

가상 사례: 비철금속(알루미늄) 제련 에너지 효율 최적화

“전력 비용 **15%** 절감 및 **RE100** 기반 구축”

1) 기업 배경

- 기업명(가상): 동해알루미늄(**Donghae Aluminum**)
- 사업: 1차 알루미늄 제련(전해조 기반) + 일부 주조·압연(다운스트림) 보유
- 전력 구조: 총 제조원가의 약 **35~45%**가 전력비(전해 공정 특성상)
- 기존 운영: 전력요금이 월별·시간대별로 크게 변동해도, 공정은 “상시 고정 부하”에 가깝게 운영
(현장에서는 “안전·품질 우선”을 이유로 제어 최적화가 제한적)

2) Challenge (문제)

전력 집약적인 제련 공정 특성 때문에, 전력 단가 상승이 곧바로 수익성 악화로 이어졌다.

1. 비용 리스크

- 계절/시간대별 전력요금 변동이 커지면서 피크 시간대 비용이 급증
- 전해조(셀) 상태 편차로 동일 생산량 대비 전력소비(kWh/ton) 편차 확대

2. 운영 리스크

- 전해조 온도·전해질 조성·전류 효율 변화가 품질과 안정성에 영향을 주어 “보수적 운영”이 굳어져 에너지 최적화 기회가 방치

3. **RE100**·고객 요구

- 글로벌 고객사가 “재생에너지 사용 비중”을 공급 조건으로 요구하기 시작
- 재생에너지 조달을 ‘구매’만으로 해결하면 단가가 불리해질 수 있어 전략적 **PPA**가 필요

3) AI Solution (해결책)

동해알루미늄은 “실시간 전력 모니터링”으로 현장 데이터를 표준화하고, 그 데이터를 기반으로 PPA 조달 전략까지 연결하는 2단계 솔루션을 도입했다.

A. 실시간 전력 모니터링 시스템(Plant Energy Digital Twin)

- 데이터 수집
 - 전해조별 전력(kW, kWh), 전류/전압, 온도, 전해질 조성, 가동상태, 알람 로그를 초단위 수집
 - 변전소·라인·공정별 서브미터링을 추가해 “어디서 새는지”를 구체화
- 에너지 KPI 표준화
 - 셀/라인/공장 단위의 kWh/ton, 피크 시 전력 사용, 역률, 변압기 손실 등을 자동 계산
- 이상치 탐지
 - “전력 사용량 급증 + 전류 효율 저하” 패턴을 조기 경보로 띄워 설비·운영팀에 즉시 전달
 - 예방정비(전해조 라이닝, 접점저항, 냉각계통)를 우선순위 기반으로 지시

B. 에너지 최적화 로직(운영·조달 결합)

- 운영 최적화(현장 안전 범위 내)
 - 셀 상태를 건강도(Health Index)로 점수화하고, 셀별 최적 전류/전압 운영구간을 추천
 - 피크 시간대에는 위험도가 낮은 범위에서 부하를 “미세 조정”하여 피크요금을 회피
(완전한 부하 이동이 어려운 공정 특성을 고려해 ‘미세 최적화’로 설계)
- 재생에너지 구매 계약(PPA) 전략 수립
 - 실시간 소비패턴(부하 곡선)과 요금 구조를 기반으로

1. 장기 고정단가 PPA 비중
 2. 잔여 물량은 REC/단기 계약
 3. 피크 리스크는 헤지(조달 포트폴리오)를 최적화하는 시뮬레이션을 수행
- “재생에너지 공급 곡선(태양광/풍력 변동)”과 공장 부하를 매칭해 최소 비용으로 RE 비중 목표를 달성하도록 설계
-

4) 실행 단계(프로젝트 진행 스토리)

1. **0~4주**: 계획 인프라 정비
 - 변전소/라인/전해조 서브미터 설치, 데이터 표준(태그 체계) 통일
 2. **5~8주**: 모니터링 대시보드 구축
 - kWh/ton, 피크 사용량, 셀별 편차, 설비 손실을 한 화면에서 확인
 3. **9~12주**: 이상치 탐지 및 예방정비 루프
 - 전력 과소비 셀 상위 10%를 찾아 원인(점점 저항/열손실/불안정 운전)을 우선 개선
 4. **13~20주**: PPA 포트폴리오 최적화
 - 부하곡선과 가격 시나리오를 기반으로 PPA 조건(기간, 단가, 물량, 정산 구조)을 비교
 - RE 사용비중 목표(30%)를 비용 최소로 달성하는 계약 조합 도출
-

5) Quantitative Result (정량 성과)

도입 1년 기준(가상):

- 연간 전력 비용 15% 절감

- 피크요금 회피(운영 미세 최적화) + 셀 편차 축소(전류 효율 개선) + 손실 저감(역률/변압기 손실 관리) 효과가 누적
 - 재생에너지 사용 비중 **30%** 달성
 - 장기 PPA로 “기본 물량”을 확보하고, 나머지를 REC/단기 조달로 보완해 목표 달성
 - 고객사 RE 요구 대응 및 RE100 기반 구축(다음 연도 50% 목표 로드맵 수립)
-

6) 부가 효과(정성 성과)

- “전력비 원인”이 감(추정)이 아니라 셀/라인 단위 데이터로 설명 가능해져, 개선 투자 의사결정이 빨라짐
- PPA 협상 시 실제 부하 패턴 근거를 제시해 단가·정산조건 협상력이 개선
- 향후 CBAM/공급망 탄소 요구가 강화되더라도, 전력·재생에너지 데이터가 이미 구조화되어 대응 비용이 낮아짐