

제주시청 청정환경국 환경지도과 **AI** 자동화 계획서

1. 부서 현황 분석

주요 업무

- 환경오염 업소 지도·점검
- 환경 법령 위반 단속 및 처분
- 배출업소 허가 및 관리
- 환경오염 신고 처리 및 조사
- 환경 범죄 수사 및 고발
- 환경 개선 명령 및 이행 관리
- 사업장 환경 관리 지도
- 환경오염 방지시설 점검
- 환경 관련 민원 조사 및 처리
- 환경보전 협약 체결 및 관리

직원별 현재 업무 및 자동화 대상

환경지도과장 (1명)

- 현재 업무: 환경 지도·단속 총괄, 정책 수립, 대외 협력
- 자동화 대상:
 - 환경 위반 업소 현황 통합 분석
 - 환경 지도·단속 효과성 평가
 - 환경 범죄 패턴 분석 및 예방 전략
 - 환경 규제 정책 개선 방안 수립

대기환경지도팀장 (1명) + 대기환경지도팀원 (6명)

- 현재 업무: 대기오염 배출업소 지도·점검, 허가 관리
- 자동화 대상:
 - 대기오염 배출업소 자동 감시
 - 위반 업소 위험도 평가 및 우선순위 설정
 - 배출시설 허가 검토 자동화
 - 오염 방지시설 운영 상태 원격 모니터링

수질환경지도팀장 (1명) + 수질환경지도팀원 (5명)

- 현재 업무: 수질오염 배출업소 지도·점검, 폐수 관리
- 자동화 대상:
 - 폐수배출업소 실시간 감시
 - 불법 배출 자동 탐지 및 추적

- 수질오염 확산 예측 및 대응
- 폐수처리시설 효율성 분석

폐기물지도팀장 (1명) + 폐기물지도팀원 (4명)

- 현재 업무: 폐기물 처리업소 관리, 불법 투기 단속
- 자동화 대상:
 - 불법 폐기물 투기 자동 감지
 - 폐기물 처리업소 운영 상태 모니터링
 - 폐기물 이동 경로 추적 및 관리
 - 재활용률 분석 및 개선 방안

환경조사팀장 (1명) + 환경조사팀원 (4명)

- 현재 업무: 환경오염 신고 조사, 환경 범죄 수사
- 자동화 대상:
 - 환경 신고 자동 분류 및 긴급도 평가
 - 환경 범죄 패턴 분석 및 예측
 - 증거 수집 및 분석 지원
 - 환경 사고 원인 분석 자동화

2. AI 자동화 대상 업무별 계획

A. 지능형 환경오염 감시 및 단속 시스템

현재 문제점

- 대기환경지도팀 6명이 500개 배출업소 관리에 주 180시간 소요
- 수질환경지도팀 5명이 300개 배출업소 점검에 주 150시간 소요
- 24시간 연속 감시 인력 부족 및 효율성 한계
- 위반 업소 조기 발견 및 대응 지연

AI 자동화 방안

DeepSeek R1 활용:

- 실시간 환경오염 자동 감시 및 탐지
- 위반 업소 위험도 평가 및 우선순위 설정
- 오염물질 배출 패턴 분석 및 이상 감지
- 환경 위반 예측 및 사전 예방 시스템

Qwen3 Fine-tuning:

- 제주 지역 배출업소 특성 및 오염 패턴
- 업종별 환경 위반 사례 및 대응 방법
- 제주 환경 기준 및 규제 특성
- 계절별, 기상별 오염 배출 변화 패턴

구현 절차

실시간 환경감시 시스템 (4개월)

1개월차: 통합 감시 인프라 구축

- 500개 대기오염 배출업소 센서 설치
- 300개 수질오염 배출업소 모니터링 장비
- 폐기물 처리시설 및 매립장 감시 카메라
- CCTV, 드론, 위성 영상 통합 분석

2개월차: AI 기반 자동 감지 시스템

- 실시간 오염물질 농도 이상 감지
- 배출기준 초과 자동 경보 및 알림
- 불법 배출 행위 영상 분석 및 탐지
- 오염물질 확산 경로 및 영향 범위 예측

3개월차: 위험도 평가 및 우선순위 시스템

- 업소별 환경 위반 위험도 자동 평가
- 과거 위반 이력 및 현재 상태 종합 분석
- 점검 우선순위 자동 설정 및 일정 관리
- 고위험 업소 집중 감시 체계 구축

4개월차: 예측 및 예방 시스템

- 환경 위반 가능성 예측 모델
- 계절별, 업종별 위반 패턴 분석
- 사전 경고 및 예방 조치 자동 실행
- 환경개선 유도 프로그램 자동 매칭

스마트 단속 및 처분 시스템 (2개월)

1개월차: 현장 단속 효율화

- 모바일 기반 현장 점검 도구
- 위반 사항 자동 기록 및 증거 수집
- 처분 기준 자동 적용 및 처분서 생성
- 현장 안전 관리 및 보호 장비 지원

2개월차: 후속 조치 관리 시스템

- 개선명령 이행 상태 자동 모니터링
- 재위반 방지를 위한 지속 관리
- 우수 업소 인센티브 및 포상 시스템
- 환경개선 컨설팅 및 기술 지원

기대효과

- 환경 위반 발견율 200% 향상
- 단속 업무 효율성 150% 증대

- 환경 위반 재발률 70% 감소
- 24시간 연속 감시 체계 구축

B. 지능형 폐기물 관리 및 불법투기 방지 시스템

현재 문제점

- 폐기물지도팀 4명이 불법투기 단속에 주 120시간 소요
- 광범위한 지역의 불법투기 감시 한계
- 폐기물 이동 경로 추적 및 관리 어려움
- 폐기물 처리업소 운영 상태 실시간 파악 부족

AI 자동화 방안

DeepSeek R1 활용:

- 불법 폐기물 투기 자동 감지 및 추적
- 폐기물 처리 과정 실시간 모니터링
- 폐기물 이동 경로 최적화 및 관리
- 재활용률 분석 및 개선 방안 도출

구현 절차

불법투기 방지 시스템 (3개월)

1개월차: 스마트 감시 네트워크 구축

- 불법투기 다발 지역 AI 카메라 설치
- 드론 기반 광역 순찰 시스템
- 위성 영상 분석을 통한 변화 감지
- 시민 신고 앱 연계 실시간 대응

2개월차: 자동 탐지 및 대응 시스템

- 폐기물 투기 행위 자동 인식 및 경보
- 차량 번호판 자동 인식 및 추적
- 투기 폐기물 종류 및 양 자동 분석
- 긴급 대응팀 자동 출동 시스템

3개월차: 예방 및 관리 시스템

- 불법투기 위험 지역 예측 및 순찰 강화
- 폐기물 배출자 교육 및 계도 프로그램
- 적발 시 자동 과태료 부과 시스템
- 환경정화 활동 자동 계획 및 실행

폐기물 처리 통합 관리 (2개월)

1개월차: 처리업소 모니터링 시스템

- 폐기물 처리시설 운영 상태 실시간 감시
- 처리 용량 및 효율성 분석
- 환경기준 준수 여부 자동 점검
- 시설 고장 예측 및 사전 정비

2개월차: 순환경제 지원 시스템

- 재활용 가능 폐기물 자동 분류
- 재활용률 향상 방안 분석 및 제안
- 폐기물 감량 인센티브 프로그램
- 친환경 처리 기술 도입 지원

기대효과

- 불법투기 발견율 300% 향상
- 폐기물 처리 효율성 50% 개선
- 재활용률 30% 증가
- 환경정화 비용 40% 절감

C. 환경 범죄 수사 및 조사 지원 시스템

현재 문제점

- 환경조사팀 4명이 월 50건 신고 조사에 주 120시간 소요
- 환경 범죄 증거 수집 및 분석 시간 과다
- 복잡한 환경 사고 원인 규명 어려움
- 환경 신고 처리 및 분류 업무 과중

AI 자동화 방안

DeepSeek R1 활용:

- 환경 신고 자동 분류 및 긴급도 평가
- 환경 범죄 패턴 분석 및 수사 지원
- 증거 자료 자동 수집 및 분석
- 환경 사고 원인 분석 및 재발 방지

구현 절차

환경 수사 지원 시스템 (3개월)

1개월차: 신고 처리 자동화 시스템

- 환경 신고 내용 자동 분류 및 카테고리화
- 신고 긴급도 및 심각성 자동 평가
- 담당 조사관 자동 배정 및 일정 관리
- 신고자 피드백 및 진행 상황 알림

2개월차: 증거 수집 및 분석 도구

- 현장 증거 자동 수집 및 정리
- 사진, 영상, 문서 자동 분석 및 분류
- 오염물질 성분 분석 및 출처 추적
- 시간대별 사건 재구성 및 시뮬레이션

3개월차: 범죄 패턴 분석 시스템

- 환경 범죄 유형별 패턴 및 특성 분석
- 재범 가능성 예측 및 예방 조치
- 조직적 환경 범죄 네트워크 분석
- 수사 전략 및 방향 제시

환경 사고 분석 시스템 (2개월)

1개월차: 사고 원인 분석 도구

- 환경 사고 발생 메커니즘 분석
- 다양한 요인 간 상관관계 분석
- 사고 확산 시뮬레이션 및 영향 평가
- 유사 사고 사례 비교 분석

2개월차: 재발 방지 시스템

- 사고 원인별 재발 방지 대책 수립
- 업소별 맞춤형 안전 관리 방안
- 사고 위험도 사전 평가 및 예방
- 환경 안전 교육 프로그램 개발

기대효과

- 환경 신고 처리 시간 **60%** 단축
- 수사 정확도 **80%** 향상
- 환경 범죄 재발률 **50%** 감소
- 환경 사고 예방 효과 **70%** 증대

D. 배출업소 허가 및 관리 자동화 시스템

현재 문제점

- 배출시설 허가 검토에 평균 **15일** 소요
- 허가 기준 적용 및 검토 과정 복잡
- 배출업소 사후 관리 체계 미흡
- 허가 조건 이행 여부 확인 어려움

AI 자동화 방안

배출업소 허가 자동화 (2개월)

1개월차: 허가 검토 자동화

- 허가 신청서 자동 검토 및 분석
- 환경기준 적합성 자동 판정
- 허가 조건 자동 생성 및 제시
- 허가 처리 기간 단축 및 효율화

2개월차: 사후 관리 시스템

- 허가 조건 이행 상태 실시간 모니터링
- 변경 허가 필요성 사전 알림
- 허가 갱신 일정 자동 관리
- 우수 관리 업소 인센티브 제공

기대효과

- 허가 처리 시간 **70%** 단축
- 허가 검토 정확도 **95%** 확보
- 사후 관리 효율성 **80%** 향상
- 업무 만족도 **60%** 개선

3. 환경 지도·단속 통합 관리 시스템

현재 문제점

- 팀별 분산된 업무로 통합 관리 어려움
- 지도·단속 성과 종합 분석 체계 미흡
- 환경 정책 개선을 위한 데이터 활용 한계

AI 자동화 방안

통합 관리 시스템 (2개월)

1개월차: 성과 분석 및 평가

- 지도·단속 활동 통합 성과 분석
- 환경 개선 효과 측정 및 평가
- 예산 대비 효과성 분석
- 우수 사례 발굴 및 확산

2개월차: 정책 개선 지원

- 환경 규제 정책 효과성 분석
- 신규 정책 수요 예측 및 기획
- 타 지역 우수 사례 벤치마킹
- 환경 지도·단속 개선 방안

4. 전체 추진 일정 및 단계별 계획

1단계: 기반 구축 (1~3개월)

- AI 시스템 인프라 구축 및 감시 장비 설치
- 직원 대상 AI 시스템 교육 및 훈련
- 배출업소 대상 시스템 설명 및 협조 체계

2단계: 시범 운영 (4~9개월)

- 팀별 AI 시스템 단계적 도입 및 테스트
- 주요 배출업소 및 지역 시범 적용
- 업체 및 시민 피드백 수렴

3단계: 전면 시행 (10~12개월)

- 전 부서 AI 시스템 완전 적용
- 전 지역 감시 및 단속 시스템 확대
- 성과 평가 및 지속적 개선

5. 예상 투자비용 및 효과

투자비용 (연간)

- AI 시스템 구축 및 운영: 10억원
- 감시 장비 및 센서: 8억원
- 모바일 단속 장비: 3억원
- 교육 및 변화관리: 2억원
- 총 투자비용: 23억원

절감효과 (연간)

- 인건비 절감: 10억원 (업무시간 35% 단축)
- 환경 위반 적발 증가: 8억원
- 환경 사고 예방 효과: 6억원
- 처리 효율성 향상: 4억원
- 총 절감효과: 28억원

ROI (투자수익률)

- 1년차: 122% (5억원 순수익)
- 2년차 이후: 순수익 28억원/년

6. 기대효과 및 성과지표

정량적 효과

- 환경 지도·단속 업무 효율성 200% 향상
- 환경 위반 발견율 250% 증가
- 불법투기 적발율 300% 향상

- 환경 신고 처리 시간 **60%** 단축
- 배출업소 허가 처리 시간 **70%** 단축

정성적 효과

- 24시간 연속 환경 감시 체계 구축
- 과학적 환경 단속 및 처분 시스템
- 환경 범죄 예방 및 조기 발견
- 배출업소 자율 환경 관리 유도
- 공정하고 투명한 환경 행정 실현

성과지표

- 환경 위반 적발 건수 및 처분 실적
- 환경 개선 명령 이행률
- 불법투기 신고 및 처리 건수
- 배출업소 허가 처리 기간
- 환경 지도·단속 만족도

7. 추진 체계 및 역할

AI 자동화 추진단 구성

- 단장: 환경지도과장
- 부단장: 각 팀장 (4명)
- 전담팀: 환경공학 전문가 1명, 수사 전문가 1명, AI 개발자 2명
- 자문위원: 환경법 전문가, 수사 전문가, 환경단체 대표

협력 체계

- 내부: 환경관리과, 생활환경과 등
- 외부: 경찰청, 검찰청, 환경공단, 업체 단체

8. 위험요소 및 대응방안

주요 위험요소

- 과도한 감시로 인한 사생활 침해 우려
- AI 오탐지로 인한 업체 피해 발생
- 환경 규제 강화에 따른 산업계 반발
- 기술적 오류로 인한 법적 분쟁

대응방안

- 명확한 감시 범위 설정 및 개인정보 보호
- 다중 검증 시스템 및 인간 최종 판단

- 단계적 적용 및 충분한 사전 안내
- 기술 신뢰성 확보 및 법적 근거 마련

9. 결론

제주시청 환경지도과의 AI 자동화 계획은 500개 대기오염 배출업소와 300개 수질오염 배출업소를 대상으로 24시간 연속 지능형 환경 감시 체계를 구축하는 것을 목표로 합니다.

실시간 환경 감시, 자동 위반 탐지, 지능형 수사 지원을 통해 환경 범죄를 사전에 예방하고, 과학적이고 공정한 환경 행정을 실현하여 제주의 청정환경을 보호할 것입니다.

본 계획의 성공적 추진을 통해 제주시는 AI 기반 스마트 환경 감시 도시의 선도 모델이 되어, 전국 지방자치단체의 환경 지도·단속 혁신 사례가 될 것으로 기대됩니다.