



디지털 트윈을 활용한 스마트 팩토리 에너지 효율화 모델링 및 플랫폼 개발

Development of Energy Efficiency Modeling and Platform
for Smart Factories Using Digital Twin

캡스톤 디자인 I 계획발표

팀명 : **EcoNOVA**
팀원 : 구남석, 박선아, 서지윤
지도교수 : 이상금
발표자: 서지윤
발표일: 2025.03.12

#Digital Twin
#Smart Factory
#Optimization
#Artificial Intelligence
#Big Data
#Web
#Real-Time Monitoring



CONTENTS

01 연구 배경

02 문제인식 및 해결전략

03 목표 및 기대효과

04 추진 계획

Research Background

연구 배경



2025년 현재 지구온난화의 심각성

기온 상승

2025년 1월, 전 지구 평균기온은 산업화 이전 대비 **1.75°C** 상승(C3S¹).

기온 상승 속도 증가

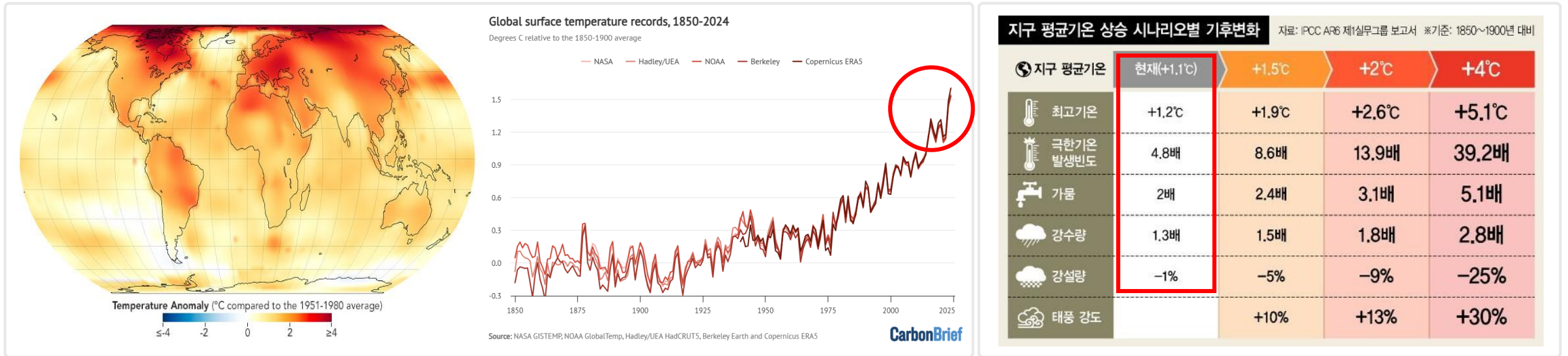
2011~2020년, 관측 사상 가장 높은 **0.31°C/10년** 상승률 기록(WMO²).

한국의 기후 변화

최근 10년간 평균기온 **0.5°C** 상승, 일교차 감소, 집중호우 증가.

국제 대응 목표

파리협정에 따라 2030년까지 탄소배출량 **45%** 감축 필요.



출처 : CarbonBrief

출처 : IPCC AR6

1) C3S (Copernicus Climate Change Service): 유럽연합의 기후 변화 데이터 및 분석 서비스.

2) WMO (World Meteorological Organization): UN 산하 세계 기상·기후 협력 기구.

제조 산업의 에너지 효율화 필요성

자본·에너지 다소비 산업

철강, 석유, 요업과 함께 **6대 다소비 업종** 중 하나.

빠른 성장, 기술 개발 부족

연평균 10% 이상 생산 증가, 하지만 대형 장비를 해외에서 Turn-key 방식¹⁾으로 도입.
→ 국내 실정에 맞는 에너지 절약 기술 개발 미흡.

탄소 감축 목표와 연계

산업계 탄소 배출량 **11.4%** 감축 목표 달성을 위해 에너지 효율화 필요.

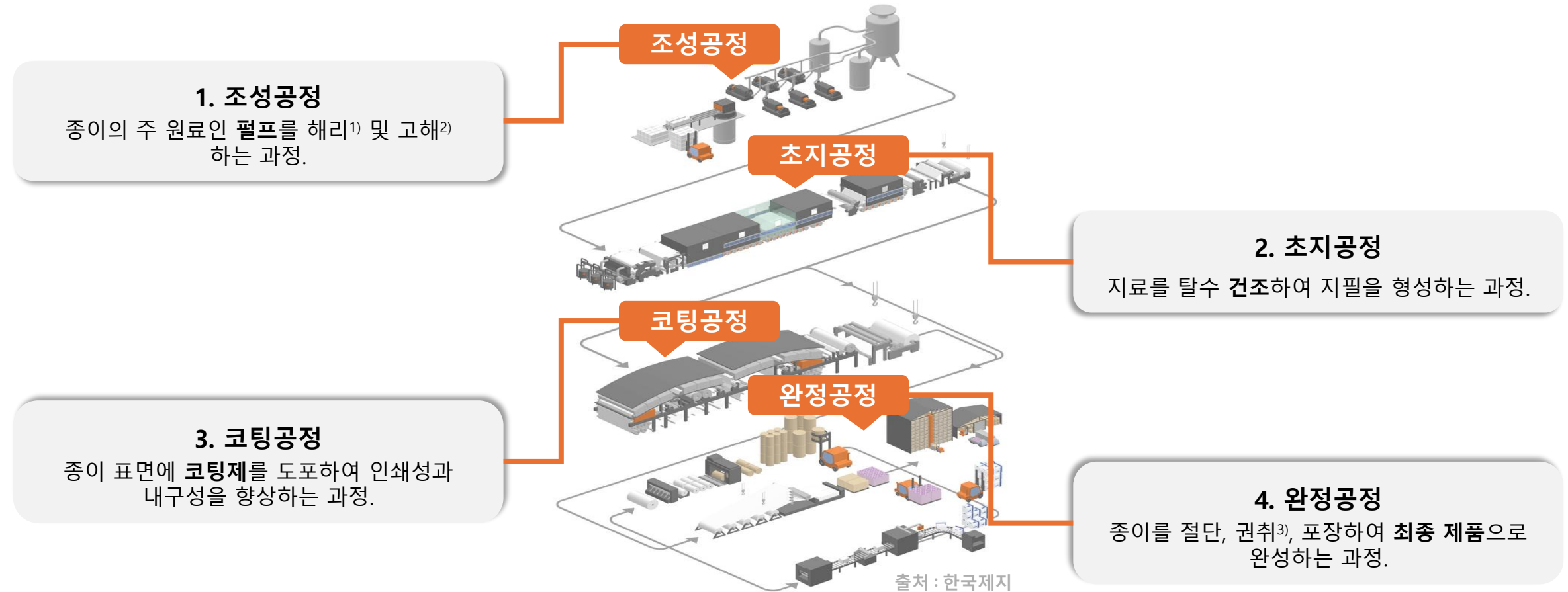
온실가스 감축목표 조정 내용 (단위: t) *괄호 안은 2018년 대비 감축률

	합계	전환	산업	건물	수송	농축수산	폐기물	수소	탈루 등
기존 NDC	4억3660만 (40.0%)	1억4990만 (44.4%)	2억2260만 (14.5%)	3500만 (32.8%)	6100만 (37.8%)	1800만 (27.1%)	910만 (46.8%)	760만	390만
수정 NDC		1억4590만 (45.9%)	2억3070만 (11.4%)					840만	

출처 : 산업통상자원부

1) Turn-Key 방식: 설비나 시스템을 주문자가 별도 개입할 필요 없이 공급자가 설계, 제작, 설치까지 완료한 후 바로 운영할 수 있도록 제공하는 방식.

제지 공정의 이해



1) 해리(解離): 단단하게 뭉쳐 있는 펄프를 물에 풀어서 개별 섬유로 분리하는 과정.
2) 고해(叩解): 해리된 펄프를 기계적으로 더 세밀하게 풀어줘서 섬유를 정돈하고 결합력을 높이는 과정.
3) 권취(捲取): 긴 종이를 돌돌 말아서 롤 형태로 감는 과정.

Problem Recognition & Solution Strategy

문제인식 및 해결전략



데이터 설명

데이터 기간

2022년 1월 1일 ~ 12월 31일 (1년간)

1분 단위로 수집된 시계열 데이터

데이터 크기

481,311개 행

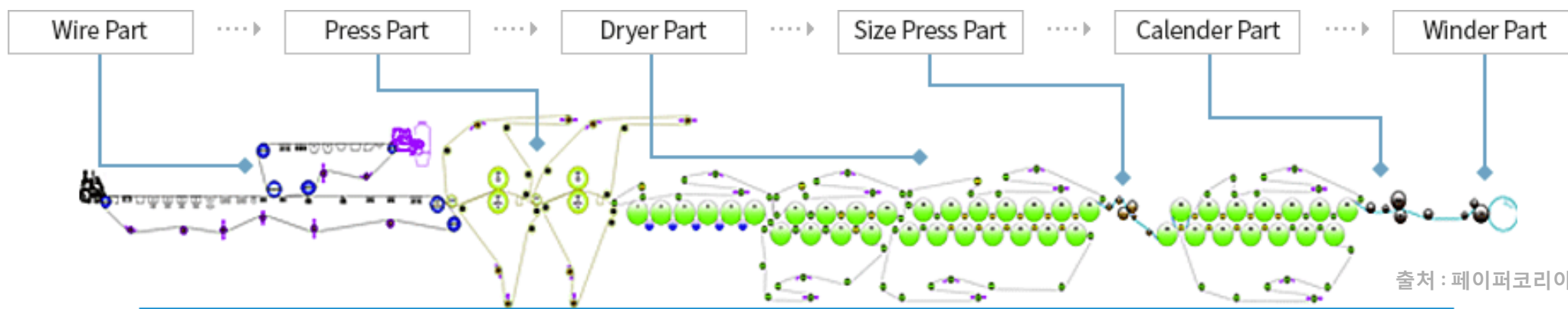
2061개 열

주요 태그

장비 센서 데이터

에너지 관련 데이터 → 출처 불분명

※ 본 데이터는 기업의 실증 데이터로서, 보안 및 기밀 유지 정책에 따라 정확한 변수명을 공개할 수 없는 점 양해 부탁드립니다.



문제인식 및 해결전략

[1] G. Luquet, "Production stability on paper machines and pulp and white water circuits," TAPPI Journal, vol. 78, no. 10, pp. 256-258, Oct. 1995.

[2] 박선아, 도윤미, & 최진영. (2024). 통계적 기법을 활용한 계절 기반 제지공정 분석. 한국통신학회 인공지능 학술대회 논문집, 127-128.

[3] Lee, S., Nengroo, S. H., Jung, Y., Kim, S., Kwon, S., Shin, Y., ... & Har, D. (2023, June). Factory Energy Management by Steam Energy Cluster Modeling in Paper-Making. In 2023 11th International Conference on Smart Grid (icSmartGrid) (pp. 1-5). IEEE.

A

문제인식

- 펄프 의존도가 높음
- 전체 전기 에너지의 **35%**를 소비
- 지중 명칭 혼용 문제 존재

해결전략

조성공정 내 펄프 관련 데이터 분석[1]

지중별 펄프 배합비 최적화 방향 설정

최적 펄프 배합비 도출 알고리즘 개발

지중별 펄프 배합비 최적값 도출

조성공정

초지공정

코팅공정

완정공정

출처 : 한국제지

B

문제인식

- **120-150°C**의 고온 스팀이 필요
- 전체 에너지의 **60%** 이상 소비

해결전략

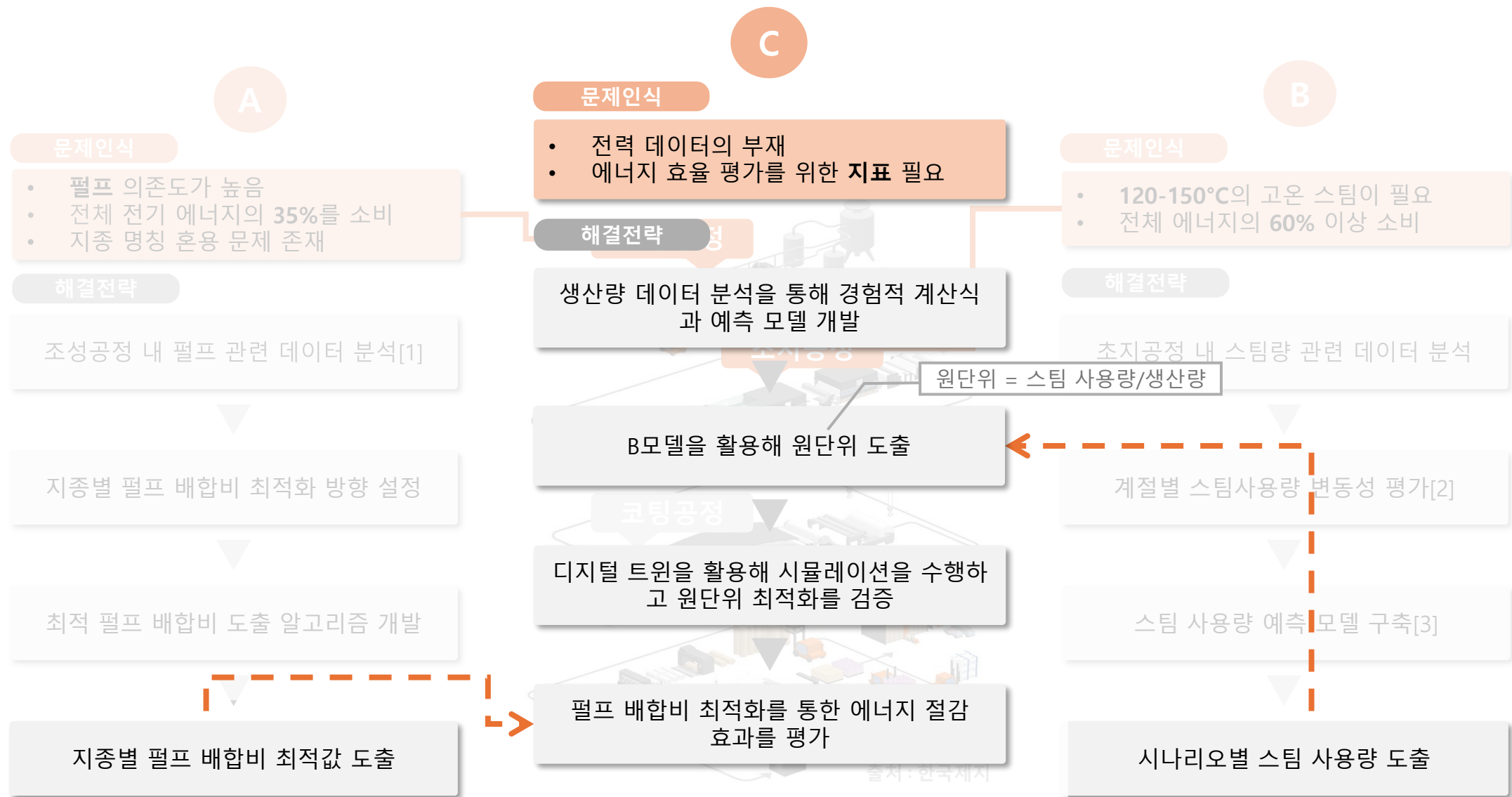
초지공정 내 스팀량 관련 데이터 분석

계절별 스팀사용량 변동성 평가[2]

스팀 사용량 예측 모델 구축[3]

시나리오별 스팀 사용량 도출

문제인식 및 해결전략



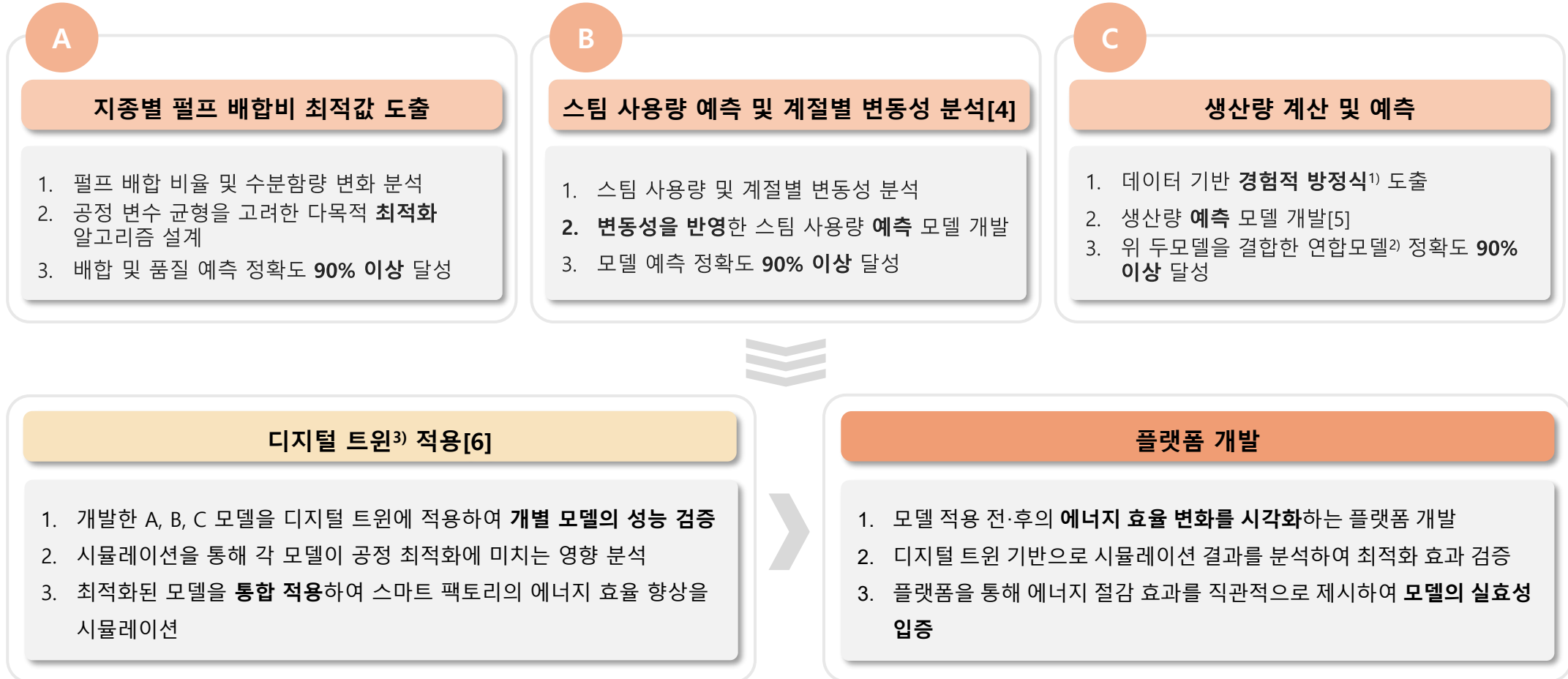
Objectives & Expected Effects

목표 및 기대효과

3

목표

[4] Yang, M., Xu, X., Cheng, H., Zhan, Z., Xu, Z., Tong, L., ... & Ahmed, A. M. (2023). Industrial steam consumption analysis and prediction based on multi-source sensing data for sustainable energy development. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1187201.
 [5] 박규태, 임성주, 강용신, 노상도, 양석곤, 강용태, ... & 최수영. (2018). 염색가공 공장의 에너지 효율 향상을 위한 디지털트윈 구성 및 활용. *한국 CDE 학회 논문집*, 23(4), 329-341.
 [6] Zhou, H., Yang, C., & Sun, Y. (2020). A collaborative optimization strategy for energy reduction in ironmaking digital twin. *IEEE Access*, 8, 177570-177579.



1) 경험적 방정식: 실험이나 관찰을 통해 얻은 데이터 기반으로 도출된 수식.
 2) 연합 모델: 여러 개의 개별 모델을 결합하여 더 정밀한 예측이나 분석을 수행하는 모델.
 3) 디지털 트윈: 현실의 물리적 시스템을 가상 공간에 동일하게 구현하여 실시간 모니터링과 시뮬레이션을 수행하는 기술.

기대효과



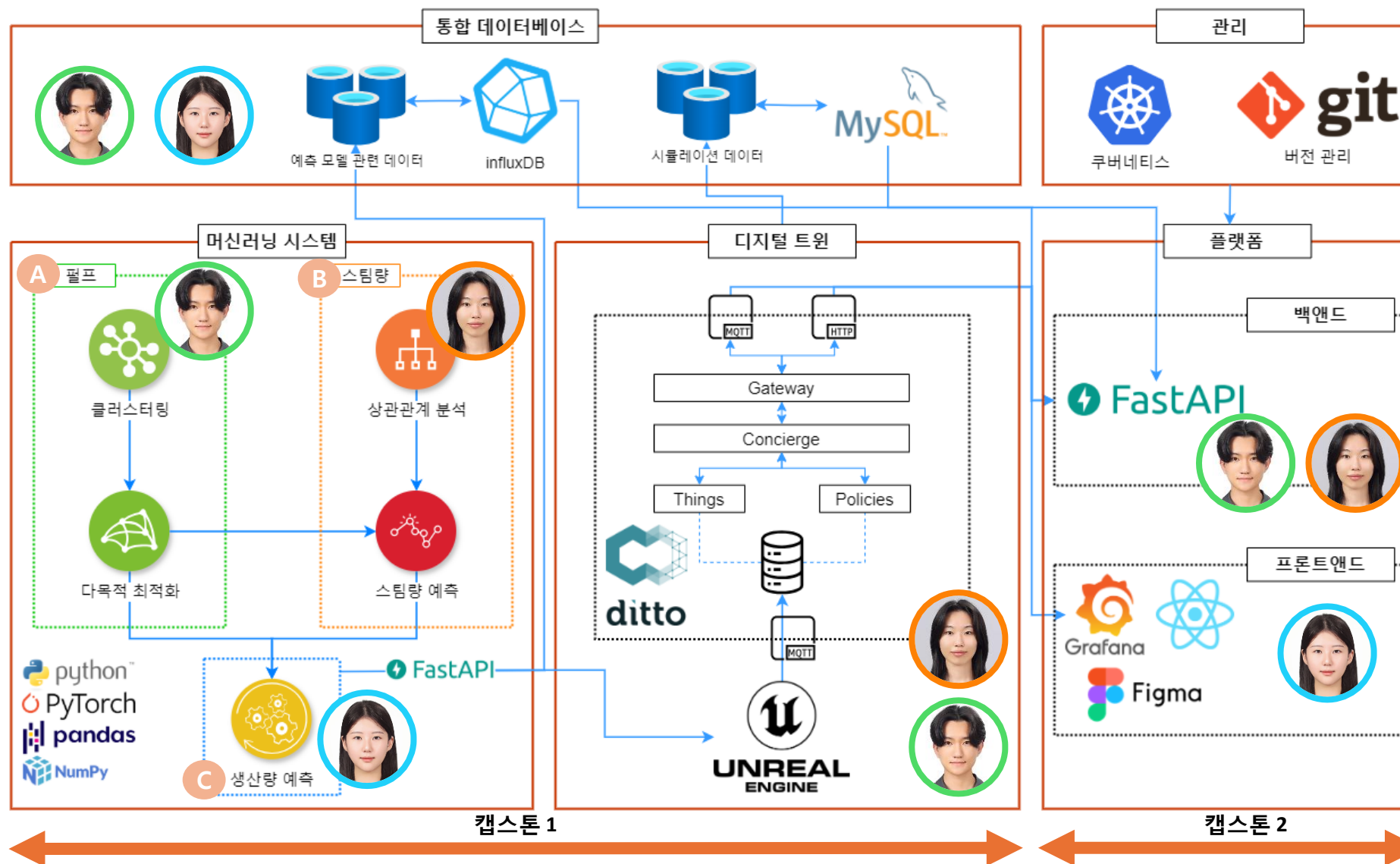
1) ESG 경영: 환경(Environment), 사회(Social), 지배구조(Governance)를 고려하여 지속 가능성과 기업의 장기적인 가치를 높이는 경영 방식

Implementation Plan

추진 계획

4

구조도



구남석
박선아
서지윤

세부 일정

세부 작업 구분	캡스톤 I						캡스톤 II					
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
기획 및 계획 수립												
에너지 효율화 모델링												
디지털 트윈 구축												
데이터베이스 설계 및 구현												
플랫폼 UI/UX 개발												

캡스톤 디자인 I 계획발표

감사합니다

팀명 : EcoNOVA

팀원 : 구남석, 박선아, 서지윤

지도교수 : 이상금

발표자: 서지윤

발표일: 2025.03.12



Q

&

A