가상 사례: 전기/전자(반도체 부품) 제품 탄소 발자국 측정

“제품별 탄소 배출량 공시 및 경쟁력 강화**”**

1) 기업 배경

- 기업명(가상): 넥스칩머티리얼즈**(NexChip Materials)**
- 업종/제품: 반도체 공정용 세라믹**/**금속 부품(샤워헤드, ESC 부품, 챔버 라이너, 히터·전극 부품 등) 제조
- 고객: 글로벌 빅테크 및 메이저 파운드리/IDM에 납품(품질·납기와 함께 ESG 요구가 거래조건으로 확대)
- 생산 특징:
    - 고온 소결/열처리, 정밀 가공, 표면처리 등 전력·가스 집약 공정
    - 원자재(세라믹 분말, 특수 합금) 조달처가 다국적 공급망으로 분산
- 기존 상태: 환경 데이터는 사업장 단위(전력·가스 총량)로만 관리, 제품별 탄소는 “추정치” 수준

---

2) Challenge (문제)

글로벌 빅테크 고객사가 저탄소 제품 공급을 요구하면서, 납품 조건이 단순 품질에서 제품 탄소발자국**(PCF)** 데이터 제출로 확장되었다.

1. 데이터 제출 의무화

- 고객사 RFP/벤더 심사에서 “제품별 탄소발자국” 제출이 필수 항목으로 전환
- 제출 포맷(제품 단위 배출량 + 산정 경계 + 가정 + 증빙)을 요구

2. 산정의 복잡성

- 동일 부품이라도 공정 경로(라인, 배치, 열처리 조건)와 원재료 배치가 달라 제품별 편차가 큼

- 원자재 공급사로부터 **upstream** 배출**(**원료·운송**)** 데이터 수집이 어려움

3. 업무 부담

- LCA를 수작업으로 하면 제품군이 많아 기간·비용이 과다
  (신제품 출시 주기가 짧아 LCA가 영업/개발 속도를 못 따라감)

---

3) AI Solution (해결책)

넥스칩머티리얼즈는 "제품별 PCF를 빠르고 일관되게 산정"하기 위해 **AI** 기반 **LCA** 자동화 솔루션과 저탄소 공정 전환 로드맵을 동시에 구축했다.

A. AI 기반 전과정평가**(LCA)** 자동화**("PCF Auto-LCA Engine")**

- 데이터 통합
    - ERP(BOM/구매/물류), MES(공정경로·배치·가동시간), EMS(전력·가스·증기), QMS(재작업/불량), PLM(설계·재질)을 연계
- 제품 단위 배출량 배분**(Allocation)** 자동화
    - 열처리·소결 같은 배치 공정의 에너지를 "배치 총량 → 제품 중량/시간/온도 프로파일"로 자동 배분
- **Upstream** 데이터 보강
    - 공급사가 1차 데이터를 제공하면 이를 우선 사용하고,
    - 미제공 구간은 "기본값/대체 데이터셋"을 적용하되 불확실성**(uncertainty)** 표기와 향후 개선 우선순위를 자동 제안
- 감사**/**고객 제출용 패키지 생성
    - 제품별 PCF 결과 + 산정 경계 + 데이터 출처 + 가정 + 버전 로그를 자동 리포트로 출력

B. 저탄소 공정 전환 로드맵**("Low-Carbon Process Roadmap")**

- AI가 PCF 기여도를 분해해 “Hot spot(배출 상위 요인)”을 도출
  예: ① 고온 열처리 전력 ② 특정 합금 원재료 ③ 재작업률 ④ 운송 모드

- Hot spot별 전환 시나리오 수립

  1. 고온 공정 전력: 재생전력(녹색요금/PPA) + 피크최적화
  2. 가공 손실: 공정 조건 최적화로 재작업률 감소
  3. 원재료: 저탄소 원료(재활용 함량↑) 전환 가능성 평가
  4. 물류: 항공→해상 전환 등 탄소/리드타임 트레이드오프 분석

---

4) 실행 단계**(**프로젝트 진행 스토리**)**

1. **0~4**주**:** 산정 경계·제품군 정의
   - 고객사가 요구하는 PCF 기준에 맞춰 “제품 단위(모델/규격)·경계(원료~출하)”를 확정
2. **5~10**주**: Auto-LCA MVP** 구축
   - 대표 제품 10종에 대해 “제품별 배출량 + 리포트” 자동 산출
3. **11~16**주**:** 제품군 확장 및 데이터 품질 개선
   - 공급사 데이터 요청 템플릿 배포(원료 배출계수/재활용 함량/운송정보)
   - 미제공 구간은 불확실성 포함 보고로 우선 제출, 공급사 개선 로드맵 동시 운영
4. **17~24**주**:** 저탄소 로드맵 착수
   - Hot spot 3개에 대해 비용·일정·품질 리스크를 평가해 1년 실행계획 수립

---

5) Quantitative Result (정량 성과**)**

도입 6개월 후(가상):

- 제품 탄소 발자국 데이터 확보
    - 주력 제품군(상위 매출 70%)에 대해 제품별 **PCF** 산정값과 제출 리포트를 확보
    - 고객사 벤더 심사/RFP에 “요청 즉시 제출” 가능한 수준으로 운영 정착
- 저탄소 인증 획득 기반 마련
    - 제품별 산정 경계·데이터 계보·증빙 체계가 정리되어 향후 저탄소 제품 인증/라벨(고객사 내부 기준 또는 외부 스킴) 심사 대응이 가능한 기반을 확보
    - 또한 저탄소 공정 전환 로드맵을 통해 “감축 여지(Top contributors)”가 정량화되어 투자 우선순위가 명확해짐

---

6) 부가 효과**(**정성 성과**)**

- 영업 측면: “PCF 제공 가능”이 가격 이외의 경쟁력으로 작동해 신규 프로젝트 수주에 유리
- 운영 측면: 제품별 배출 기여도를 기반으로 공정 개선 **KPI**가 명확해져, 생산/품질/ESG 협업이 빨라짐
- 규제 대응: 향후 DPP(디지털 제품 여권), 공급망 탄소 요구가 강화되어도 동일 데이터 체계 재사용 가능