

CNI세미나2025-066

지역 기후변화 대응을 위한 연구교류 세미나

일시 2025년 8월 27일 (수) 15:30

장소 부경대 총무관 3층 321호

지역 기후변화 대응을 위한 연구교류 세미나

I

추진배경

- IPCC는 AR을 통해 전 지구적으로 발생하고 있는 기후변화의 원인으로 인간의 활동을 거론하였으며, 개선된 SSP 시나리오를 통해 향후 강력한 관리대책이 필요하다고 보고하였음
- 전 세계적으로 발생하고 있는 지구온난화와 산불, 홍수, 폭우와 같은 기후변동성 변화는 일상 생활의 불편함 초래를 떠나 재난 수준으로 다가오고 있음
- 이에 지자체 차원의 기후변화 다양성 검토와 적응과 완화를 위한 대응방안 마련이 요구되고 있으며, 이를 위해서는 다방면의 자료 수집과 정보교류가 필요함

II

추진목적

- 지역별 기후변화 관련 환경이슈 공유
- 다양한 분야에 대한 기후변화 대응사례 조사
- 전문간 정보교류를 통한 대응 방안 모색

III

기대효과

- 연구원의 지식범위 확대 및 다양한 분야에 대한 정보 습득
- 타 지역 사례조사를 통한 지역 정책 발굴의 기초자료로 활용
- 인적 네트워크 구축을 통한 공동 연구방안 마련

IV 행사개요

- (CNI세미나 2025-066) 지역 기후변화 대응을 위한 연구교류 세미나
- 일 시 : 2025년 8월 27일(수), 15:30~18:00
- 주 관 : 충남연구원
- 장 소 : 부경대 충무관 3층 321호 (부산광역시 남구 용소로 45)
- 참석기관 : 충남연구원, 부경대, 캠틱종합기술원, 한국금경사지안전협회

V 세부일정

소 요 시 간		내 용	비고
15:30~15:35	5분	참석자 소개	김종범 책임연구원 (충남연구원)
15:35~15:40	5분	개회사	이상신 센터장 (충남연구원)
15:40~16:05	25분	충청남도 기후변화 대응을 위한 ACE 통합정책연구	이상신 센터장 (충남연구원)
16:05~16:30	25분	해륙풍이 이차생성 대기오염물질 형성에 미치는 영향의 메커니즘 분석	최원식 교수 (부경대)
16:30~16:55	25분	전북자치도 산업 변화에 따른 산업단지 온실가스 저감 방안 연구	김민수 책임연구원 (캠틱종합기술원)
16:55~17:20	25분	금경사지 관리체계 및 개선방안	최영남 (한국금경사지안전 협회)
17:20~17:50	30분	종합토론	
17:50~18:00	10분	마무리 및 폐회	최원식 교수 (부경대)

| 발제 1 |

충청남도 기후변화 대응을 위한 ACE 통합정책연구

이 상 신 (충남연구원 연구위원)

지역 기후변화 대응을 위한 연구교류 세미나

충청남도 기후변화 대응을 위한 ACE 통합정책연구

(Research on ACE Integrated Policy for Climate Change Response
in Chungceongnamdo)

2025. 8. 27.
이상신 연구위원
(sinslee@cni.re.kr)

연구 구성

I

ACE 정책연개의
배경과 필요성

II

국내외 동향 및
충남지역 현황

III

ACE 연계의
기대효과와
리스크

IV

협업거버넌스
설계 및
충남 맞춤형
정책제안

V

결론 및 제언

연구개요

연구배경

- ✓ 동일한 배출원으로 얽힌 기후·대기·에너지 문제 해결을 위한 통합적 해결모색 필요성 대두
- ✓ 지역특성을 고려한 통합적 맞춤형 정책 연계 전략 필요
- ✓ 기후·대기·에너지 정책의 상호보완적 효과 상실과 정책간 충돌 등 기존 정책의 한계 극복 필요

연구목적

- ✓ ACE 정책 연계의 필요성 및 협업 방안 제시를 통한 정책 효율성 극대화와 시너지 발현
- ✓ ACE 연계의 기대 효과 및 잠재적 리스크 도출
- ✓ 지역 특성을 고려한 충청남도 ACE 맞춤형 정책 패키지 제안

연구내용

- ✓ 국내외 ACE 정책 연계 사례 분석을 통한 통합적 정책 방향 검토
- ✓ 지역 맞춤형 충청남도 ACE 정책 추진 계획(안) 제시
- ✓ 실제 충남지역에 적용 가능한 단기 파일럿 사업 제안

연구방향 설계

현황과 문제의식

- ✓ 배출원의 동일성과 단편적 정책의 한계
- ✓ 충남 지역의 특수성에 따른 정책적 한계
- ✓ 부문간 데이터 품질 및 통계의 불일치문제

기존정책의 한계

- ✓ 단일 물질·부문 중심의 정책적 충돌
- ✓ 부문별 상이한 법정 계획
- ✓ 관리권한 문제로 낮은 지자체 정책 실효성

연구의 방향과 목적

- ✓ ACE 정책의 통합 및 협업 거버넌스 구축
- ✓ 데이터 기반의 정책 실행
- ✓ 지속 가능한 지역 성장모델 제시

왜 ACE 인가?

동일한 배출원

- ✓ 대기(Air), 기후(Climate), 에너지(Energy)
: 화석연료 등 동일한 배출원으로 강하게 연결



통합정책의 시너지 효과

대기환경 정책

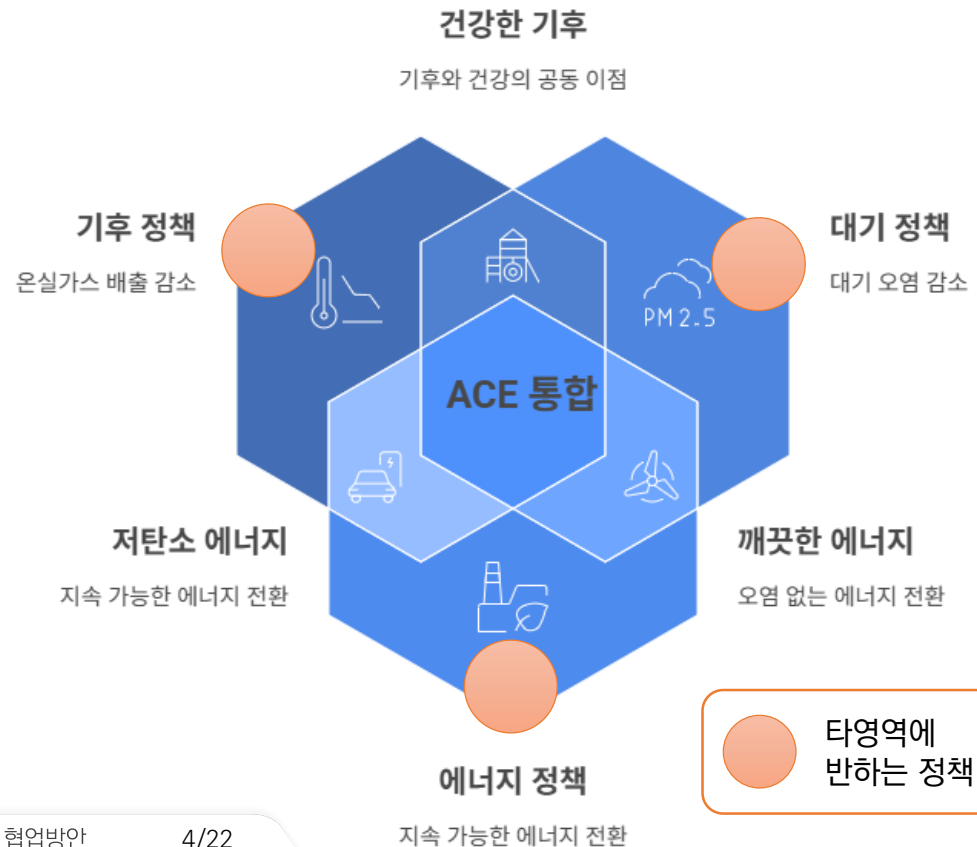
- 대기환경개선 종합계획
- 미세먼지 계절관리제
- 저공해차 보급사업

기후변화 정책

- 탄소중립/녹색성장 기본계획
- 탄소배출권거래제
- 기후위기 적응대책

에너지 정책

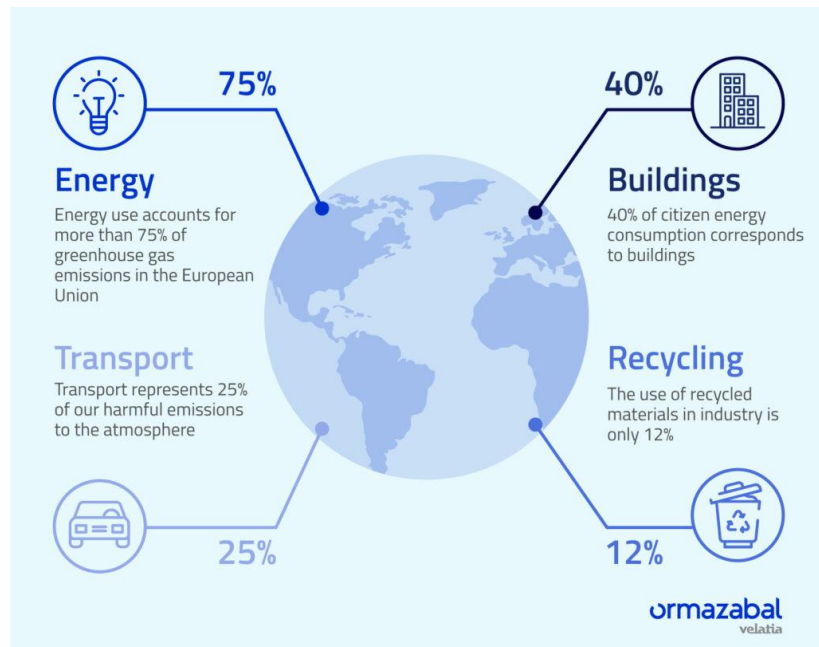
- 에너지 전환정책
- 전력수급 기본계획
- 에너지효율 혁신정책



국내외 동향

국제사회의 ACE 연계

- ✓ 개별적 접근 → 통합적 해결 모색 : 정책 효율성 극대화하고 시너지를 창출하는 핵심전략으로 부상
- ✓ EU 그린딜 : 기후법, 2050탄소중립 법제화
Fit for 55(재생에너지 확대, 에너지 효율 강화, 탄소거래제 개편 등)
그린딜 기반 투자 매커니즘 프로그램 운영
- ✓ 미, 캘리포니아주 : 청정대기법 차량 배출가스 규제 강화,
ACC II 규정으로 ZEV 보급, 건강 및 경제적 효과



클린에어법 기반

클린에어법에 근거하여 자체적인 배출 기준을 설정,
이를 통해 ACE 연계 정책 실행의 법적 토대 마련

ACC II 규정

2026년 신차의 35%를, 2035년 100%를 ZEV(제로배출차량) 판매하도록 규정,
기후 목표와 대기질 보호 동시 달성 전략수립

건강 및 경제적 효과

ACC II - ZEV 전환으로 소비자당 \$7,500 이상의 비용 절감과 연간 \$130억 이상의 건강 비용 절감 기대

EV 보급 현황 및 목표

ZEV 등록 대수는 약 177만 대(2023기준),
주 정부는 2030년까지 5백만 대 달성을 목표로 하고 있음

충전 인프라 확대 계획

15만 개 이상의 공공 충전소 설치완료,
25만 개 수준의 인프라 확대 목표설정

[출처] <https://www.ormazabal.com/en-gb/what-is-the-european-green-deal/>

ACC II: Advanced Clean Cars II 규정

국내외 동향

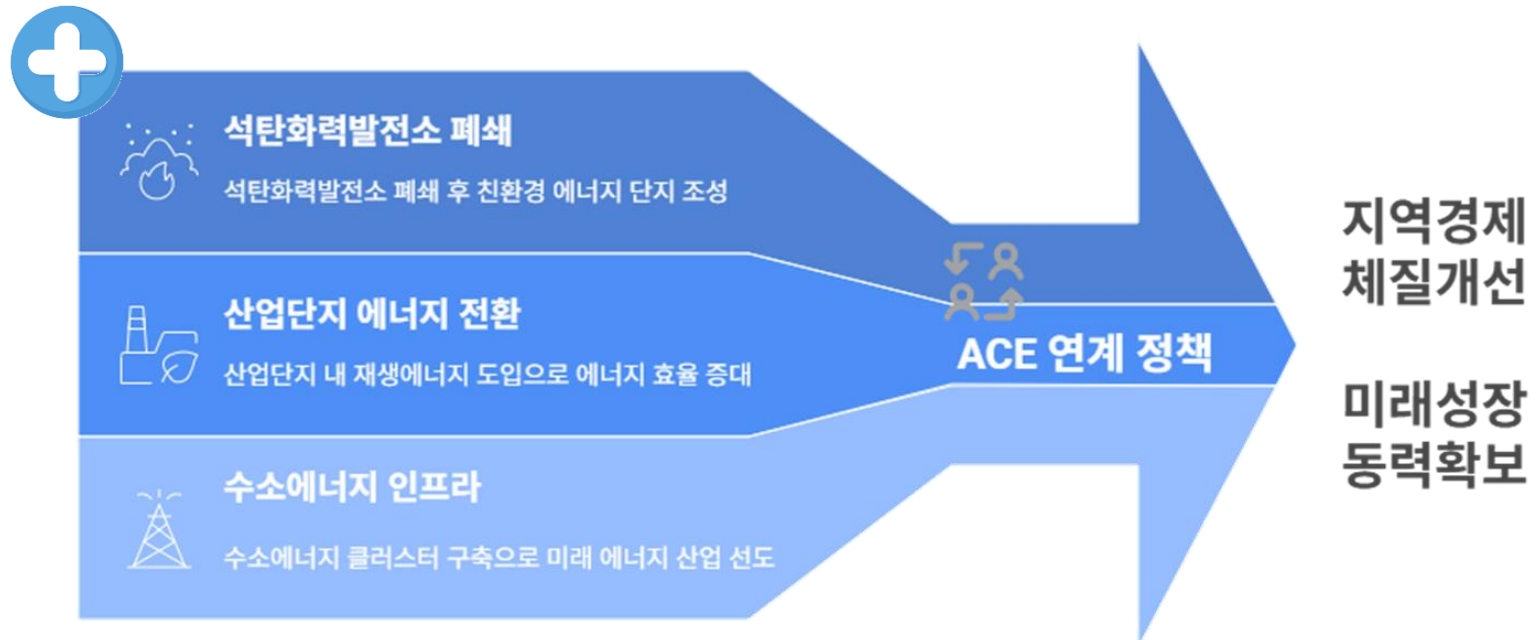
국가 ACE 연계노력 : 개별과 통합의 경계

- ❑ 탄소중립 시나리오와 연계된 대기환경 개선 노력 : 석탄화력발전소 감축, 재생에너지 확대
미세먼지 계절관리제의 다각적 접근 : 석탄발전 상한제약, 교통 및 수송 부문 관리
산업단지 내 에너지 전환 및 효율화 : 스마트그린 산업단지, 산업공정 효율화

국가-충남의 ACE 연계 정책 기회

- ❑ 화력발전소 밀집, 온실가스 + 대기오염물질 다배출 지역
국가 ACE 연계 전략을 구체화하여 역제안

도전과제인 동시에 혁신적인 전환의 출발점



충청남도 특성과 정책적 한계

A : 대기오염물질

- ✓ CAPSS 기준 전국 4위, TMS 전국 1위 배출, 산단지역 VOCs 문제
지자체 직접관리 가능한 배출 약 5% 수준에 불과

C : 온실가스

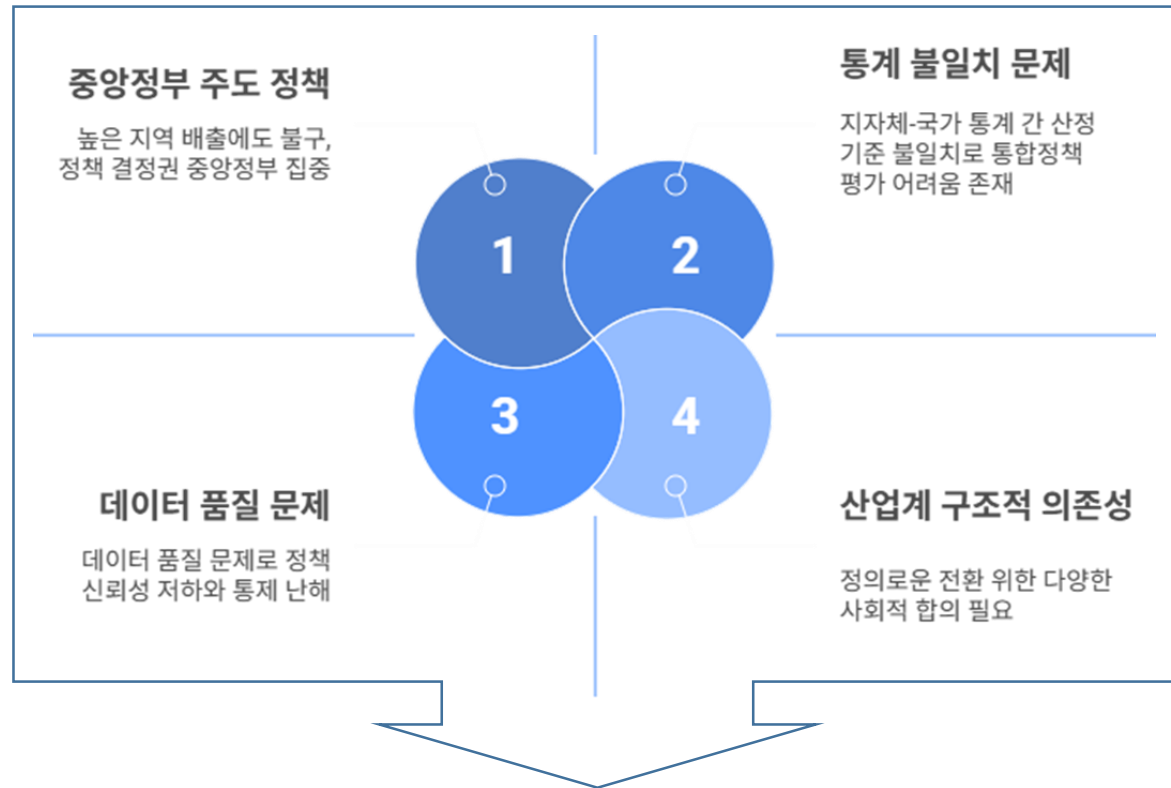
- ✓ 전국 배출량의 ¼ 육박 최다 배출지역
국가관리권한이 90% 이상

E : 에너지

- ✓ 1차 에너지 공급량 전국 1위
전국화력발전설비용량 약 50% 담당
지속적 탈석탄 추진에도 불구하고,
최종에너지 원별 소비량 20% 내외 유지

충남지역 정책 실효성 한계

- ✓ 낮은 지자체 배출 관리권한
복합적 배출형태로 광역 주도 정책통합 한계



중앙정부와 협력하는 현실적 거버넌스 설계 필요

ACE 연계를 통한 기대효과(Co-benefits)

환경, 경제, 사회적 측면의 다양항 공편익 실현가능

- ✓ 환경, 경제, 사회적 측면의 다양한 Co-benefits 발생 가능



다중 이익

온실가스, 미세먼지,
VOCs 동시감축



보건 개선

보건비용 절감과
작업장·주거환경 등
개선으로 도민 삶의 질
향상



에너지 전환

재생에너지·수소 등
신성장 산업과 일자리
창출



정책 효율성

예산 배분 중복 검토로
정책 효율성 제고



경제 경쟁력

지역 차원 산업 전환
통한 장기적 지역경제
경쟁력 강화

ACE 정책 실효성 확인을 위한 KPI 설정

- ✓ Co-benefits을 정량화 할 수 있는 KPI를 도출하고 관리하여 ACE 정책의 실효성을 확인하고 정책확대 모색

- ✓ 핵심성과지표(KPI, Key Performance Indicator)

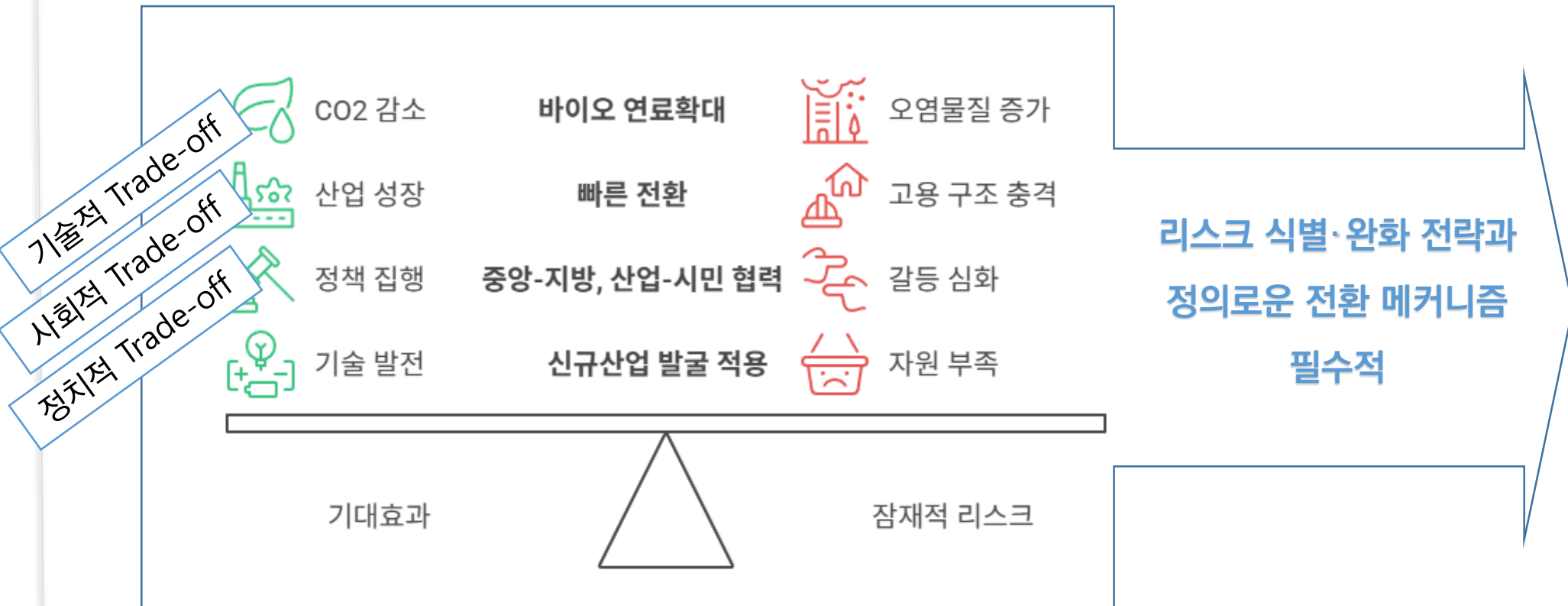
- 핵심 : 비전, 목표 달성에 결정적인 역할을 하는 중요한 요소
- 성과 : 실제로 달성된 결과와 성과 측정
- 지표 : 성과를 객관적으로 평가 가능한 구체적인 측정 가능한 수치나 기준

KPI 예 : 온실가스, PM2.5,
재생에너지비중, 전환일자리 등

ACE 연계시 발생 가능한 잠재적 리스크(Trade-offs)

통합정책은 잠재적 트레이드오프 동반

- ✓ ACE 통합정책의 잠재적 기대효과와 리스크(예시)



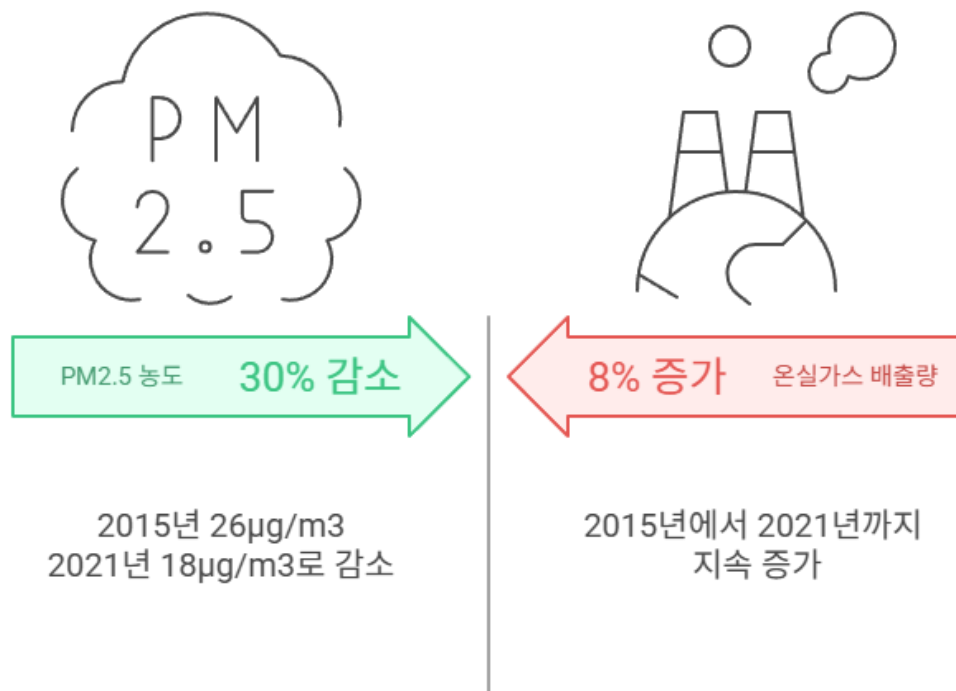
기존 정책의 단편성 문제

단일 물질·부문 중심 정책

✓ 상호 보완적 효과를 놓치거나 정책간 충돌 발생

✓ (사례) 수도권 도로부문 PM 저감정책
→ 풍선효과 발생, 통합평가 프레임워크 구축 시급

✓ (사례) 부처별 상이한 법정계획
→ 통합적 평가와 연계계획 수립 제약



미세먼지 저감기술(DPF)이 연료효율을 낮춰 온실가스 배출 증가



환경부
(5년 주기)
대기환경개선계획



산업부
(2년 주기)
전력수급기본계획

협업 거버넌스 설계

필요성

- ✓ (개별정책 접근) 중복투자, 정책의 충돌 위험 → (통합적 협업거버넌스) 효율성, 시너지 효과, 정책 수용성 확대 (ACE 연계형 거버넌스) 건강, 경제, 환경의 공편익 창출

설계 원칙

- ✓ 통합성(Integration) 기후·에너지·대기 부문 정책의 공동 목표 설정(예: 탄소중립 + 대기질 개선 + 에너지 안보) 부처 간 조정 메커니즘 및 데이터 공유 시스템 구축
- ✓ 투명성(Transparency) 정책 결정 과정과 성과를 공개 모니터링·평가 체계를 통해 신뢰 기반 확보
- ✓ 포용성(Inclusiveness) 중앙정부, 지방정부, 산업계, 시민사회, 전문가 등 이해관계자 참여 보장 취약계층·지역사회 의견을 반영한 정책 설계
- ✓ 책임성(Accountability) 명확한 역할·책임 분담(정책 수립-이행-점검-피드백) 성과 기반 인센티브 및 규제 조합 적용
- ✓ 적응성(Adaptability) 기후·에너지·대기 여건 변화에 따라 정책을 유연하게 조정 시범사업-평가-확산 단계별 추진 모델 적용

시민 사회

합의 촉진,
정책 감시



중앙 정부

법적 프레임워크,
제도적 지원 제공



산업 부문

기술 혁신,
투자 주도



지방 정부

정책 실행,
지역사회 참여 관리

정책 정합성, 경제 효율성, 공편익 창출, 사회적 수용성 강화

통합 인벤토리와 데이터 플랫폼

필요성

정책 정합성

일관된 규제 프레임워크

- 일관되지 않은 인벤토리 시스템
- 국가 및 지역 통계 불일치

효율적 예산 편성

최적화된 자원 배분

- 중복 투자 위험
- 감축 정책 효과 정량화

신뢰성 향상

대중 참여 증가

- 대기질 개선 우선순위
- 정책 신뢰성 및 참여 증가

데이터 통합

통합 데이터 플랫폼

- 데이터 기반 통합 시나리오 분석

종합적 평가

종합적인 영향 분석

- CO2와 NOx를 동시에 줄이기

글로벌기준 부합

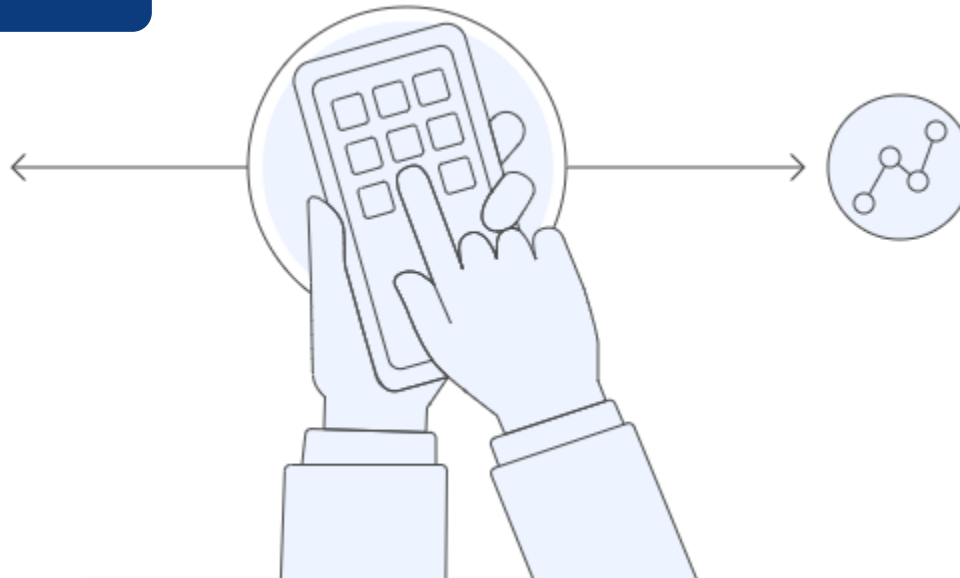
국제 기준 충족

- 강화된 투명성 체계(ETF)
- 국제 검증 가능성

추진 방향(안)

통합 인벤토리 구축

1. 온실가스, 대기오염물질
 동시 관리
2. 국제표준을 반영한 산정
 방법론 도입
3. QA/QC 절차를 통한
 데이터 신뢰성 확보



데이터 플랫폼 설계

1. 실시간 모니터링
2. 시나리오 분석 : 정책별
통합 효과 예측
3. 성과 추적 : 정책이행 결
과의 정량적 검증
4. 정보공유 : 지자체-중앙
간 투명한 데이터 교환을
위한 공유 프로토콜 마련

충청남도 ACE 추진 계획(안)

단기(3년 내외) 로드맵

- ✓ 통합 인벤토리 파일럿 사업 시행 : 당진-서산 등, 온실가스-대기오염물질 배출량의 정합성 있는 통계 구축
- ✓ VOCs 다배출 시설 자발적 감축 : 공정 개선 기술 지원, 인센티브 패키지 제공
- ✓ 노후 석탄화력 단계적 폐쇄 지속 : 폐쇄 과정 관리 통합거버넌스 구축 운영, 공정한 공편익 활용

중기(10년 내외) 전략

- ✓ 에너지 전환 : 지리적 강점(태양광 등) 활용 2030 재생에너지 발전비중 30% 확대
- ✓ 산업 전환 : RE100 산업단지 조성, 추진 중인 다양한 저탄소 고정 전환 추진
- ✓ 일자리 전환 : 산업전환에 따른 신규일자리(그린산업)으로의 재교육, 전직지원 프로그램 등 운영

장기(2045) 비전

- ✓ 에너지시스템 : 석탄화력 완전폐쇄, 재생에너지와 수소기반 탈탄소 전력 공급 시스템 완성
- ✓ 산업구조 : 지역산업을 고부가가치 그린산업으로 재편, 지속가능한 성장모델 구현
- ✓ 지역발전 : ACE KPI 지표 개선으로 정의로운 전환 원칙내에서 선도도시로 발돋움
KPI 지표 예시 : 탄소중립 초과 달성, PM2.5 50% 저감, 재생에너지 비중 80% 실현

우선 시행 가능한 파일럿 사업(안) : 1. 통합 인벤토리

사업개요

- ✓ 사업명 : 충남 산업단지 통합 ACE 인벤토리 구축 파일럿
- ✓ 사업 목적 : 온실가스(CO2)와 대기오염물질(PM2.5, VOCs, NOx)의 정합된 배출량 산정 체계를 마련
정책 효과를 과학적으로 평가
- ✓ 대상 지역 : 당진(제철) 및 서산(석유화학) 산업단지

추진계획

- ✓ 1년차 : 현장 모니터링 센서 설치, 사업장 배출 데이터 통합, 산정 방법론 표준화
- ✓ 2년차 : 데이터 품질(QA/QC) 검토 및 실시간 모니터링 시스템 구축

기대효과

- ✓ 배출량 통계의 신뢰성 향상 및 중앙정부와의 데이터 공유 기반 마련
- ✓ 정책 집행 전후의 감축 효과를 객관적으로 평가 가능

IMPLEMENTATION PLAN

1 Year 1

- Install on-site monitoring sensors
- Integrate emission data from companies

2 Year 2

- Perform QA/QC of the data
- Establish a real-time monitoring system



우선 시행 가능한 파일럿 사업(안) : 2. 산업단지 RE100 전환

사업개요

- ✓ 사업명 : 당진 산업단지 RE100 전환 모델 시범 사업
- ✓ 사업 목적 : 산업계의 재생에너지 직접 조달(PPA) 및 분산형 발전 시스템의 기술적·경제적 가능성을 검증
- ✓ 대상 지역 : 당진시 송산산업단지 등

추진계획

- ✓ 1년차 : 참여 기업 5개사 모집, PPA 계약 모델 설계 및 경제성 분석
- ✓ 2-3년차 : 태양광 발전 시설 설치 및 연계 시스템 구축, RE100 이행 성과 분석

기대효과

- ✓ 산업 전력의 탄소 배출 저감 및 기업 경쟁력 강화
- ✓ 지역 내 재생에너지 발전 사업 활성화 및 새로운 일자리 창출

IMPLEMENTATION PLAN

1 Year 1

- Recruit five participating companies
- Design a PPA contract model and analyze economic feasibility

2 Year 2-3

- Install solar power facilities and build an integration system
- Analyze RE100 performance achievements

TARGET AREA

Dangsin Songsan
Industrial Complex



우선 시행 가능한 파일럿 사업(안) : 3. 지역 수소 허브

사업개요

- ✓ 사업명 : 서산 석유화학단지 부생수소 활용 시범 사업
- ✓ 사업 목적 : 서산 지역의 부생수소를 활용하여 수소 생산-저장-운송-활용 밸류체인 구축
산업용 연료 전환의 기술적·경제적 가능성 검증
- ✓ 대상 지역 : 서산시 대산석유화학단지

추진계획

- ✓ 1년차 : 부생수소 공급원(대산석유산단)과 수요처(제철, 수송) 발굴 및 연계 인프라 설계
- ✓ 2-3년차 : 수소 저장 및 운송 인프라(파이프라인) 구축, 수소 충전소 시범 운영

기대효과

- ✓ 산업 공정의 저탄소 전환 및 수송 부문 탄소 배출 저감
- ✓ 지역 기반의 새로운 수소 산업 클러스터 육성 및 일자리 창출

TARGET AREA

Seosan
Daeon
Petrochemical
Complex



IMPLEMENTATION PLAN

1 Year 1

- Identify by-product hydrogen sources (e.g. Lotte Chemical, Hanwha Total) and demand sectors (e.g., steel, transportation)
- Design and plan connecting infrastructures

2 Year 2-3

- Build hydrogen storage and transportation infrastructures (e.g., pipelines)

모니터링 - KPI 제안

관리지표 제안



환경 지표

온실가스 배출량(톤 CO2eq), PM2.5 농도 (µg/m3) 및 총배출량, 총 VOC 배출량 등



에너지 지표

재생에너지 발전 비중 (%), 석탄 발전 비중(%) 등

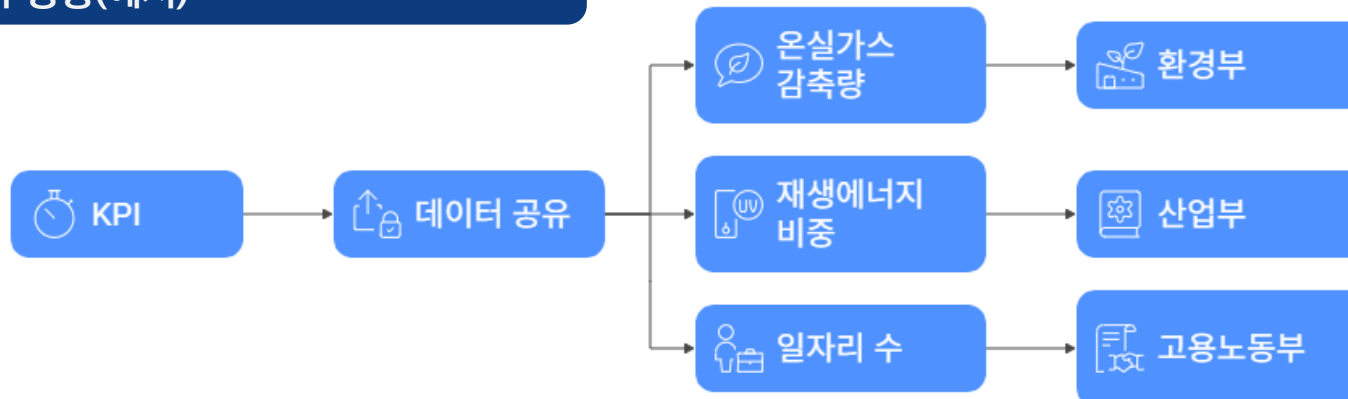


사회·경제 지표

에너지 전환 관련 일자 리 수, 정의로운 전환 프로그램 참여자 수 등

- 정기적 공개 : 정책 투명성과 신뢰성 확보
- 성과관리 : 성과연동형 자금배분 목표달성 유인제공
- 데이터 표준화 : 통합 인벤토리와 연계

지표관리 방향(예시)



재원 및 정의로운 전환 관련

재원 조달 및 재정 모델

- ✓ 중앙 보조금 : 초기 파일럿 사업 등 마중물 성격 자금 지원
- ✓ 지역 자원 : '충남형 정의로운 전환 기금' 설립을 통해 장기적 재정 안정성 확보
- ✓ 민간 투자 : 민간 투자 유치를 위한 위험 분담 메커니즘(예: 공공 보증, 수익 안정화 보장) 도입 민간참여 독려
- ✓ 그린 채권 : 지방채 발행과 연계, 환경투자에 특화된 그린채권 발행 방안 검토

재원 배분은
투명한 성과 평가와 연계

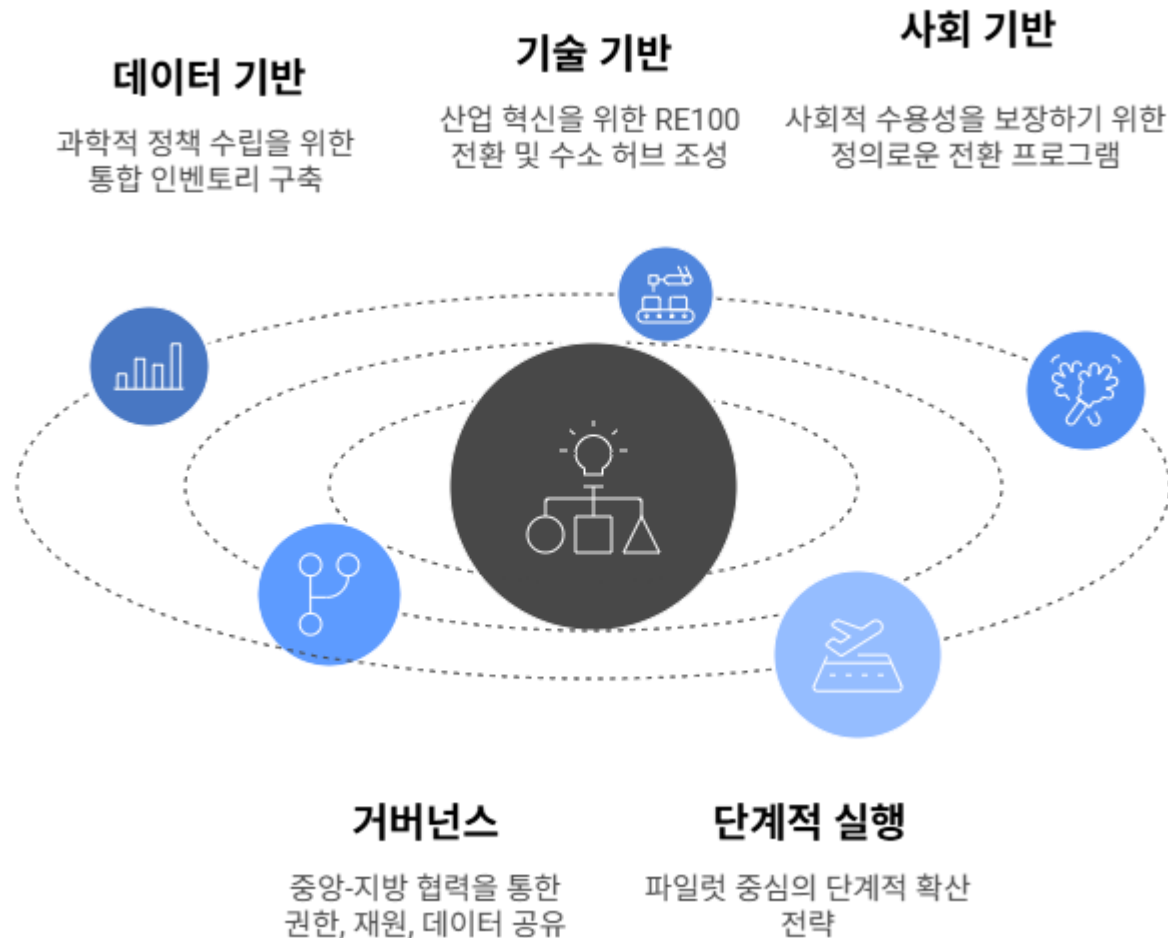
정의로운 전환을 위한 고려사항



단순히 보상을 넘어,
장기적 지역 성장 전략과 결합필요

충남 맞춤형 ACE 정책 패키지

지역특성(화력발전, 석유화학, 제철 등)을 고려한 맞춤형 정책 패키지 제안



핵심 우선 순위

1. 데이터 표준화 및 통합 플랫폼 구축
2. 파일럿 프로젝트 설계 및 실행
3. 중앙-지방 협업체계 구축
4. 성과기반 확산전략 수립
5. 정의로운 전환 프로그램 병행

결론 및 제언

결론

- ④ 통합 인벤토리 구축 : 정확한 데이터베이스를 구축하여 효과적인 정책 수립을 위한 기반 마련
- ④ VOCs 우선 감축 : 대기오염의 주요 원인인 휘발성유기화합물(VOCs)에 집중적인 감축 전략 실행
- ④ 산업단지 RE100 전환 : 재생에너지 100% 사용을 목표로 하는 시범 산업단지를 조성하여 친환경 에너지 전환의 모델 제시
- ④ 수소 허브 조성 : 충남의 산업 기반을 활용한 수소 생산 및 활용 허브를 구축하여 미래 에너지 산업의 중심지로 발전
- ④ 정의로운 전환 프로그램 : 산업 전환 과정에서 발생하는 사회적 충격을 완화하고 새로운 기회를 창출하는 종합적인 지원 체계 구축

추진단계 제안



결론 및 제언

관련 법 개정제언

- ④ **통합 계획 수립 의무화**
「대기환경보전법」, 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」, 「에너지법」 등 부문별 독립적인 계획 수립 규정 → 'ACE 통합 계획'으로 연계 수립 근거 신설
- ④ **지자체의 권한 및 역할 명확화**
환경통합관리 등 대규모 배출에 대한 국가관리 의미 집종을 지방분권에 맞춰 지방분담 재논의 필요
- ④ **데이터 공유 및 표준화**
지자체-중앙정부 간의 온실가스·대기오염물질 배출량 데이터의 상호 공유 및 표준화를 의무화하는 법적 근거 마련(「탄소중립·녹색성장 기본법」, 「대기환경보전법」 하위 법령 관련 조항 신설 검토)
- ④ **정의로운 전환 기금 설립**
「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」에 정의로운 전환을 위한 자원 마련의 근거가 있지만, 지역 특성을 반영한 기금 설립 및 운영에 대한 법적 근거를 더욱 구체화할 필요 있음

활용 가능 법/제도

- ④ **「탄소중립·녹색성장 기본법」**
'탄소중립 기본계획'에 ACE 연계 방향 반영 및 '정의로운 전환' 원칙 활용
- ④ **「대기환경보전법」**
총량관리제, 배출부과금, 계절관리제 등 기존 제도를 활용해 감축 유도
- ④ **「분산에너지 활성화 특별법」**
산업단지 RE100, 지역 수소 허브 등 분산에너지 사업 추진에 활용
- ④ **R&D 및 보조금**
정부 R&D 사업 및 보조금을 활용해 파일럿 사업의 기술 및 재정 기반 확보

지역 기후변화 대응을 위한 연구교류 세미나

충청남도 기후변화 대응을 위한 ACE 통합정책연구

(Research on ACE Integrated Policy for Climate Change Response in Chungcheongnamdo)

| 발제 2 |

해륙풍이 이차생성 대기오염물질 형성에 미치는 영향의 메커니즘 분석

최 원 식 (부경대 교수)

해륙풍이 이차생성 대기오염물질 형성에 미치는 영향의 메커니즘 분석

2025년 8월 27일 14:00
국립부경대학교 총무관 세미나실

최 원 식

국립부경대학교 지구환경시스템과학부

목 차

1. 고해상도 대기질 센서 네트워크와 오존플럭스 측정을 통한 오존 Budget 해석

- 배출환경에 따른 대기오염물질 농도 분포
- 해풍 기간 오존 농도 분포와 이류 속도 정량화
- Eddy Covariance Method를 이용한 오존 플럭스 측정과 건성침적속도 정량화
- 해륙풍 기간 지표 오존 Budget Equation 풀이를 통한 오존 생성률 추정

2. 해륙풍 순환이 $PM_{2.5}$ 형성에 미치는 영향

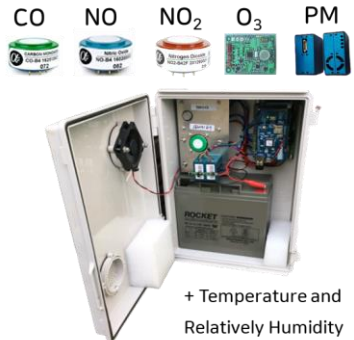
- 해륙풍 기간 판별 알고리즘
- 해륙풍 순환에 따른 초미세먼지 형성 매커니즘

01

고해상도 대기질 센서 네트워크와 오존플럭스 측정을 통한 오존 Budget 해석

- 배출환경에 따른 대기오염물질 농도 분포
- 해풍 기간 오존 농도 분포와 이류 속도 정량화
- Eddy Covariance Method를 이용한 오존 플럭스 측정과 건성침적속도 정량화
- 해륙풍 기간 지표 오존 Budget Equation 풀이를 통한 오존 생성률 추정

· 대기질 센서 네트워크 구성 및 설치 위치

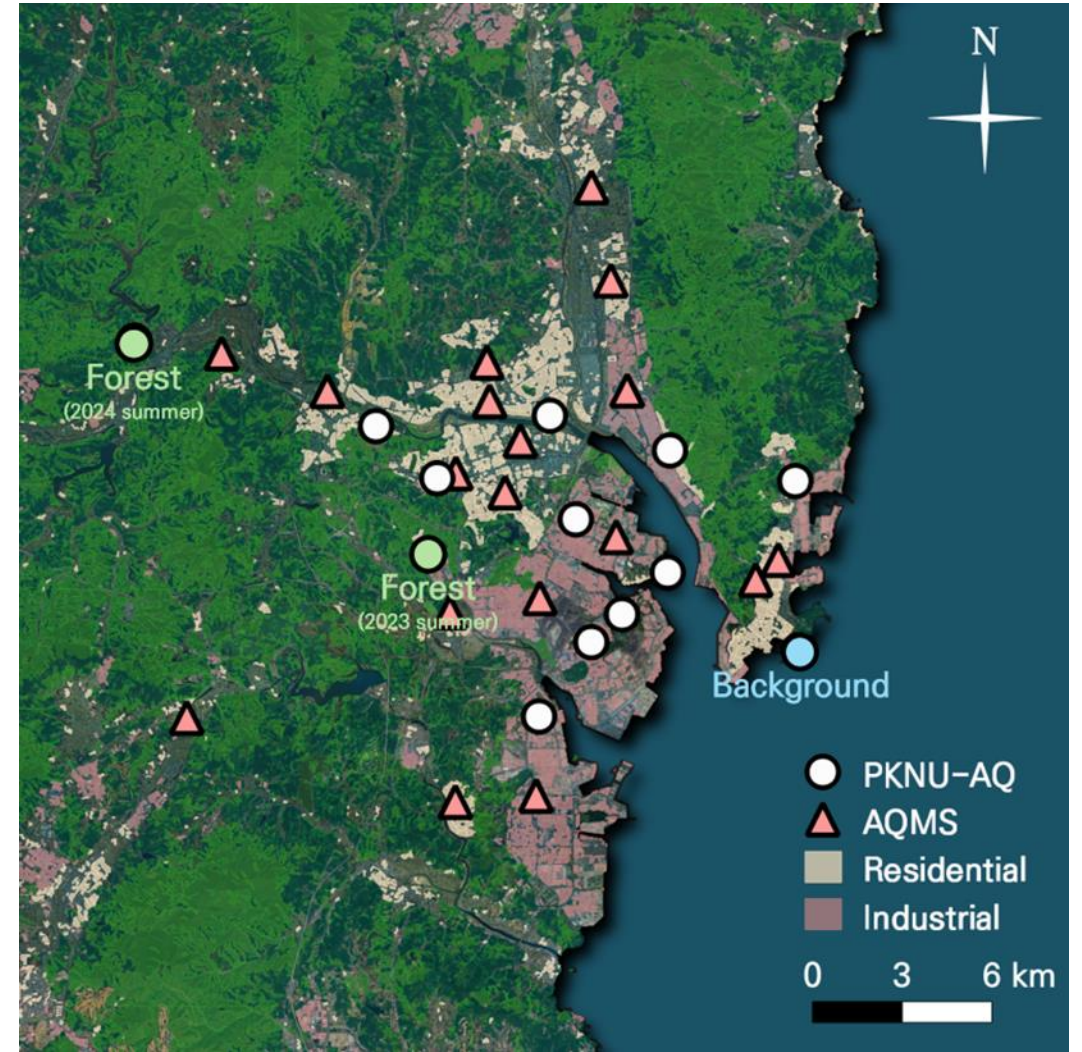


- PKNU-AQ sensor node (customized)
 - 측정항목: CO, NO, NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2.5}
 - 측정방법: Electrochemical (CO, NO, O₃), Metal oxide-based (NO₂), Light-scattering (PM)
 - 해상도: 10 seconds

- 울산 해안 산업단지 중심 대기질 센서 네트워크 구축
- 주변 배출환경에 따라 구분하여 설치 (공업, 주거, 산림, 배경)
- 도시대기측정소(AQMS)가 설치되지 않은 지점을 선정, 공간해상도 확보
- 여름과 겨울 각각 2주간 집중측정 수행

Campaign	Date	Temperature	Humidity
2023 summer	7 – 20 Aug. 2023	26.5 (±2.6) °C	79.6 (±11.0) %RH
2024 winter	19 Feb. – 7 Mar. 2024	5.4 (±3.9) °C	69.6 (±20.0) %RH
2024 summer	5 – 30 Aug. 2024	27.6 (±2.7) °C	75.7 (±11.6) %RH

[여름과 겨울 집중측정 기간과 기상 조건]



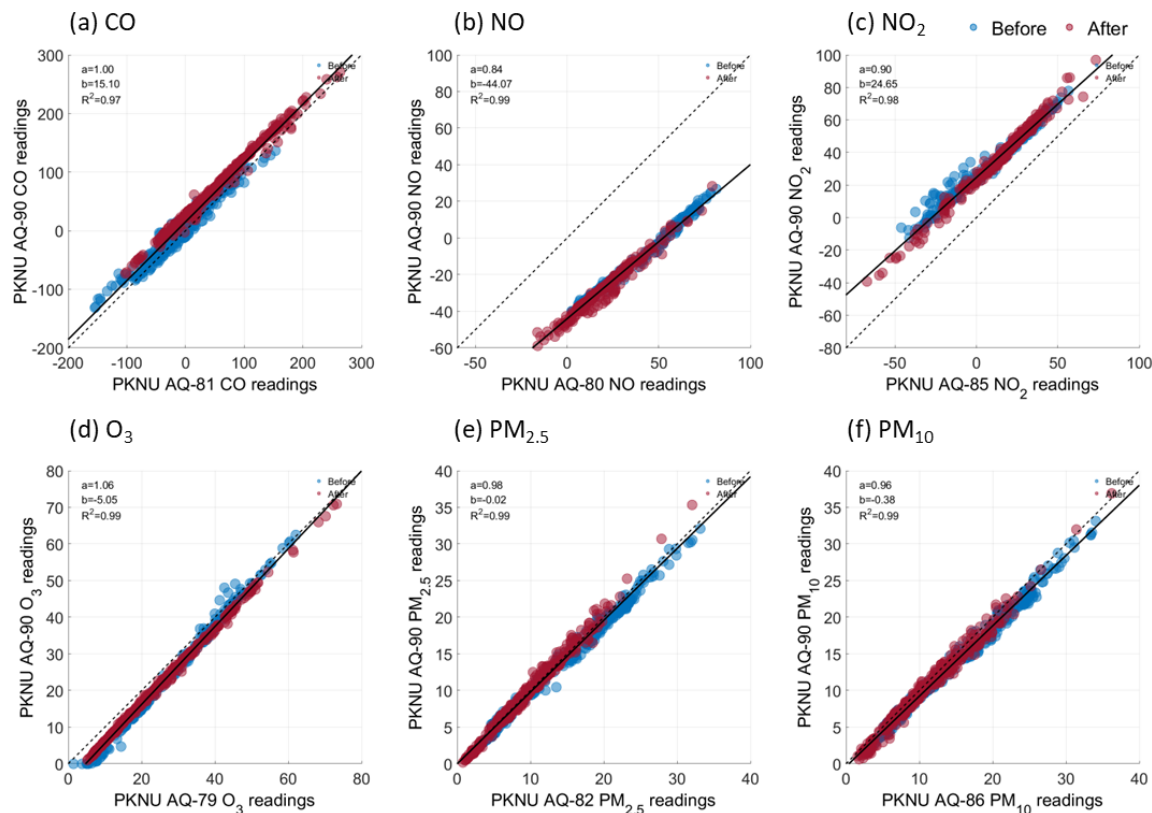
[대기질 센서 설치 위치]

대기질 센서 QC/QA: 2-step 보정

Park et al. (2020); Park et al. (2021)

· Step 1: 센서간 비교측정

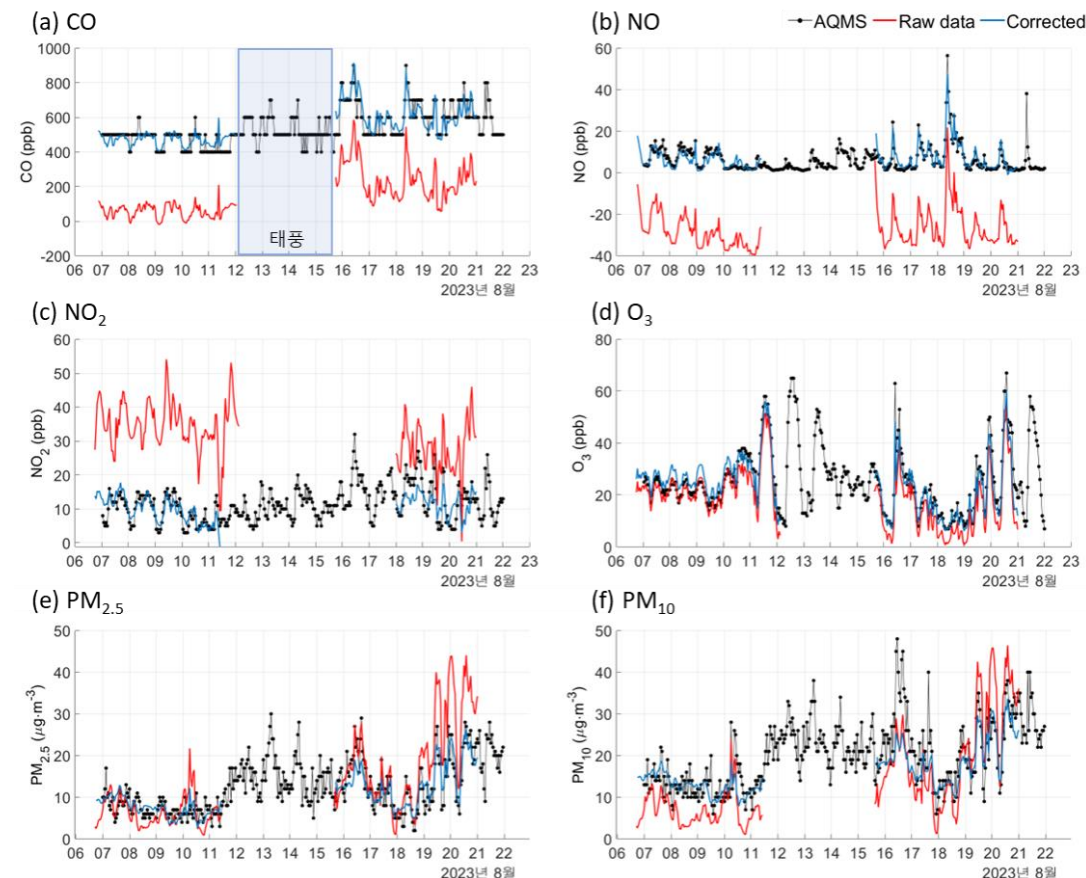
- 하나의 기준 센서를 선택하여 나머지 센서의 측정 농도를 기준 센서에 대응하도록 1차 보정계수를 결정 ($R^2 > 0.8$)



[1차 비교측정 결과 일부 예시]

· Step 2: AQMS와 비교측정

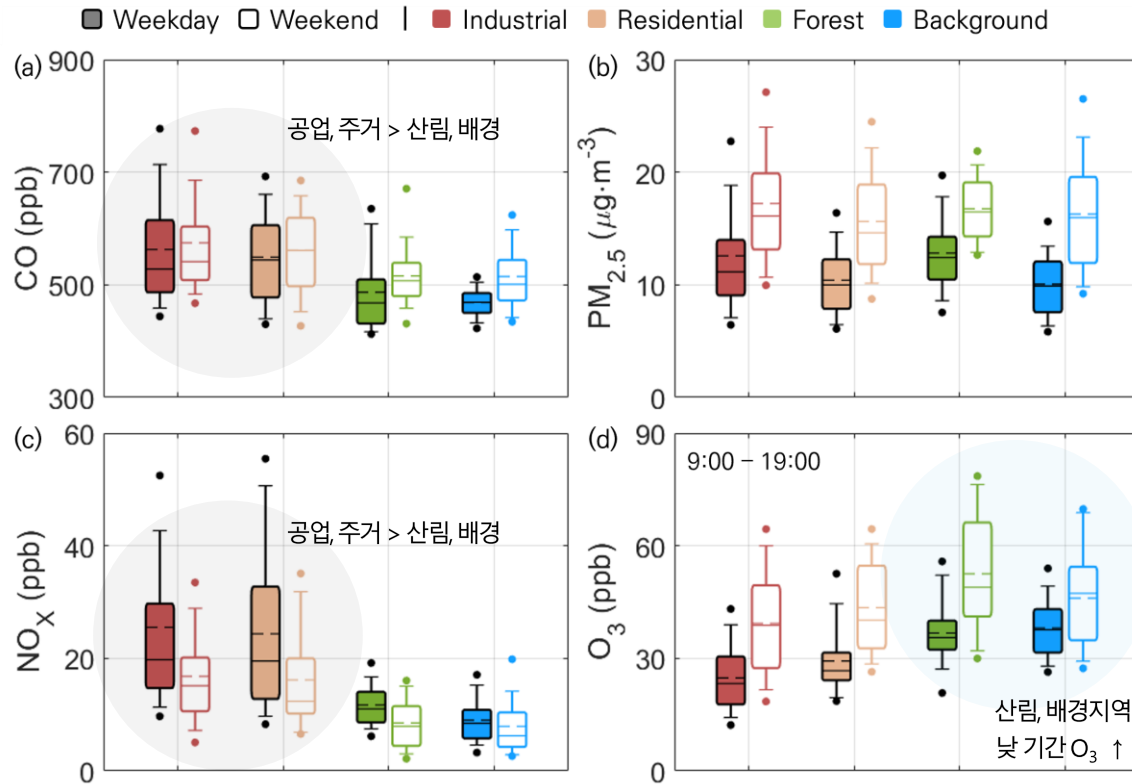
- 기준 센서를 국가 기준 측정기기(FRM/FEM instruments)의 측정값에 대응하도록 2차 보정계수를 결정



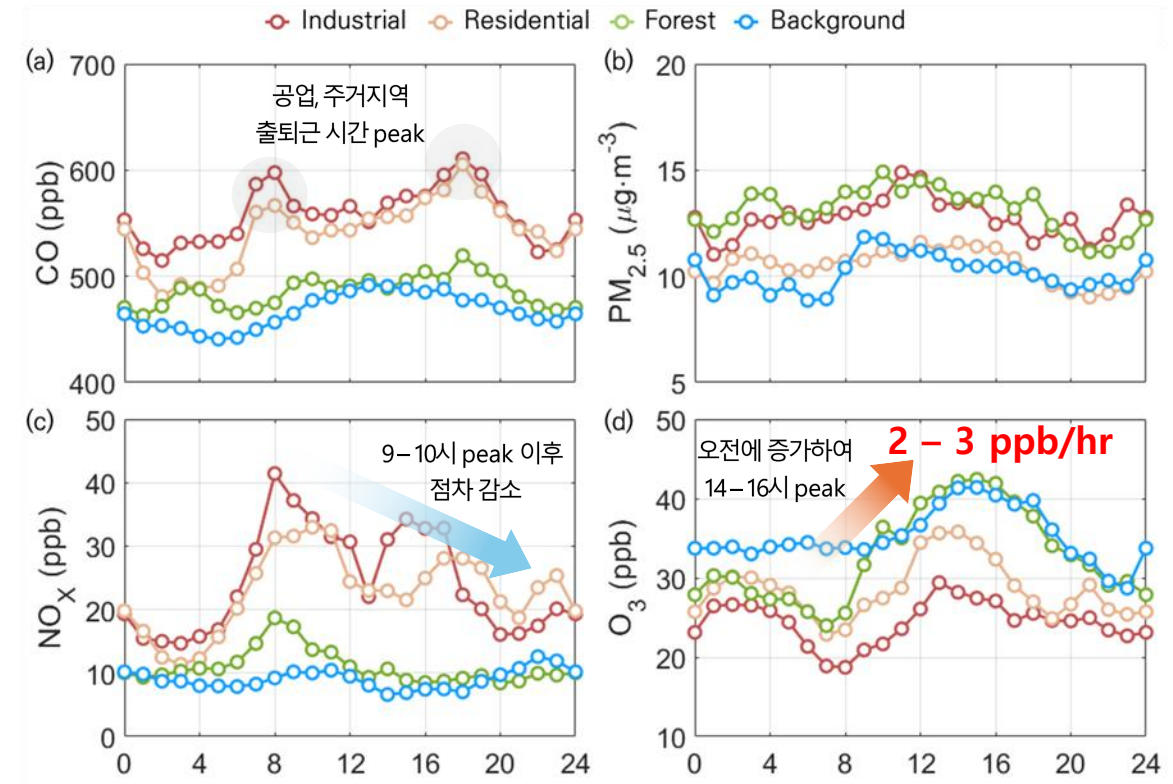
[2차 비교측정 결과 일부 예시]

주변 배출환경에 따른 농도 분포

- 오염물질 농도의 주중 일변동 분포와 주말과 주중 농도 분포 (2023년 8월 집중측정 결과)
 - CO, NO, NO₂ 농도는 공업과 주거지역에서 높았고, O₃ 농도는 산림과 배경지역에서 높음
 - NO_x 농도는 오전 peak 이후 서서히 감소, O₃ 농도는 오전에 서서히 증가하여 14-16시 peak
 - NO, NO₂ 농도와 낮 기간의 O₃ 농도 분포가 반대



[주중과 주말 오염물질 농도 분포 상자그림, 강수일 제외]



[주중 대기오염물질 일변동, 강수일 제외]

해풍 기간 오존 농도 분포와 이류 속도 정량화

$$ADV_{O_3} = -u \cdot \nabla[O_3]$$

[O_3 advection rate]

- 해풍 기간 O_3 농도 기울기
 - O_3 농도는 공업지역을 지나면서 감소, 산림지역부터 증가
 - 낮 기간 공업지역에서의 NO_x 배출은 NO_2 농도 증가, O_3 농도 감소에 기여
- 측정자료 기반 horizontal O_3 advection rate 산출
 - 공업지역에서 양의 O_3 advection rate (**1.39 – 8.20 ppb·hr⁻¹**) → 내륙으로의 O_3 수송
 - 산림지역에서는 음의 advection (**-0.75 – -6.53 ppb·hr⁻¹**)
 - 해안으로부터의 O_3 advection은 내륙에 위치한 주거지역의 O_3 농도 변동에 기여

[O_3 Budget Equation]

$$\frac{\partial[O_3]}{\partial t} = \underbrace{P(O_3)}_{\text{생성}} - \underbrace{L(O_3)}_{\text{화학적 제거}} - \underbrace{\nabla \cdot (u[O_3])}_{\text{이류}} - \underbrace{D_{dep}}_{\text{건성침적}}$$

Aug. 13 ($\overline{wd} = 86^\circ$)

slope ① (0 – 10 km): $-0.44 \text{ ppb} \cdot \text{km}^{-1}$

slope ② (6 – 30 km): $1.03 \text{ ppb} \cdot \text{km}^{-1}$

Aug. 14 ($\overline{wd} = 62^\circ$)

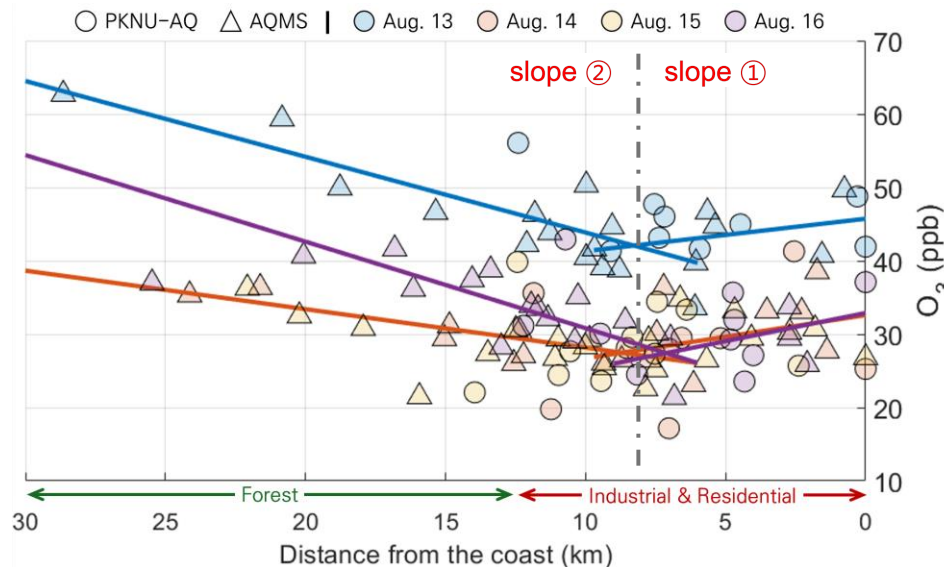
slope ① (0 – 10 km): $-0.59 \text{ ppb} \cdot \text{km}^{-1}$

slope ② (6 – 30 km): $1.52 \text{ ppb} \cdot \text{km}^{-1}$

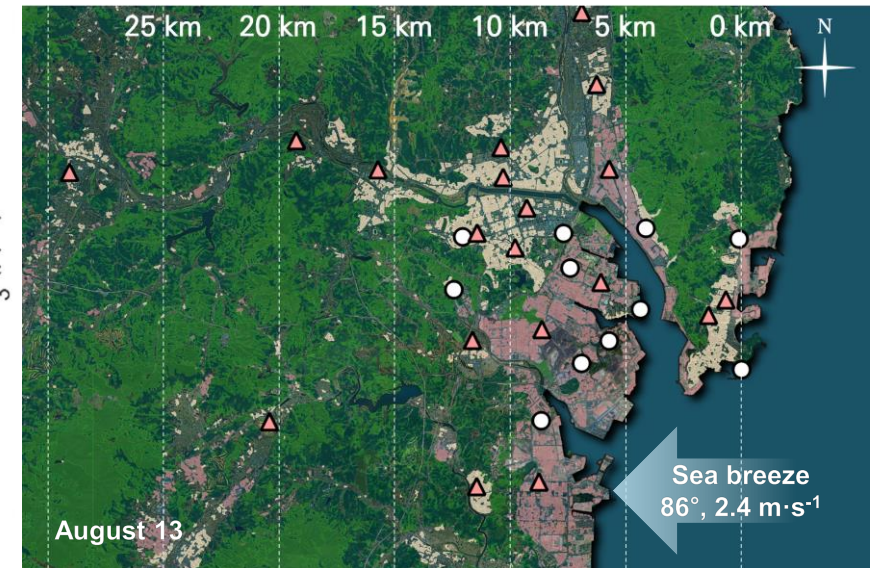
Aug. 16 ($\overline{wd} = 139^\circ$)

slope ① (0 – 9 km): $-0.76 \text{ ppb} \cdot \text{km}^{-1}$

slope ② (6 – 30 km): $1.18 \text{ ppb} \cdot \text{km}^{-1}$



[해풍 기간 O_3 농도 분포와 기울기]



[평균 풍향에 맞게 정렬한 측정소사이의 거리]

오존 건성침적 속도 정량화

연구결과

● 에디 공분산법

→ 레이놀즈 분해를 기반으로 특정 높이에서의 연직 플럭스를 직접 측정하는 방법

→ 두 물리량의 공분산을 계산하여 지표와 대기 사이의 플럭스(수송량)를 산출

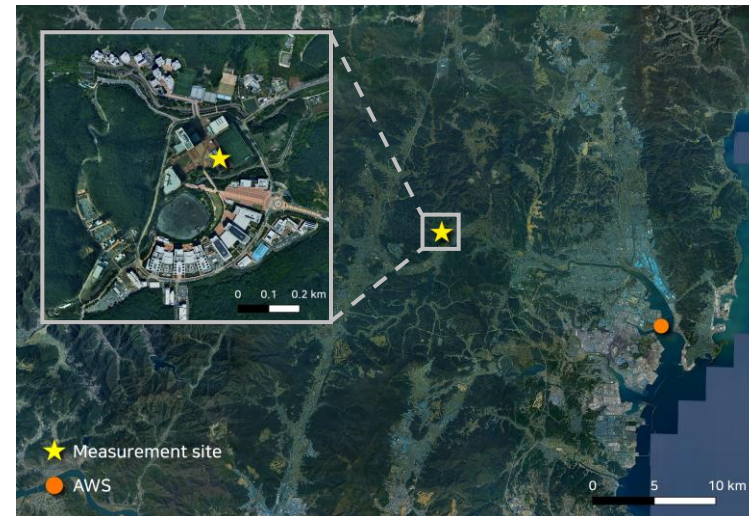
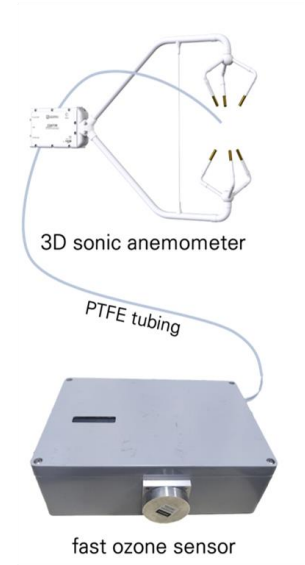
$$F_{O_3} = \overline{w'O_3'}$$

w' : 수직 바람의 fluctuation

O_3' : O_3 농도의 fluctuation

$$V_{d,O_3} = -\frac{\overline{w'O_3'}}{\overline{O_3}}$$

(where $O_3'(t) = O_3(t) - \overline{O_3}$)



[O_3 플럭스 측정 위치]

O₃ 플럭스 산출을 위한 전처리 과정

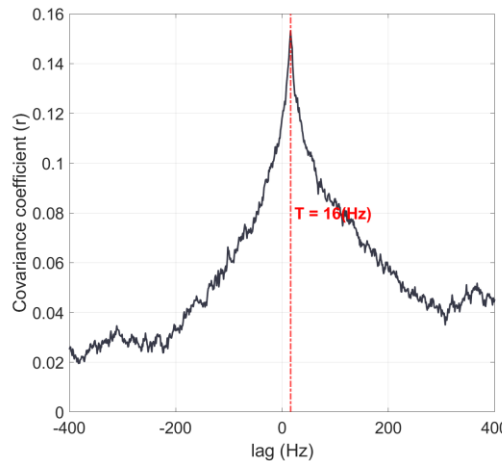
● QC 과정과 전처리 과정

→ 데이터 품질 확보를 위해 QC 과정

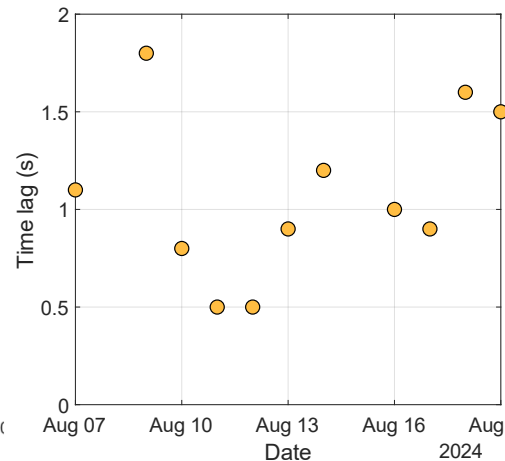
→ FOS(Fast Ozone Sensor)는 공기 시료가 inlet을 통과하여 (1) 기기에 유입되는 시간, (2) 화학발광을 위해 쿠마린 디스크에 머무르는 시간, (3) 기기에 기록되는 시간으로 인하여 3차원-초음파풍속계의 기록 시간과 차이가 발생 (Time-lag 보정)

→ FOS는 Voltage 단위로 측정하기 때문에 3시간마다 전통적인 오존 기기(자외선 흡광법)를 이용하여 ppb 단위로 농도 보정

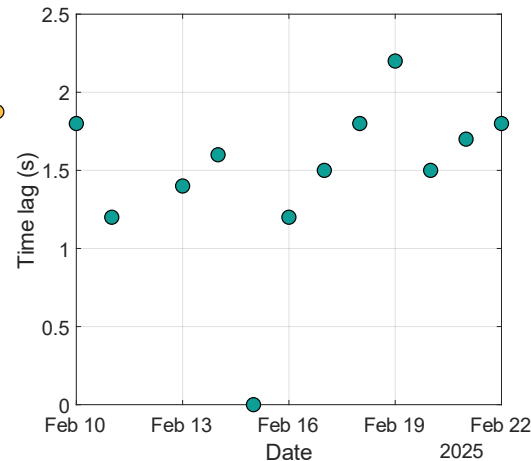
→ Despike → 축회전 (Double rotation) → Time-lag 보정 → 단위변환 → Detrend 과정을 통해 오존플럭스와 건성침적속도 산출



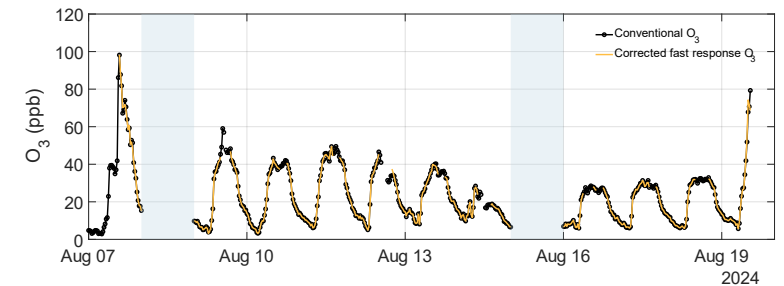
[2024-08-18 time lag 산출 결과]



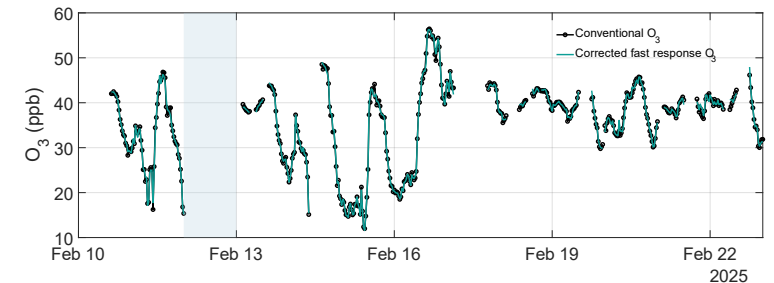
[여름 측정 time lag]



[겨울측정 time lag]



[여름 FOS 농도 보정]



[겨울 FOS 농도 보정]

울산 지역의 O₃ 농도, 플럭스, 건성침적속도 일 변동

· O₃ 농도

- 2024년 여름 정오에 광화학적 생성과 잔류층의 혼합으로 농도 봉우리(45.4 ppb)가 나타난 이후, 다시 16시에 농도봉우리(44.6 ppb)가 나타나는 쌍봉 형태
- 2025년 겨울 낮 동안 농도가 증가하고 수렴하는 전형적인 일 변동 패턴

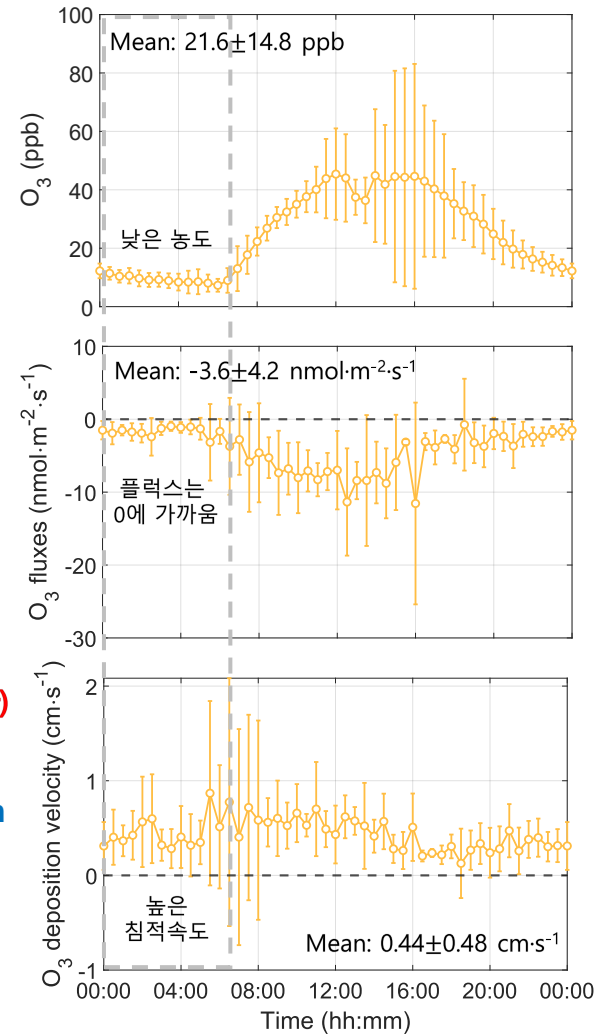
· O₃ 플럭스

- 낮 기간에는 주로 강한 지면 방향의 플럭스가 발생하고 야간에는 0에 수렴
- 2024년 여름 낮 기간(07:00 – 19:00): $-6.1 \pm 2.7 \text{ nmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
야간(20:00 – 06:00): $-1.9 \pm 0.7 \text{ nmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
- 2025년 겨울 낮 기간 (07:00 – 19:00): $-4.2 \pm 3.1 \text{ nmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
야간(20:00 – 06:00): $-1.2 \pm 0.8 \text{ nmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
- 출근 시간대에 O₃ 농도가 최저 수준임에도 지면방향의 플럭스가 증가하는 경향
→ 출근 시간 동안 배출된 NO에 의한 O₃ 제거 (화학적 과정에 의한 오존 플럭스 강화)

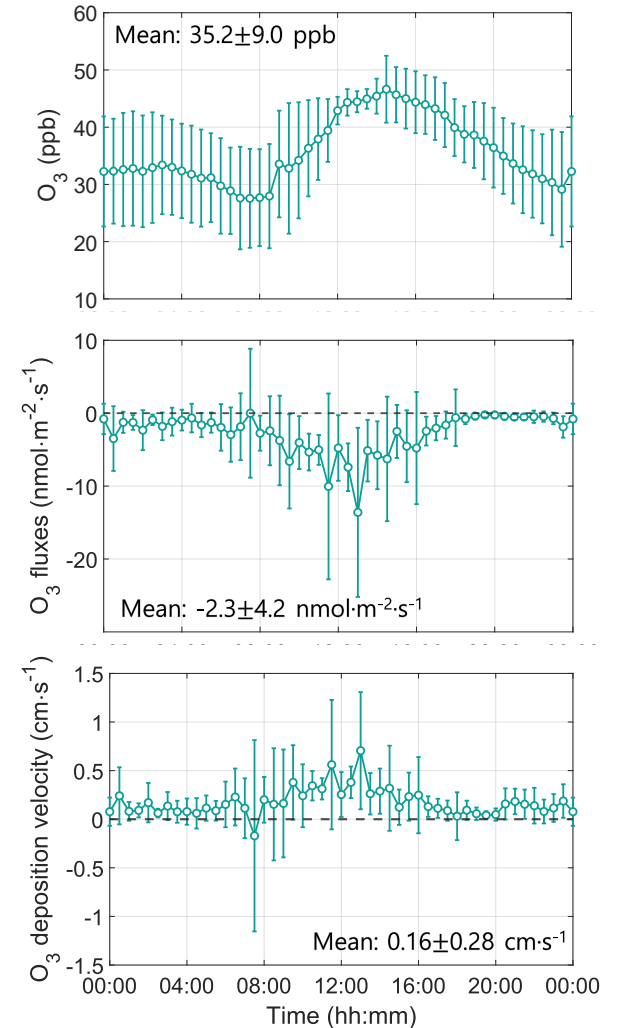
· O₃ 건성침적속도

with [O₃] = 40 ppb / BLD = 600 m

- 출근 시간을 제외하고 낮에는 증가하고 밤에는 수렴 -1.1 ppb/hr
- 2024년 여름 낮 기간: $0.45 \pm 0.17 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, 야간: $0.40 \pm 0.15 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$
- 2025년 겨울 낮 기간: $0.22 \pm 0.18 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, 야간: $0.12 \pm 0.05 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$
- 여름 야간임에도 높은 침적속도 → 낮은 농도와 약한 난류 때문



[여름 O₃ 농도, 플럭스, 침적속도 일 변동]



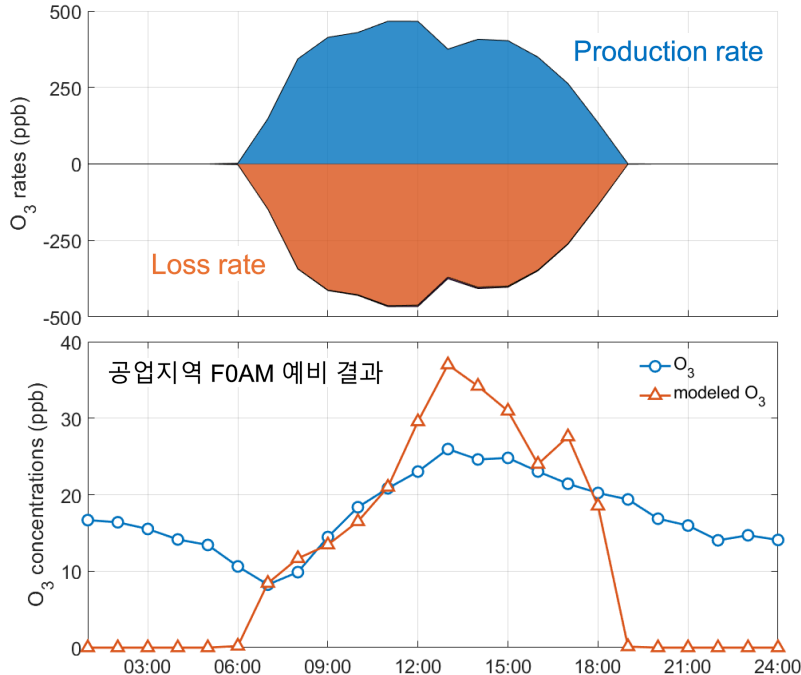
[겨울 O₃ 농도, 플럭스, 침적속도 일 변동]

Budget equation을 활용한 O₃ 생성률 추정

$$\frac{\partial [O_3]}{\partial t} = P(O_3) - L(O_3) - \nabla \cdot (u[O_3]) - D_{dep}$$

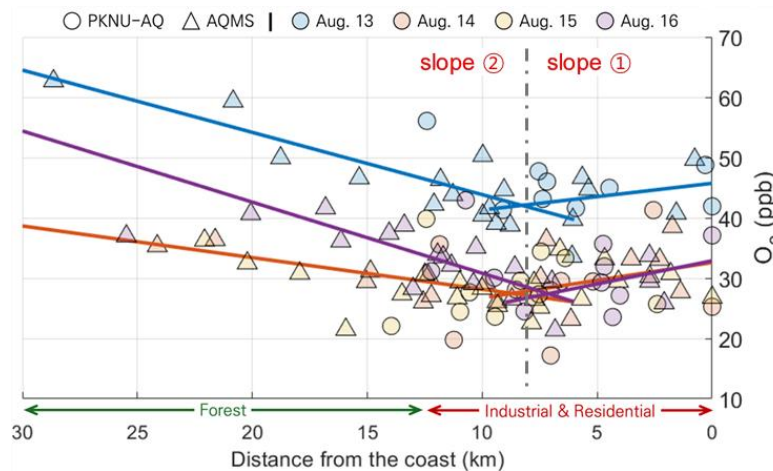
[지표면 O₃ 농도 budget equation]

L(O₃): O₃ loss by chemical reactions



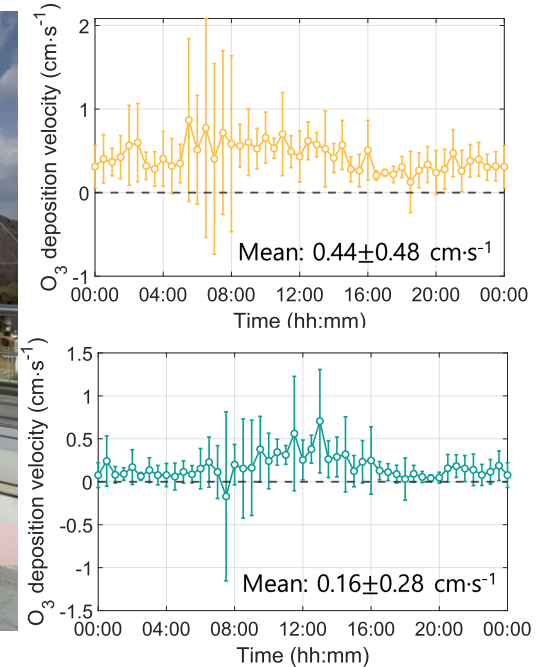
→ ☒ 측정 자료와 box 모델링으로 추정 (FOAM)

$\nabla \cdot (u[O_3])$: advection term



→ ☒ 측정 자료로 계산 (wind vector + O₃ gradient)

D_{dep}: dry deposition



→ ☒ 난류 측정 + 에디 공분산 방법 활용

● P(O₃)를 제외한 모든 항이 측정과 모델 기반으로 계산 가능

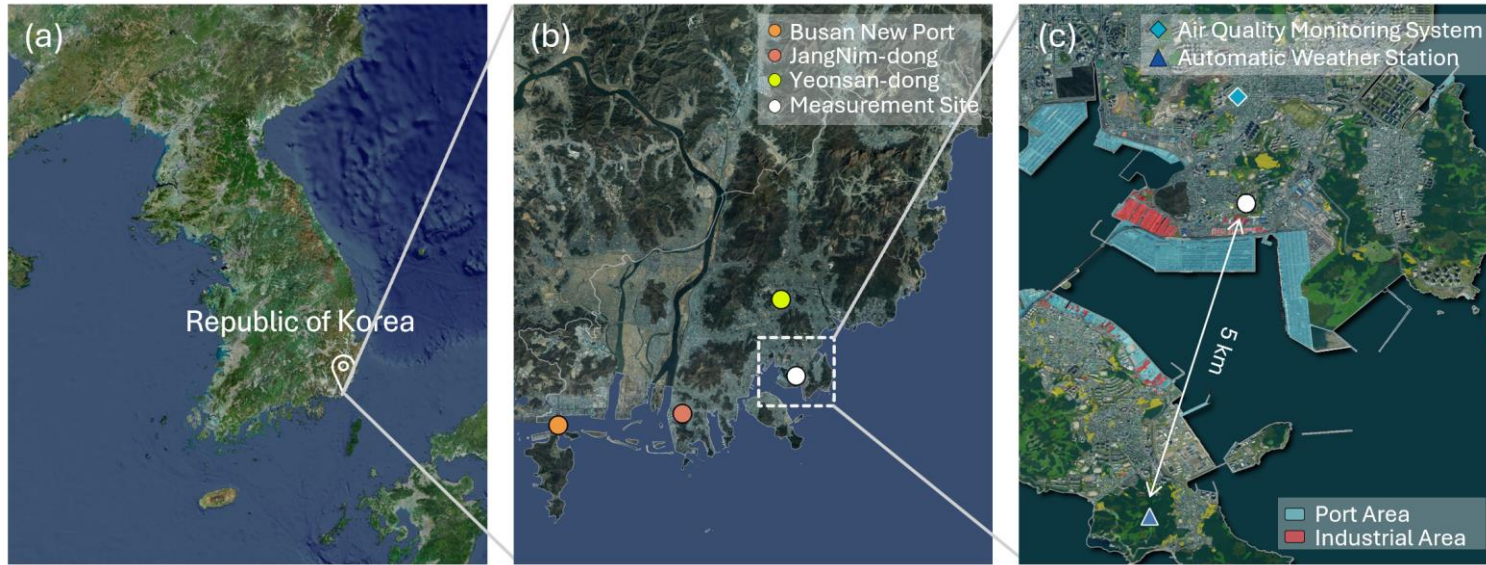
→ 잔차 계산으로 P(O₃) 간접적으로 추정 가능: 모델 결과와 비교

02

해륙풍 순환이 $PM_{2.5}$ 형성에 미치는 영향

- 해륙풍 기간 판별 알고리즘
- 해륙풍 순환에 따른 초미세먼지 형성 매커니즘

측정 지역과 측정 장비



Study Area: Busan, South Korea

- 서울을 제외하면 한국에서 인구 밀도가 가장 높은 도시
- 항만 및 선박 배출의 영향을 크게 받는 해안 도시
- 현재 부산은 $PM_{2.5}$ 화학 조성을 세 지점에서 측정 (그림 b)
- 기존 측정망에서 다루지 않는 공간에 초점을 맞추어 측정 지점 선정

Site Characteristics (Figure c)

- 서쪽: 중소규모 산업단지 밀집 (Type 4 and 5))
- 북쪽: 상업 지역
- 남쪽: 주요 항만 시설
→ 도로 교통, 산업, 항만 배출의 복합 영향

해안 기상은 내륙과는 다른 $PM_{2.5}$ 생성 메커니즘을 유발할 수 있음

Observations

- 5번의 집중 관측 수행 (표 참조)

Order	Season	Period	Number of Samples (Interval: 30 min)
1	Winter	2021.01.13 – 02.07 (25 days)	1,200
2	Spring	2021.05.24 – 07.01 (37 days)	1,872
3	Fall	2021.11.01 – 11.26 (26 days)	1,200
4	Winter	2022.02.14 – 03.17 (32 days)	1,437
5	Spring	2022.05.02 – 06.11 (41 days)	1,920

해륙풍 기간 판별 알고리즘

Land-Sea Breeze Periods

Filter 1: 강수나 전선 통과로 인한 풍향 변화를 배제하기 위해 강수 기준 적용. 재분석장은 공간 해상도가 낮고 불확실성을 내재하고 있으므로, 이러한 특성을 고려하여 선행 연구에서 제시한 해풍 형성을 억제하는 풍속 기준보다 큰 $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 을 기준으로 적용 (Crosman and Horel, 2010)

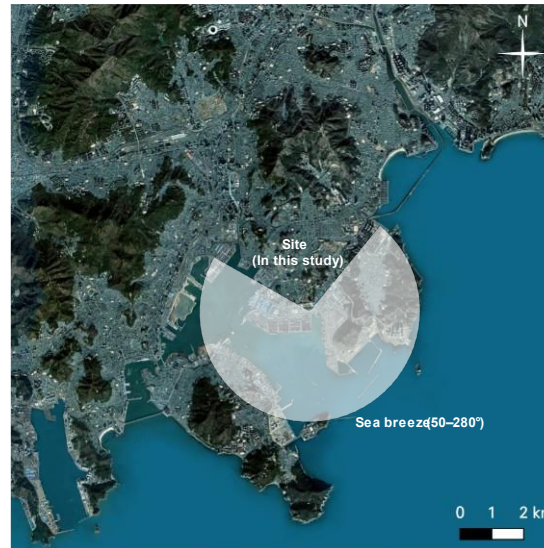
Filter 2: 일 최고 기온이 당시 해수면 온도보다 높아야 함

→ 해풍의 강제력을 대변하는 육지와 해상의 기온차를 고려, 해풍이 발달할 수 있는지를 판단

Filter 3 & 4:

야간에 규칙적인 풍향·풍속 패턴을 보일 때 북풍 ($280\text{--}50^\circ$) 우세 → 육풍으로 정의

그 외 방향은 해풍으로 간주. 해풍은 자정 이전에 종료되어야 하며, 위 조건을 모두 만족한 날을 해륙풍 발생일로 분류.



Input data: Wind direction (WD), Wind speed (WS),
ERA5 850 hPa wind speed (WS_{ERA5}),
Land and sea temperature (T_{land} , T_{sea}),
Precipitation, Local Sunrise & Sunset (LSR, LSS)

Filter 1: Daily precipitation $< 10 \text{ mm}$, $WS_{\text{ERA5}} < 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Filter 2: Maximum $T_{\text{land}} - T_{\text{sea}} > 0^\circ \text{C}$

Filter 3: Between LSR + 1 h and + 7 h 30 min

- ① $50^\circ \leq \text{WD} \leq 280^\circ$ for at least 4 hours
- ② $\text{abs}(\text{WD}_{h-1} - \text{WD}_h) > 30^\circ$
- ③ $\text{WD}_{h-1} = \text{land-breeze}$ or $\text{WS}_{h-1} < 1.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Filter 4: Between LSS - 1 h and + 5 h

$50^\circ > \text{WD}$ or $\text{WD} > 280^\circ$ or $\text{WS} < 1.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
for at least 2 hours

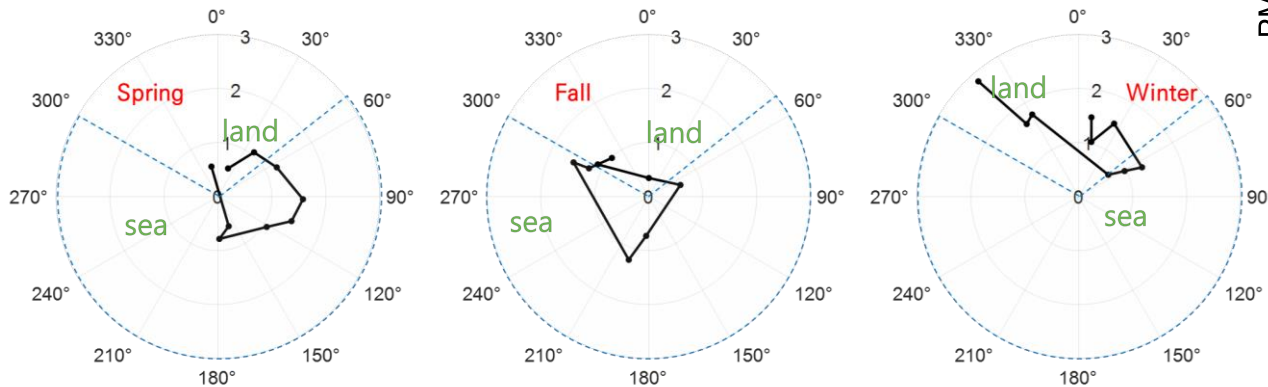
해륙풍 순환에 따른 PM_{2.5} 생성 매커니즘

Land-Sea Breeze Cases (n=10)

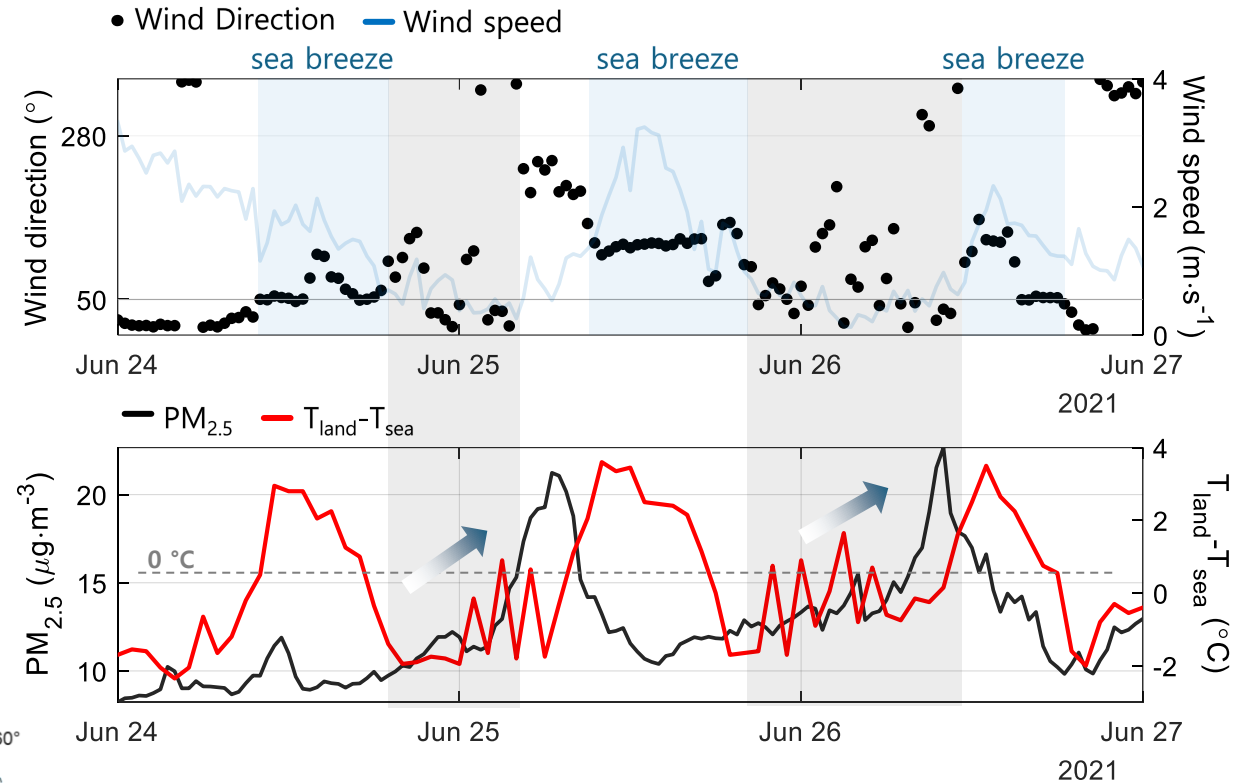
- 관측 기간 동안 총 10개 사례가 해륙풍 기간으로 분류

Campaign	Date
Winter (2021)	2021.01.19 ~ 01.21 / 01.27
Spring (2021)	2021.06.02 ~ 06.03 / 06.24 ~ 06.27
Fall	2021.11.03 / 11.15 ~ 11.16
Winter (2022)	2022.03.09 / 03.15 ~ 03.16
Spring (2022)	2022.05.11 / 05.30

[측정 기간]



[평균 바람 호도그래프]

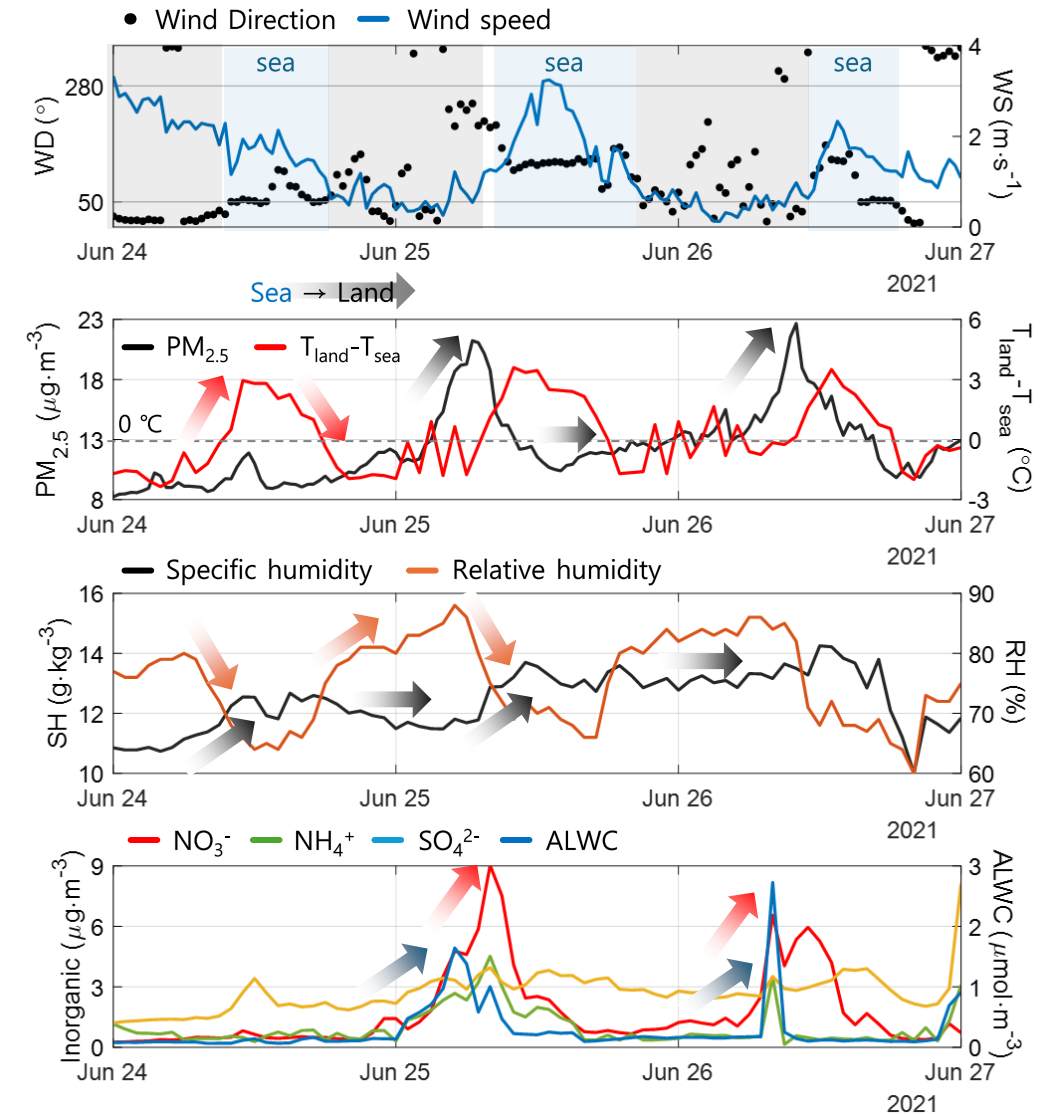


- ✓ 강한 해풍 시기에는 PM_{2.5} 농도가 감소하거나 안정적인 경향을 보였고, 반대로 약한 육풍 시기에는 PM_{2.5} 농도가 주로 증가하는 양상을 보임.

해륙풍 순환에 따른 $PM_{2.5}$ 생성 매커니즘

Case study (2021.06.24 – 06.27)

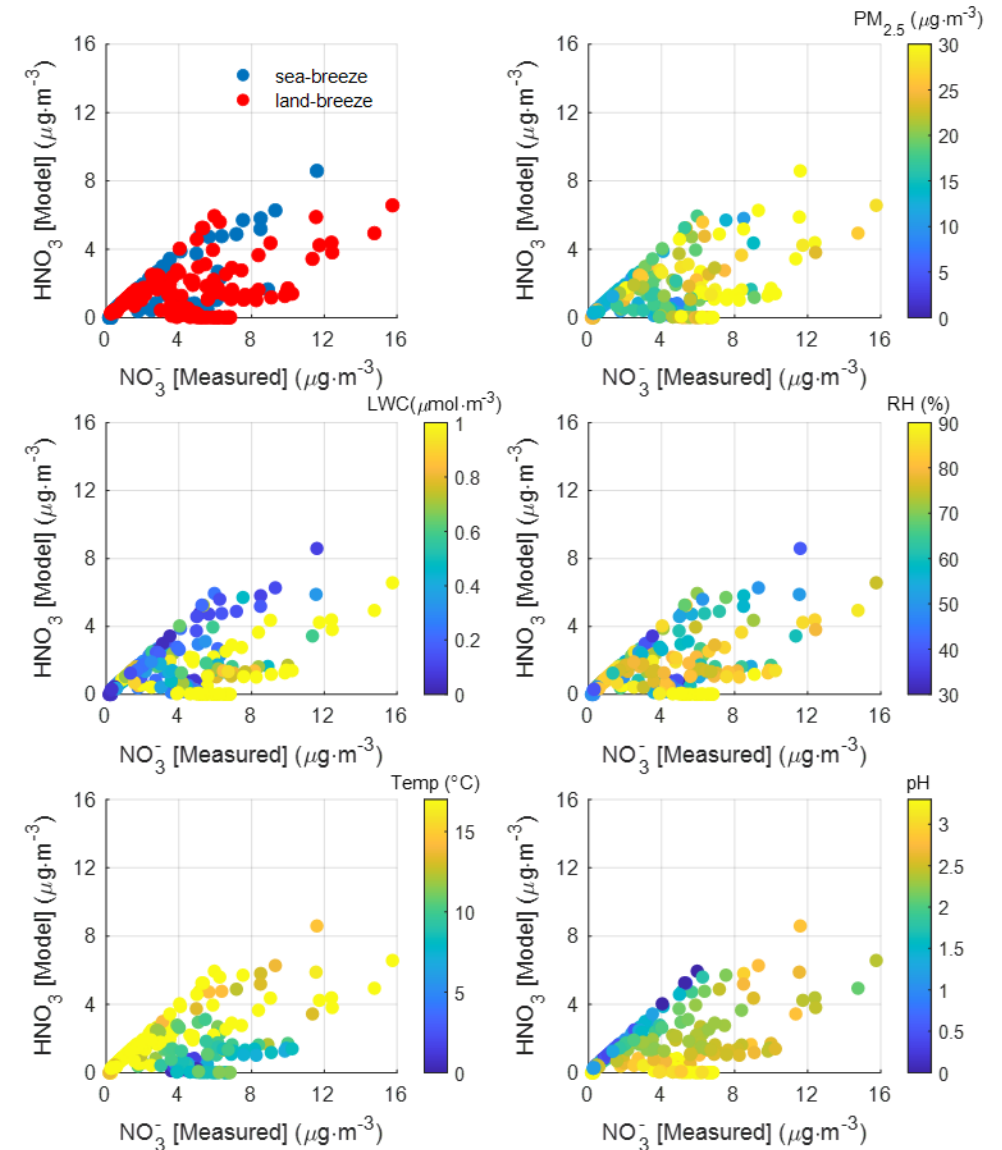
1. 해풍 전환 시 **상대습도** 감소는 기온 상승에 따른 포화 수증기압 증가 때문이며, 반대로 **비습** 증가는 해풍에 의해 유입된 수증기량 증가 때문임
2. 기온이 하강하고 육풍이 돌아오면서 **상대습도**는 다시 증가하였고, **비습**은 높은 상태를 유지함
3. 상대습도 상승 후 **ALWC**가 증가하고, 무기이온 농도가 뒤따라 상승하면서 **$PM_{2.5}$ 농도 증가**
4. 이러한 과정이 지속적인 해륙풍 조건에서 반복되면 **$PM_{2.5}$ 가 축적되어 농도가 점진적으로 증가함**



해륙풍 순환에 따른 $PM_{2.5}$ 생성 매커니즘

- ✓ 10건 중 8건에서 공통된 패턴이 관측됨
 - 제외된 2건은 육풍 시 풍속이 해풍 시보다 강하거나 비슷해서 패턴이 나타나지 않았음
- ✓ 육풍 시기에는 해풍 시기보다 질산염이 기체상보다 입자상으로 전환되는 경향이 뚜렷했으며, 이에 따라 $PM_{2.5}$ 농도가 증가함
- ✓ 이 기간의 기상 조건은 낮은 기온, 높은 ALWC, 상대습도, 에어로졸 pH로 특징지어짐
- ✓ 높은 pH, 낮은 기온, 높은 ALWC는 입자상 질산염 생성을 촉진함
- ✓ 따라서 해륙풍 순환에 따른 $PM_{2.5}$ 증가는 상대습도 및 비습 증가와 연관된 ALWC 강화와 밀접히 관련된 것으로 보임
- ✓ 질산염의 생성 경로(이종 반응 vs. 균질 반응)는 추가적인 연구가 필요함

ISORROPIA II 모델링 결과



03

LAB webpage: <https://icms.pknu.ac.kr/topchem>

LAB Members

PhD students



박용미 Yongmi Park

Research Keyword

- Aerosol Chemistry & Physics
- Road-induced turbulence
- Dense air quality monitoring

Thesis

Investigating spatiotemporal variability of air pollutants in urban areas based on a highly dense cost-effective sensor network and mobile monitoring

Email: ygm23@pukyong.ac.kr



한수빈 Subin Han

Research Keyword

- Aerosol Chemistry & Physics
- Air Pollution Meteorology & Statistics

Thesis

Typical patterns of spatiotemporal PM2.5 distributions and synoptic analysis for severe pollution periods over South Korea : based on observations from 402 air quality monitoring stations

Email: sbhan@pukyong.ac.kr

MS students



이준영 Junyeong Lee

Research Keyword

- Aerosol Chemistry & Physics
- Surface Ozone Trend Analysis
- Air quality Measurement

Email: sun06270@pukyong.ac.kr



류종원 Jong Won Ryu

Research Keyword

- Aerosol Chemistry & Physics
- Ozone Variability Analysis
- Mobile Measurement

Email: fb9824@pukyong.ac.kr



박유경 Yukyeong Park

Research Keyword

- Aerosol Chemistry & Physics
- Ozone Flux
- Ozone dry deposition

Email: why10220@pukyong.ac.kr



서성민

Research Keyword

- Aerosol Chemistry & Physics
- Nanoparticle

Email: men3387@pukyong.ac.kr

| 발제 3 |

전북자치도 산업 변화에 따른 산업단지 온실가스 저감 방안 연구

김 민 수 (캠틱종합기술원 책임연구원)



 캠틱종합기술원

법인개요

- 명 칭 (사)캠틱종합기술원 (CAMTIC)
- 설립근거 민법 제32조, 산업기술혁신촉진법 제19조
- 설립목적 지역전략산업 및 기업의 혁신/성장을 위한 시설, 공간, 장비 등 인프라를 기반으로 중소·벤처기업의 성장 지원 (기술로 기업과 함께 성장하는 연구소기업)
- 추진계획 ('25) R&BD, 제조창업 플랫폼(J-Valley) 구축, 시장기반 신기술·신산업 육성
- 예산규모 ('25) 417억 ※ R&D 43, 비R&D 175(지역산업/교육/일자리/창업/기업지원등), 엔지니어링(우주항공/드론등) 120 등
- 특화보유기술 및 사업영역



주요연혁 구축기 1999~2009

- 1999 ○ 12. 「산업기술기반조성사업에관한법률」의거 산업자원부 선정
- 2001 ○ 11. 비영리 사단법인 설립 ✓
- 2002 ○ 06. 전주첨단벤처단지 개소 및 입주, 단지운영
- 2003 ○ 10. 전주기계산업리서치센터(現, 한국탄소산업진흥원)유치 ✓
- 2003 ○ 10. (故)노무현 대통령 방문 「첨단기계산업 혁신전략보고회」
- 2004 ○ 12. 전북테크노파크(TP) 유치 ✓
- 2004 ○ 08. ISO 9001:2000/KSA 9001:2001 품질인증 획득(TIC 최초)
- 2005 ○ 06. 산자부, TIC 최종평가 전국 1위 차지
- 2009 ○ 09. 국방기술품질원, 전주국방벤처센터 유치
- 2009 ○ 11. 지식경제부, 「전국지역혁신센터(RIC)성공사례」 최우수기관 선정
- 2009 ○ 12. AS9100(우주항공분야 국제품질 경영시스템) 인증 획득



주요연혁

성장기 2010~2019

- 2011 ○ 06. 전주시, 전주첨단벤처단지 2단계 협약체결(5년간)
- 2012 ○ 07. 전북권 중소기업융합지원협력센터 지정
- 2013 ● 04. 고용노동부 직업능력개발훈련시설 지정
- 2014 ○ 08. 고용노동부, 「일학습병행제 듀얼공동훈련센터」 선정
- 2015 ● 02. 고용노동부, 「지역산업맞춤형 인력양성사업 공동훈련센터」 선정
- 08. 법인 명칭 변경 “(사)캠틱종합기술원” ✓
- 2016 ● 11. 한국웹스토주식회사 SI인증 및 업무제휴협약 체결
- 07. 전주시, 전주첨단벤처단지 민간위탁기관 선정
- 2017 ○ 09. Spin-off(주)팔복인더스트리 설립
- 04. ‘캠틱클러스터 비전 2030’ 선포
- 2018 ● 11. Smart Cutting (능동가공제어시스템) 사업화
- 05. 군산 고용위기지역종합지원센터수행기관약정체결(고용노동부군산지청, 군산시)
- 11. (사)대한드론축구협회 설립(산업통상자원부 산하) ✓
- 2019 ○ 05. 중소벤처기업진흥공단 “스마트공장 배움터” 유치
- 10. 고용노동부, 직업능력개발 우수훈련기관 선정(3년간)



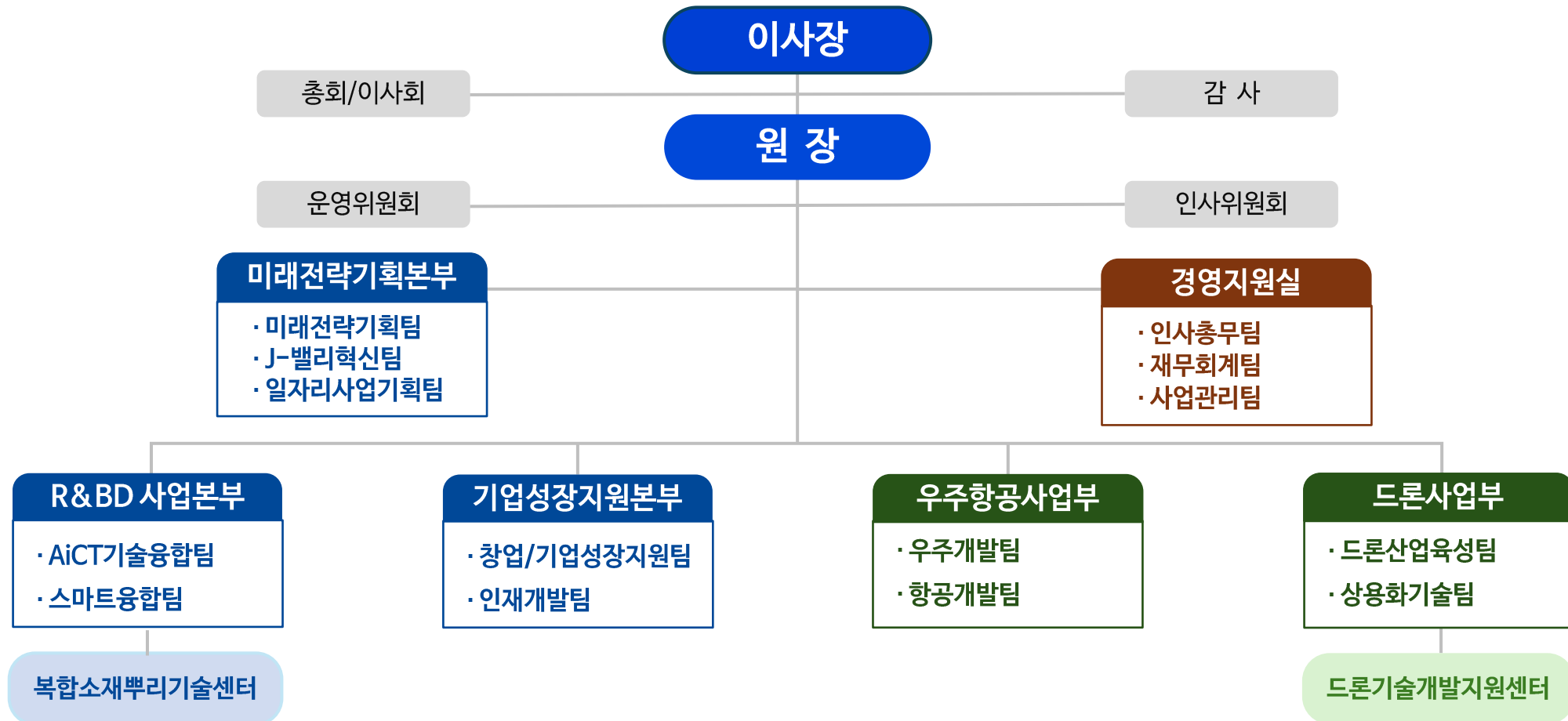
주요연혁 도약기 2020~현재

- 2020
 - 03. 전주첨단벤처단지 전북연구개발특구 지정
 - 08. 전주혁신창업허브(창업동) 준공 및 운영 개시
 - 12. 전주첨단벤처단지 지역주도 혁신성장 선도지역 사례 선정 (고용노동부, 국토연구원) ✓
- 2021
 - 08. 에티오피아 ODA(국제협력개발원조) 사업 선정 (산업통상자원부)
 - 10. 캠틱클러스터 개인투자조합 1호 결성
 - 11. Spin-off (주)애드아임 설립
- 2022
 - 03. 국토부지정 드론기술개발지원센터(DTC) 개소 ✓
 - 04. 중소벤처기업부 메이커스페이스 특화랩 '전주드론제작소 윙윙-스테이션' 선정
- 2023
 - 03. 중소벤처기업부 이영 장관 내방, 기업간담회 개최
 - 10. 전주시, 2023 전주국제드론산업박람회 개최
 - 11. 중소벤처기업부, 법인 창업기획자(엑셀러레이터) 등록 승인
- 2024
 - 01. 드론축구 CES 2024 출품 전시(미국, 라스베이가스)
 - 05. 2024 국제드론축구제전 개최 21개국 400여명 참여(인천 송도)
 - 10. 전주혁신창업허브 성장동 개관 ✓
 - 10. 전주시, 2024 전주국제드론산업박람회 개최

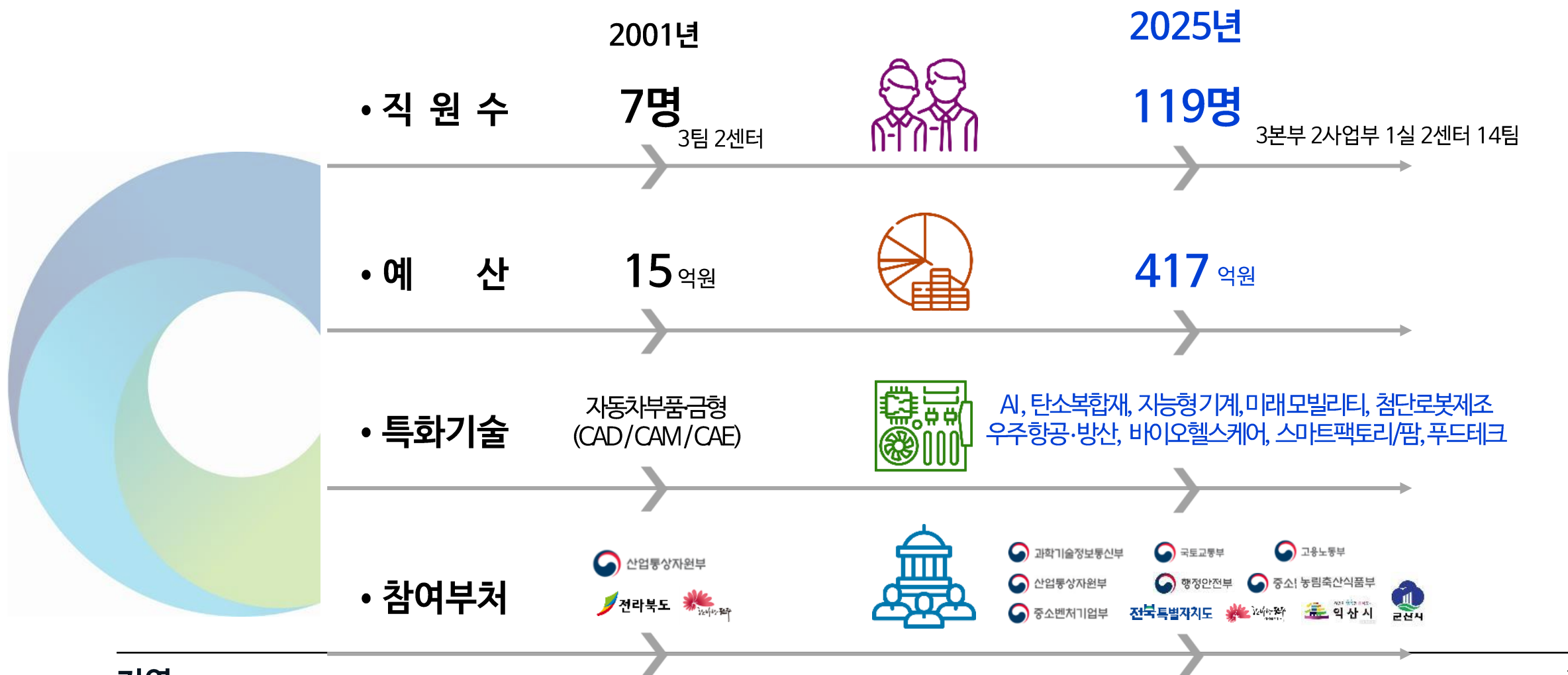


조직 및 인력

- 조직체계 3본부 2사업부 1실 2센터 14팀, 현원 **119명**



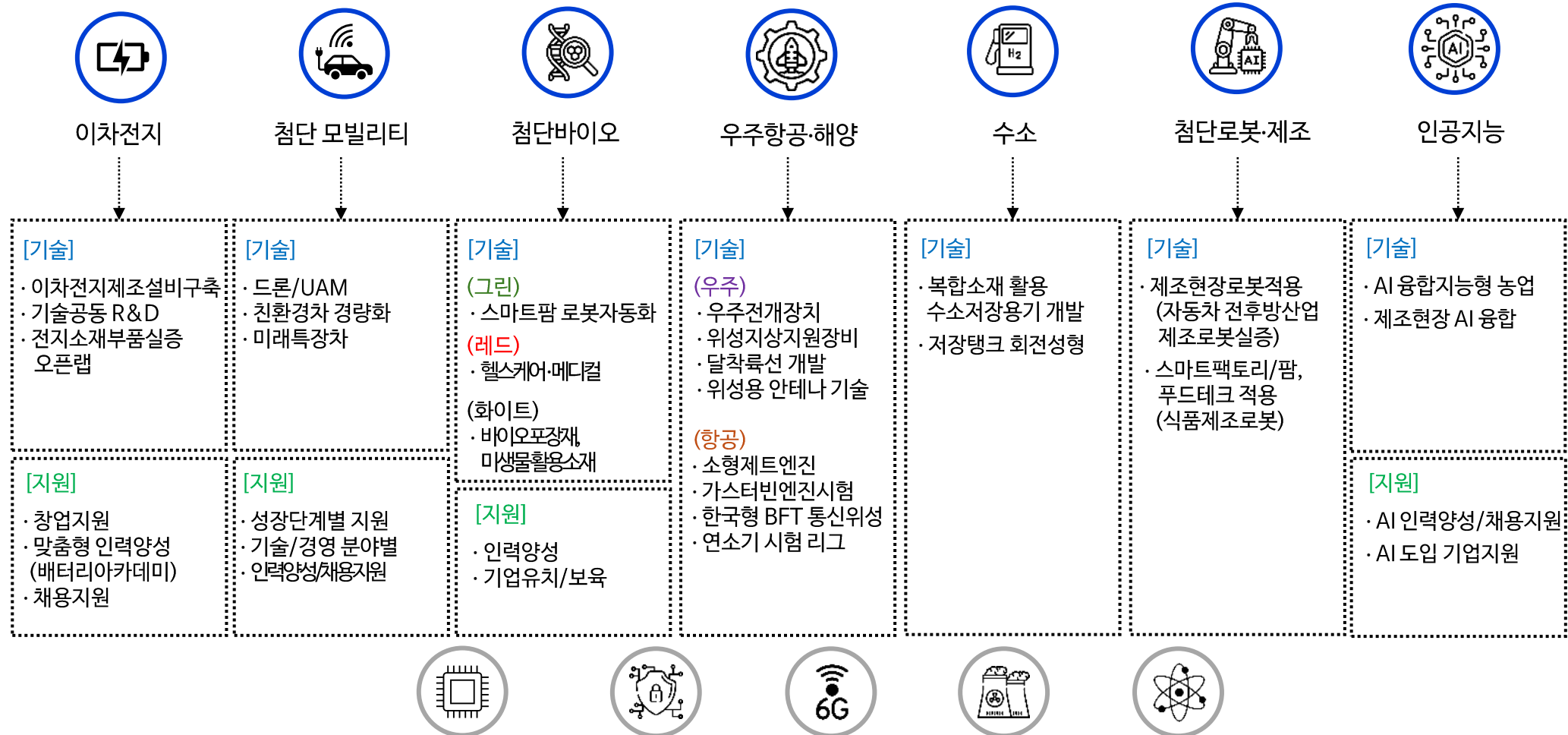
캠틱의 변화와 혁신



지역과 함께 성장하는 행복한 일터

12대 국가전략기술

국가전략기술 육성방안, 과학기술정보통신부 (2022.10.28.)



법인 주요사업



전략기획분야

Future Strategy Planning
Development

수요조사 / 분석

체계적 정책 연계성

현장 맞춤형 솔루션



R&BD 분야

Research & Business
Development

스마트팩토리 / 로봇

스마트헬스케어 / 스마트팜 / 푸드테크

탄소 복합재



기업성장지원 분야

Business Growth Support

지역산업(기업)육성

인재개발/인재양성

일자리·창업지원

국제개발협력(ODA)



사업부 분야

Business for
Commercialization

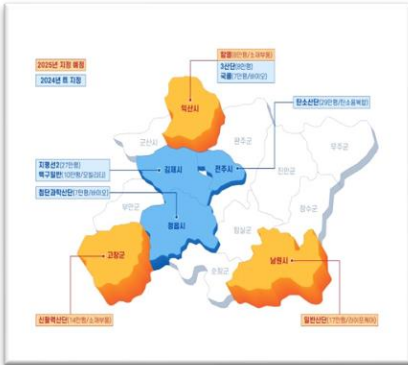
우주항공·방산

드론사업



지역 산업 발전 전략 수립 경험 풍부

- 지역특성을 고려한 조사·진단·분석·발전방향 연구수행 경험 보유 및 관련분야 R&D, 비R&D 전문 지식을 갖춘 인력 보유
 - 지자체별 특화산업 육성·발전계획 / 신규산업 정책기획 / 중앙정부 R&D·비R&D 사업유치 기획 등
- 정책자문 및 의견 수렴 등 다양한 이해관계자와의 협업 마인드 구축



지역 산업단지의 혁신과 특화 전략을 주도

- 산업단지의 활성화를 위한 정책연구와 특화단지 기획 과제를 수행하며, 산업입지 종합계획 수립과 기회발전특구 지정 추진 등 지역산업 구조 고도화
- 스마트산단 조성, 노후 산업단지 구조 고도화, 산단 기반 인프라 구축 등을 통해 미래산업 기반의 제조혁신과 기업지원을 선도



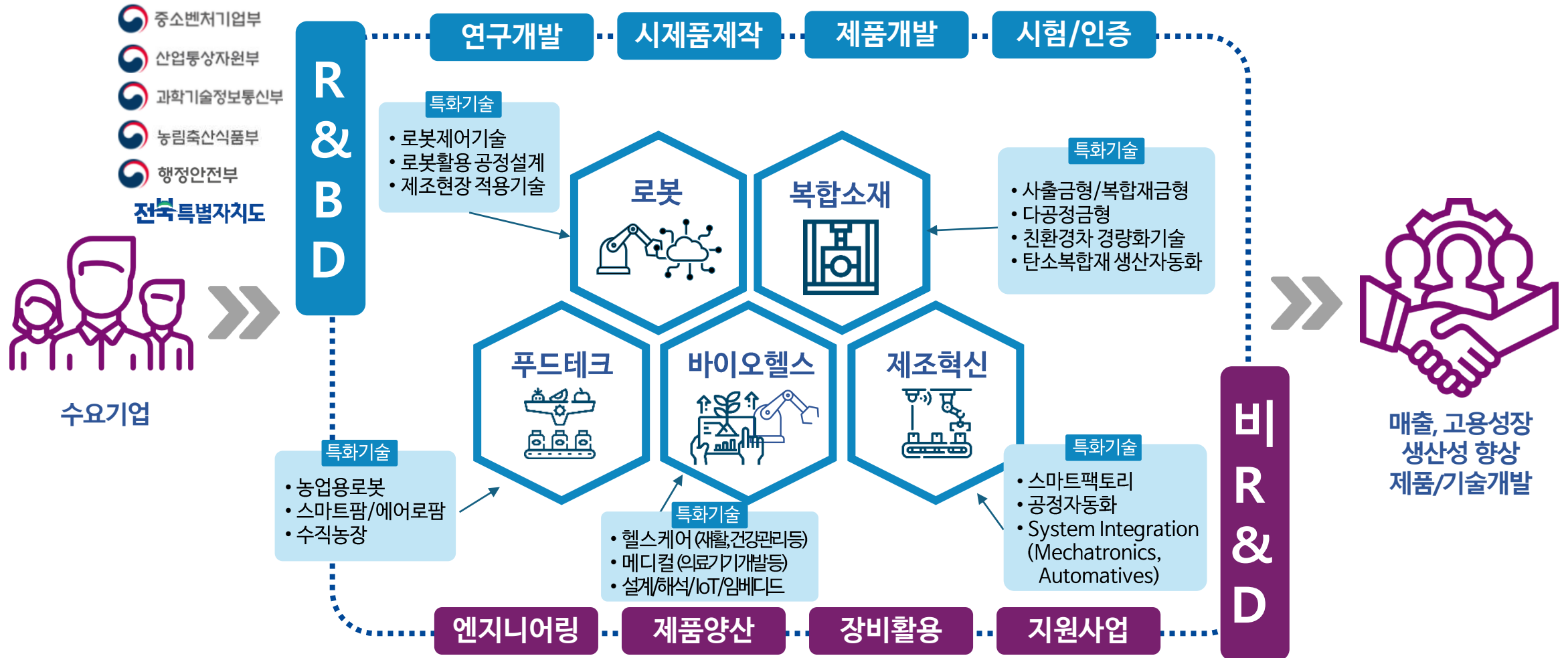
도내 주요 산업관련 조사·분석 및 수요파악 전문 기관

- 도내 주요 연구조사 사업 수행 경험을 통해 발전 가능한 방향 수립 가능
 - 제조업실태조사, RISE기업체/학생수요조사, 완주군제조업조사, (일반/국가)산단조사 등
- 다년간 조사분석을 통한 전문 조사경험의 인력 및 데이터 보유
 - 전북특별자치도 제조업 데이터(2015~2024), 산단 입주기업, 산업(주력산업, 신산업 등)

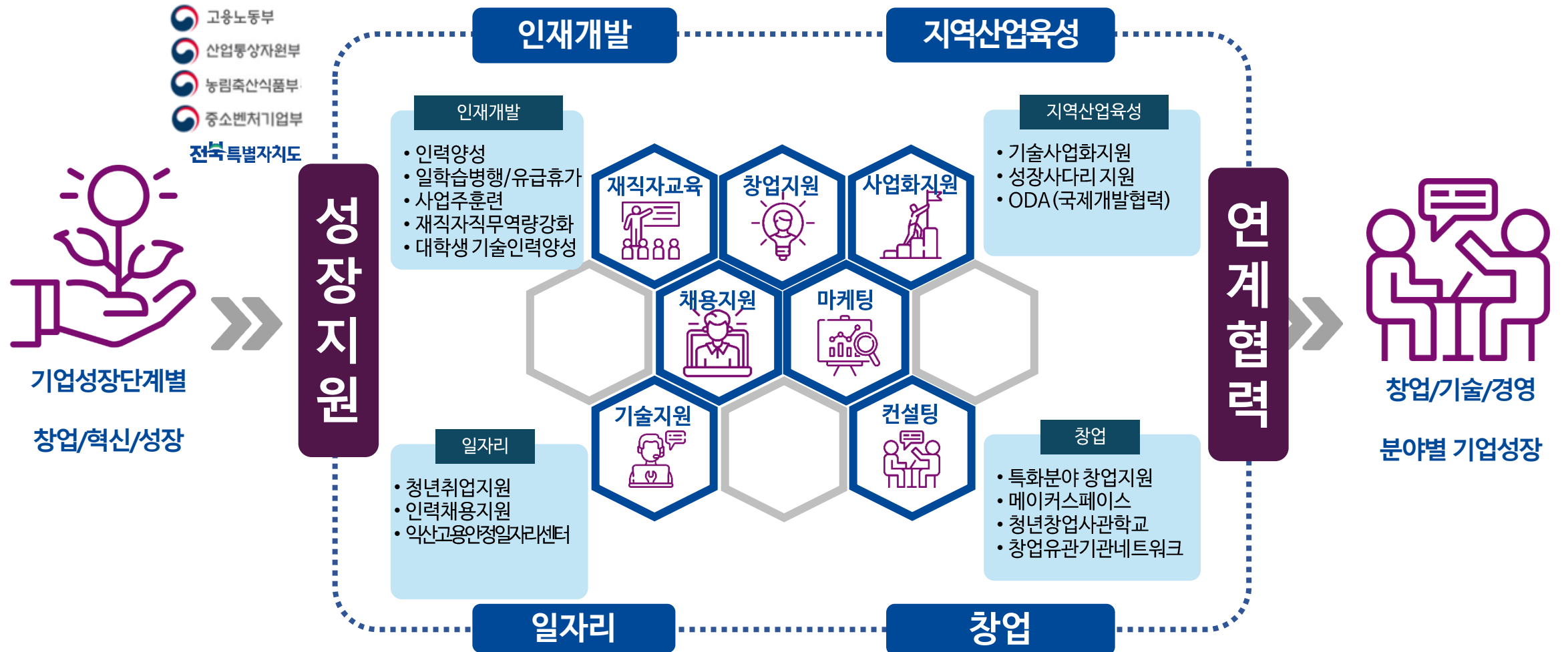
지역산업 정책개발 참여실적

기회발전특구 유치		· 추진시기 : 2024년도 · 관련부처 : 산업부 · 주요내용 : 세제, 규제특례 등	고용안정 선제대응 패키지사업 유치		· 추진시기 : 2020년도 · 관련부처 : 고용부 · 총사업비 : 1,000억
탄소소부장 특화단지 유치		· 추진시기 : 2021년도 · 관련부처 : 산업부 · 주요내용 : 핵심소재개발 등	임대형 지식산업센터 유치(창업동, 성장동)		· 추진시기 : 2016년, 2020년 · 관련부처 : 중기부 · 총사업비 : 548억(2개동 건립)
노후산단 경쟁력강화 사업 유치(군산, 전주)		· 추진시기 : 2019년, 2024년 · 관련부처 : 산업부 · 주요내용 : DX전환, 시설확충 등	전주첨단벤처단지 연구특구 추가지정		· 추진시기 : 2020년도 · 관련부처 : 과기정통부 · 주요내용 : R&D예산, 법인세감면
이차전지 특화단지 기획 참여		· 추진시기 : 2023년도 · 관련부처 : 산업부 · 주요내용 : 세제, 예타면제, R&D예산	드론기술개발지원센터 1, 2단계 유치		· 추진시기 : 2020년, 2024년 · 관련부처 : 국토부 · 총사업비 : 70억(장비19종)
전주산업단지 청년문화센터 유치		· 추진시기 : 2024년도 · 관련부처 : 중기부, 행안부 · 총사업비 : 324억	복합소재뿌리기술센터 장비구축 유치		· 추진시기 : 2020년도 · 관련부처 : 전북도/전주시 · 총사업비 : 39억(장비13종)

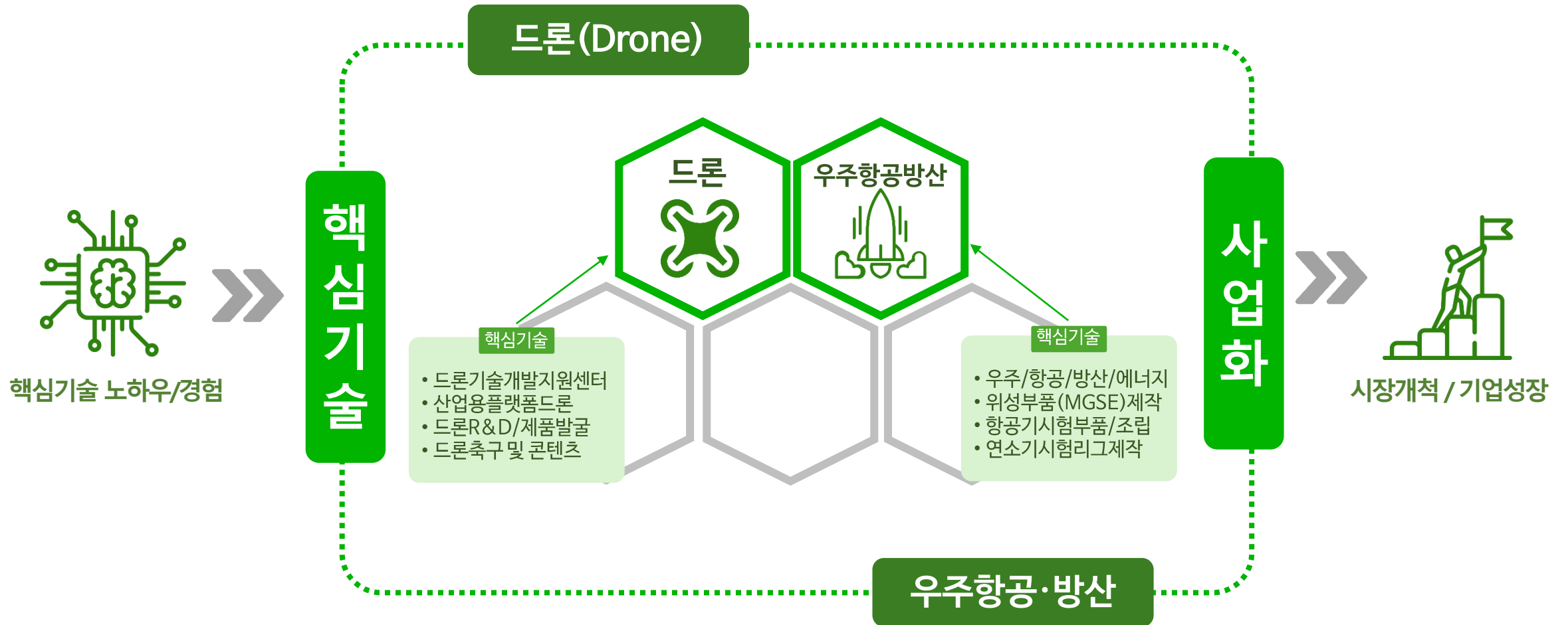
기업과 함께하는 R&BD



기업을 위한 최고의 협력 파트너



• 드론 사업부



• 우주항공(방산)사업부

• 특화기술 및 주요실적

특화분야

우주·항공

- 우주전개장치 및 전개구조물
- 위성기계 지상지원장비(MGSE)
- 가스터빈 엔진 시험장치 및 제어

주요고객



주요실적

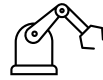


방위산업

- 정찰위성 분야 시험장비
- 추진(연소)기관 System 시험장비
- 다목적위성 지상수신 System



캠텍 클러스터 Mission



지역 / 기업 / 기술 / 직원 과

“함께 **성장**하는 **행복**한 일터”



전북특별자치도의 산업 변화에 따른

온실가스 저감 방안 마련 연구

1 산업단지 기능 변화 (1/2)

전통적 산업입지

- 원자재 공급지와 소비시장 간의 거리 비용을 중시
- 실제로 국내 울산·여수 석유화학단지 등은 원료 수입에 유리한 항만 인근에 조성되어 **베버 이론**을 반영
- 서울 구로공단(현 구로디지털단지)은 대도시 시장에 접근하기 위해 도심 인근에 입지하여 **퇴쉬 이론**의 맥락에서 발전

(1) 베버의 최소비용 이론

- 공장은 **생산비용이 가장 낮은 장소**에 입지하며, 입지 결정 요인은 운송비, 노동비, 조립 및 집적 이익 등으로 구성

(2) 퇴쉬의 최대수요이론 공업입지 이론

- 최적공업입지점은 **시장의 확대 가능성이 가장 풍부한 곳** 조성
- 통상 이윤을 추구하는 기업의 경우 개개의 시장지역의 중심부가 최적입지

지식기반 기술집약형

- 산업 클러스터 이론 : **마이클 포터** 등의 개념
 - 특정 산업의 관련 기업·공급업체·지원기관이 한 지역에 지리적으로 집중함으로써 협력과 경쟁을 통해 혁신과 생산성이 높아짐
 - 클러스터는 **산업 생태계를 형성**하여 지식과 정보의 외부효과(지식)를 극대화하고, **인력과 기술이 집적**되어 새로운 사업기회를 창출
 - 대표적인 예로 실리콘밸리(IT산업), 대덕연구단지(국내 R&D 클러스터), 판교 테크노밸리(ICT산업) 등을 들 수 있는데, 이들 지역은 기업·대학·연구소가 밀집하여 혁신활동이 활발한 클러스터의 특징
- 혁신 시스템 이론
 - 국가 또는 지역 단위에서 **기업과 대학, 연구기관, 정부가 상호작용**하는 혁신 네트워크가 중요함을 강조
 - 지역혁신체제(Regional Innovation System) 관점에서는 특정 지역의 **산·학·연·관 협력이 기술집약 산업의 입지와 성장을 결정**짓는 핵심 요소
 - 산업단지 조성 시 산학연 클러스터(예: 산학융합지구) 함께 구축하는 전략

1 산업단지 기능 변화 (2/2)

디지털 전환과 첨단산업

디지털 기술, AI, 빅데이터, ESG 등이 산업입지 패러다임을 재편

- 디지털 전환으로 생산 활동의 공간적 제약이 줄어들었지만, 첨단산업 클러스터의 중요성은 더욱 부각
- 데이터 경제에서는 우수 인재와 혁신환경이 있는 곳에 기업 집중, AI 연구기업은 글로벌 인재가 선호하는 도시나 대학 주변에 클러스터 형성
- 빅데이터 센터나 클라우드 산업은 안정적인 전력 공급과 네트워크 인프라가 핵심이므로 전력 인프라가 좋은 지역(예: 수도권 전산업단지나 전력요금이 저렴한 지역)을 선호

ESG 경영과 탄소중립 트렌드도 산업입지에 새로운 고려 요소를 추가

- 친환경 에너지 활용을 위해 재생에너지 공급이 용이한 장소를 찾거나, 공장 간 에너지·자원 공유를 위해 인접 입지를 고려
- 에코 산업단지로 기업 간 폐자원 순환, 열에너지 공유 등을 통해 환경효율을 높이는 산업단지 모델
- 울산 산단은 에코 산단 시범사업을 통해 인접 사업장끼리 폐기물·부산물을 교환 활용하여 비용을 절감하고 환경성을 높인 사례로 평가됨

전통이론 관점: 울산·여수 국가산단(원료 및 항만 입지)이나 수도권 소비지 인근의 반월·시화 산단 등이 발전

기술집약 클러스터: 판교·대덕 등 첨단산업단지 조성 and 지역 특화산업 클러스터 육성에 반영

디지털 전환과 첨단산업

- 광주의 인공지능 융복합단지 구축 및 울산·구미의 스마트그린산단 사업처럼 **산업단지 구조고도화에 신기술과 친환경 개념이 접목**

2 산업단지 정책 동향(1/2)

구 분	산업입지 수급계획	제5차 국토종합계획	산업집적활성화기본계획	제4차 전라북도 종합계획	2024 전라북도 지역산업진흥계획
법적 근거	산업입지및개발에관한법률	국토기본법	산업집적활성화및 공장설립에관한 법률	국토기본법	국가균형발전 특별법
계획 기간	2026 ~ 2035(5차)	2020 ~ 2040(5차)	2025 ~ 2029(5차)	2021~2040(4차)	2024
계획 목표	- 산업입지정책기본방향제시 - 지역별/산업입지유형별 산업용지의원활한 공급	- 어디서나살기좋은 균형국토 - 안전하고지속가능한 스마트국토 - 건강하고활력있는 혁신국토	- 지역별 성장유망산업육성 - 산업의 집적 및 연계 활성화 - 산업집적지 경쟁력 강화	도농융합생태문명수도육성 스마트농생명신산업거점조성 - 문화자치생태계구축 - 글로벌SOC새만금완성	산업전환대응혁신역량확보(DX,GX) - 시장진출/주도경쟁력확보 - 지역대표기업중심 생태계강화
정책 수단	지역별 수요추정에 따른 지역맞춤형 산업용지공급	- 지역발전과연대협력촉진 - 지역산업혁신과 친환경공간창출 - 인프라의 효율적 운영과국토지능화	- 산업입지정책과산업육성정책의연계 개방형·초광역형 산업클러스터로 전환 산업단지의AX/DX혁신 및 직주락공간으로 전환	- 지역발전에 대한 미래상 제시 - 도 및 시·군의 부문별 정책방향 제시 - 국가정책과의 연계 강화	- 기업 혁신·성장 지원 강화 - 전북주력산업육성및 미래신산업발굴 - 지역 중소기업 생태계 조성
특 징	시도별 산업육성 정책의 중장기 전략을 제시	국토의 이용·개발·보전, 인구, 산업의 정책방향 제시	지역산업발전과 관련된 정책 가이드라인	분야별·시군별 관련 정책 수립에 활용	지역산업·기업육성 전략 제시
수립 주체	중앙정부	중앙정부	중앙정부+시도	시도	시도

2 산업단지 정책 동향(2/2)

1960년대
수출위주
(경공업)

수도권·항만 중심 개발
→ 지방 대도시로 개발 분위기 확산

「공업지구 조성을 위한 토지수용특례법」(1962)
「수출산업공업단지 개발조성법」(1964)

1970년대
대규모 산단
(중화학공업)

“1도 1산단” 원칙 확립
→ 전국 지방도시 균형개발 시도

「산업기지개발촉진법」(1973)
「지방공업개발법」, 「공업배치 및 공장설립에 관한 법률」

1980년대
산업단지 내실화
(농공단지)

수도권 집중 억제 (국가산단 지방 확대)
농촌산업 기반 마련 병행

「수도권정비계획법」(1982)
「농어촌소득원개발촉진법」(1983)

1970 익산국가산단



1987 군산국가산단



1989 군산2국가산단



1990년대
입지유형 다양화
(첨단산업)

지방자치제 도입
→ 지자체 주도의 산업정책 등장
「산업입지 및 개발에 관한 법률」(1990)
「기업활동 규제완화 특별조치법」(1994)

(조성 예정)

2024 원주수소특화국가산단

2024 국가식품클러스터2단계



2020년대
첨단산업육성
(탄소중립)

산업단지 대개조,
스마트 그린산단 본격화
(2020년 이후)

2010년대
과학과CT 융합
(4차산업혁명)

「노후거점산단 경쟁력강화 특별법」(2015)
스마트산단시범사업 (2019)

2019 탄소소재국가산단

2019 새만금국가산단



(조성 중)

2000년대
전문화된 클러스터
(지식기반산업)

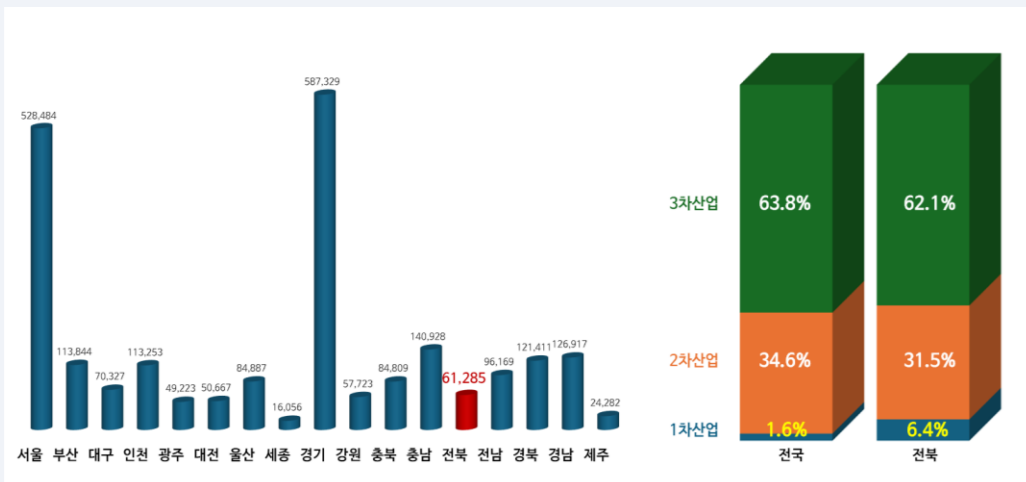
수요맞춤형 산업단지 개발
산업단지 관련 특례법 제정
(경제자유구역법, 산업클러스터법 등)

2012 국가식품클러스터



경제 · 산업

- ◆ [지역내 총 생산] '18년 53.4조원에서 '22년 61.3조원으로 15% 증가
 - ✓ 17개 시도 중 12위에 해당하며 전국 2.6% 차지
 - ✓ 경제성장률은 1.3% (전국 2.7%)
- ◆ [총부가가치] '18년 54.0 천 억에서 '22년 54.6 천 억으로 증가
 - ✓ 3차산업 비중 62.1%로 가장 높고, 2차 산업 31.5%, 1차 산업 6.4% 순
- ◆ 제조업 중 식료품과 자동차 및 트레일러가 30% 차지
 - ✓ 농생명바이오와 모빌리티 분야 강점



인구

- ◆ 저출산, 고령화로 '19년 이후 매년 감소 추세 (CAGR: -0.89%)

구분		'19년	'20년	'21년	'22년	'23년	CAGR
전북자치도	인구수(명)	1,818,917	1,804,104	1,786,855	1,769,607	1,754,757	-0.89
	증가율(%)	-0.98	-0.81	-0.96	-0.97	-0.84	-

- ◆ 인구소멸 위험지수 (한국고용정보원) : 전북특별자치도 위험 단계

(2023년 기준)

- ✓ [주의(1)] 전주시 [위험(6)] 군산시, 익산시, 정읍시, 남원시, 김제시, 완주군
- [위기(7)] 진안군, 무주군, 장수군, 임실군, 순창군, 고창군, 부안군

일자리

- ◆ 청년 한 해 평균 8,583명이 道 외로 유출

청년 최근 10년간 청년 인구 대비 18.8% (85,826명) 유출
(전국에서 가장 높음)

사유 전북 지역 좋은 일자리 비중 16.4% (전국 14위)
⇒ 일자리의 '질적 전환' 필요

산업단지 개요

◆ '24.11. 기준 전북자치도에는 총 90개 산업단지 지정

✓ 총 90개 산업단지 조성 : 국가 6개, 일반 23개, 도시첨단 1개, 농공 60개

(단위:m², %)

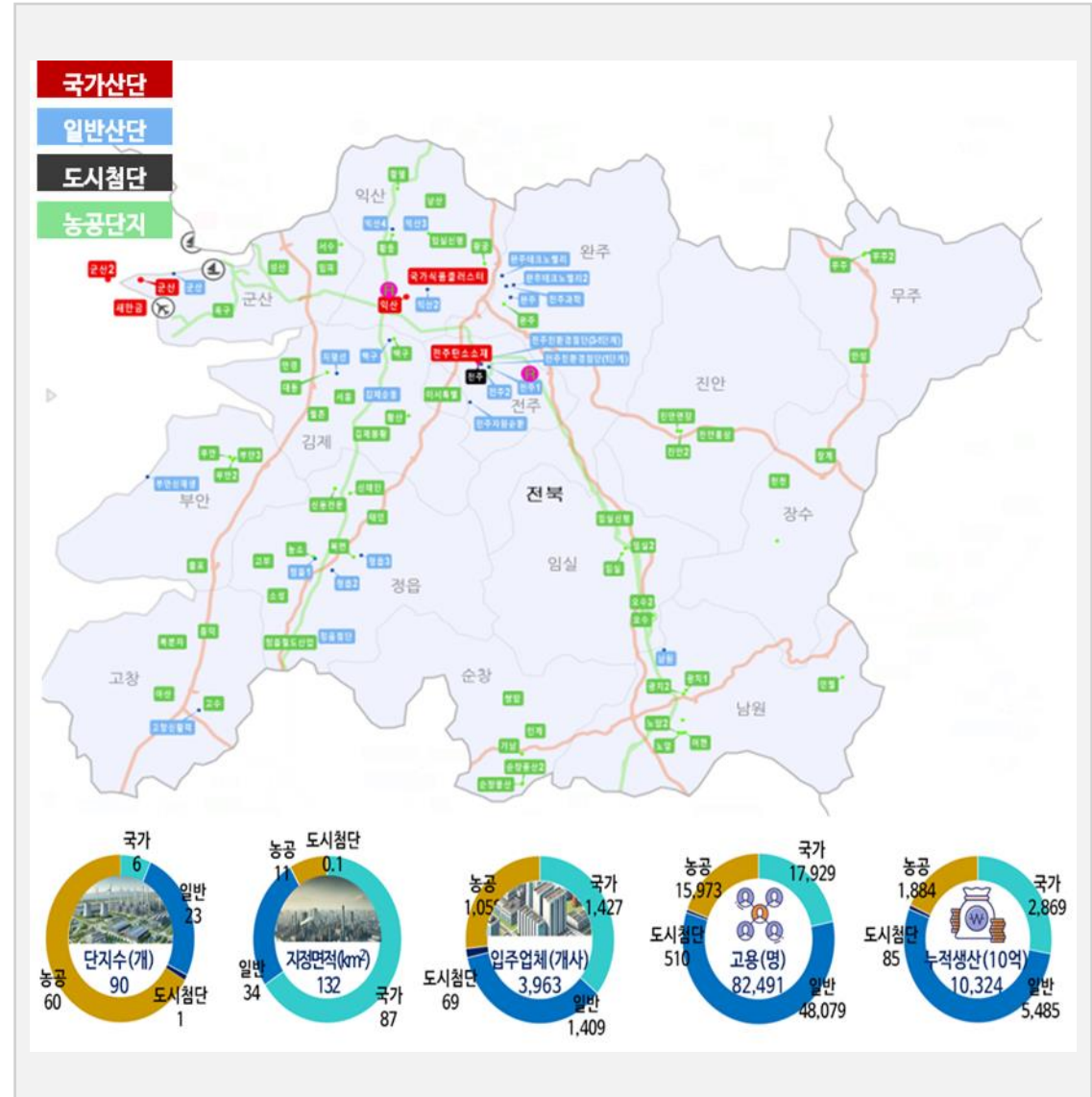
유형	단지수	지정면적	미분양율
계	90	132,154,474 (100%) (4,005만평)	5.7
국가	6	86,939,615 (65.8%) (2,635만평)	4.7
일반	23	33,861,925 (25.6%) (1,026만평)	5.9
도시첨단	1	109,924 (0.1%) (3만평)	0.0
농공	60	11,243,010 (8.5%) (341만평)	8.4

◆ 전북특별자치도 국가산업단지 조성 현황

※ 조성 중

군산	군산2	익산	국가식품클러스터	새만금	전주 (탄소소재)
자동차 및 자동차 부품제조	섬유제품, 펄프제품, 고무 및 플라스틱 제품 외 전업종	제조업첨단, 제조업특화(귀금속), 도시형산업	식품특화	자동차부품, 융복합산업, 신재생에너지	탄소특화
13,702,000m ² (415만평)	50,458,513m ² (1,529만평)	1,335,893m ² (40만평)	2,321,929m ² (70만평)	18,465,287m ² (560만평)	655,993m ² (20만평)

✓ 조성 예정 : 완주 수소특화국가산업단지 (165만m²(50만평)) : 수소 저장·활용 제조업
익산 국가식품클러스터 2단계(207만m²(63만평)) : 식품 (푸드테크)



1 산업단지 공급 및 조성현황

- ◆ 전북특별자치도 신규 산업단지 현황은 '22년 부터 최근 3년간 증가 추세 없이 신규 지정면적 하향 추세 지속
- ◆ (국가산업단지) 전주탄소소재('19), 새만금('19)과 (일반산업단지) 김제백구('20), 남원('15), 완주테크노밸리제2('14)는 지정은 됐으나 조성중 상태

(단위: 개)

	~'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	계
국가	3																					1							2			6
일반	9				1												2	4		3	1			1	1					1		23
도시 첨단	-													1																		1
농공	25	1	1	1		1	1		1		1	1	2	2	1	1	2	3	1	3	3		4	2				2			1	60

제1차 산업입지 공급 계획

- 일반산단 1개
- 농공산단 7개

지정면적 1,379천m²

제2차 산업입지 공급계획

- 일반산단 10개
- 도시첨단 1개
- 농공단지 19개

지정면적 14,483천m²

제3차 산업입지 수급계획

- 국가산단 3개
- 일반산단 4개
- 농공단지 11개

지정면적 27,903천m²

제4차 산업입지 수급계획

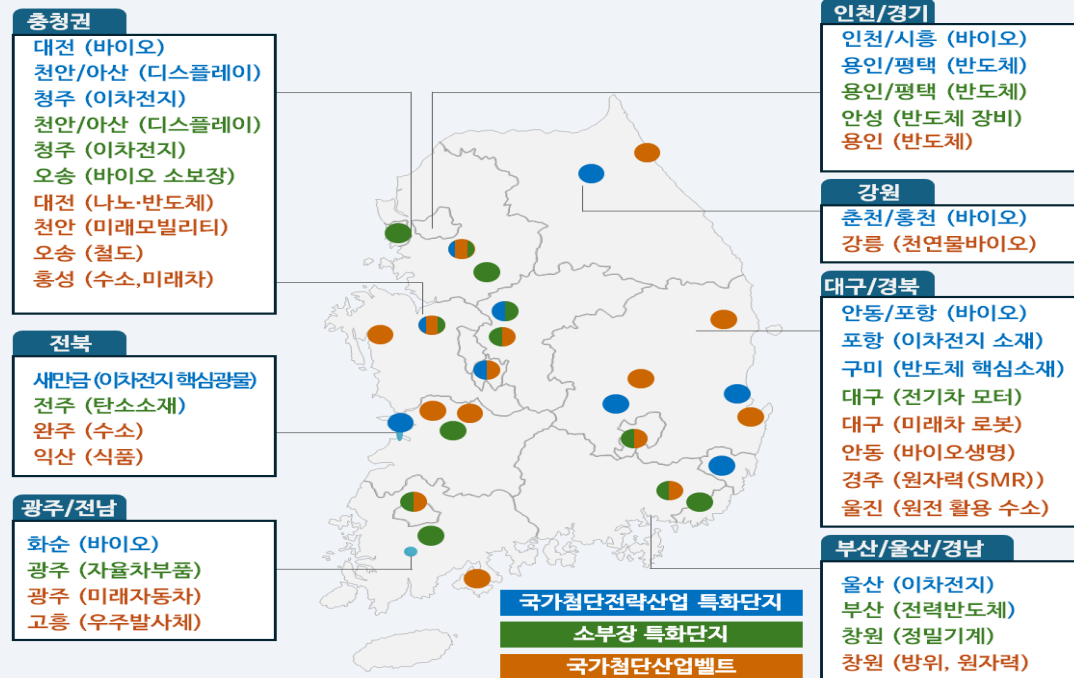
- 국가산단 2개
- 일반산단 1개
- 농공단지 3개

지정면적 20,148천m²

* 새만금 산업단지는 일반산업단지 既 지정되었으나, 2019년 국가산업단지로 전환

첨단전략산업단지 현황

- ◆ 전주 (탄소소재소부장, '21.10), 새만금 (이차전지, '23.07), 익산 (식품, '24.03), 완주 (수소, '24.03) 지정



국가첨단전략산업 특화단지	소부장 특화단지	국가첨단산업벨트
반도체, 디스플레이, 이차전지, 바이오	반도체, 디스플레이, 전기전자, 자동차, 기초화학, 바이오	지역특화산업중심의첨단산업 (나노·반도체, 미래모빌리티, 철도, 미래차, 로봇, 우주, 항공등)

전북특별자치도 첨단산업 육성방안

전북 주력 산업과 디지털, 첨단기술의 융복합

[기존 산업 중심] 첨단산업 육성을 통한 산업구조 고도화 및 다변화

- ▶ 농생명 바이오의 첨단바이오 기술을 연계한 **첨단바이오 의약품, 메카노 바이오 소부장** 등 **소재기반 첨단바이오 산업 육성 필요**
- ▶ 특수목적기반 지능형 모빌리티는 미래신산업(수소, 이차전지) 기술을 연계한 **첨단로봇(제조로봇, 푸드테크, 농업용로봇 등), 미래형 모빌리티** 등 첨단산업 분야와 연계한 **진흥계획 필요**
- ▶ 탄소융복합소재의 경우 **고기능·고강도·고부가가치**의 소재·부품·장비를 활용하여, **우주항공, 방산, 반도체, 수소** 등과 같은 **첨단산업 발전계획 필요**
- ▶ 데이터기반 산업 생태계 구축 및 **초거대 AI 기술**을 활용한 **융복합 첨단산업 육성 필요**

1 전북자치도 온실가스

(단위 : 천톤 CO₂ eq.)

온실가스 배출 현황	2018	2019	2020	2021	2022	증감률
에너지	30,473	28,644	26,687	28,136	26,640	-12.6%
A. 연료연소	30,460	28,632	26,675	28,124	26,628	-12.6%
1. 에너지산업	7,416	7,236	6,852	7,547	6,435	-13.2%
2. 제조업 및 건설업	10,597	9,713	8,631	9,256	8,996	-15.1%
3. 수송	4,723	4,768	4,593	4,644	4,643	-1.7%
4. 기타	7,582	6,776	6,490	6,619	6,536	-13.8%
5. 미분류	143	139	109	58	18	-87.7%
B. 탈루	12	12	12	12	12	-1.8%
1. 고체연료	10	10	10	10	10	-5.6%
2. 석유 및 천연가스, 에너지 생산으로부터의 기타배출	2	2	2	2	2	16.2%
산업공정 및 제품 생산	244	288	247	281	285	16.8%
농업	3,216	3,187	3,142	3,134	3,101	-3.6%
LULUCF	- 2,148	- 1,902	- 1,965	- 2,222	- 2,528	17.7%
폐기물	2,770	2,355	2,496	2,410	2,502	-9.7%
순배출량 (LULUCF 포함)	34,554	32,572	30,608	31,738	30,000	-13.2%
총배출량 (LULUCF 제외)	36,703	34,474	32,573	33,960	32,528	-11.4%

(2024년 지역 온실가스 배출량(2010-2020))

전북자치도 온실가스 현황

- ▶ 에너지 부문이 감축 **주도**
 - 전체 배출량의 80% 이상 차지
 - 산업단지 에너지 효율화, 연료 전환, 신재생 확대 효과
- ▶ 산업공정 **배출 증가**
 - 시멘트·화학 원료 사용 등에서 배출 증가세
⇒ 저탄소 공정 기술 도입 필요
- ▶ 농업 및 폐기물 부문 **점진적 감축**
 - 농업, 폐기물은 감축 노력 필요
⇒ 전북의 축산업 규모 고려 시 메탄 감축 전략 필요
- ▶ LULUCF의 **탄소 흡수 확대**
 - 산림 및 토지 관리 개선으로 흡수량 증가
⇒ 전북의 산림자원이 기여한 대표적 성과

2 지역별 온실가스 배출

총배출량	2018	2019	2020	2021	2022	증감율
전주시	6,372	5,317	5,332	5,305	5,466	-14.2%
군산시	16,157	15,627	13,852	14,813	13,366	-17.3%
익산시	3,792	3,400	3,461	3,518	3,426	-9.7%
남원시	1,060	1,041	1,019	1,042	1,037	-2.2%
정읍시	2,132	2,030	2,133	2,339	2,324	9.0%
김제시	1,626	1,592	1,501	1,513	1,479	-9.0%
완주군	1,855	1,813	1,714	1,790	1,833	-1.2%
진안군	339	324	311	315	303	-10.6%
무주군	309	302	282	282	276	-10.7%
장수군	337	330	326	328	320	-5.1%
임실군	533	541	507	550	530	-0.5%
순창군	412	410	405	417	406	-1.4%
고창군	987	971	961	982	950	-3.8%
부안군	792	774	770	767	812	2.5%

배출 규모 상위권 (산업단지 중심 배출)

- ▶ **군산시 (최대 배출 지역, 약 40%) [산업단지 국가 3, 일반 1]**
 - 주요원인 : 군산국가산업단지 중심의 석유화학, 조선, 자동차 산업
 - 대형 산업단지와 항만 물류 기반의 에너지 소비가 핵심
- ▶ **전주시 (17%) [산업단지 국가 1, 도시첨단 1, 일반5]**
 - 도시형 배출원(건물·교통)지만, 전주첨단산단 등 중소규모 산업단지 영향도 존재
⇒ LULUCF(흡수원) 기여가 적은 전형적 도시형 구조.
- ▶ **익산시 (11%) [산업단지 국가 2, 일반 3]**
 - 익산국가산업단지, 식품·섬유·금속가공 산업단지에서 발생
- ▶ **정읍시(7%) [산업단지 일반 4]**
 - 첨단과학산업단지, 농생명·바이오 관련 산단 영향
- ▶ **김제시, 완주군 (5~6%) [산업단지 일반(김제) 3, 일반(완주) 4]**
 - 김제: 농공단지 및 제조업 기반 배출, 완주: 자동차산업단지(현대차 전주공장) 중심

3

시사점

□ 산업단지 배출 구조

- 군산·익산 같은 국가산단은 전북 온실가스 배출의 절반 이상을 차지
- 전주·정읍은 도시형 혼합 배출, 완주는 자동차 중심 특화, 김제·남원 등은 중소규모 농공단지 중심, 무주·진안 등은 흡수원 우위형으로 구분됨

□ 첨단산업 전환의 영향

- 기존 산업은 연료 연소 중심 배출이 주도했으나 첨단산업(이차전지, 반도체, 바이오, AI 등) 전환 시 전력 기반 에너지 수요가 급증할 것으로 예상됨
⇒ 온실가스 배출 구조가 ‘연료연소형 → **전력소비형**’으로 변화

□ 온실가스 관리 필요성

- 에너지 다소비형 첨단산업이 입지할 경우, RE100·분산에너지·스마트그리드 기반의 관리체계 구축이 필수적
- 산림자원이 풍부한 지역은 탄소흡수원 기능과 신재생에너지 결합 모델로 차별화 필요

전북 산업단지의 **첨단산업 전환**은 탄소 배출 절대량을 줄이는 대신 **전력 수요를 폭발적으로 증가시킬 위험**이 있으므로,

에너지 관리체계와 **분산에너지 인프라** 구축이 선행되어야 함

1 온실가스 감축 목표 산정 (1/4)

온실가스 감축 목표

구분	부문	2018년		2030년			
		기존배출량 (천톤CO ₂ eq)	비중 (%)	목표배출량 (천톤CO ₂ eq)	군산감축률 (%)	전북감축률 (%)	국가목표 (%)
배출량 합계		7,274.9	100	4,218.9	42.0	43.0	40.0
배출	산업	4,372.9	33.6	2,446.1	44.1	40.8	11.4

군산시 온실가스 감축 로드맵(세부 사업)

전환

- 지역상생형 태양광 발전사업
(태양광/수상태양광)
- 에너지 자급자족 인프라 구축사업
- 해상풍력단지 개발지원사업
- 민간태양광 사업

건물

- 가로등 에너지 절감(LED 교체 사업)
- 건물 탄소중립포인트 시행
- 제로에너지 건축물 조성
- 신재생에너지 보급사업 추진

흡수원

- 군산미래의 숲 500만 그루 나무 심기
- 가로수 조성사업
- 가로환경(가로수, 녹지대)관리
- 도시바람길숲 조성 사업
- 완충녹지 생활환경숲 조성

1 온실가스 감축 목표 산정 (2/4)

☐ 재생에너지 전환

- 부지면적 1,000m²당 전력사용량 추정 :일전력공급량(추정) 129.58MW

업종	면적 (m ²)	원단위 (MW/천m ²)	전력사용량 (MW/년)
계	3,644,157		777,463
음식료	518,641.40	87.30	45,277
섬유,의복	8,118	92.50	751
목재 및 나무제품	183,926.40	95.40	17,547
종이 및 인쇄	28,409.90	201.00	5,710
화학, 석유	849,386.20	276.10	234,516
비금속	1,087,786.30	109.50	119,113
1차금속산업	779,365	437.00	340,583
기타기계 및 장비	16,431	717.00	11,781
기타운송장비	19,794.70	76.50	1,514
기타제조업	10,170.10	66.10	672
가스제조 및 배관공급업	19,689		
에너지공급시설	122,439		

1. 재생에너지 설치 가능 건물 및 부지 활용
(공장의 건폐율을 확인한 설치 가능 면적 산출)
2. 부지 내 주차장 시설 도입 가능 여부 판단
->합리적인 태양광에너지 설치용량 산출

☐ 군산일반산업단지 태양광발전설비(2024년) 기준

태양광 발전설비	설비용량(MW)
20개	11.2MW

1 온실가스 감축 목표 산정 (3/4)

□ 에너지 효율화

필요성 및 배경

- **제조업 중심 구조와 노후 설비로 에너지 효율이 낮음**
 - 군산일반산업단지 : 제조업 중심의 산업구조로 에너지 사용량이 높음
 - > 지역의 탄소중립 목표 달성을 위해 온실가스 배출량 관리 방안 필요
 - 에너지 손실이 큰 구조적 문제로 인해 에너지 사용 효율 저하(노후화된 설비와 건물)
 - > 고효율 설비 교체와 건물 단열 강화 등 에너지효율화

추진전략

- **[고효율 장비 교체]** 산업단지와 공공시설에 LED 조명, 고효율 보일러·냉난방기 등 고효율 설비를 도입하여 전력 소비 감축
- **[건물 단열 및 설계 개선]** 공장·사무실 등 건물 단열 강화 및 고효율 장비 도입
 - 저에너지 건축물 도입 및 그린리모델링 정책 도입

□ 탄소 흡수원 확대

필요성 및 배경

- **온실가스 순배출량 저감을 위한 탄소흡수원 확대**
 - 도심 및 산업단지 주변 지역 대규모 조림지 조성, 장기적 탄소흡수 능력 확보
 - 공원, 도시숲, 가로수 확충, 도시 열섬현상 완화, 대기질 개선 등
부가적 효과를 기대

추진전략

- 기업과 주민의 참여를 유도하여 녹지 조성 및 유지관리를 공동으로 수행
- **[기존 녹지 관리 효율화]** 기존 도시숲과 공원의 관리 체계를 개선하여 탄소흡수 기능을 극대화하고 생태적 가치를 유지한다.
- **[도시계획 내 흡수원 확대 반영]** 도시 및 산업단지 개발계획 수립 시 녹지 확대 의무화 및 우선 반영을 추진하여 중장기적인 녹지 확대 기반을 마련

1 온실가스 감축 목표 산정 (4/4)

□ 군산일반산업단지 온실가스 감축 목표 설정

전략		추진내용	연간 감축량 (추정)
(전환) 재생에너지 전환		산업부문 전력 소비량 중 일부를 재생에너지로 전환	(작성 중)
	주차장 태양광	공장·주차장 옥상에 태양광 설치	(작성 중)
	재생에너지 도입	풍력/태양광 등 사용가능 에너지 적용	(작성 중)
(건물) 에너지 효율화		LED·고효율보일러 등 설비 전환, 건물 단열 개선	(작성 중)
(흡수원) 흡수원 확대		도시숲·공원 조성, 가로수·완충녹지 확보	(작성 중)

2 [신규사업] 군산 스마트그린산단의 스마트 물류센터 및 통합관제 센터 연계

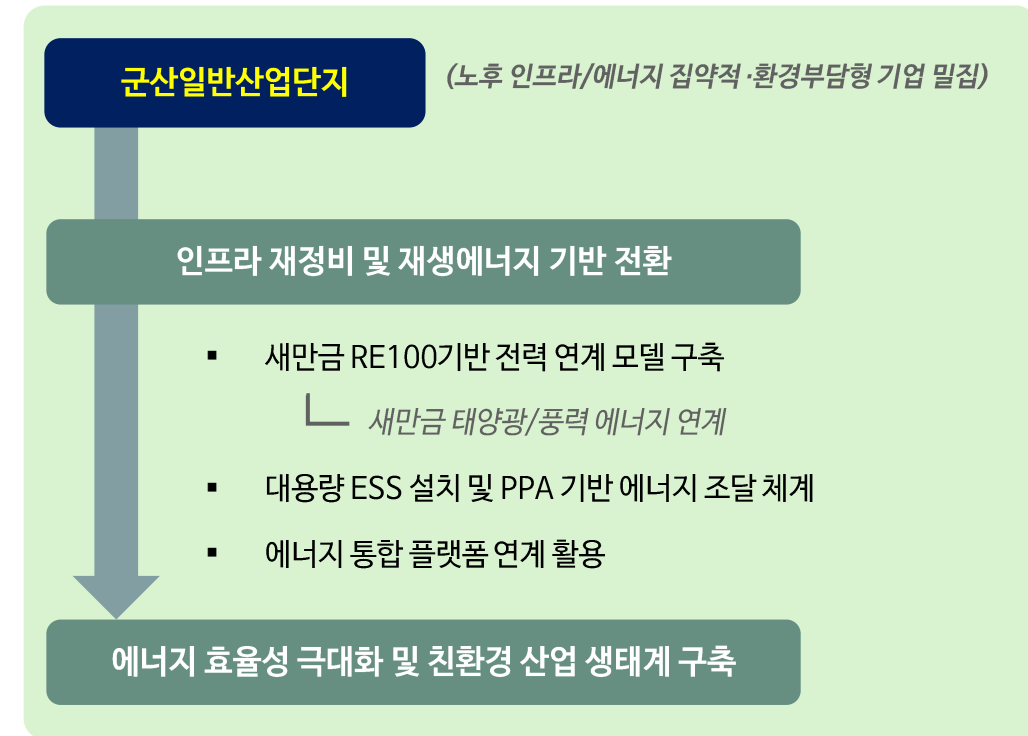
필요성 및 배경

- 정주환경, 도로, 전력 인프라가 노후화되어 관련 기반 시설 재정비가 시급
 - 에너지 집약적이고 환경부담형 기업들이 집중되어 있어, 탄소중립 시대에 대응한 재생에너지 기반으로의 전환이 필수적으로 추진되어야 함.
 - 지역 산업 경쟁력을 유지·강화하기 위해서는 친환경 에너지 기반을 마련하고, 글로벌 RE100과 같은 저탄소 정책 대응력 확보가 필요함.

“디지털 전환·첨단제조 (AX) 고도화”

추진전략

- 새만금 지역에서 추진 중인 RE100 기반 전력 연계 모델을 군산일반산단에 적용하여 지속가능한 전력망 구축
- 대용량 ESS(에너지 저장장치) 구축, 재생에너지와 연계한 PPA(전력구매계약) 기반의 효율적인 에너지 조달 체계를 마련 : 안정적인 전력 공급 체계 구축
- 인근 군산국가산업단지에서 구축된 에너지 통합 플랫폼과 연계하여 에너지 수요-공급의 효율성 극대화 및 관리체계의 스마트화를 실현



2 [신규사업] 에너지 연계형 스마트 그린 구조 고도화

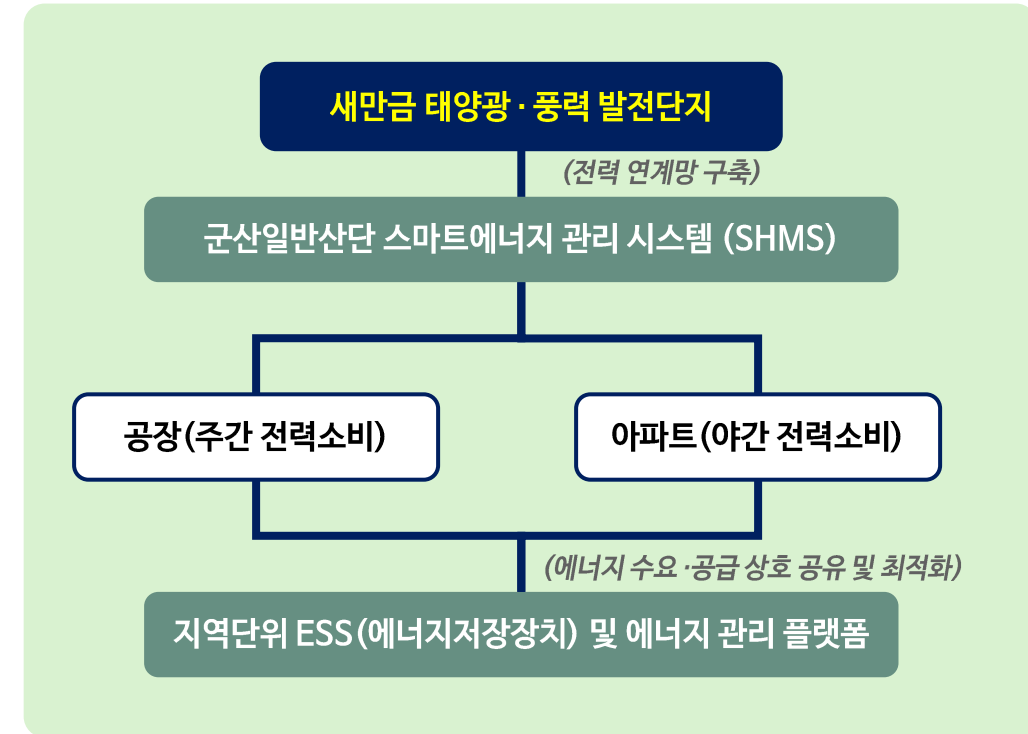
필요성 및 배경

■ 지역단위 에너지 자립 기반 확보

- 군산일반산업단지 내 동일 업종 및 이중 센터(인접 주거단지, 폐수·하수 처리시설 등) 간 에너지 수요와 공급의 효율적 관리 및 최적화를 위해 상호 공유 시스템 구축
- 새만금 지역에 구축된 태양광 및 풍력 발전단지의 생산 전력과 군산 산단 내 전력 사용 시설 간 연계망 구축을 통해 효율적이고 안정적인 에너지 공급·수요 관리

추진전략

- 공장(주간 전력 수요)과 인근 아파트(야간 전력 수요) 간의 전력 공유 시스템 구축으로 전력 사용 최적화 실현
- 군산 산단 내 SHMS(스마트에너지 관리 시스템)를 구축하고, 인근 주거단지 및 공공시설과 에너지 사용 데이터를 연계하여 통합 관리
- 지역 단위로 ESS(에너지 저장장치) 및 에너지 통합 관리 플랫폼 구축하여 에너지 자립도 강화 및 효율성 극대화 추진





감사합니다.

| 발제 4 |

급경사지 관리체계 및 개선방안

최 영 남 (한국급경사지안전협회 책임연구원)

- 2025년 협회 직무 교육 -

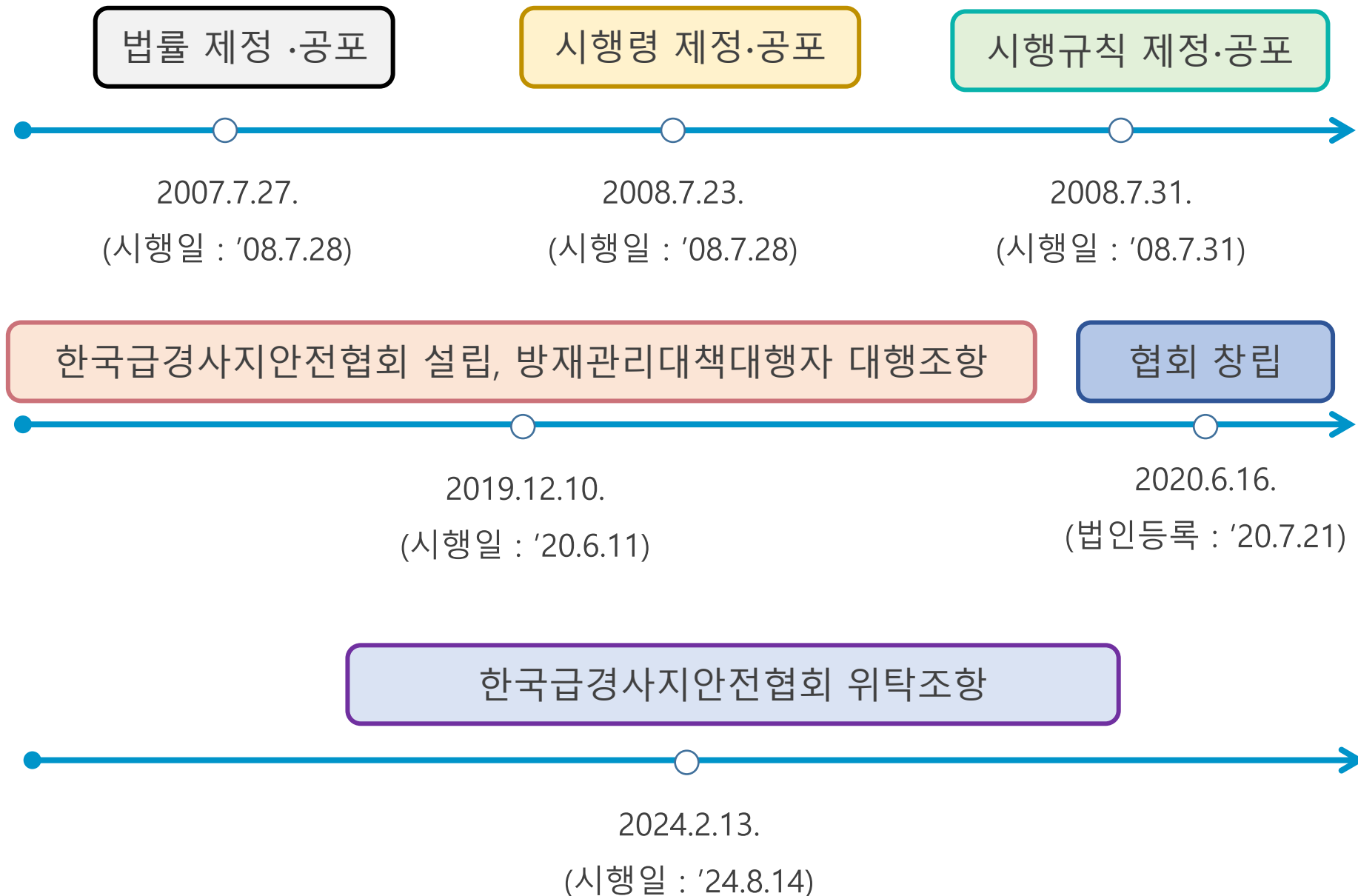
급경사지 안전관리 체계



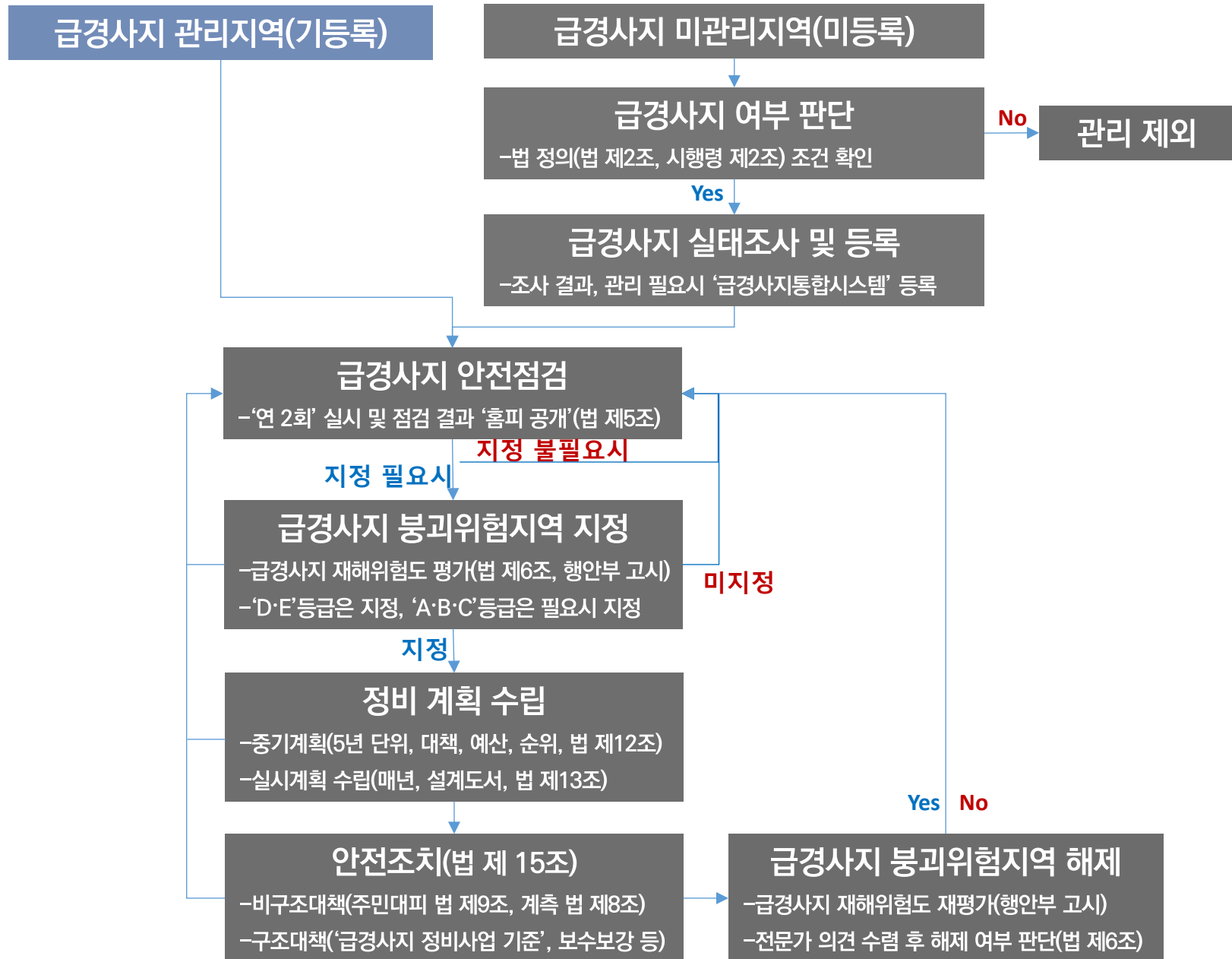
특수
법인 한국급경사지안전협회
KOREA SLOPE SAFETY ASSOCIATION

최영남

급경사지법 연혁



급경사지법에 따른 안전관리 체계

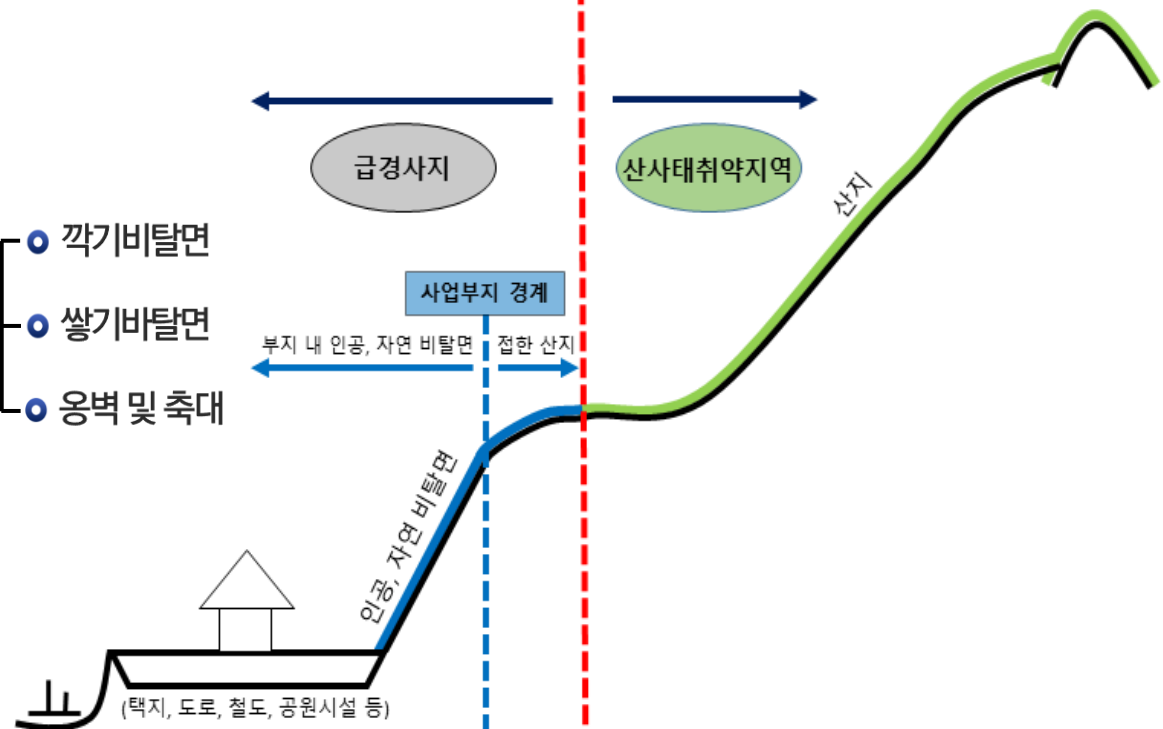
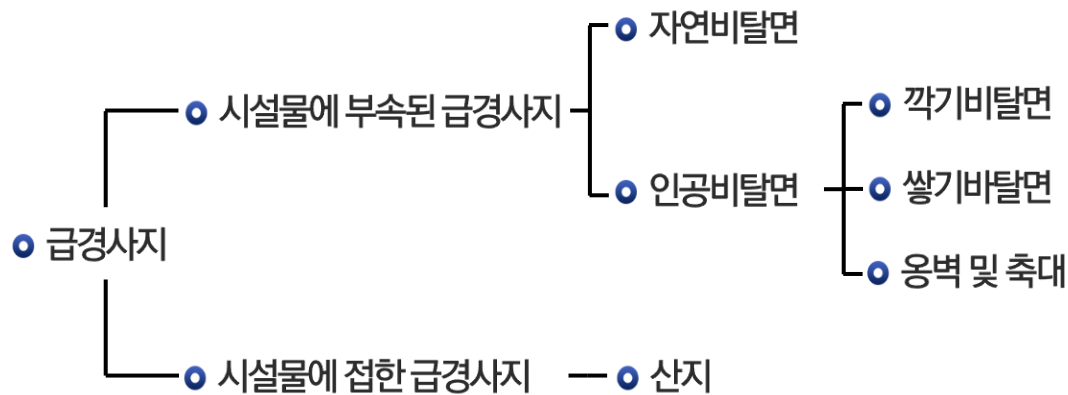


급경사지 정의

급경사지법 제2조 1호

☑ 택지·도로·철도 및 공원시설 등에 부속된 자연·인공 비탈면 또는 이와 접한 산지를 말함

- (자연비탈면) 지면으로부터 높이가 50m, 경사도 34° 이상
- (인공비탈면) 지면으로부터 높이가 5m, 길이 20m, 경사도 34° 이상
 - 보호대상 시설이 건축물인 경우 높이 3m
- (기타) 그 밖에 관리기관이나 시·군·구청장이 재해예방을 위하여 관리가 필요하다고 인정한 인공·자연 비탈면 또는 산지



※ 시설물: 택지, 도로 철도 및 공원시설 등

※ 제외시설물: 2종시설 해당, 3종 시설 지정지, 하천, 저수지, 나대지 등 연접지

급경사지 등록 현황 및 관리기관

급경사지 등록 현황

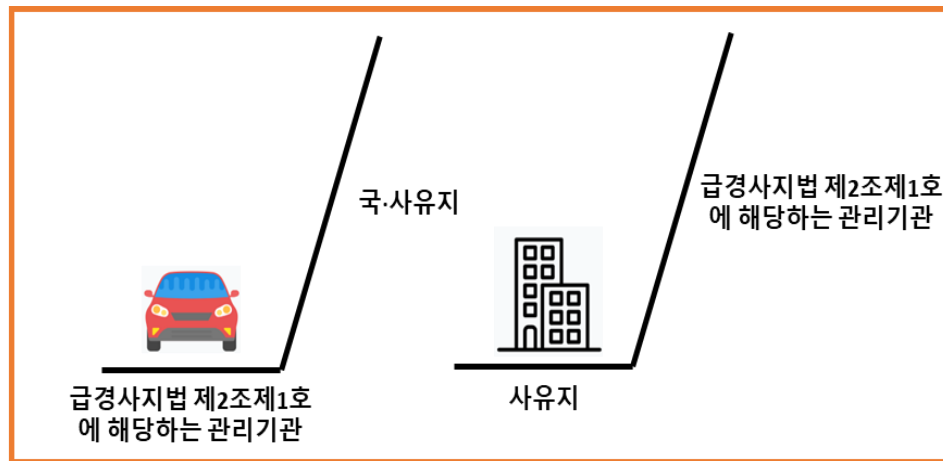
2024년	2023년	2021년	2020년	2019년	2018년	2017년	2009년
약3.5만개	25,074	16,071	15,732	15,075	14,325	13,607	8,947

- (관리기관) 급경사지를 소유하거나 관리하는 행정기관 및 공공기관, **보호대상 시설의 관리주체 및 토지의 소유권을 통해 결정**

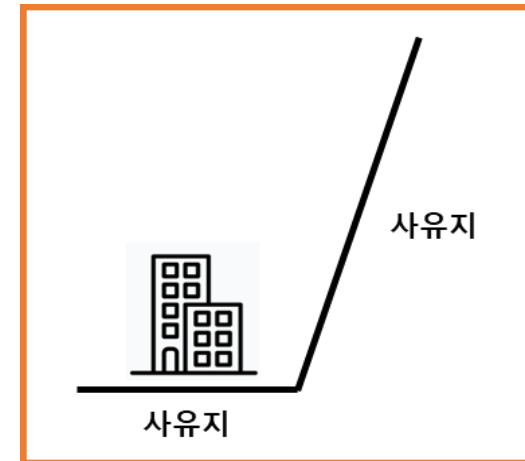
※ 지자체, 지방산림청, 한국농어촌공사, 한국토지주택공사, 국가철도공단, 국립공원관리공단, 도시철도공사
(급경사지법 제2조제1호에 명시)

※ 현재 법개정을 추진중이며, 통과시 교육기관(교육청, 학교)도 추가 예정

- (관계인) 해당 토지의 소유자·점유자 또는 관리인



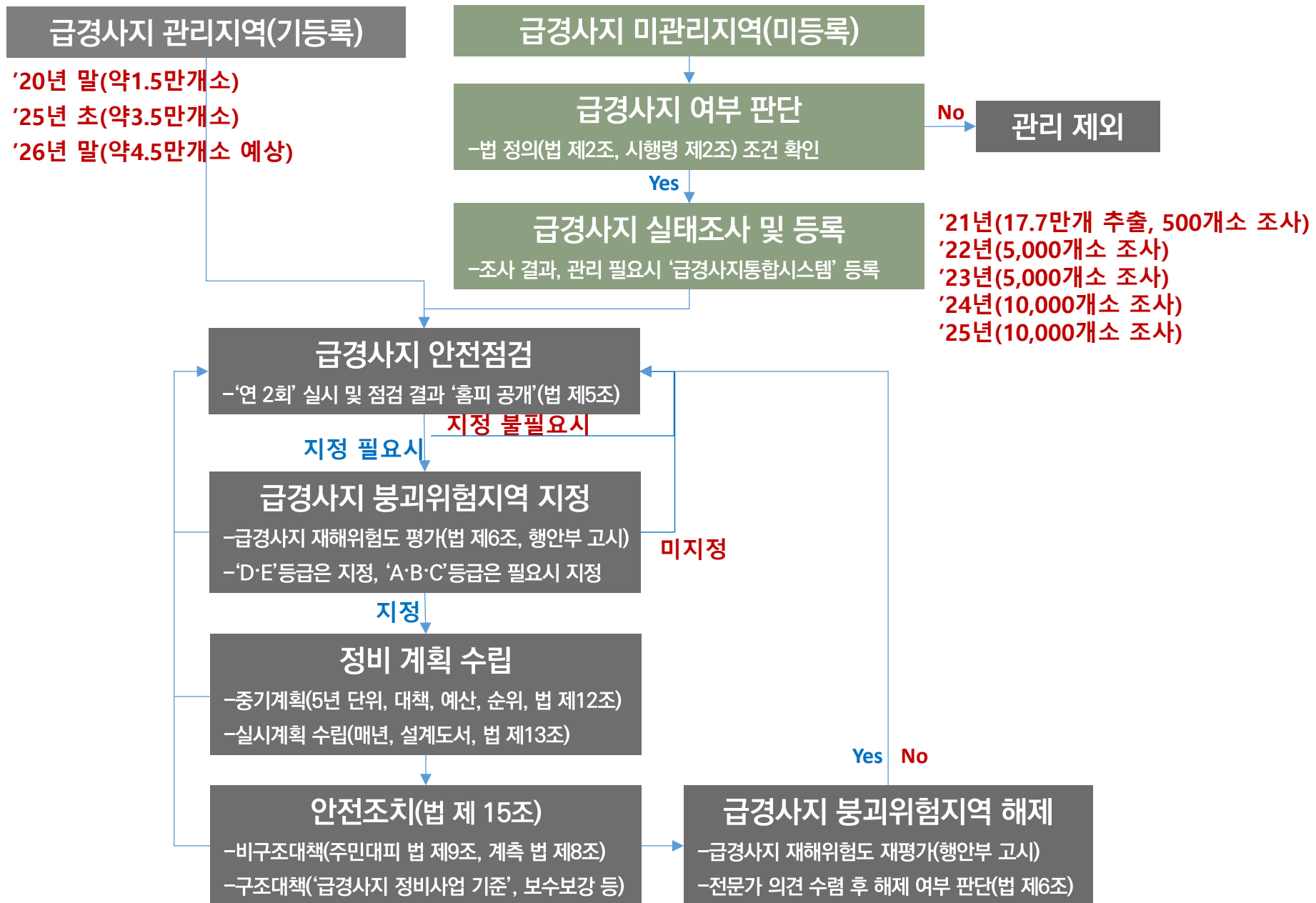
[관리기관이 있는 경우]



[관리기관이 없는 경우]

※ 다만, 시장·군수·구청장이 **붕괴위험지역으로 지정 고시한 경우, 시·군·구가 관리기관이 됨** (급경사지법 제6조제2항)

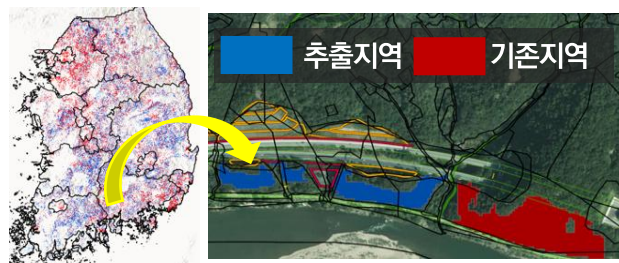
급경사지법에 따른 안전관리 체계



급경사지 실태조사 절차

❖ 행정안전부 전국 급경사지 실태조사

01 급경사지 추정 지역 도면 추출
: 242,449 개소



- 18,931개 수치지도(1:5000) DEM 구축
- 법적 기준(경사, 길이, 높이) 및 지방도와 주거지에 연접(50m)한 급경사지 추출

02 기존 관리지역 제외
: 177,308 개소



- 국토부 지역(국도, 고속도로) 제외
- 산림청(임도, 취락지역 등) 제외
- 국립공원 등 기존 관리지역 제외

03 조사 우선순위 산정
: 177,308 개소 순위



- 위험도 및 피해도를 고려, 순위 산정
- 위험도 : 재난연의 재해 민감지도 등급
- 피해도 : 건물수, 이격거리, 경사

04 현장조사(급경사지 여부 판단, 재해위험도 평가,

제2조(급경사지의 정의)

1. 지면으로부터 급경사지법 10 이상이고, 경사도가 34도 이상이며, 길이가 20미터 이상인 인공 비탈면
2. 지면으로부터 높이가 50미터 이상이고, 경사도가 34도 이상인 자연 비탈면

- 법적 기준 충족시 조사 진행
- 법적 기준 불충족시 조사 제외



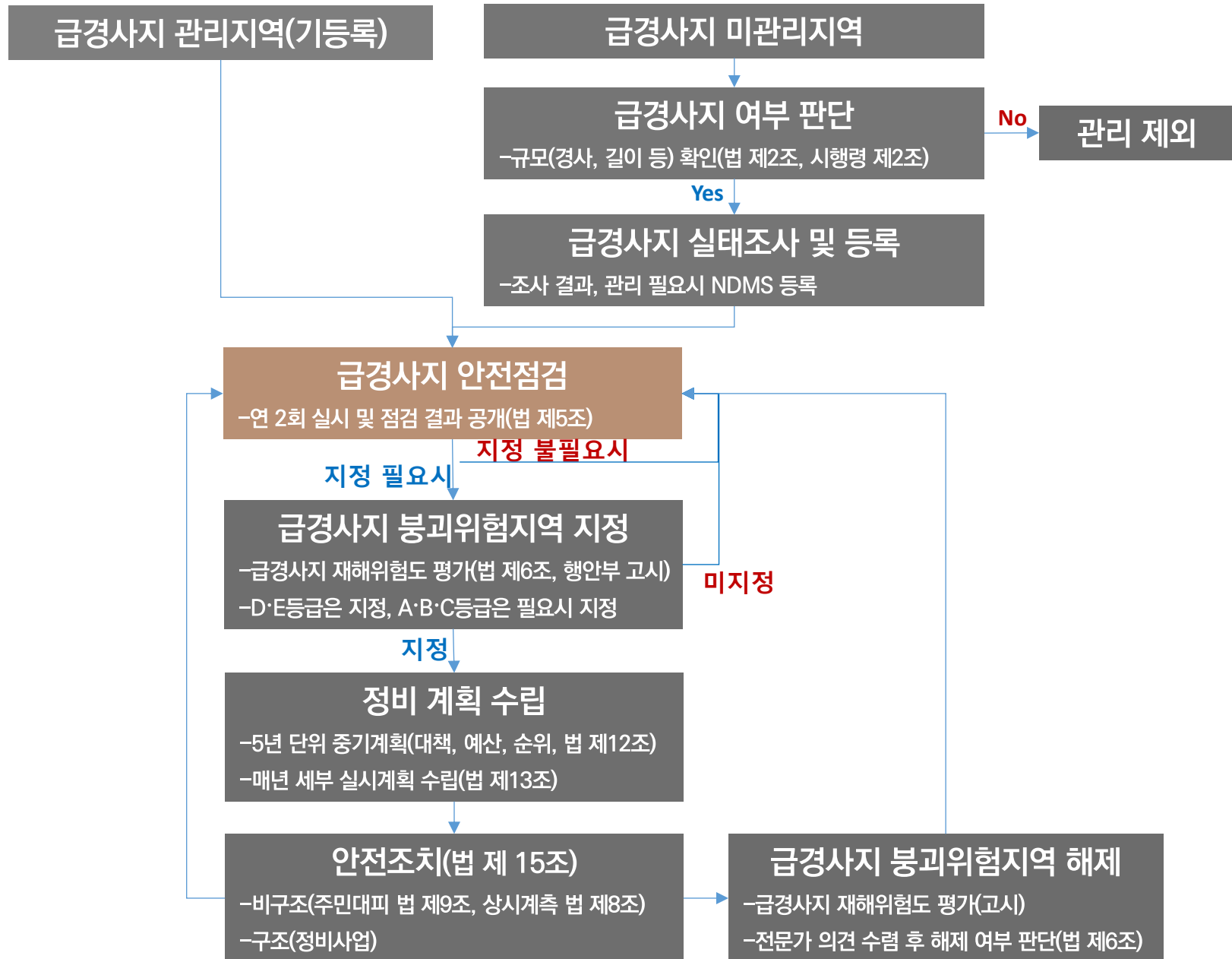
- 행안부 재해위험 평가(등급A~E 결정)
- 일제조사서(위험요소, 관리방안 등) 및 사진 촬영

05 DB 등록(시스템)

시도	시군구	읍면동	상세주소	산주소재지	주지번	부지번	재해위험도평가등급	종류
충청북도	속천군	속천읍	금구리		235	26	41-60(C등급)	중대 및 중대
충청북도	속천군	속천읍	세성리		233	1	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	5	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	6	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	7	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	8	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	9	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	10	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	11	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	12	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	13	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	14	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	15	21-40(B등급)	인공비탈면
충청북도	속천군	속천읍	죽림리		233	16	21-40(B등급)	인공비탈면

- 관리대장(HWP 파일)
- 관리대장 DB(엑셀 파일)

급경사지법에 따른 안전관리 체계



급경사지 안전점검 법적 근거

- 법 제5조(급경사지에 대한 안전점검)** ① 관리기관은 소관 급경사지에 대하여 연 2회 이상 안전점검을 실시하고, 특별자치시장·시장(「제주특별자치도 설치 및 국제자유도시 조성을 위한 특별법」 제11조제1항에 따른 행정시장을 포함한다. 이하 같다)·군수 또는 구청장(구청장은 자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다)에게 그 결과를 통보하여야 한다.
- ② 관리기관은 제1항에 따른 안전점검 결과를 해당 관리기관의 인터넷 홈페이지를 통하여 공개하여야 한다.
- ③ 제2항에 따라 공개하는 안전점검 결과의 범위, 공개 기간, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
- ④ 특별자치시장·시장·군수 또는 구청장(이하 "시장·군수·구청장"이라 한다)은 관할 구역 안에 있는 급경사지에 대하여 연 1회 이상 안전점검을 실시하되, 제1항에 따른 결과통보를 받아 붕괴 위험성이 없다고 판단하는 급경사지에 대하여는 안전점검을 생략할 수 있다.
- ⑤ 시장·군수·구청장은 제4항에 따른 안전점검의 효율성을 높이기 위하여 필요한 경우 관계 기관 및 전문가와 합동하여 안전점검을 실시할 수 있다.
- ⑥ 시장·군수·구청장은 제4항 및 제5항에 따른 점검결과를 해당 관리기관 및 해당 토지의 소유자·점유자 또는 관리인(이하 "관계인"이라 한다)에게 통보하여 안전에 필요한 조치를 취하도록 하여야 한다.

시행령 제2조의2(급경사지에 대한 안전점검 결과의 공개)

관리기관은 법 제5조제2항에 따라 다음 각 호의 사항을 포함한 안전점검 결과를 해당 관리기관의 인터넷 홈페이지에 12개월 이상 공개해야 한다.

1. 안전점검을 실시한 급경사지의 명칭 및 위치
2. 안전점검 실시기간
3. 안전점검 결과의 내용 및 조치계획
4. 그 밖에 안전점검 결과와 관련하여 행정안전부장관이 공개할 필요가 있다고 인정하는 사항

급경사지 안전점검 사례(인공비탈면)

□ 인공비탈면

점검일시	2023. 03. 02.	급경사지명	소야 N1지구
분류	인공비탈면	제원	높이 17.5m, 길이 197m, 경사 64°
점검장소	충청남도 서천군 마산면 소야리 산8-1 일원		
점검자	(소속) 한국급경사지안전협회	(직위) 전문위원	(성명)
	(소속) 한국급경사지안전협회	(직위) 조사원	(성명)

세 부 점 검 사 항	점 검 결 과(해당란에 ✓체크)				세부내용(위치, 상태 등) 및 조치계획	
	있음	없음	해당 없음			
인공 비탈면						
○ 인공비탈면의 상·하부 및 주변						
1. 인위적 훼손 및 개발(태양광 설치, 임도 설치, 밭 경작 등) 여부	☒	☐	☐	통신중계기 위치		
2. 토석류, 인장균열, 붕괴, 침하, 낙석 등의 지반 변형으로 인공비탈면의 위험성 증가	☒	☐	☐	붕괴 및 낙석 우려		
3. 하부 시설(주택, 도로 등)의 변형 및 파손	☐	☒	☐			
○ 인공비탈면						
1. 지하수 유출 여부	☐	☒	☐			
2. 인장균열 발생 여부	☐	☒	☐			
3. 지반 침하 및 융기(배수관) 발생 여부	☐	☒	☐			
4. 붕괴 발생 여부	☒	☐	☐	표층붕괴		
5. 표층유실 및 세굴 발생 여부	☒	☐	☐	유실 진행		
7. 낙석, 뜬돌 및 전도가능 수목 존재	☒	☐	☐	낙석 및 전도우려목		
비탈면 시설물(옹벽, 낙석방지책 등)						
1. 시설물 변형 여부 - 시설물 미관리(낙석 방지 등)에 따른 기능 저하	☒	☐	☐	헬스 탈락 및 결속 불량		
2. 시설물 파손 여부	☒	☐	☐	옹벽 파손		
3. 배수시설(배수관 등)의 배수기능 저하 여부	☐	☒	☐			
기 타						
○ 붕괴위험지역 표지판						
1. 붕괴위험지역 안내 표지판 설치 여부	☐	☒	☐			
2. 표지판 내 글씨 등 훼손 여부	☐	☐	☒			
○ 조기경보시스템						
1. 계측기기 파손 및 유실 여부	☐	☐	☒			
2. 계측기기 정상 작동 여부 - 계측, 모니터링 시스템, CCTV, 전광판 등	☐	☐	☒			
【기타 의견】						
- 암반비탈면이며 낙석방지울타리 시공되어 있음						
- 종점부 표층붕괴 구간 내 헬스 탈락 및 결속 불량, 유실을 적치, 전도우려목 관찰됨						
- 암탈락 및 추가 유실이 우려되는 대상으로 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요함						



시점부

종점부



표층붕괴지

암탈락 우려

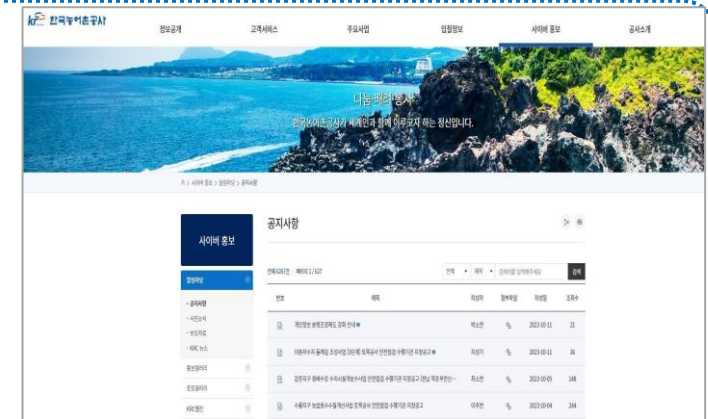


옹벽 파손

헬스 결속 불량

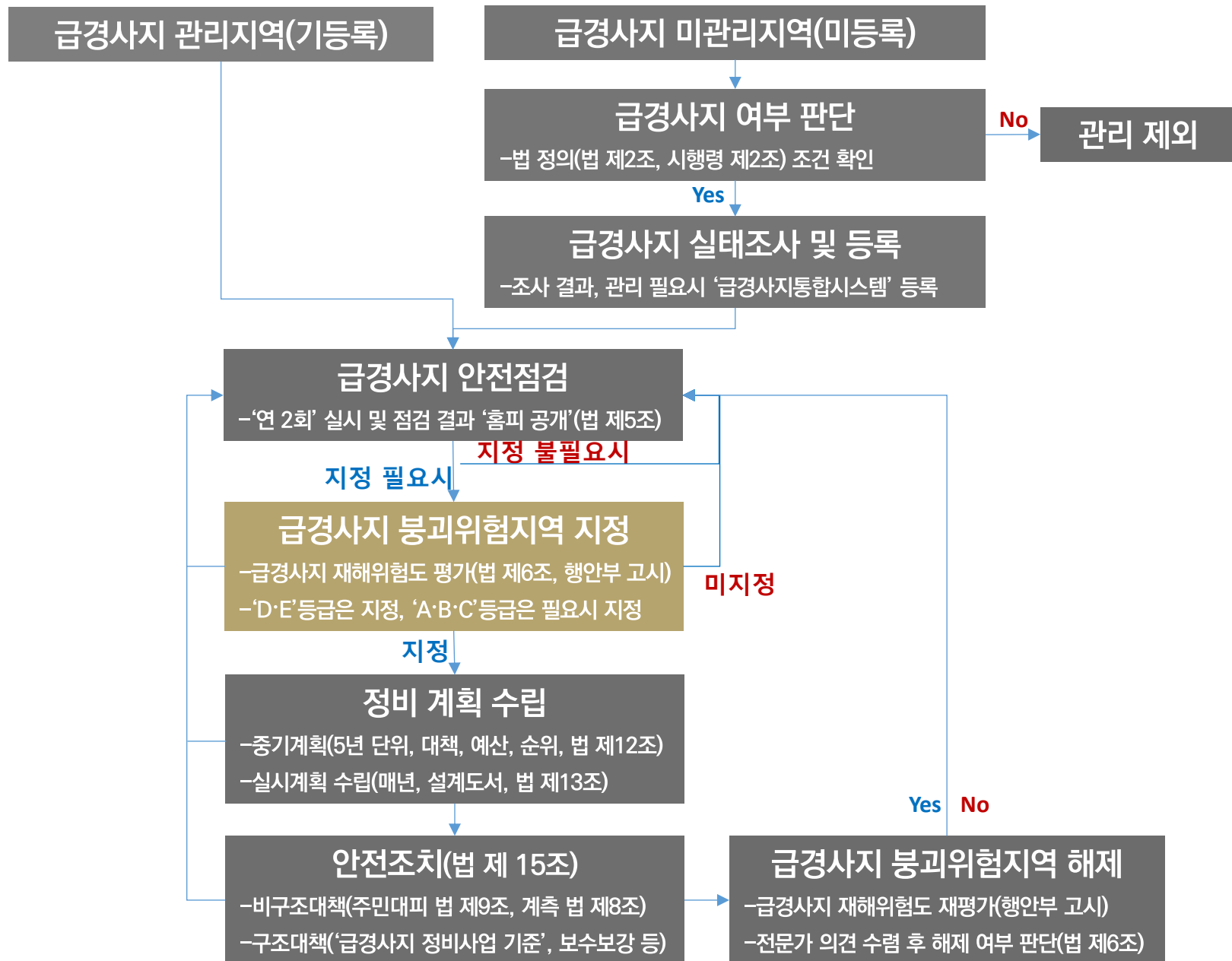
급경사지 안전점검 주기 및 후속조치

- ✓ 해빙기 점검 및 우기대비 점검 실시(연 2회)
 - 2.22 ~ 4.16 : 해빙기 점검(전수 점검)
 - 6.01 ~ 10.15 : 우기대비 안전점검(전수 점검)
 - 전문가 활용 안전점검, **결과는 관리기관 홈페이지에 공개**



- ✓ 보수·보강 등 후속조치
 - (현장조치) 방수포, 전도목 제거, 배수로 정비 등 현장에서 즉시 조치
 - (보수·보강) 점검결과 시설물의 보수 보강 등을 통해 기능 확보 등
 - (정밀안전진단) 원인 조사, 대책공법, 예산 산정, 중기계획 또는 실시계획 수립시 활용
 - ※ 정밀안전진단은 시특법 시설에 적용, '급경사지 정비사업 기준(행안부)'에 따라 정밀조사 실시
 - (긴급안전조치) 재난방지를 위해 사용제한, 위험구역 설정, 대피명령 등
- ✓ 이력관리 및 현행화
 - (시스템 관리 및 현행화) 결과 등은 급경사지통합시스템에 입력, DB 및 관리카드 현행화

급경사지법에 따른 안전관리 체계



급경사지 붕괴위험지역 지정 및 변경 절차

구 분 (주체)	지정 절차	비 고
급경사지 선정 (관리기관)	- 급경사지 대상지 선정 - 급경사지 일제조사서에 따라 현장조사 실시	안전점검, 재해발생, 민원 또는 관리기관의 필요 등에 의해 선정
재해위험도 평가 (관리기관)	- 재해위험도 평가기준에 따라 현장평가 실시 - 급경사지의 높이, 경사도, 붕괴이력 등 붕괴위험성 - 주변 환경, 공공시설 등과의 거리 등 사회적 영향 - 재해위험도 등급(A, B, C, D, E) 설정	관할공무원 및 전문가 평가 실시
주민의견수렴 (관리기관)	- 주민의 의견을 수렴, 관계인에게 통보 - 붕괴위험지역으로 지정될 범위 - 붕괴위험지역에서 제한되는 행위 또는 금지사항 - 붕괴위험지역에 대한 정비계획	관계인(해당 토지의 소유자·점유자 또는 관리인)에게 관할 구역의 공보 등을 통해 공고
붕괴위험지역 지정·고시요청 (관리기관)	- 지정 요청시 구비서류 - 붕괴위험지역의 위치 및 현황 - 붕괴위험지역으로 지정 요청하는 사유 - 재해위험도평가 결과보고서(전문가 의견 포함) - 붕괴위험지역 주민의견 수렴 결과보고서	관리기관이 지자체인 경우 내부결재로 같음
붕괴위험지역 지정 (사군구청장)	- 급경사지 붕괴위험지역 지정 - 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장은 관리기관의 지정 요청시 구비서류를 검토 후 지정	시장·군수·구청장은 특별한 사유가 없는 한 즉시 이를 지정·고시, 필요시 지정 과정 중 전문가 검토 포함
붕괴위험지역 고시 (사군구청장)	- 급경사지 붕괴위험지역 고시사항 - 붕괴위험지역의 위치, 관리기관 - 붕괴위험지역 급경사지의 현황 - 붕괴위험지역 지정 사유 - 붕괴위험지역 지정 일자	붕괴위험지역의 지형도면 비치(축척 5,000분의 1 이상)
관리 (관리기관)	- 체계적 관리방안 마련 - 정비계획 수립, 주민대피, 행위협약, 위험표지 등	

구 분 (주체)	변경 절차	비 고
변경 상황 발생	변경 대상지 선정	보수, 보강 등에 의해 지정 결과를 변경해야 하는 경우
재해위험도 재평가 (관리기관)	- 재해위험도 평가기준에 따라 현장평가 재실시 - 급경사지의 높이, 경사도, 붕괴이력 등 붕괴위험성 - 주변 환경, 공공시설 등과의 거리 등 사회적 영향 - 재해위험도 등급(A, B, C, D, E) 변경 - 해제 또는 등급 변경사유 검토	변경 요건에 따라 관할공무원 및 전문가 평가 실시
주민의견 수렴 (관리기관)	- 주민의 의견을 수렴, 관계인에게 통보 - 재해위험도 재평가 결과 - 해제 또는 등급 변경 사유 통보	관계인(해당 토지의 소유자·점유자 또는 관리인)에게 관할 구역의 공보 등을 통해 공고
붕괴위험지역 지정사항 변경요청 (관리기관)	- 지정사항 변경 요청시 구비서류 - 붕괴위험지역의 위치 및 현황 - 붕괴위험지역으로 지정사항을 변경 요청하는 사유 - 재해위험도평가 결과보고서(전문가 의견 포함) - 붕괴위험지역 변경 주민의견 수렴 결과보고서	관리기관이 지자체인 경우 내부결재로 같음
붕괴위험지역 변경 (사군구청장)	- 급경사지 붕괴위험지역 지정사항 변경 - 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장은 관리기관의 변경 요청시 구비서류를 검토 후 변경	시장·군수·구청장은 특별한 사유가 없는 한 즉시 이를 변경·고시, 필요시 지정 과정 중 전문가 검토 포함
붕괴위험지역 변경 고시 (사군구청장)	- 급경사지 붕괴위험지역 변경 고시사항 - 붕괴위험지역의 위치, 관리기관 - 붕괴위험지역 급경사지의 현황 - 붕괴위험지역 변경 사유 - 붕괴위험지역 변경일자	붕괴위험지역의 변경사항 지형도면 비치(축척 5,000분의 1 이상)

급경사지 재해위험도 평가기준

제1조(목적) 이 고시는 「급경사지 재해예방에 관한 법률 시행령」 제3조제3항에 따른 행정안전부장관에게 위임된 급경사지 재해위험도 평가 시 고려할 사항에 대한 구체적 기준을 정하고 운영에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(적용범위) 「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제2조제5호에서 규정한 '관리기관'이 소관 급경사지에 대하여 같은 법 제6조제1항과 제2항에 따른 급경사지 붕괴위험지역으로 지정·고시를 하기 위해 재해위험도를 평가할 경우에 적용한다.

제3조(등급의 분류 및 평가점수) ① 급경사지의 유형별 '재해위험도 평가등급, 평가점수 및 내용'은 별표 1과 같다.
② 재해위험도 평가를 실시한 결과, D등급 또는 E등급에 대해서는 붕괴위험지역으로 지정·고시하여 관리한다.
다만, D등급 또는 E등급이 아니더라도 해당 급경사지의 지역 여건 등에 따라 붕괴 시 인명피해가 우려되어 지속적인 안전점검 등이 필요한 경우에 붕괴위험지역으로 지정·고시하여 관리할 수 있다.

제4조(평가방법 등) ① 급경사지 관리기관 담당자와 관계 전문가는 자연 비탈면 및 산지, 인공 비탈면, 옹벽 및 축대에 대하여 제5조에 따른 유형별 '재해위험도 평가표'를 활용하여 평가하여야 한다.
② 재해위험도 평가를 위하여 필요할 경우 관계 전문가는 직접 사면안정성 및 평사투영도 해석 등 기술적인 분석을 활용한 구체적인 재해위험도 평가를 실시할 수 있다. 다만, 이 경우에도 평가점수 산정은 이 규정을 준수하되 관계 전문가의 구체적인 재해위험도 평가 결과를 붕괴위험지역 지정·고시에 포함할 수 있다.
③ 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제9조에 따라 등록된 안전진단전문기관에게 정밀점검 또는 정밀안전진단을 실시한 경우에는 그 결과를 붕괴위험지역 지정·고시에 포함할 수 있다.
④ 자연비탈면 또는 산지, 인공비탈면, 옹벽 및 축대 등이 함께 존재하는 급경사지는 각각의 유형별로 재해위험도 평가를 실시하고, 평가 결과 중 위험성이 높은 등급으로 관리하며, 비탈면의 횡단면 평가 시 재해위험도는 위험한 단면으로 평가한다.

제5조(유형별 재해위험도 평가표) 급경사지의 유형별 '재해위험도 평가표'는 별표 2부터 별표 4까지와 같다.

급경사지 재해위험도 평가기준(행안부 고시)

[별표 1] 등급별 평가점수 및 내용

등급	재해위험도 평가점수			재해위험도	관리방안
	자연비탈면 또는 산지	인공 비탈면	옹벽 및 축대		
A	0 ~ 20	0 ~ 20	0 ~ 20	· 재해위험 매우 낮음	· 정기적 안전점검
B	21 ~ 40	21 ~ 40	21 ~ 40	· 재해위험 낮음	· 정기적 안전점검
C	41 ~ 60	41 ~ 60	41 ~ 60	· 재해위험 보통	· 정기적 안전점검 · 필요시 붕괴위험지역 지정·관리
D	61 ~ 80	61 ~ 80	61 ~ 80	· 재해위험 높음	· 정기적 안전점검 · 붕괴위험지역 지정·관리
E	81 이상	81 이상	81 이상	· 재해위험 매우 높음	· 정기적 안전점검 · 붕괴위험지역 지정·관리 · 필요시 응급조치

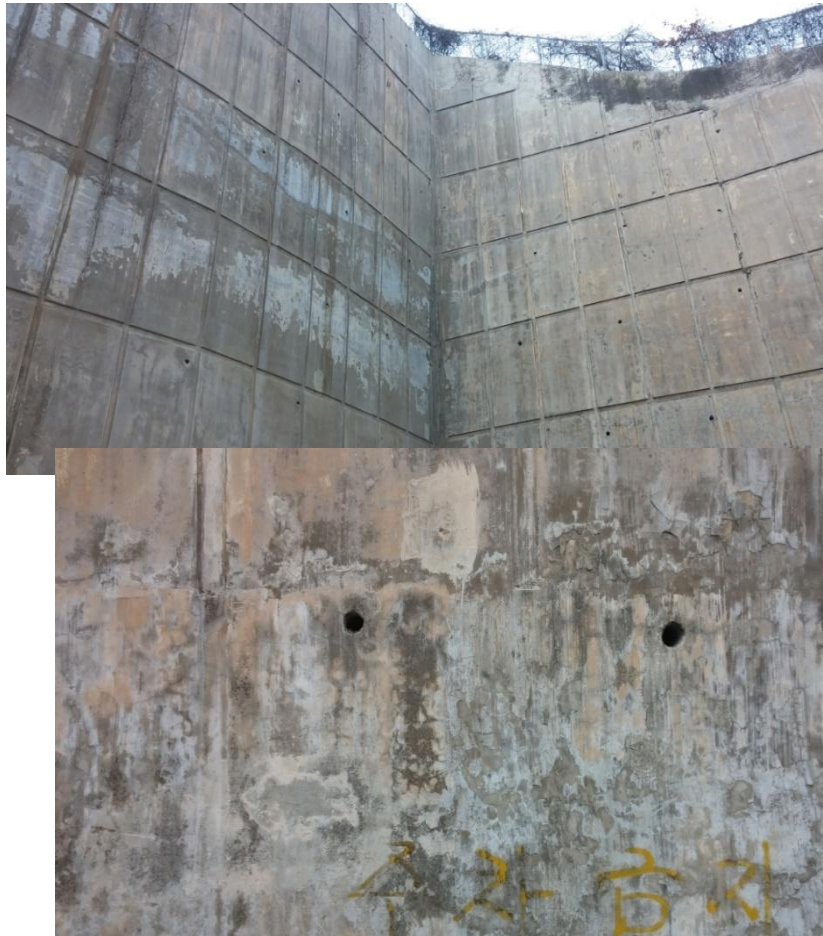
급경사지 피해 현황

- ◆ 최근 3년간('18~'20년) 급경사지에서 총 226건 피해 발생
 - (연도별) 장마기간이 길었던 '20년에 208건(92%)으로 가장 많이 발생
 - (등급별) C등급이 138건으로 전체의 61% 차지
 - * A등급 7건(3%), B등급 50건(22%), D등급 31건(14%)
- ◆ 최근 3년 동안 인명피해는 없으며, 재산피해는 75억원
 - * ('18년) 1.37억원 ('19년) 9.15억원 ('20년) 64.8억원

(단위 : 개소, 건)

구 분	계 (피해 현황)	'18년		'19년		'20년	
		급경사지	피해현황 (붕괴위험 지역)	급경사지	피해현황 (붕괴위험 지역)	급경사지	피해현황 (붕괴위험 지역)
계	226(32)	14,325	10(7)	15,075	8(2)	15,732	208(23)
A등급	7	778	1	918	-	1260	6
B등급	50	6,221	2	7,086	1	7,419	47
C등급	138	6,117	1	5,852	5	5,969	132
D등급	31	1,664	6	1,170	2	1,055	23
E등급	-	45	-	49	-	29	-

급경사지 재해위험도 평가 사례



<붕괴 전 옹벽 사진>



<붕괴 후 옹벽 사진>

- 2015년 광주 대화아파트 옹벽 붕괴, 차량 30여대 매몰(붕괴 전 B등급 판정)
- 인위적 원인 이외에도 강우, 온도, 지질 등의 영향으로 시설물의 노후화가 빠르게 진행

급경사지 붕괴위험지역 지정 및 변경 절차

구 분 (주체)	지정 절차	비 고
급경사지 선정 (관리기관)	- 급경사지 대상지 선정 - 급경사지 일제조사서에 따라 현장조사 실시	안전점검, 재해발생, 민원 또는 관리기관의 필요 등에 의해 선정
재해위험도 평가 (관리기관)	- 재해위험도 평가기준에 따라 현장평가 실시 - 급경사지의 높이, 경사도, 붕괴이력 등 붕괴위험성 - 주변 환경, 공공시설 등과의 거리 등 사회적 영향 - 재해위험도 등급(A, B, C, D, E) 설정	관할공무원 및 전문가 평가 실시
주민의견수렴 (관리기관)	- 주민의 의견을 수렴, 관계인에게 통보 - 붕괴위험지역으로 지정될 범위 - 붕괴위험지역에서 제한되는 행위 또는 금지사항 - 붕괴위험지역에 대한 정비계획	관계인(해당 토지의 소유자·점유자 또는 관리인)에게 관할 구역의 공보 등을 통해 공고
붕괴위험지역 지정·고시요청 (관리기관)	- 지정 요청시 구비서류 - 붕괴위험지역의 위치 및 현황 - 붕괴위험지역으로 지정 요청하는 사유 - 재해위험도평가 결과보고서(전문가 의견 포함) - 붕괴위험지역 주민의견 수렴 결과보고서	관리기관이 지자체인 경우 내부결재로 같음
붕괴위험지역 지정 (사군구청장)	- 급경사지 붕괴위험지역 지정 - 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장은 관리기관의 지정 요청시 구비서류를 검토 후 지정	시장·군수·구청장은 특별한 사유가 없는 한 즉시 이를 지정·고시, 필요시 지정 과정 중 전문가 검토 포함
붕괴위험지역 고시 (사군구청장)	- 급경사지 붕괴위험지역 고시사항 - 붕괴위험지역의 위치, 관리기관 - 붕괴위험지역 급경사지의 현황 - 붕괴위험지역 지정 사유 - 붕괴위험지역 지정 일자	붕괴위험지역의 지형도면 비치(축척 5,000분의 1 이상)
관리 (관리기관)	- 체계적 관리방안 마련 - 정비계획 수립, 주민대피, 행위협약, 위험표지 등	

구 분 (주체)	변경 절차	비 고
변경 상황 발생	변경 대상지 선정	보수, 보강 등에 의해 지정 결과를 변경해야 하는 경우
재해위험도 재평가 (관리기관)	- 재해위험도 평가기준에 따라 현장평가 재실시 - 급경사지의 높이, 경사도, 붕괴이력 등 붕괴위험성 - 주변 환경, 공공시설 등과의 거리 등 사회적 영향 - 재해위험도 등급(A, B, C, D, E) 변경 - 해제 또는 등급 변경사유 검토	변경 요건에 따라 관할공무원 및 전문가 평가 실시
주민의견 수렴 (관리기관)	- 주민의 의견을 수렴, 관계인에게 통보 - 재해위험도 재평가 결과 - 해제 또는 등급 변경 사유 통보	관계인(해당 토지의 소유자·점유자 또는 관리인)에게 관할 구역의 공보 등을 통해 공고
붕괴위험지역 지정사항 변경요청 (관리기관)	- 지정사항 변경 요청시 구비서류 - 붕괴위험지역의 위치 및 현황 - 붕괴위험지역으로 지정사항을 변경 요청하는 사유 - 재해위험도평가 결과보고서(전문가 의견 포함) - 붕괴위험지역 변경 주민의견 수렴 결과보고서	관리기관이 지자체인 경우 내부결재로 같음
붕괴위험지역 변경 (사군구청장)	- 급경사지 붕괴위험지역 지정사항 변경 - 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장은 관리기관의 변경 요청시 구비서류를 검토 후 변경	시장·군수·구청장은 특별한 사유가 없는 한 즉시 이를 변경·고시, 필요시 지정 과정 중 전문가 검토 포함
붕괴위험지역 변경 고시 (사군구청장)	- 급경사지 붕괴위험지역 변경 고시사항 - 붕괴위험지역의 위치, 관리기관 - 붕괴위험지역 급경사지의 현황 - 붕괴위험지역 변경 사유 - 붕괴위험지역 변경일자	붕괴위험지역의 변경사항 지형도면 비치(축척 5,000분의 1 이상)

급경사지 붕괴위험지역 위험표지 설치

- 관리기관은 붕괴위험지역에 위험을 알리는 표지를 설치하고, 붕괴위험지역 내 사람들의 눈에 잘 띄는 곳에 적정수의 표지판 설치하여야 함
- 누구든지 위험표지를 설치한 자의 허락없이 이전 또는 훼손해서는 안 됨

표지판 설치 요령

- 규격 : 표지판(가로 1.2m x 세로 1m), 현장 여건을 고려하여 기둥없이 설치 가능. 다만, 기둥을 설치하려는 경우에는 기둥의 지름을 10cm이상으로 함
- 재질 : 표지판과 기둥 모두 철이나 알루미늄 또는 이와 유사한 재질
- 색상 : 바탕(표지판, 기둥) 노랑색 / 글씨(검정색으로 하되, "붕괴위험지역"은 빨강색)/ 야간에도 잘 보일 수 있도록 제작



- 붕괴위험지역에 1개소 이상 설치, 도로의 경우 상행 하행 고려 2개 설치 바람직
- 훼손, 위치 오류 또는 노후화 등으로 보수 필요

급경사지 붕괴위험지역 지정 해제 조건

법 제6조(붕괴위험지역의 지정 등) ① 관리기관은 소관 급경사지에 대하여 제5조에 따른 안전점검을 실시하여 붕괴위험지역으로 지정할 필요가 있는 때에는 재해위험도평가와 주민의견 수렴절차를 거쳐 그 지역을 관할하고 있는 시장·군수·구청장에게 붕괴위험지역의 지정을 요청하고, 그 요청을 받은 시장·군수·구청장은 특별한 사유가 없는 한 즉시 이를 지정·고시하여야 한다. 이를 변경하는 때에도 또한 같다.

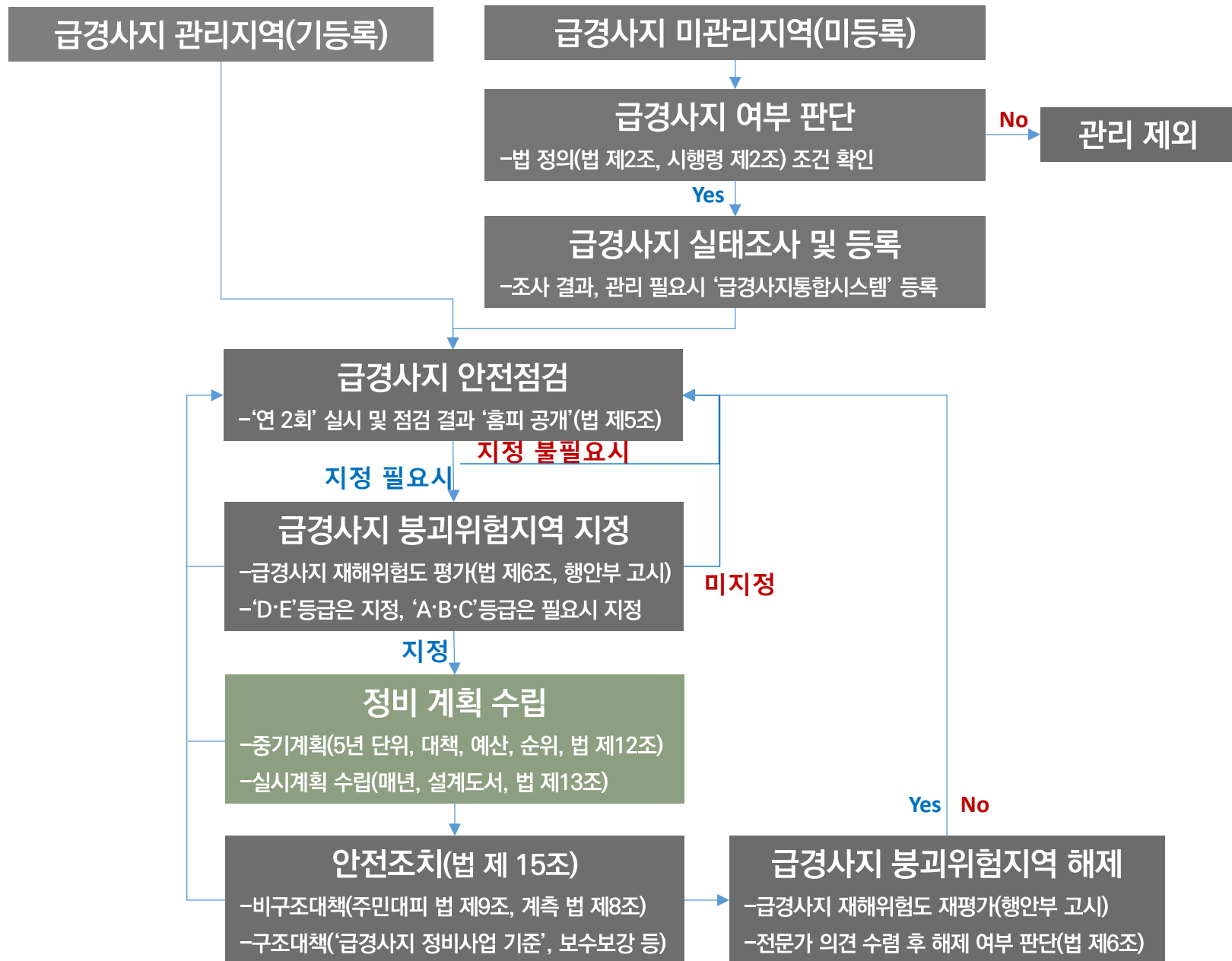
⑦ 시장·군수·구청장은 붕괴위험지역 정비사업 시행 등으로 재해위험이 해소된 경우에는 관계 전문가의 의견을 수렴하여 붕괴위험지역 지정을 해제하고 그 결과를 고시하여야 한다.

【해제시 고려사항 제안(급경사지 관리 실무편람)】

1. 정비사업 또는 비탈면 제거 등 위험성이 해소되어 인명피해 가능성이 완전히 없는 경우
2. 집중호우나 태풍을 1회 이상 견디고, 피해가 없는 경우
3. 전문가의 “급경사지 재해위험도 평가” 실시 후 안전한 등급(A, B, C)으로 변경
4. 전문가의 검토의견서(해제 가능 여부 판단)

👉 ‘붕괴위험지역’ 해제 후에도 ‘급경사지’로서 지속 안전관리 필요(해제 ≠ 등록 삭제)

급경사지법에 따른 안전관리 체계



급경사지 정비 중기계획 수립

정비 중기계획

- 붕괴위험지역으로 지정된 급경사지의 정비를 위해 **관리기관**은 5년마다 붕괴위험지역 **정비 중기계획**을 수립하여 정비사업 추진

정비 중기계획 포함

- 정비대상 급경사지의 기본 현황
 - 정비대상 급경사지의 붕괴 및 피해 현황
 - 정비대상 급경사지의 **보수·보강 방안**
 - 정비에 필요한 **예산 사업비**
 - **연도별 정비계획(우선순위)**
 - 그 밖에 안전관리에 필요한 사항
- ☞ **시특법의 정밀안전진단이 아닌 급경사지법에 따른 급경사지 정밀조사 실시 필요**

정비 중기계획 수립

관리기관



시장·군수·구청장



시·도지사



행정안전부장관

과도한 예산과 근원적 위험해소가 어려울 경우 주민의견수렴 하여 이주대책 수립

급경사지 정밀조사

1.1 개요

- (1) '급경사지 정밀조사'는 「급경사지법」 제12조에 따라 정비 중기계획 수립 시 시행하여야 하며, 같은법 시행령 제6조에 따라 기본 현황, 붕괴 및 피해 발생 현황, 보수·보강 방안, 정비에 필요한 예상 사업비를 조사하여야 한다.
- (2) 정비 중기계획 수립 시 '급경사지 정밀조사'를 실시하지 못한 경우에는 실시설계 단계에서 수행할 수 있다.

대상지 선정 (관리기관)	- '안전점검' 및 '재해위험도 평가'를 통해 선정된 위험 급경사지 또는 피해가 발생한 급경사지 등 관리기관에서 정비사업이 필요하다고 인정하는 급경사지
정밀조사 수행 (전문기관)	- 급경사지의 기본 현황 - 급경사지의 붕괴 및 피해 발생 현황 - 급경사지의 보수·보강 방안 - 급경사지의 정비에 필요한 예상 사업비
정비 중기계획 수립 (관리기관)	- '급경사지 정밀조사' 결과를 바탕으로 급경사지별·연도별 정비 계획 및 그 밖의 정비사업 시행에 필요한 사항 등 '정비 중기계획' 수립

그림 3.1 급경사지 정밀조사 절차도

- (3) '급경사지 정밀조사'는 해당 급경사지 관리현황, 일반현황, 위험성 및 피해도에 대한 조사 및 분석을 실시하여 해당 급경사지의 안정성 확보를 위한 보수·보강공법과 예산의 효율성을 확보할 수 있는 예상 사업비를 제시하여야 하며, 조사 결과를 통하여 중기계획 또는 실시계획(실시설계) 수립 시 활용하여야 한다.
- (4) '급경사지 정밀조사'를 통해 '정비 중기계획'의 보수·보강공법 및 예상 사업비가 수립됨에 따라 조사 결과의 신뢰성을 확보하여야 하며, 이를 위해 「급경사지법」에 따른 공신력 있는 전문기관을 활용하여 조사하여야 한다.

표 3.1 급경사지 정밀조사 조사 항목

항목		내용
기본 현황	관리현황	관리기관, 붕괴위험지역 지역 지정 여부 등
	일반현황	위치, 제원 등
붕괴 및 피해 발생 현황	지형 특성	주변 지형(산악, 준산악, 구릉, 평지 등), 대상 급경사지 종·횡단 형상, 상부자연비탈면 지형 현황, 계곡부(길이, 폭 등) 등
	지반 특성	구조(암반, 토사 등), 토층심도, 지반상태(표층유실, 인장균열 등), 토석류 등
	지질 특성	암종, 풍화, 이완암, 낙석, 뜬돌, 불연속면(방향, 경사, 연장, 간격 등) 등
	수리 특성	지하수, 지표수, 집수지형 등
	산림 특성	식생, 수목 기울어짐 등
	시설물 특성	시공된 공법의 종류 및 상태 등
	붕괴 특성	유형, 위치, 규모, 이력 등
	피해 특성	유형, 범위, 피해 가능성 등
	현황도	지반·지질 특성 현황도(face mapping) 작성
보수보강 방안 수립	재해위험도 평가	등급 산정
	안정해석	평사투영해석, 한계평형해석, 낙석시뮬레이션, 토석류시뮬레이션 중 선택
	구조대책	급경사지 안정성 확보를 위한 보호·보강공법(시공 가능성 확인) 등 제시
	비구조대책	상시계측관리, 예·경보, 이전, 유지관리 방안 등 제시
예상 사업비	보수보강 모식도	현황도 기반 구조대책 및 비구조대책의 위치, 규모 등 작도
	정비사업 예산 산출	구조 및 비구조 대책에 대한 효율적인 예상 사업비 제시
기타 및 선택사항		지반조사(시추, 물리탐사 등), 토질실험, 비파괴시험, 드론 측량 등 급경사지 현장상황에 따라 필요시 추가

정비사업 우선순위 : 개요

- 투자우선순위 선정은 급경사지의 붕괴 발생 확률과 관련된 지수인 “위험도”와 붕괴시 예상되는 피해정도와 관련된 “피해도”의 합산 점수로 구성된다.
- 두 점수의 합산으로 급경사지에 대한 최종 점수가 결정되며, 예산의 효율적인 활용을 위해 **점수가 높은 급경사지부터 순차적인 정비**가 이루어지는 것이 원칙이다.
- 정밀조사 수행 현장 및 과거 미보강 현장에 대한 투자우선순위를 산출하고 **투자우선순위 결과에 대한 관리기관의 지속적인 피드백 작업을 수행**하여 최종 결과를 결정한 후 투자 결정 현장에 대해 관리기관에서 실시설계를 시행한다.
- 평가항목은 **기본평가와 부가적(정책적)평가 항목으로 구성**된다.

구 분		평가 항목
기본 평가항목 (1차)	재해위험도	해당 붕괴위험지역의 재해위험도(해당 붕괴위험지역의 지정 등급을 기준함)
	시민불편도	해당 붕괴위험지역의 사업지역 현황
부가적 평가항목 (2차)	지속성	해당 사업에 대한 민원발생여부
	정책성	해당 사업에 대한 예산확보 가능성 및 자치단체의 의지
	계획성	실시설계, 보상협의 등의 행정사항 추진 여부

우선순위 결정 절차

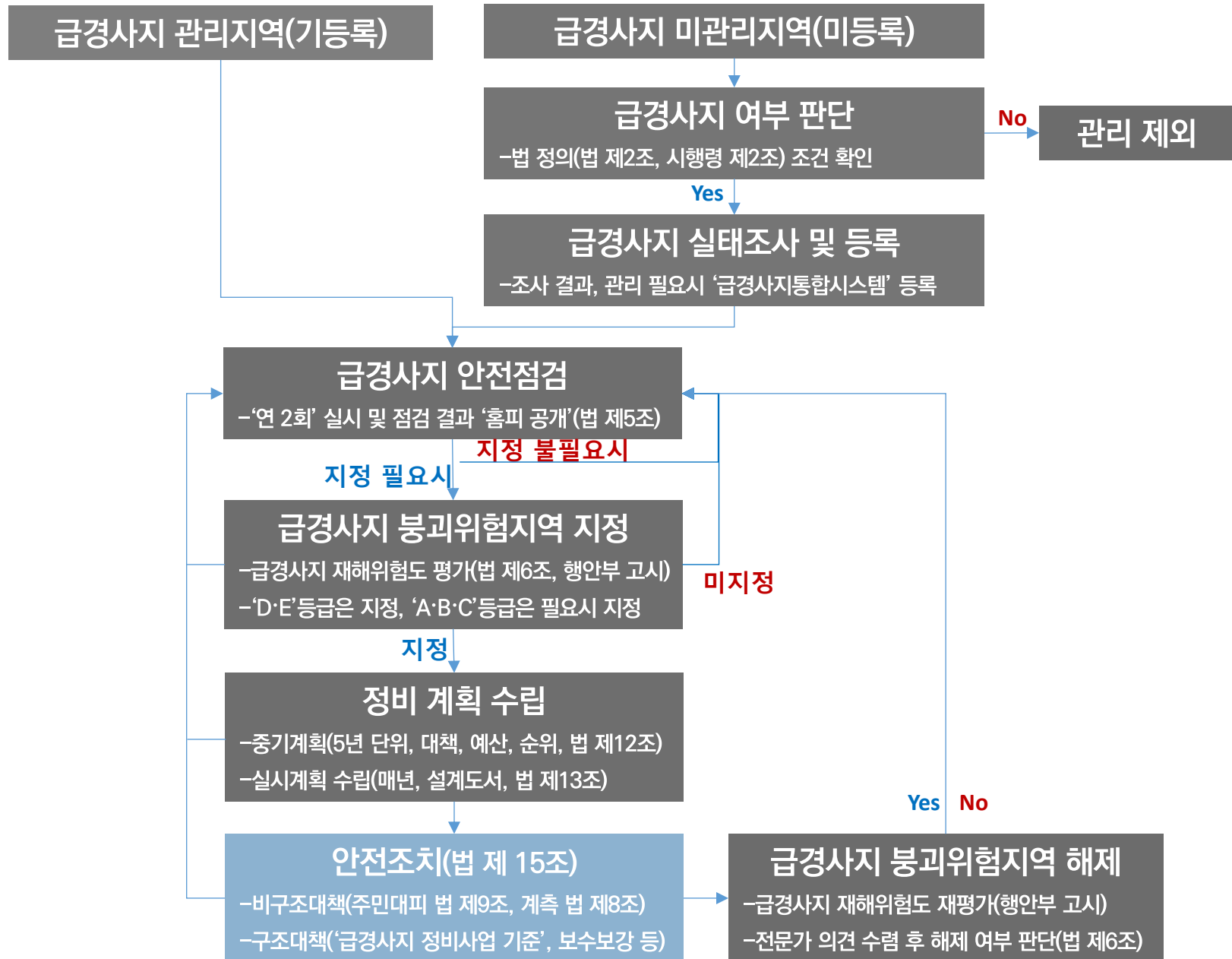
기본평가 및
부가적평가

우선순위 초안 설정

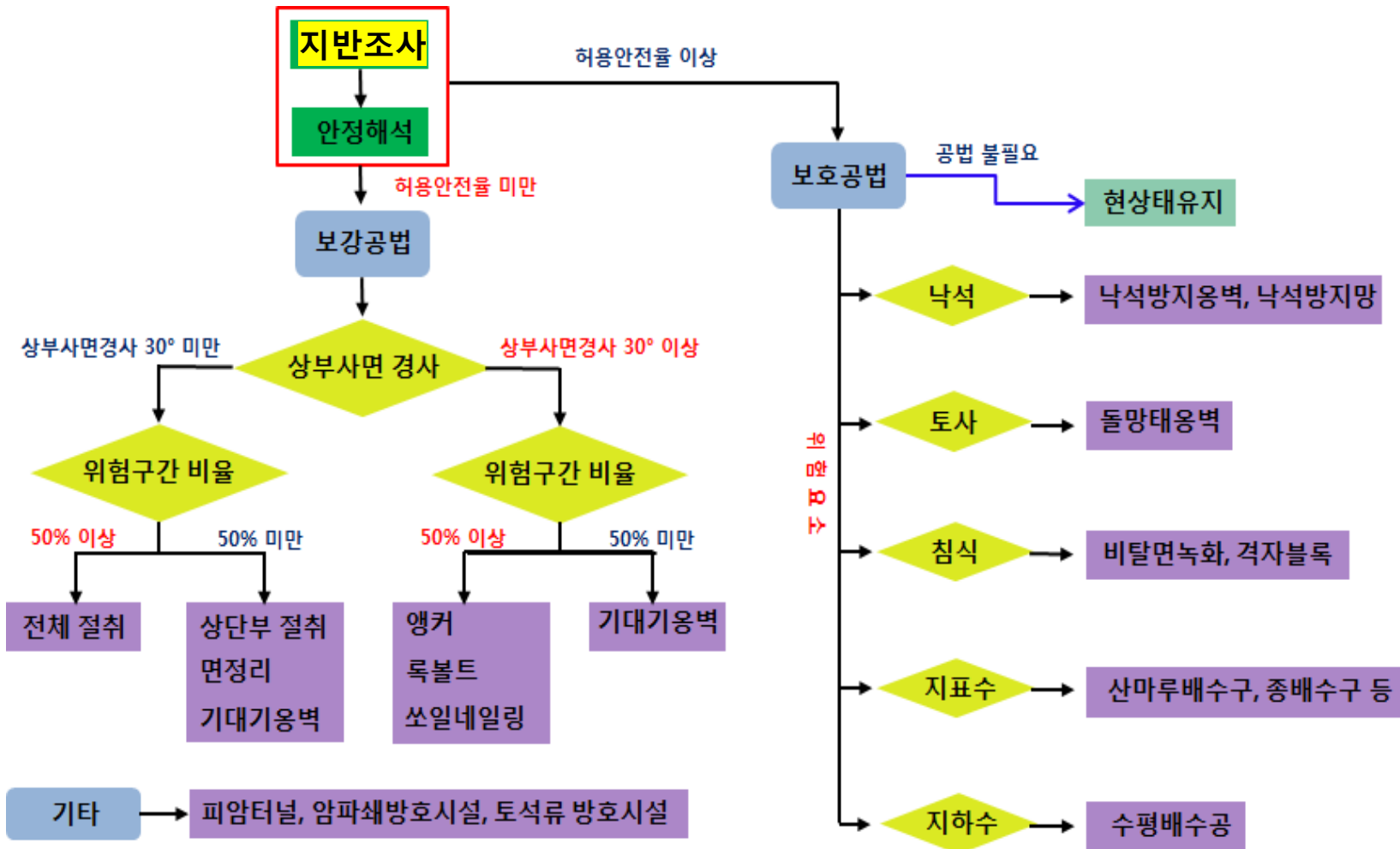
우선순위 조정(3회)

최종 순위 결정

급경사지법에 따른 안전관리 체계



구조적 대책(보수 및 보강)



<공법 결정 체계 사례 : 이론적인 사항으로 현장상황에 맞도록 공법 결정>

비구조적 대책(주민대피)

주민대피 관리기준 : 강우, 계측, 성상

- 주체 : 특별자치시장·시장·군수·구청장

붕괴위험지역 또는 계측관리 지역에 대한 주민대피계획 수립

- 대피대상

붕괴위험지역의 상시계측결과 및 기상예보·특보 시 비탈면 성상의 변화 등으로 붕괴가 예측되어 인명피해가 우려되는 지역의 주민 등

- 대피시기

지역별 특성을 고려하여 자치단체장이 기상청 기상특보, 산림청 산사태 주의보·경보 발령 현황, 행정안전부 주민대피 관리 권고기준, 비탈면 성상에 따른 붕괴징후 등 참조 시군청장이 행정구역별 적절한 기준 설정

- 주민대피계획 수립 시 포함되어야할 사항

- 주민대피 관리 권고기준(강우, 계측, 비탈면 성상)
- 상황관리 단계별 행동요령, 대피체계
- 어린이 및 노약자, 여성 등 재해취약자 특별 대피대책
- 대피 시 안전요원 배치현황 및 비상연락 체계도
- 주거지, 도로 대피경로 및 단계별 대피장소
- 재난 발생시 즉각 대응 생활화를 위한 교육·훈련 계획
- 대피경로·대피장소 표지판 등 인식체계, 주민대피 담당자별 역할 매뉴얼
- 붕괴위험지역 강제대피를 위한 유관기관 상호협력 체계 구축
- 급경사지 상시계측관리의 계측기 및 시스템

※ 「자연재해대책법 시행령」 제30조 및 제31조에 따라 대피계획이 수립된 지역의 경우 제외할 수 있음

주민대피 관리기준

대피기준 : 강수량에 의한 주민대피 관리기준으로 주민대피 시기 결정

01 관심단계

- 비상연락망 구축 및 전파
- 예찰활동(안전점검)
- 계측유, 계측장비 점검
- 주민홍보 및 교육

02 주의단계

- 기상정보 파악 및 전파
- 비상연락망 가동
- 붕괴위험지역 인접지 거동 불편자 사전이동
- 예경보시설 긴급점거

03 경계단계

- 현장 긴급조사 및 전문기관 자원 요청
- 대피로 상태 점검 및 긴급보수
- 홍보 방송 (문자, 지역방송) 실시
- 유관기관 비상대기 협조 요청

04 심각단계

- 주민대피명령 (문자, 라디오 등)
- 긴급지원 요청 (유관기관)
- 대피물자, 인력, 장비지원
- 대피완료 후, 대피상황 NDMS 보고

비구조적 대책(상시계측관리)

상시계측관리

- 붕괴위험지역의 침하, 활동, 전도 및 붕괴를 사전에 감지하여 급경사지 붕괴사고로 인한 인명·재산 피해 방지

계측 관리

- 관리기관이 계측 및 자료관리를 **직접 수행**하거나,
- 관리기관의 전문성이 부족하다고 판단되는 경우 **전문계측업자가 대행**

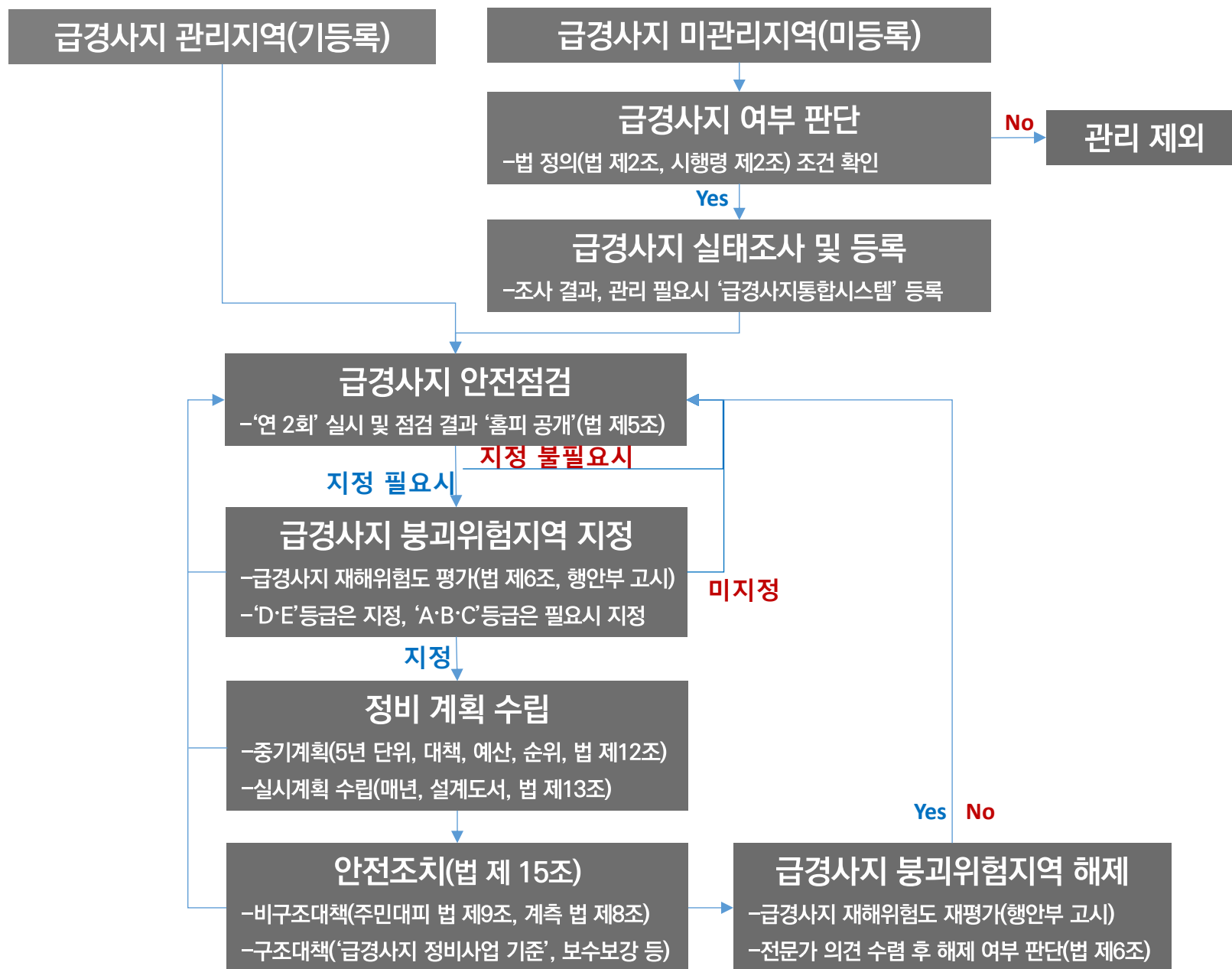
주민대피

- 시장·군수·구청장은 관리기관으로 부터 제공받은 계측자료와 자체의 계측자료를 활용하여 **긴급상황 발생 시 해당주민 대피 및 피해 최소화**

- 상시계측자료는 관리기관, 계측업자 및 시장·군수·구청장이 붕괴위험지역 해제 시 까지 보존하고 관리
- 상시계측장비 설치 시 국비 일부 보조 가능



급경사지법에 따른 안전관리 체계

정보
체계
구축

급경사지법의 정보체계 구축 관련 사항

법 제20조(급경사지에 관한 정보체제의 구축)

- ① 관계 법령에 따른 각종 인·허가등으로 급경사지를 조성한 자가 관련 사업을 준공한 때에는 준공도서를 관할 시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다.
- ② 관리기관은 관리하고 있는 급경사지의 제원(諸元)·사진·지반조사서 등의 현황자료를 그 급경사지가 위치하는 관할 시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다.
- ③ 시장·군수·구청장은 제1항 및 제2항에 따른 준공도서 및 현황자료 등과 관할 구역 안에서 시행하는 대통령령으로 정하는 규모 이상의 공사에 대한 토질조사 등의 자료를 제출받아 데이터베이스를 구축하고, 이를 필요로 하는 자에게 해당 정보를 제공하여야 한다.
- ④ 행정안전부장관은 제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 데이터베이스의 구축에 필요한 시스템을 개발·보급·운영하여야 하며, 각종 설계·시공 및 붕괴위험예측 등에 활용할 수 있는 전국단위의 지반재해위험지도를 작성하여 보급하여야 한다.
- ⑤ 제1항 및 제2항에 따라 시장·군수·구청장에게 제출하는 준공도서 및 급경사지 현황자료에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다

시행령 제11조(토질조사 등의 자료 제출)

- ① 법 제20조제3항에 따라 사업시행자가 시장·군수·구청장에게 토질조사 등의 자료를 제출하여야 하는 공사는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 공사로서 토질조사 등의 시험을 수반하는 공사를 말한다. 1. 총공사비가 5억원 이상인 토목공사(「건설산업기본법 시행령」 별표 1에 따른 토목공사를 말한다)

급경사지법의 정보체계 구축 관련 사항

시행령 제10조(준공도서 및 현황자료 제출)

① [법 제20조제1항](#)에 따라 급경사지를 조성한 자가 시장·군수·구청장에게 제출해야 하는 준공도서에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. <개정 2017. 6. 20., 2021. 1. 5.>

1. 급경사지의 **위치, 높이, 길이, 경사도 등 급경사지 일반 현황**
2. 급경사지 노출면의 지질특성, 갈라진 상태, 표면 보수·보강공법 처리 현황, 배수로 설치 상황 등을 포함한 급경사지 **준공 현황 도면**
3. 급경사지 **준공사진**

② [법 제20조제2항](#)에 따라 관리기관이 관할 시장·군수·구청장에게 제출하여야 하는 급경사지 현황자료에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. <개정 2017. 6. 20.>

1. 급경사지의 **위치, 높이, 길이, 경사도 등 일반 현황**
2. 급경사지의 **토질, 암질, 지하수, 식생상태 등 지반 정보**
3. 급경사지 **피해이력 및 보강시설**
4. 급경사지 **현황사진**

③ [법 제20조제1항](#)에 따라 **급경사지를 조성한 자는 관련 사업을 준공한 날부터 30일 이내에** 시장·군수·구청장이거나 관계 법령에 따라 각종 인·허가 등을 한 기관(이하 “인·허가기관”이라 한다)에 준공도서를 제출하여야 한다. **이 경우 준공도서를 제출받은 인·허가기관은 그 준공도서를 지체 없이 시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다.**

급경사지통합시스템

급경사지를 관리하고 계측관련 조회 할 수있는 시스템입니다.



통합상황판



침수재해통합관리시스템



가뭄재해상황관리시스템



급경사지통합시스템



통합연계관리시스템

공지사항

- 급경사지 시스템 사용자 메뉴얼 v1.2
- 침수흔적도 등록 기능 관련 메뉴얼(2022.05.04 수정본)
- 재난관리업무포털 리뉴얼 관련 침수가뭄급경사지 시스템 접속 방법
- 유관기관 사용자 로그인 안내
- 침수흔적도 갱신작업 안내
- 침수흔적발급 메뉴얼 안내

자료실

법령정보

급경사지	관리자	2022-06-10
전체	관리자	2022-04-11
전체	관리자	2021-12-29
전체	관리자	2019-11-25
침수재해	관리자	2019-11-25
침수재해	관리자	2016-09-01

사용자 콘텐츠 선택



클릭하여 콘텐츠를 선택하여 주세요

사용자 콘텐츠 선택



클릭하여 콘텐츠를 선택하여 주세요

사용자 콘텐츠 선택



클릭하여 콘텐츠를 선택하여 주세요



30th ANNIVERSARY
SINCE 1995