비용을 아꼈습니다. 그리고 갈수록 충성 고객이 되어가는 입장에서 적극적이면서 간편하게 “잠든 사이에 해결된” 결과에 만족스러웠습니다.



팁

이를 효과적으로 수행하려면 제품 설계에 대한 시스템 접근 방식이 필요하며 애플리케이션 라이프 사이클 관리(ALM)와 제품 라이프 사이클 관리(PLM)를 적용해야 모듈식 임베디드 소프트웨어가 모듈식 기계 설계를 보완할 수 있습니다. 이러한 소프트웨어와 하드웨어의 결합은 제가 예로 든 파워 윈도우 올리기와 같은 안전 중요 기능에 대한 요구사항과 테스트 추적이 필요합니다.

## 공급업체 데이터 향상 및 선정

원자재 및 부품의 경우 비용 및 환경적 영향이 크게 차이 날 수 있습니다. 또한 위험에는 많은 변동성이 존재합니다. 설계 엔지니어, 특히 BOM 관리자와 재료 및 공급망 데이터베이스를 연결하면 초기 선택을 개선할 수 있습니다. 공급업체의 제안 사항이 개선됨에 따라 비용, 탄소발자국 및 위험을 개선하기 위한 합리적인 변경 명령의 기회를 정확히 포착합니다(상품 공급업체 변경은 퍼포먼스나 제조 공정에 거의 영향을 미치지 않음).

## 균형 있는 재료 선정 기준

상품 공급업체 선택은 언제든지 합리적인 비용으로 바꿀 수 있지만 부품의 재료를 바꾸는 것은 형상, 퍼포먼스, 도구, 기타 측면에 영향을 미치기 때문에 상당한 노력이 필요합니다.

재료는 엔지니어링 특성을 갖습니다. 이는 시간의 흐름이나 공급업체 변경에 따라 변하지 않습니다. 구리의 열팽창 계수는 항상  $0.000017$ 입니다. 몇몇 재료만 관리해야 하고 정적 엔지니어링 속성만 중요하게 생각한다면 상업용 재료 데이터베이스 통합 없이도 작업할 수 있습니다.

그러나 지속 가능성 측면에서는 관리해야 할 재료 데이터의 세 가지 동적 차원이 있습니다.

## 탄소발자국, 비용 및 위험 특성

비용과 탄소 강도 같은 속성은 자주 달라지며 공급업체마다 차이가 있습니다. 재료 데이터베이스는 일반적으로 글로벌 평균 비용 및 탄소발자국 속성과 일치하지만 특정 공급업체에 한정되지 않습니다. 이 글로벌 평균은 비용, 퍼포먼스, 탄소발자국 기준을 균형 있게 고려하여 정보에 입각한 재료를 선택하는 데(알루미늄과 강철 비교, 또는 강철 등급 A와 B 비교) 일반적으로 충분한 정확도를 제공합니다. 공급업체 선택은 대개 후속 설계 결정입니다.

## 새로운 재활용 조합

강철과 같은 일반 재료는 재활용 함량과 가공 방법(예: 재활용 강철 80%)의 새로운 조합으로 이루어집니다. 이러한 조합과 가공 방법은 비용과 탄소발자국이 다르며 엔지니어링 특성도 다양합니다. 순철을 재활용 강철로 간단히 1:1 대체하여 동일한 강도, 강성 및 기타 퍼포먼스 특성을 달성할 수 없습니다.

## 신소재

AI와 핵심 재료 과학 분야의 투자 확대 덕분에 신소재들이 엄청난 속도로 등장하고 있습니다. 재료 데이터베이스를 CAD 및 PLM 의사결정자와 통합하는 것이 적절한 소재를 선택하는 데 중요합니다. 재료 선택은 매우 중요한 결정(비용, 퍼포먼스, 탄소발자국)으로, 설계 후반이나 제조 후에 변경할 경우 비용이 상당합니다. 게다가 디자이너들은 작업한 설계에서 사용된 재료의 위치를 추적하여 재료 속성이 업데이트되는 경우 설계 변경이 필요한지를 탐지 및 평가해야 합니다.



Google의 2023 GNoMe 프로젝트를 통해 신소재가 등장하는 속도를 이해할 수 있는데 이 프로젝트에서는 안정적인 신소재 38만 개를 발견했습니다. 이전에 인류가 발견한 소재는 4만 8천 개 뿐이었습니다! 이 책의 리소스 페이지를 방문하려면 [PTC.com/beyond-the-book](https://PTC.com/beyond-the-book)에서 자세한 정보가 있는 링크를 확인하세요.

## 분산 제조

글로벌 시장을 겨냥하는 육중한 고가의 제품은 운송 및 통관 비용이 크게 발생할 우려가 있습니다. 글로벌 조립 공장 한 곳을 운영하는 자동차 제조업체는 국제적인 공급품 2톤을 중앙에서 해당 공장으로 운송한 후 전 세계 어디든 고객이 있는 곳으로 2톤 자동차를 배송할 것입니다. 운송 비용에 상당한 통관 비용이 추가될 수 있습니다. 오늘날 운송 비용은 대부분 화석 연료 비용이 포함되어 있으며, 이는 제품 자체의 비용에 내재 탄소를 더한 것입니다.

분산 제조를 통해 오늘날 대형 자동차 제조업체들은 일반적으로 현지 공급망과 함께 현지 시장(예: 미국, 독일, 중국 등) 인근에 조립 공장을 분산하여 배치합니다. 이렇게 하면 비용과 탄소발자국을 줄일 수 있습니다. 예를 들어 태풍, 관세, 분쟁과 같은 이유로 공급망에 문제가 발생할 경우 위험을 피할 수 있습니다.



팁

분산 제조는 자동차 산업 그 이상의 기회를 열어줍니다. 글로벌 규모로 육중한 제품이나 고가의 제품을 생산하는 제조업체는 이점을 누릴 수 있습니다. 하지만 다양한 공장 제품 라인 및 공급망에서 발생하는 추가적인 변동성을 관리해야 할 필요가 있습니다. 모듈식 설계와 제조 계획은 이러한 복잡성을 관리하는 데 도움이 될 수 있습니다. 다가을 순환성 기회를 고려하여 재제조는 재작업이 초기의 전체 제조보다 더 단순한 경우 더욱 광범위하게 확산될 가능성이 있습니다.

## 제조 가능성 시뮬레이션

자체 제작된 부품의 경우(또는 제작 부품), 비용 최적화는 대개 탄소발자국 감축과 밀접하게 연관됩니다. 폐기물 감축은 재료의 내재 탄소와 비용을 줄입니다. 에너지 효율성은 에너지 비용을 절감합니다(에너지원이 100% 청정하지 않을 경우 탄소발자국도 감축).

특정 제조 공정의 경우, 시뮬레이션은 폐기물과 에너지를 줄이기 위해 형상, 제어 특성, 처리 및 기타 조정을 권장할 수 있습니다. 시뮬레이션은 비용과 탄소발자국을 줄이기 위해 재료 및 제조 공정 대안을 제안할 수 있습니다.

그리고 제조 가능성 시뮬레이션은 제품의 탄소발자국에 대한 생산 기여도를 예측할 수 있으며, 이는 환경성적표지(EPD)에 반영되어야 합니다. 이렇게 하면 수동 분석 작업이 줄어듭니다.

## EPD 자동화

제품탄소발자국(PCF) 보고서를 포함한 EPD는 수동으로 제작하기에 비용이 많이 듭니다. 견적이 다양하지만 보통 미화 10,000~50,000달러 범위에 속합니다. 이는 수많은 제품 변형을 제공하는 제조업체에 큰 비용 부담이 되며 환경 엔지니어 수가 제한적이어서 급증하는 새로운 PCF/EPD 요구사항에 대응해야 하는 인력 부족 문제가 발생합니다.



기술 자료

다행히 PCF 데이터는 대부분 고급 PLM BOM에 통합될 수 있으며 동일한 BOM은 라이프 사이클 평가(LCA) 도구로 입력되어 EPD를 거의 자동화할 수 있습니다. 지속 가능성 측면에서 보면, PLM BOM은 라이프 사이클 인벤토리(LCI)를 관리하며 이 데이터에서 LCA 소프트웨어가 라이프 사이클 영향 평가(LCIA)를 계산하여 EPD에 출력합니다. 이 자동화의 핵심은 내재 및 활동 탄소발자국 기여도에 대한 재료, 부품, 공급업체 및 구성 수준 속성을 포함하는 강력한 PLM BOM입니다. 다음은 이 BOM 페이로드를 수신하여 계산하고 환경 영향 결과를 PLM에 반환할 수 있는 LCA 도구입니다.

## 순환성 가치

순환성의 핵심 성과는 유한 자원을 보존하는 것입니다. 가장 많이 알려진 순환성에 대한 글로벌 프레임워크는 엘렌 맥아더 재단의 버터플라이 다이어그램인데, 이 책에서 재현하기에는 상세한 부분이 많아 온라인에서 확인하는 것이 좋습니다. 자세한 내용은 PTC.com/beyond-the-book에서 확인하세요.

순환성에는 유기물 흐름(퇴비화 및 재생 포함)과 유한 물질 흐름이 있습니다. 개별 제조업은 주로 금속, 광물, 세라믹, 플라스틱 등 유한 재료 분야에서 활동합니다. 시간이 지나면서 산업은 바이오소재를 많이 도입하여 재생 재료의 안전한 퇴비화를 지원하고, 특히 일회용이나 고마모 부품에서 빛을 발하고 있습니다.



기억하세요

유한 자원의 순환성에서 핵심은 재활용이 우리에게 최선의 결과는 아니라는 점입니다. 수리, 재사용, 재포장, 재제조는 재활용하기 전에 고려해야 할 더 나은 대안입니다. 경제적인 측면으로 보면 그림 3-3에 있는 순환 경제의 가치 피라미드를 살펴보세요. 순환성이 비즈니스 가치와 일치함을 보여줍니다.

선형적 라이프 사이클 제품은 모든 제품이 원료 채굴, 재료 가공 및 하위 가공, 최종 조립, 소매업체 배송 및 고객 위치 배송 과정이 필요합니다. 제품이 고장나거나 고객이 제품을 더 이상 사용하지 않는 경우, 제품을 폐기하는 건 다섯 가지 가치 단계를 모두 파괴합니다. 수리, 재사용, 재포장, 재제조, 재활용(순서대로)을 통해 제품 가치를 더 높은 등급 수준에서 복구 및 유지하는 게 좋습니다.

당연하지만 핵심은 수익성을 내는 것이며, 이렇게 하려면 적절한 디자인 의도와 서비스 실행이 필요합니다.

PTC.com/beyond-the-book을 방문하여 가치 피라미드에 대한 자세한 정보를 알아보세요.

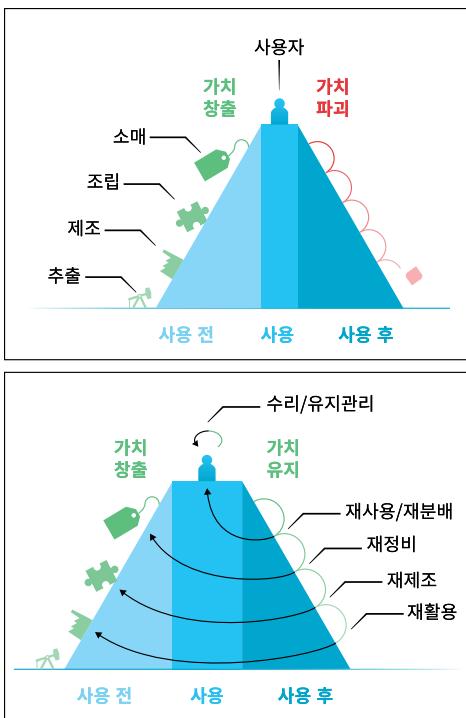


그림 3-3: 가치 피라미드는 순환성이 비즈니스 가치와 일치함을 보여줍니다.

## 모듈식 설계



기억하세요

모듈화는 부품 재사용, 재포장, 재제조에 대한 공급 및 수요를 창출합니다. 또한 이 기술은 사용자들이 제품을 더 오래 사용하고 싶어하고, 유지보수하면서 제품을 관리하며, 다수의 제품 세대를 이어 사용할 수 있도록 클래식한 설계를 촉진합니다.

일부 유명한 장난감 브랜드는 모듈식의 가치를 인정받아 수십 년 동안 시장의 선두를 지켜왔습니다. 어린 시절에 좋아했던 장난감 플랫폼 두 곳이 있는데 제 아이들도 이 장난감을 좋아해서 손주를 위해 보관해 달라고 하더군요. 그래서 다행이 꽉 찬습니다. 그 브랜드는 바로 LEGO와 Playmobil입니다. 두 브랜드는 사용자가 원하는 대로 구성요소를 재구성하여 새로운 제품으로 바꿀 수 있는 뛰어난 모듈식 디자인을 갖추고 있습니다. 해적선 조립을 끝냈나요? 그렇다면 블록을 다시 쌓아서 우주정거장을 만들어보세요. 소비자들이 LEGO 또는 Playmobil을 버리는 일은 거의 없습니다.

자동차 산업은 모듈식 설계의 또 다른 초기 도입 분야였습니다. 자동차 웹사이트에 접속하면 엔진, 색상, 휠 크기, 선루프, 안개등, 스포츠 시트, 10개의 스피커 등 원하는 대로 자동차 옵션을 구성할 수 있습니다. 소비자는 추구하는 다양성을 취하면서, 자동차 제조업체들은 한정된 부품 종류로 인해 모든 구성에 대응하는 데 필요한 효과적인 서비스 부품 네트워크를 관리할 수 있습니다. 모듈식 자동차는 더 넓은 구매층을 확보하며 고수익 부품 사업의 확대를 촉진합니다. 퇴역한 차량도 상업적 가치를 지니고 있는데, 분해가 가능하도록 설계되어 재사용이 가능한 부품을 분리하여 목적에 맞게 고치고 나머지 분리된 재료의 대부분을 효율적으로 재활용할 수 있기 때문입니다.

모듈식 설계가 아니면 기본적인 재활용뿐만 아니라 순환 가치 창출이 수익성 있게 실현되기 어렵습니다. 라이프 사이클 실무자로서 모듈식 설계는 소프트웨어, 하드웨어, 전자기기에 전반적으로 적용되며 상호 간에 모듈 간 연관성이 존재합니다. 모듈형 배터리는 다양한 제품에서 작동되도록 하는 모듈형 소프트웨어가 필요합니다. PLM의 통합형 엔지니어링 BOM은 이러한 모듈식 시스템 관리를 지원하고 모듈식 ALM 소프트웨어 객체가 여기에 기여합니다. 모듈식 지능이 필요한 다운스트림 파생체에는 제조 BOM, 서비스 BOM, 분해 BOM, 그리고 현장 작업자 지침이 포함됩니다.

## 기술자 지원(최후의 수단)

가치 피라미드의 최상위(이전 섹션 “순환성 가치” 참조)에 자리하려면 제품이 수리할 수 있도록 설계되어야 합니다. 제품 수명이 연장될 뿐만 아니라 귀사의 서비스 사업이 성장과 수익 측면에 크게 기여할 수 있습니다.

오늘날 모든 제조업체는 최소한 기본적인 보증을 제공하며 대다수의 업체에서 제품 서비스 시스템의 수준을 단계적으로 개선하고 있습니다(서비스 계약, 리스, 성과 기반 계약 등). 제조 과정에 서비스 비용 위험이 점차 추가되면서 수익 증대 목표는 최저비용 채널을 통해 고객에게 서비스를 제공하는 것입니다. 편의상 표 3-1에 제시된 저비용 서비스 제공 옵션은 탄소발자국 감축 목표와 직접적으로 일치합니다.



기억하세요

모든 수준에 대해서 구성별 지침은 필수적입니다. 현장 작업자들이 일련의 작업에서 동일한 제품을 볼 일이 거의 없기 때문에 모듈식 설계로 인해 업무가 복잡해집니다. 부품 목록과 운영 및 서비스 절차를 정확한 구성에 맞게 필터링하면 시간과 부품을 절약할 수 있습니다. 순환성의 핵심인 이 서비스 절차는 분해와 부품 및 재료 반품까지 확대되어야 합니다.

표 3-1 서비스 제공 옵션

서비스 채널	제조 비용	탄소발자국
셀프 서비스	없음 또는 고객센터	무시할 수 있음
원격 수리	무선 소프트웨어 업데이트	무시할 수 있음
최초 방문 수리	기사 파견, 부품	트럭 주행 거리, 부품 내재 탄소
재방문	추가 파견 및 부품	증가된 트럭 주행 거리, 부품 내재 탄소

내장형 소프트웨어는 셀프 서비스와 기술자 서비스(정확한 경고 및 알림)의 핵심입니다. 기술자들이 물리적 부품을 원격으로 교체할 수 없으므로 원격 수리를 진행할 수 있는 유일한 방법이기도 합니다.

현장 서비스에서는 자산 중심의 접근 방식이 예약 기반 파견보다 훨씬 효과적입니다. 자산 중심의 접근 방식은 제품의 스마트함을 이용해 처음에 셀프 서비스나 원격 서비스를 제공하여 기술자를 파견하지 않는 것을 우선으로 합니다. 파견이 필요한 경우, 원격으로 우선순위를 분류하고 배 부품 재고를 조정하여 예상되는 수리 방안을 마련합니다(재방문 방지). 또한 대응 방문을 유지관리 예약과 결합할 수 있는 때를 계산합니다.

## 서비스 부품 주문(최후의 수단)



기억하세요

서비스 부품 네트워크는 부품에 귀속된 비용과 내재 탄소로 인해 특별한 관심이 필요합니다. 귀사가 내구재 제조업체로서 연간 매출이 10억 달러 이상이라면, 서비스 수준 목표를 충족하기 위해 수천만 달러 혹은 수억 달러 상당의 서비스 제품 재고를 보유하고 있을 겁니다.

기존 수요 예측을 기반으로 한 다단계 공급망 최적화(중앙 창고에서 트럭 재고 및 중간 지역까지)를 통해 부품 재고 비용을 크게 절감하면서 서비스 수준을 개선할 수 있습니다. 하지만 PLM 데이터와 스마트 연결 제품으로 추가적인 비용을 절감하고 탄소발자국을 줄일 수 있습니다. 부품 계획자가 특정 자산 위치, 계약 수준, 구성, 상태를 더 자세히 알고 있을 수록 재고량 및 긴급 배송 비용을 더 줄일 수 있습니다.

또한, 순환형 모듈 부품의 반품 루프를 추적할 수 있습니다. 예를 들어, 브레이크 디스크가 재제조로 반품되어 재고 보충에 10일이 소요될 경우 예상 수요일이 10일을 초과한다면 공급업체로부터 신품 디스크를 구매하는 것을 피할 수 있습니다. 또한 재사용, 재포장, 재제조 운영을 통해 이러한 구매가 발생하지 않도록 하여 재무 절감액 및 탄소발자국 절감 효과를 측정할 수 있습니다. 재무적으로 검증할 수 있는 순환 가치입니다.

## 탄소발자국에 따른 제품 차별화

일부 시장 세그먼트는 탄소발자국이 낮은 제품에 더 큰 비용을 지불하게 됩니다. 이렇게 얻은 이익을 그린 프리미엄이라고 합니다. 하부시장에는 B2C(기업과 소비자 간 거래)의 환경 의식이 높은 소비자들과 넷제로 목표를 가진 B2B(기업과 기업 간 거래) 기업들이 포함됩니다. ABI Research의 Alex McQueen은 “오늘날 소비자들은 구매 결정 시 지속 가능한 제품 특성을 점차 고려하면서 지속 가능한 제품에 끌리고 있습니다. LCA는 소비자의 지속 가능성 기대에 부응하기 위해 노력하는 소비자 기업들에게 중요한 도구로 자리매김했습니다.”고 말합니다.



팁

게다가 정부 차원에서도 보다 친환경적인 접근 방식이나 제품을 지원할 예정입니다. 그린 프리미엄과 정부 보조금을 활용하되 귀사의 비즈니스 케이스를 위한 동적인 기여 요소로서 이들을 관리하세요.

- » 라이프 사이클에 DfS 가치 반영
- » DfS의 지혜 습득하기
- » 라이프 사이클을 실무자들을 위한 DfS 프레임워크 맞춤화
- » 실제 시퀀싱 살펴보기

## 4장

# 지속 가능성 원칙을 고려한 설계

이

장에서는 환경과 사회에 미치는 영향을 최소화하여 제품을 만드는 과정인 지속 가능성을 고려한 설계(DfS)의 기본 개념을 설명합니다. 또한 해당 분야를 더 깊이 탐구하고 개별 제조업체를 위한 요약된 DfS 프레임워크를 제공합니다.

## 라이프 사이클에서 DfS 가치 인식

약 80%의 제품탄소발자국이 설계 단계에서 결정되기 때문에 초기에 올바른 결정을 하는 게 중요합니다. 재료, 고정장치, 형상, 제조 공정, 소프트웨어, 서비스 계획, 비즈니스 모델을 변경하는 것은 시간이 지날수록 비용이 증가합니다.

DfS 사전 지식과 요건 시스템 참조 자료를 가지고 있는 엔지니어들은 초기 설계 단계에서 더 나은 결정을 할 수 있습니다.

# DfS 지혜를 찾아서

현재 개별 제품을 더 지속 가능하게 설계하기 위한 통합된 플레이북이 없습니다(본서를 집필한 이유 중 하나입니다). 다행히 DfS는 발전 중이며 현재 충분한 자금이 지원되고 있어 양질의 정보를 사용할 수 있습니다. 이 섹션에서는 저만 알고 있는 비밀 낚시터를 공유합니다.

ISO14000 시리즈는 DfS 주제를 포함하고 있으나 지금은 주로 상위 수준에서 다루고 있습니다. ISO14001(환경 관리 시스템)은 수천 개의 참여 기업과 단계별 인증을 제공하는 표준입니다. 이 표준은 프로그램 수준에서는 우수하지만 개별 제품에 대해 상세한 설계 지침을 제공하지 않습니다.

초기 제품 설계 지침을 위해서는 라이프 사이클 설계 전략(LiDS) 훈이 효과적인 빠른 참조 도구로 활용될 수 있습니다. LiDS에 대한 자세한 내용은 5장에서 확인하세요.

표 4-1 지속 가능한 설계 방법

DfX 방법	지속 가능성 관련 목표
조립(DfA)	제조 및 수리를 간편하게 합니다.
순환성(DfC)	비즈니스 모델과 인적 요소를 조정해 재료 회수를 지원합니다.
분해(DfD)	간편한 수리와 폐기 시 반환은 제품의 수명을 연장합니다.
에너지 효율성(DfEE)	제품의 운영 에너지와 소모품을 줄입니다.
물류(DfL)	서비스 부품 구매 및 운송 비용과 환경 영향을 관리합니다.
수명(DfLG)	고마모 및 저마모 부품을 관리해 제품 수명을 연장하고 폐기물을 감축합니다.
제조(DfM)	폐기물과 에너지를 줄입니다.
재활용(DfR)	재료 분리 및 고가치의 재활용/재사용을 가능하게 합니다.
재제조 및 재정비(DfRM-DfRF)	내구성 있는 모듈 및 부품에 대하여 복수의 제품 라이프 사이클을 지원합니다.
수리 및 유지관리(DfR-DfM)	제품의 사용 가능한 수명을 연장합니다.
재사용 및 용도변경(DfRR)	이차적 활용을 도모합니다(예: 마모된 타이어를 부두 계류용으로 사용).
지속 가능한 행동(DfSB)	최종 사용자가 제품을 책임감 있게 사용, 폐기 및 반환하도록 장려합니다.
사용(DfU)	제품의 수명에 맞춰 에너지 사용량 및 소모품을 조정합니다.

인터넷에서 이용 가능한 디자인 지침의 심층적인 구조는 “Design for X” 프레임워크에 있으며, 여기에 공공 및 유료 콘텐츠를 제공하는 수많은 기여자가 있습니다. 관련 내용은 표 4-1에서 볼 수 있습니다.

ISO14000 시리즈, LiDS 헐, DfX 연구 분야 외에도 추천 도서, 블로그, 그룹 및 기타 리소스를 PTC.com/beyond-the-book에서 확인할 수 있습니다.

## 개별 제조업체를 위한 DfS 프레임워크

이 DfS 프레임워크는 DfS 연구의 주요 내용(이전 섹션 참조)을 제품 라이프 사이클 실무자들을 위한 중간 수준의 성숙도 매트릭스로 요약합니다. 이 매트릭스는 세 단계로 구성되었습니다. 이번 섹션에서는 각 수준별로 자세히 설명합니다.

그림 4-1은 세 가지 수준과 이들의 상호작용 방식을 시각적으로 보여줍니다.

### 구성요소 수준



기억하세요

직접 설계한 부품의 경우, 탄소발자국 감축을 위해 다음 고려 사항을 준수해야 합니다.

- » **최적의 재료를 선택하세요.** 강도와 같은 엔지니어링 속성 외에도 고려해야 할 재료 특성으로는 탄소 배출 강도, 용수 강도, 재활용 재료 함량, 재활용 가능 재료 함량, 독성, 공급업체 컴플라이언스, 비용 등이 있습니다. 상업용 재료 데이터베이스 통합은 선택뿐만 아니라 회사가 승인한 재료 내에서의 선택 시행에도 도움이 됩니다. 재료 종류가 너무 다양하면 재활용 스트림을 위한 최종 분리 과정이 복잡해질 수 있지만, 재제조 사이클에는 문제가 없을 수도 있습니다.
- » **선택한 재료를 최대한 적게 사용하세요.** 퍼포먼스, 형상, 외관 제약 측면에서 과도한 재료 사용을 최소화합니다. 생성형 설계와 적층 제조는 이를 위한 두 가지 도구입니다.
- » **최적의 제조 공정을 선택하세요.** 이 점은 간단해 보일지라도 우수한 평가는 재료, 형상 및 제어 특성 선택을 재검토하는 것으로 되돌아갈 수 있습니다. 제조가능성 및 비용 시뮬레이션은 이러한 예측과 개선을 지원합니다.

이 수준에서 컴퓨터 지원 설계(CAD)는 공급망 데이터와의 연동(재료 데이터베이스) 및 시뮬레이션(생성형 설계, 퍼포먼스, 제조가능성)을 통해 디지털 성숙도 최적화를 위한 핵심 시스템입니다.

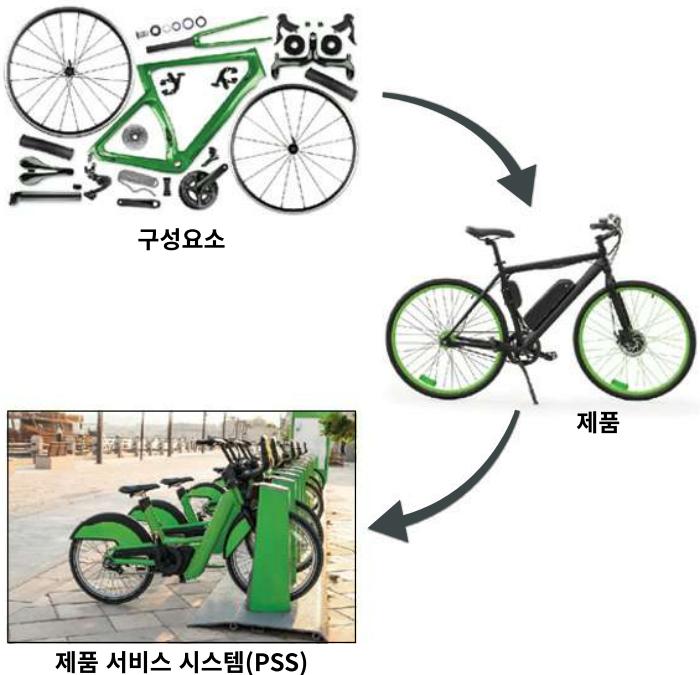


그림 4-1: 개별 제조에 대한 DfS 성숙도 수준

## 제품 수준

이 수준에서는 제품 최적화, 특히 제품의 라이프 사이클 중 원재료 추출 및 조달부터 제품 조립까지의 제품의 수명주기에 중점을 둡니다. 이 수준에서 고려해야 할 주요 사항은 다음과 같습니다.

- » **핫스팟 분석:** 환경 핫스팟 분석은 제품의 라이프 사이클 활동이 가장 높은 지속 가능성 영향(탄소 당량, 용수 사용, 독성 등으로 측정)을 미치는 부분을 식별 및 측정합니다. 제품 수준 분석의 장점은 가장 큰 절감 효과를 얻을 수 있는 곳에 따라 어떤 부분이 탄소발자국 감소 노력에 우선순위를 두어야 하는지 결정하는 것입니다.
- » **저영향 공급업체:** 저영향 재료 및 부품 공급업체를 선택하면 범위 3.1 배출량을 감축할 수 있습니다. 부품 제조에 사용되는 재료의 공급업체 선택은 일반적으로 소싱을 통해 성사되기 때문에 제품 라이프 사이클 관리(PLM) 사용자에게 이 기능은 주로 부품 구매 용도로 사용됩니다. 평가 대상인 탄소발자국 속성을 재료와 동일하지만, 공급업체는 대개 재료 수준이 아닌 부품 수준으로 가치를 제공합니다.
- » **분산 제조:** 글로벌 규모의 고객을 보유한 육중한 제품은 현지 생산으로 비용과 탄소발자국을 줄일 수 있습니다. 그러나 생산을 현지화하면 모듈식 제품, 현장별 공급망 및 생산 라인 등 복잡한 변동성이 있을 수 있습니다. 설계자 및 작업자를 위한 간소화 목적으로, PLM 엔지니어링 자재명세서(BOM)는 위치 및 구성별 제조 BOM, 공정 계획, 작업 지침을 도출할 수 있습니다.
- » **효율적인 운영:** 경량화, 전기화, 열관리 최적화는 제품의 에너지 효율성을 향상하는 방법입니다. **PLM BOM**은 **CAD**의 생성형 설계 기능을 활용하여 경량화 기회를 식별합니다. 기타 에너지 효율성 분석은 일반적으로 **PLM** 워크플로에 통합된 시뮬레이션을 통해 수행됩니다.

**PLM**은 제품 수준 **DfS**를 위한 디지털 성숙도 기반 시스템으로, 라이프 사이클 평가(LCA), 공급망 데이터베이스, **CAD** 루프와의 통합을 통해 구성요소 수준 개선을 지원합니다.

## 제품 서비스 시스템 수준

제품 서비스 시스템은 고객의 니즈를 충족하기 위해 제품과 서비스를 결합합니다. 제품 서비스 시스템은 제품의 수명주기를 포괄합니다. 제품과 위험 분담 비즈니스 모델을 포함한 이 단계에서는 다음을 고려해야 합니다.

- » **초기 제품 수명을 연장하세요.** 제품은 사용자가 서비스 비용 대비 가치를 극대화하고 자신의 재판매 가치를 최대한 활용할 수 있을 정도로 이에 알맞은 수명을 가져야 합니다. 이렇게 하려면 고장 모드 및 영향 분석(FMEA), 예비 부품 네트워크, 부품 카탈로그, 서비스 절차, 기술자 배치를 포함한 서비스 계획이 필요합니다.
- » **폐기 시스템을 최적화하세요.** 잘 설계된 폐기 시 부품 및 제품은 재사용, 재정비, 재제조, 재활용의 우선순위에 따라 가치를 유지해야 합니다.

애플리케이션 라이프 사이클 관리(ALM), 서비스 라이프 사이클 관리(SLM), 사물인터넷(IoT)은 제품 서비스 시스템 수준으로 진행하는 기업에 매우 중요한 요소입니다. SLM은 서비스 프로세스를 주도하며 재료 반환 루프를 지원하기 위해 합리적으로 확장될 수 있습니다. ALM은 IoT 지원 내장형 소프트웨어를 통해 서비스 효율성과 재료 회수를 촉진합니다. IoT 연결 제품들은 위치 추적, 무선 업데이트, 원격 진단, 알림, 운영자 안내, 반품 추적 등 다양한 기능을 제공합니다.

## DfS 실제 시퀀싱 관리

프레임워크 성숙도 경로는 구성요소, 제품, 그리고 제품 서비스 시스템 수준으로 구성되어 있으나, 종종 기업들은 DfS를 다른 순서로 구현합니다. 대기업들은 PLM BOM을 기반으로 제품 수준에서 시작하는 것을 선호합니다. 새로운 환경 규제로 인해 기업들은 먼저 수많은 제품의 탄소발자국을 측정해야 하며 각 제품은 수백 또는 수천 개의 부품으로 구성되어 있습니다. 다음으로, 감축을 촉진하려면 구성요소 수준 루프를 통해 수익성 있는 탄소발자국 감축이 가능하도록 상위 X 퍼센트(귀사의 필요에 맞는 퍼센트 선택)의 부품을 우선순위로 지정할 수 있습니다.

기존 제조업의 신생 기업 및 신규 플랫폼은 흔히 제품 서비스 시스템 수준에서 시작합니다. 여기서 시작하면 장애물이 적고 새로운 출발점이기 때문에 기존 경쟁업체들과 차별화된 결과물이 나을 수 있습니다.

- » 라이프 사이클 사고 지침 검토
- » 우선순위 정립
- » 라이프 사이클을 디지털 스레드 알아보기
- » PLM BOM 및 자산 허브 통합

## 5장

# 전체 라이프 사이클 사고를 통한 탄소발자국 관리

**종** 국에는 순환성이 개별 제조업을 위기에서 구해낼 것입니다. 오늘날 산업의 순환 비중은 10% 미만으로, 해야 할 일이 많습니다.

순환성은 동일한 재료를 반복적으로 사용하여 유한 자원 문제를 직접 해결합니다. 또한 불필요한 고에너지 공급망 재작업을 방지하고 재료를 안전하게 사용할 수 있도록 합니다. 그런 이유로 순환성은 우리가 겪고 있는 다른 두 가지 주요 문제점인 탈탄소화와 유해 물질 관리를 해결하는 데 큰 도움이 될 수 있습니다.

재료 인수부터 제품 조립까지(지속 가능성 용어로 ‘제품의 수명주기’) 제품탄소발자국을 최적화하는 것으로는 더 이상 충분하지 않습니다. 라이프 사이클 실무자들은 제품 및 서비스의 멀티제너레이션 가치를 평가해야 하며, 이 과정에서 운영, 서비스, 재사용, 재료 회수(‘제품의 수명주기’라고도 함)를 고려해야 합니다.



기억하세요

고객을 통한 반복 구매를 기대하려면 제품과 함께 서비스나 혜택 등이 제공되어야 합니다.

이 장에서는 전체 라이프 사이클을 관리하기 위한 프로세스 및 디지털 프레임워크를 알아봅니다. 좋은 소식은 날날이 점검하여 변경하는 것이 아닌, 오늘날 디지털로 제품을 관리하는 방식을 확장한다는 것입니다. 지속 가능성은 단순히 추가적인 가치 차원에 불과합니다.

## 라이프 사이클 사고 지침

설계 초기 단계에서 고도의 지속 가능성 직관과 지침은 놀라운 가치를 가집니다. 그림 5-1에 보이는 라이프 사이클 디자인 전략(LIDS) 훌은 라이프 사이클을 사고를 위한 효과적인 가이드입니다. LIDS 프레임워크는 디자이너들에게 시계 방향 라이프 사이클에 대한 일반적인 지침을 제공하여, 8개 분야별로 설계 채택률을 평가합니다(채택률이 높을수록 표적 중심에서 멀어짐). 각 권장 사항은 표면상으로 명백해 보이지만 초기 설계 단계에서 시스템을 종합적으로 고려하는 게 중요합니다.

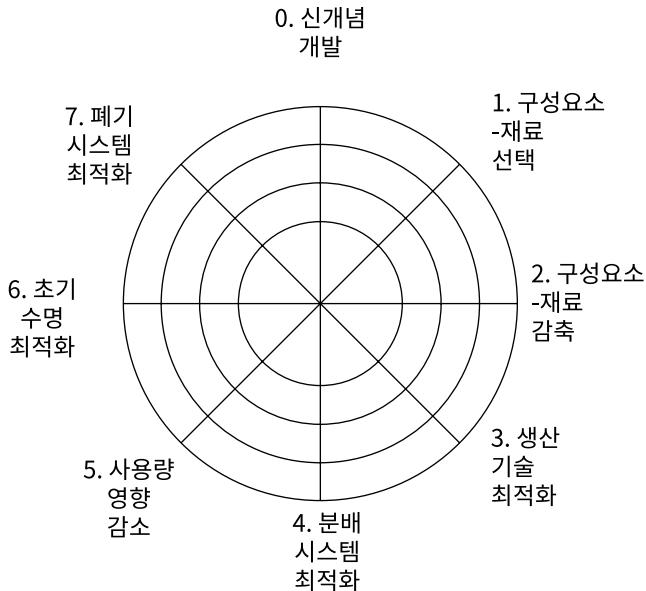


그림 5-1: LIDS 훌.

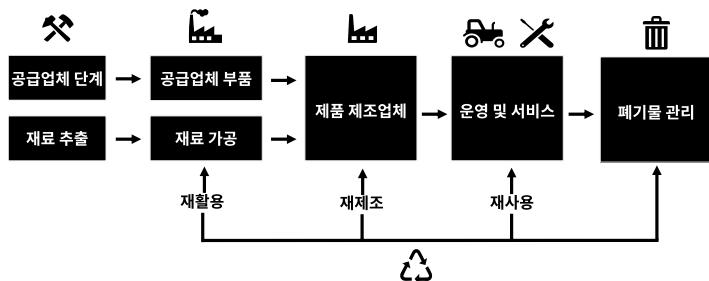
PTC.com/beyond-the-book을 방문하여 LIDS 활에 대한 자세한 정보를 알아보세요.

이 라이프 사이클 사고를 더욱 제도화하기 위해 지속 가능성을 고려한 설계(DfS) 지침을 요구사항 관리 시스템에 직접 적용할 수 있습니다(“을바른 일을 하세요”). 이 요구사항 템플릿은 일반화될 수 있으며 이후에 제품별 요구사항으로 도출될 수 있습니다. 테스트, 설계 및 시스템 기능에 대한 요구사항 추적은 설계자들이 제품 서비스 시스템에 DfS 모범 사례를 통합하고 있음을 추가로 검증합니다(“을바른 일을 하세요!”).

모델 기반 시스템 엔지니어링(MBSE)을 사용하는 조직은 설계 초기 단계에서 시스템 모델에 내재 탄소, 용수 및 에너지 사용량, 무게(이동식 제품의 경우), 독성 등 정량화 가능한 탄소발자국 목표를 할당할 수 있습니다. 이는 설계팀이 시스템 수준에서 필요에 따라 실행하거나 재협상할 수 있는 하위 시스템 목표를 설정합니다. 나중에 제품 라이프 사이클 관리(PLM), 애플리케이션 라이프 사이클 관리(ALM), 전자 컴퓨터 지원 설계(ECAD) 및 기타 지원 시스템은 시스템 전반에서 탄소발자국 목표가 달성되었는지 확인하기 위해 가치를 를업할 수 있습니다.

## 라이프 사이클 인벤토리 우선순위

그림 5-2는 제품 라이프 사이클 전문가와 지속 가능성 전문가 간의 상호 이해를 확립합니다.



제품 라이프 사이클 전문가들은 제품 구성요소를 조립하기 위해 공장에 유입되는 부품의 생산과 구매를 식별한 다음 사후 서비스 및 폐기 단계로 이동합니다.

지속 가능성 전문가들은 제품의 라이프 사이클 영향 평가(LCIA)를 계산하기 위해 궁극적으로 라이프 사이클 평가(LCA) 도구에 반영되는 탄소발자국을 축적하는 활동의 라이프 사이클 인벤토리(LCI) 다이어그램을 확인합니다.

이번 섹션에서는 그림 5-2를 통해 네 가지 라이프 사이클 범주를 상세히 보여줍니다.

## 운영 탄소발자국

그림 5-2의 첫 번째 분석 대상은 제조로, 그림 5-3에 표시되어 있습니다.



그림 5-3: 운영 라이프 사이클 단계: 제조.

운영 탄소발자국이 귀사의 공장이라고 생각해 보세요. 직관적으로 보면 공장이 가장 높은 탄소발자국과 우선순위를 차지할 것으로 생각할지도 모릅니다. 배기ガ스, 열, 고철, 유해 폐기물을 배출하니까요. 그러나 실제로는 공장은 의외로 탄소발자국이 상대적으로 적은 시설이며, 역할 중 우선순위가 낮은데, 그 이유로 두 가지가 있습니다.

- » 공장은 일반적으로 특정 제품의 탄소발자국의 1~10%만 차지합니다. 개별 제조는 채굴, 재료 가공 및 기타 업스트림 및 다운스트림 활동에 비해 낮은 에너지 변환과 조립 과정이 주를 이릅니다.
- » 공장이 탄소화를 위해 취하는 주요 조치 중 하나는 생산 기계의 전기화입니다(자본 구매를 통해 실행). 또한, 공장은 청정한 전기를 공급받을 수 있습니다(귀사의 재무부서에서 태양열 발전, VPPA 또는 다른 투자 방법을 통해 이를 수행). 참고: 산업용 난방 분야에서, 수소는 천연가스를 대신하여 기계 산업에서 일반적으로 흔히 추구하는 기술인데, 이는 수소가 재생 가능하게 생성될 수 있기 때문입니다. 이중 연소기는 천연가스를 사용할 수 있으며 수소를 사용할 수 있으면 수소로 전환됩니다.

제품 라이프 사이클 실무자들은 주로 폐기물 및 에너지 사용을 줄이기 위한 제조 가능성 설계를 중심으로, 몇 가지 공장 탄소발자국 활동에 중점을 두고 있습니다. 여기에는 가공 작업뿐만 아니라 현장 작업자들에게 제공되는 구성별 지침도 포함됩니다. 또한, 분산 제조는 공급망 거리를 줄이기 위한 설계 우선순위가 될 수 있습니다.

## 업스트림 탄소발자국

그림 5-2의 두 번째 분석 대상은 업스트림 탄소발자국 단계로, 그림의 처음 두 부분에 해당하며, 그림 5-4에서 확인할 수 있습니다.

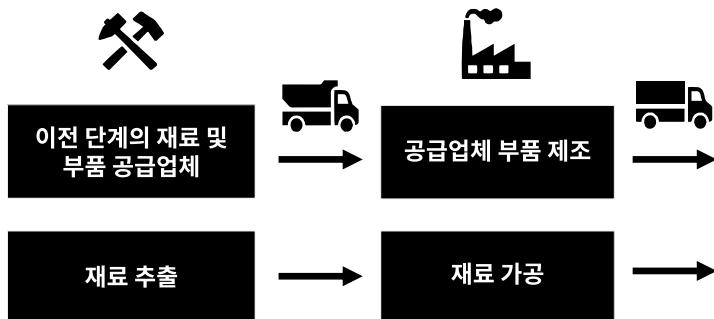


그림 5-4: 업스트림 탄소발자국 단계.

대부분의 개별 제조업에서 공장 하역장에 도착하는 재료와 부품은 제품의 전체 원가 중 75~90%를 차지합니다. 강철 막대 부품을 예로 들어보겠습니다. 철광석은 원격지에서 채굴되는데, 무거운 암석은 장거리 트럭으로 철강 공장에 운반되는 즉시 철강으로 가공된 후에 다시 더 먼 거리를 트럭으로 이동하여 귀사의 공장에 공급됩니다. 이는 많은 에너지이며, 오늘날 경제적인 측면에서 대부분 화석 연료입니다. 그렇다면 공장에서는 그 강철 막대를 어떻게 할까요? 강철 막대를 구부려서 조립체에 나사로 고정할 수 있는데, 이렇게 하면 상대적으로 에너지 소비가 적습니다.

그리고 중금속과 부품만이 업스트림 탄소발자국의 원인이 아닙니다. 가볍고 무해해 보이는 전자제품이 훨씬 더 위험할 수 있습니다. 노트북으로 보면, 프로세서가 더 크고 더 무거운 노트북 케이스나 배터리보다 탄소량과 폐기물 발생량이 더 많을 수도 있습니다. 전자제품에 희토류 금속이 포함되어 있는데, 이 금속의 농축물은 일반적으로 무게 기준으로 채굴된 광석의 5~10%에 불과합니다. 농축물에서 희토류금속의 50~70%를 추출하려면 가공 과정이 추가로 필요합니다.

귀사의 지속 가능성 담당자가 업스트림 범위 3.1 구매 상품 및 서비스에 대해 문의합니다. 이는 제품의 큰 탄소발자국일 뿐만 아니라 규제 프레임워크는 이를 줄이도록 요구할 수 있습니다. 이에 대해 과학적 근거에 기반한 일반적인 방법으로는 2030년까지 최소 25% 감축을 기대하고 있습니다. 제품 라이프 사이클 실무자로서 귀사의 주요 1~2개의 탄소발자국 감축 노력을 업스트림에 중점을 둘 것입니다. 또한 이 분야는 기업 지속 가능성 담당자들이 빠르게 조치하도록 압박하는 경우가 많습니다.

## 다운스트림 탄소발자국

그림 5-2의 세 번째 분석 대상은 다운스트림 라이프 사이클 단계입니다. 이는 선형적 과정이며 그림 5-5에 보이는 대로 그림의 마지막 두 부분입니다.



그림 5-5: 다운스트림 라이프 사이클 단계 — 선형적 과정.

제조업체는 판매후 다운스트림 영향에 대한 책임도 져야 하는데, 여기에는 제품의 운영 에너지, 서비스, 폐기물 배출량 등이 해당됩니다. 전력을 많이 소비하는 제품을 제조하는 경우 범위 3.11 고객의 판매 제품 사용에서 탄소발자국이 줄 수 있습니다. 심지어 업스트림보다 더 높을 수 있습니다(현재 자동차 및 기계 제조업체의 경우 총 탄소발자국 기여도가 대개 95% 초과). 연료원에 따라 적극적으로 대응할 수 있어야 합니다.

제품의 연료원이 전기 또는 증가하는 다른 재생 가능한 에너지인 경우, 귀사는 더 유리한 지점에 있는 것입니다. 고객이 석탄 및 가스 발전 전력망에 연결되기 때문에 현재는 범위 3.11 탄소발자국이 높을 수 있으나 2050년까지 이러한 전력망이 잘 정리될 것으로 보입니다. 따라서 그리드를 정리함으로써 범위 3.11 배출량을 줄일 수 있습니다.



경고

그러나 제품이 화석 연료를 사용한다면 재생 가능한 에너지원으로 전환하지 않고는 넷제로 약속을 이행하지 못합니다. 화석 연료의 효율성 개선 가능성은 한정적입니다. 귀사의 목표는 전기화 또는 수소 가스 기술처럼 다른 재생 가능한 에너지원으로의 전환입니다. 장거리 항공우주와 같은 일부 산업은 화석 연료를 대체할 수 있는 확장 가능한 기술을 아직 개발하지 못했지만, 대부분의 산업은 그런 기술을 확보하고 있습니다.

서비스 집약적인 제품이 있는 경우, 추가적인 주요 탄소발자국 요인으로는 트럭 배차, 서비스 부품, 소모품, 부품 운송(특히 긴급 항공 운송과 표준 지상 운송 방법 간 차이)이 포함됩니다. 그러나 여기서 전체 탄소발자국 비율은 아직도 업스트림에 훨씬 미치지 못합니다. **참고:** 귀사의 업스트림에는 서비스 부품 인벤토리의 내재 탄소가 포함되므로, 최대한 이 막대한 운송비용을 줄여야 합니다.

## 순환성

그림 5-2의 마지막 분석 대상은 순환형 다운스트림 라이프 사이클 단계로, 이는 그림 5-2의 결합 부분이며 그림 5-6에 표시되어 있습니다.

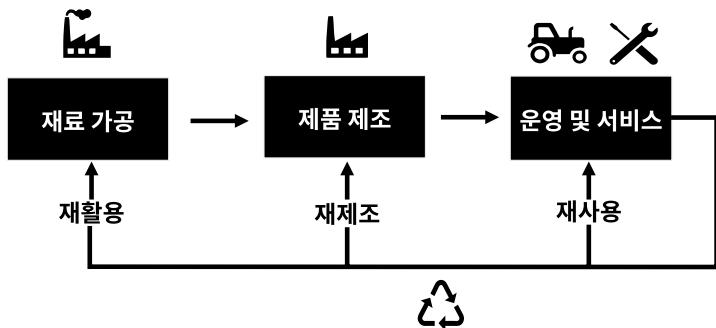


그림 5-6: 다운스트림 라이프 사이클 단계(순환형 과정).



기억하세요

업스트림 탄소발자국이 감축의 중점 분야가 될 가능성이 높지만, 목표를 수익성 있게 달성하는 유일한 방법은 순환성을 강화하는 것입니다. 노트북을 예로 들어보겠습니다. 새 제품과 동일한 성능과 보증을 갖춘 재제조된 노트북은 다음의 이유로 원재료로 제조된 노트북에 비해 탄소 효율이 90% 더 높습니다.

» **재사용:** 노트북의 알루미늄 케이스는 처음 생산할 때 많은 에너지가 사용되었습니다. 하지만 내구성이 뛰어나며 클래식한 디자인을 갖추었습니다. 새 노트북 케이스와 5년 사용한 노트북 케이스의 차이점을 느끼지 못할 정도입니다. 결과적으로 케이스는 그대로 재사용이 가능합니다. 보크사이트를 다시 채굴하거나 알루미늄으로 재가공하거나 알루미늄을 노트북 케이스로 다시 변환하지 않아도 됩니다.

- » **재제조:** 노트북 키보드는 앞으로 5년 동안은 거의 문제 없이 사용할 수 있습니다. Q 키는 많이 사용되지 않지만 모음 키가 마모되어 재제조해야 하며, 새로운 스프링이 필요할 수 있습니다. 플라스틱은 채굴, 재료 가공, 성형 과정을 다시 거치지 않아도 됩니다. 키보드는 일부 사소한 조정만 하면 수리되어 새것처럼 정상 작동할 수 있습니다.
- » **재활용:** 메인보드는 더 이상 속도 면에서 경쟁력이 없습니다. 이에 대해 할 수 있는 최선은 분해해서 재료를 분리하고 새로운 메인보드를 만드는 것입니다. 이렇게 하면 희토류 금속을 계속 채굴하는 데 소요되는 높은 탄소발자국 비용을 부담하지 않을 수 있습니다.

재사용, 재제조, 재활용의 세 가지 스트림을 결합하면 재제조된 노트북의 탄소 효율성 90%를 달성할 수 있으며, 희토류 금속 보존 및 유해한 전자폐기물 위험을 방지하는 부가적인 장점도 있습니다. 재제조의 탄소발자국 이점은 다른 수직적 산업에서도 큰 부분을 차지하며 제가 협력했던 제조업체들을 기준으로 60~95% 비율을 차지합니다.

## 라이프 사이클 디지털 스레드

라이프 사이클 사고의 원칙을 배우는 것과 실제로 큰 규모로 적용하는 건 다른 문제입니다. 이를 성공적으로 해내려면 강력한 디지털 인프라가 필요합니다. 제품 디지털 스레드에는 두 개의 연결된 허브가 있으며, 각 허브는 새로운 규제 요건과 일치합니다(허브 구축에 필요한 자금 확보에 도움이 될 수 있음).

그림 5-7은 엔지니어링 시스템의 제품 데이터가 설계 레시피(또는 구성 사양)와 어떤 관련이 있는지 보여줍니다. 운영 시스템의 제품 데이터는 자산의 일련번호와 연관되어 있습니다.

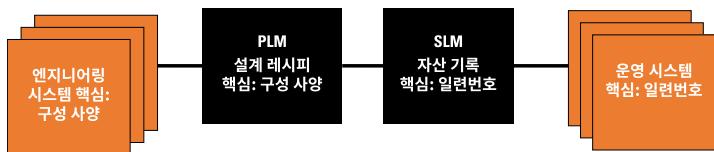


그림 5-7: 라이프 사이클 디지털 스레드.

## 엔지니어링 허브

첫 번째 허브는 PLM 시스템 내의 모듈형 BOM입니다. 그림 5-8은 귀사의 탄소발자국 데이터(또는 라이프 사이클 인벤토리)가 어떻게 이 구조에 매핑되는지 보여줍니다. 재료 데이터베이스는 CAD를 통해 PLM과 재료 수준에서 연결되어, “부품 제작” 수준에서 생산 활동의 탄소발자국을 집계합니다. 공급업체 부품 데이터베이스는 “부품 구매” 수준에서 연결됩니다. 구성 수준에서, PLM BOM 서브루틴을 LCA 도구와 연결하여 설계 과정에서 환경 영향을 시뮬레이션한 다음에 설계를 완료하면 EPD를 출력합니다.

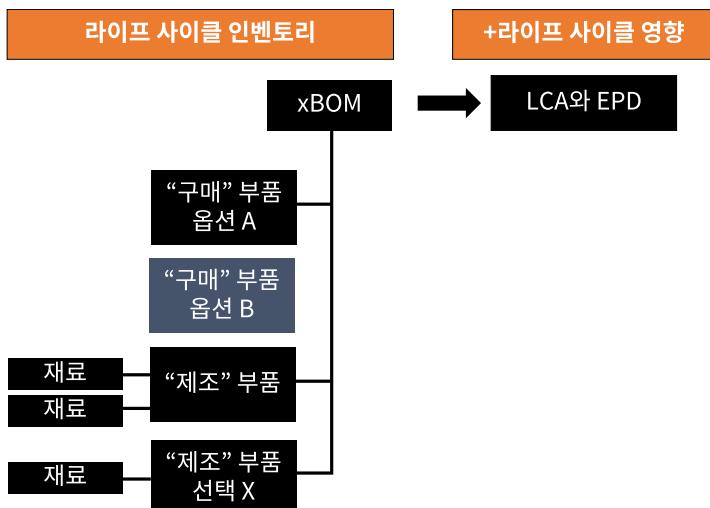


그림 5-8: 모듈형 BOM은 제품의 라이프 사이클 인벤토리를 룰업합니다.



팁

엔지니어링 데이터에서 지속 가능성은 모듈성, 공급망 통합, 새로운 시뮬레이션 등 세 가지 분야를 강조합니다. LCA는 엔지니어링 관점에서 “환경 시뮬레이션”입니다.

모듈형 BOM의 탄소발자국 룰업 외에도 ALM은 BOM과 두 가지 방식으로 통합됩니다. 그림 5-9는 이러한 통합을 설명합니다. 첫 번째는 모듈형 소프트웨어 부품이 통합형 BOM과 연결되어 물리적 부품을 보완합니다. 두 번째는 ALM의 관리된 요구사항이 ALM 테스트와 PLM 설계 객체에 추적되어 지속 가능성 요구사항이 충족되고 테스트 커버리지가 확보되도록 합니다.



그림 5-9: ALM 통합 상세화.

## 자산 허브

두 번째 허브는 물리적 자산의 기록 시스템으로, 그림 5-10에 표시되어 있습니다. 자산이 발생하면, 해당 자산은 PLM에서 BOM 레시피의 사본으로 시작합니다(가능한 경우 생산 주문 세부 사항으로 보완 가능).

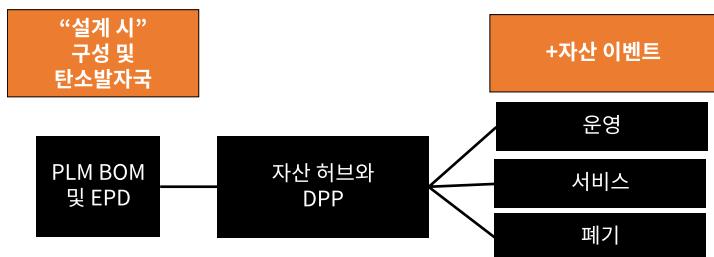


그림 5-10: 디지털 제품 패스포트(DPP)는 자산 허브의 서브셋입니다.

그 다음에 이 자산 허브는 소유자, 서비스 제공자, 설계자, 보증 심사위원 등 다양한 사람들이 활용할 수 있는 흥미로운 활동들을 장부로 관리합니다. 디지털 제품 패스포트(DPP) 워크플로의 경우, 이 장부에는 사용된 재료 및 부품(최종 폐기된 제품까지)의 순환적인 반환을 증명하기 위해 위치, 소유권, 반환 정보가 기록되어 있습니다.



기술 자료

지속 가능성은 자산 데이터에 대한 공급망과 사후 서비스 통합 요구사항에 매우 밀접하게 연관되어 있습니다. 다행히 일부 현명하고 협력적인 산업의 리더들이 교환 표준을 개발하고 있습니다. 산업디지털원협회(IDTA)는 기업 간 및 기업 내 자산 데이터 교환을 목적으로 사용되는 자산관리쉘(AAS) 서비스 세트를 개발했습니다. IDTA 대표 Meik Billmann은 AAS가 자산의 전체 라이프 사이클 동안 표준화된 자산 정보를 제공한다고 말했습니다. 이 연계성은 AAS를 순환형 비즈니스 모델의 이상적인 기반으로 만들어줍니다.

# PLM BOM 및 자산 허브 통합

특히 DPP를 지원하는 지속 가능성 규제는 전체 라이프 사이클 데이터 백본을 위한 필수 요소입니다. 이러한 네 가지 분야는 이 백본을 활용해 수익을 높이고 탄소발자국을 감축하는데 어쩌면 눈에 띄지 않지만 중요한 요소입니다.

## 구성별 작업 지침

제품 조립 라인, 검사 구역, 운영 현장, 유지관리 시설, 현장 서비스 차량, 재제조 센터에서 근무하는 현장 작업자들에게 업데이트된 구성별 지침이 필요합니다. 모듈식 설계(수익성 있는 순환성의 요구사항)를 채택함으로써 사람들이 보는 제품은 모두 이전 제품과 다르게 보일 것입니다.

다행히 자산 허브는 작업 중인 장비의 구성 매개변수를 저장하고 PLM은 이 정보를 활용해 지침과 부품 목록을 필터링할 수 있습니다. 귀사의 디지털 스레드는 현장 작업자에게 변동성과 복잡성을 없애줄 수 있습니다.

## 디지털 성숙도가 요구되는 순환성

IDC의 글로벌 지속 가능성 연구 및 실무 담당자 Bjoern Stengel은 “지속 가능성 실무자들은 운영 및 공급망에서 순환성을 관리할 수 있는 소프트웨어의 부재를 비즈니스에 순환성을 도입하는 과정에서 마주한 가장 큰 운영상의 문제점으로 보고 있습니다. 지속 가능성과 순환 경제 원칙을 따르는 IT 기반 접근 방식과 비즈니스 모델을 구현하려면 해당 산업 및 비즈니스 특성에 알맞은 요구사항을 이해하는 공급업체와 반드시 협력해야 합니다.”라고 말했습니다.

## 장비 기반 예측

귀사에서 서비스 부품을 판매한다면 두 숫자를 보고 깜짝 놀라실 겁니다. 첫 번째는 서비스 부품의 수익성으로, 가끔 초기 제품 판매 수익의 4~5배를 달성하기도 합니다. 두 번째는 보유 중인 재고량입니다. 10억 달러 규모의 제조업체는 전 세계의 창고와 트럭에 수천만 또는 수억 달러 상당의 부품 재고가 보관되어 있습니다(다량의 부품 내재 탄소 포함).

결과적으로 서비스 부품 최적화 소프트웨어는 제조업체가 서비스 수준 목표를 달성하기 위해 적절한 부품 위치별 재고량을 확보할 수 있도록 지원합니다. 이 소프트웨어는 기본적으로 과거 데이터를 기반으로 미래 수요를 예측합니다. 하지만 시스템이 내구성, 제품 구성, 자산 위치, 자산 상태와 같은 부품 속성도 이해한다면 수백만 달러의 재고 비용을 더 절감할 수 있으며 내재 탄소량도 감축할 수 있습니다.

## 데이터 기반의 설계 및 서비스

엔지니어링 리더들과 분석가들은 수십 년간 데이터 기반 설계에 대해 논의해 왔습니다. 이상적인 세상에서는 설계 엔지니어들이 현장에 있는 자산에서 지속적으로 신뢰할 수 있는 데이터를 얻습니다. 이 데이터를 통해 지나친 설계와 부족한 설계 문제점에 빠르게 대응할 수 있습니다. 서비스는 맞춤형으로 확장될 수 있습니다.

괜찮죠? 맞아요, 그렇지만 제조업체들이 신뢰할 수 있는 현장 데이터 수집에 어려움이 있어서 보통은 대학 강의실에서만 사용되고 있습니다. 그러나 패스포트를 도입해 자산 허브가 제품 라이프 사이클 데이터를 신속히 수집하여 활용할 수 있게 되었습니다.

## AI 가치 강화

AI는 새로운 트렌드입니다. 지속 가능성과 어떤 관련이 있을까요? 답변을 짧고 굵게 드릴 수 있겠습니다. 지속 가능성은 AI가 인사이트를 생성하는 데 필요한 풍부한 제품 데이터를 모으는 기폭제 역할을 합니다. EPD 및 DPP는 라이프 사이클 전반에서 구조화된 철저한 데이터를 요구합니다. AI는 이 데이터에 대해 무엇을 할 수 있을까요? 무궁무진합니다, 탄소발자국 감축을 위해서만 사용되지는 않으니까요!

- » 순환성 추구하기
- » DPP 고려하기
- » CFO의 만족도 높이기
- » 디지털 스레드 구축하기

## 6장

# 수익성 있는 탄소발자국 감소를 위한 라이프 사이클 팁 10가지

**제**품 지속가능성은 심오한 주제이며, 관심과 투자가 증가하면서 더욱 복잡해지고 있습니다. 이 장은 수익성 있는 탄소발자국 감소를 위한 10가지 팁을 알려드립니다. 이 장을 먼저 읽으셔도 되고, 나중에 읽으셔도 좋습니다.

## 전체 라이프 사이클 고려

개별 제조업의 경우, 공장 운영은 제품의 탄소발자국의 1~10% 정도를 차지합니다. 나머지 90~99%는 업스트림 및 다운스트림 라이프 사이클에서 나옵니다.

- » 업스트림에서는 재료 선택 및 사용, 공급업체 구성요소 선택에 많은 주의를 기울여야 합니다. 더 나은 데이터와 의사결정 도구는 공급망 비용, 회복력 및 탄소발자국을 개선합니다.
- » 다운스트림은 모듈식 시스템, 부품 회수, 전기화, 소프트웨어 기반 서비스처럼 재료 및 에너지의 순환 프로그램이어야 합니다. 다운스트림 순환성은 부품 재사용, 재제조, 재활용을 효율적으로 할 수 있기 때문에 아이러니하게도 업스트림 가치의 중요한 지렛대 역할을 합니다.

이 라이프 사이클 사고에 대한 자세한 내용은 5장에서 확인하세요.

## 모듈형 하드웨어 및 소프트웨어로 순환성 실현

재제조 부품에 대한 수요와 공급을 모두 확보하는 유일한 방법으로, 수익성 있는 순환성은 모듈화가 필수적입니다. 현대적인 제품은 소프트웨어와 하드웨어 모두가 모듈화되어야 합니다. 예를 들어 제품 A가 재제조된 제어 유닛은 소프트웨어 업데이트가 일치하지 않으면 제품 B에 재배치할 수 없습니다. 소프트웨어는 지속 가능한 사용자 행동, 장비 서비스 및 반품 추적에 지속 가능한 지원을 합니다.

## 현장 작업자의 중요한 역할

순환형 제품은 모듈화해야 하지만, 모듈화는 변동성이 높습니다. 변동성은 구매자에게 더 많은 옵션을 제공해 판매를 촉진하지만, 이를 적절히 관리하지 않으면 현장 작업자들에게 혼란을 일으킬 수 있습니다. 모듈식 설계에 현장 작업자들을 반드시 참여시켜야 합니다.

조립 라인, 검사 구역, 고객 현장에서 현장 작업자가 보는 각각의 모듈형 제품은 이전 제품들과 다릅니다. 그러므로 현장 작업자들의 작업 과정에서 디지털 방식으로 변동 복잡성을 제거해야 합니다.



팁

이 작업을 지원하려면 제품 라이프 사이클 관리(PLM) 구성 로직을 활용해 작업자들의 지침을 이들이 제조하거나 서비스하는 정확한 제품에 맞게 필터링합니다.

## 잘 구성된 BOM 기능으로 EPD에 접근

환경성적표지(EPD)는 굉장히 복잡하게 보이는 제품 환경 라벨입니다. 어떻게 하면 환경 전문가들을 협의하고 자금을 조달하여 판매하는 모든 제품에 대해 EPD를 수동으로 계산할 수 있을까요?

강력한 자재명세서(BOM) 관리를 통해 EPD의 대부분 또는 전체를 자동화할 수 있습니다. 지속 가능성 측면에서 귀사의 BOM은 제품의 라이프 사이클 인벤토리(LCI)를 탄소 강도, 용수 강도, 위험물질 준수 여부, 재활용률, 재활용 가능성 등과 같은 다양한 속성으로부터 를 업할 수 있습니다. LCI를 통해 라이프 사이클 평가(LCA) 도구로 EPD의 라이프 사이클 영향 평가(LCIA)를 계산할 수 있으며, 이는 CO<sub>2</sub> 배출량과 같이 제품의 특정 환경 영향을 계산합니다.



기억하세요

어려운 용어로 인해 이해하기 어렵다면, 다음과 같이 쉽게 설명할 수 있습니다. “잘 관리된 BOM은 자동화된 EPD의 기반을 마련합니다.” EPD에 대한 자세한 내용은 2장을 참조하세요.

## DPP의 장점 고려

비 관론자에게 디지털 제품 패스포트(DPP)는 재료 회수를 보장하기 위해 포괄적 생산자 책임제도의 책임 범위를 확대합니다. 낙관론자에게 DPP는 이익을 낼 수 있는 수단입니다. 다운스트림 서비스 프로그램의 경우, DPP는 고객과의 사후 서비스 관계를 강화합니다. 이는 고수익 서비스, 새로운 비즈니스 모델, 순환형 회수 가치, 후속 판매를 위한 충성도를 촉진합니다. 업스트림 엔지니어링 프로그램의 경우, 공급업체의 DPP에서 구성요소 및 재료 데이터의 풍부한 연관성을 제공하여 선택을 안내하고 BOM을 자동 생성합니다.



기억하세요

이 패스포트는 제품 데이터 백본에 대하여 자산 관리 시스템을 확장하는 필수 기능을 제공합니다. 서비스 라이프 사이클 관리(SLM)와 PLM을 연결하면 데이터 기반 설계와 구성 인식형 현장 의사결정 지원이 가능합니다. 이 데이터 연결에 대한 자세한 내용은 5장에서 확인하세요.

# CFO가 만족할 탄소발자국 감축 실현을 위한 행동

탄소발자국 감소가 수익으로 이어지도록 초기에 시장에서 우위를 선점합니다. 이러한 활동은 지속 가능성 목표와 무관하게 수행되어야 합니다. 이렇게 하면 비즈니스와 환경 모두에 유익합니다. 최고재무책임자(CFO)의 간결한 핵심은 비용 절감입니다. 제품 및 서비스에서 불필요한 재료와 에너지를 없애면 일반적으로 비용이 절약됩니다. 탄소발자국 감축을 통한 추가적인 비즈니스 가치 지렛대로는 그린 프리미엄에 따른 고객 세분화, 컴플라이언스 및 공급망 리스크 완화, 지역별 보조금 활용 등이 있습니다.



기술 자료

분석가들과 자문기관들은 오늘날 재무적으로 유리한 기술을 이용해 탄소발자국을 절반 이상 줄일 수 있다는 데 동의합니다. 2020년대는 수익성 있는 지속 가능성 프로젝트에서 높은 평가를 받을 수 있는 시기이며, 새로운 접근 방식이 2030년대까지 확장되어 미래의 성공을 이루어낼 것입니다. 이에 대한 자세한 내용은 3장에 나와 있습니다.

## 브랜드 핵심 주제 선도하기

지속 가능성 측면에서 선구자가 되는 데에는 상업적으로 규모가 있는 접근 방식을 도입하기까지 기다리는 것보다 더 큰 비용이 소요될 수 있습니다. 하지만 선구자가 되는 것이 브랜드와 밀접하게 일치할 경우 장점이 있을 수도 있습니다.

상황에 따라 과감하게 행동해야 하지만, 지속 가능성 조치에 대한 숙제를 해결해야 합니다. 수많은 공개 벤치마크 세부 정보에서 영감을 얻을 수도 있습니다. 예를 들어 *Beyond Zero* 다큐멘터리는 *Interface*의 모듈식 카펫에 관한 내용이며 우수한 사례 연구가 되고 있습니다(자세한 내용은 [beyondzerofilm.com](http://beyondzerofilm.com)에서 확인). 지속 가능성 보고서를 보면 *Patagonia*, *Schneider Electric*, *IKEA*, *Vestas*와 같은 다른 브랜드 리더들의 비즈니스 전략과 지속 가능성 목표의 일치성을 알 수 있습니다.

혁신 분야는 광범위하지만 다음이 포함될 수 있습니다.

- » 첨단 소재 및 에너지 공급에 대한 “그린 프리미엄” 고객 세분화.
- » 적층 제조 기술을 이용해 경량화 및/또는 서비스 부품의 내구성 향상
- » 리스/업그레이드 가능한 상업 프로그램을 통한 멀티 제너레이션 순환형 플랫폼

## 탄소 가치 이해도 향상

탈탄소화를 위해 가장 적합한 기회를 찾아보세요. 본질적으로 인류는 지권의 탄소를 지권의 깊은 곳에 유지해야 합니다(그리고 채굴한 양만큼 주입해야 함). 개별 제조업에서 이는 제품의 전체 라이프 사이클 가치 사슬의 화석 연료 기반 에너지 감소를 의미합니다.

장기적으로도(2050년 이후) 일부 화석 연료 사용이 필요하다면 어떻게 될까요? 화석 연료를 연소할 수는 있으나, 직접공기포집(DAC) 또는 기타 방법으로 동등한 양의 탄소를 다시 지권에 주입하는 방식의 미래 비용을 모델링해야 합니다(탄소 순환에 대한 자세한 내용은 2장 참조).

표 6-1은 화석 연료 감축의 현재와 미래 가치를 이해하는 데 도움이 되는 간단한 차트입니다(귀사의 가치는 미래 수익 잠재력에 따라 평가됨). 표 6-1은 화석 연료 자동차, 화석 연료로 생산된 전기로 충전되는 EV, 태양광으로 충전되는 EV의 주행을 비교합니다.

이 표는 현재 운전자의 에너지 비용과 차량의 온실가스 배출량, 그리고 2050년에 이산화탄소 환산 톤(MTCO<sub>2</sub>e)당 예상되는 100달러 비용으로 직접공기포집을 통해 CO<sub>2</sub>를 지권으로 다시 포집하기 위한 향후 넷제로 의무를 보여줍니다. 이 이해를 채굴, 재료 가공, 운송, 제조, 운영, 서비스, 전력 생산, 기타 잠재적인 화석 연소 활동과 같은 라이프 사이클 직관에 광범위하게 사용할 수 있습니다.

표 6-1 미국에서의 4,000km(~2,500마일) 주행 비교

자동차 옵션	에너지 비용	Kg CO <sub>2</sub> e	DAC 비용
가솔린 자동차	미화 300달러	1,000	100달러
그리드 연결로 충전된 EV	140달러	500	50달러
가정용 태양광으로 충전된 EV	0달러 근접	0 근접	0달러 근접

# 순환성 직관 습득



경고

순환성 원칙을 적용하여 가급적 제품 공급을 위해 에너지 집약적 활동을 반복하지 않도록 합니다.

- » **좋음:** 재활용은 채굴을 방지합니다.
- » **더 좋음:** 재제조는 재료 가공 및 채굴을 방지합니다.
- » **가장 좋음:** 재사용 또는 수리는 모든 문제를 방지할 수 있습니다.

하지만 탄소발자국 감축은 필요한 것의 절반에 불과하다는 점을 기억하세요. 나머지 절반은 순환성을 수익으로 전환하는 것입니다.

- » **좋음:** 재료 선택과 분해 가능성은 고려한 설계는 재활용을 촉진합니다.
- » **더 좋음:** 모듈성은 재제조 부품의 공급 및 수요를 제공합니다.
- » **가장 좋음:** 제품 서비스 시스템은 직접적인 수익 기여를 통해 활용도, 서비스, 회수 효율성을 향상합니다.

순환성은 핵심 비즈니스 성과입니다. 순환성은 동종 최고 수준의 수익성을 제공할 뿐 아니라 제품 지속 가능성의 3가지 탄소발자국 영역 모두를 총족할 수 있습니다.

- » 유한 자원 보존(폐기물이 적거나 없음)
- » 탄소화(재제조 제품은 선형 제품보다 탄소 효율이 60~95% 더 높을 수 있음)
- » 유해 물질 관리(소각, 수질 오염, 매립지 침출 방지)

## 지속 가능성 의무화를 통한 디지털 스레드 구축

이상적인 세계에서 모듈형 PLM BOM은 물리적 장비 기록 시스템인 자산 허브와 연결된 구성 기록 시스템입니다. 이 두 허브에 참여하는 시스템 스레드인 거죠. 라이프 사이클 디지털 스레드에 대한 자세한 내용은 5장에서 확인하세요.

규제 강화로 인해 EPD 및 패스포트 도입이 확대되고 있는 상황에서 이러한 핵심 요소를 신속히 구축해야 합니다. PLM BOM은 EPD 자동화에 데이터를 공급합니다. 자산 허브는 패스포트 역할을 합니다. 이 강력한 제품 데이터 백본은 지속 가능성을 넘어 AI를 포함한 수많은 다른 가치를 창출합니다. 그러나 이 내용을 제대로 다루려면 따로 책 한 권의 분량이 필요합니다. 이 책에 실린 내용만으로 이해하는 데 충분하실 거예요!



# 신뢰할 수 있는 **PTC**

[ptc.com](http://ptc.com)



PTC의 고객들은 전 세계가 신뢰하는 제품을 만들며, 설계부터 제조, 서비스, 단종에 이르는 제품 라이프 사이클을 지원하기 위해 PTC에 의존하고 있습니다. PTC는 시장을 선도하는 기술과 함께 산업체 및 공정에 대한 광범위한 전문성을 통해 비즈니스 혁신을 도와드릴 수 있습니다.

## 더 나은 친환경 제품으로 수익성 촉진

제품탄소발자국을 줄이면서 수익을 증대시키는 비결을 알아보세요. 개별 제조업체를 위한 실용적인 팁과 전문적인 인사이트를 제공하는 제품 지속 가능성의 세계로 뛰어들어보세요. 이 책은 경력이 풍부한 전문가에게도, 이 분야에 이제 막 입문한 새내기에게도 긍정적인 영향을 줄 수 있는 신선하면서 친근한 가이드를 제공합니다. 제품 지속 가능성의 핵심을 이해하고 제품 라이프 사이클 전체에서 중점적으로 봐야 할 핵심 분야와 우선순위 조치를 알아보세요. 제품을 혁신하고 더욱 친환경적인 미래를 선도하세요!

### 내용

- 제품 지속 가능성 정의
- 컴플라이언스 니즈 이해
- 수익성 있는 제품탄소발자국 감축
- 지속 가능성을 고려한 디자인 (DfS) 살펴보기
- 전체 라이프 사이클 사고 적용
- 순환 경제로의 전환
- 제품 제안 차별화



**Dave Duncan**은 PTC의 지속 가능성 담당 부사장입니다. PTC의 제품 포트폴리오에서 지속 가능성 역량을 개발하여 고객이 제품을 더욱 지속 가능하게 설계, 제조 및 유지관리할 수 있도록 지원합니다. 또한 Dave는 PTC의 기업 환경 및 사회적 영향 프로그램도 이끌고 있습니다.

**Dummies.com™**에서  
동영상, 단계별 사진, 사용 방법을  
알아보거나 구매하세요!

ISBN: 978-1-394-36837-2

재판매 금지



# **WILEY END USER LICENSE AGREEMENT**

Go to [www.wiley.com/go/eula](http://www.wiley.com/go/eula) to access Wiley's ebook EULA.