

[ 직접분석 보고서 ]

팀 명		수질지킴이
과제명		지역 간 수질 불균형 해결을 위한 시설 보수 모니터링 예측 모델
미션		<input type="checkbox"/> 건강한 생활환경   ■ 기후위기에 강한 물 환경과 자연 생태계 조성 <input type="checkbox"/> 미세먼지 걱정없는 푸른 하늘 <input type="checkbox"/> 재활용을 통한 순환경제 완성
환경매체		<input type="checkbox"/> 기후/대기   ■ 물/토양 <input type="checkbox"/> 자원순환 <input type="checkbox"/> 환경시설 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 자연생태계
활용 데이터	공공	각 지자체별 수질측정망 수질검사 결과
	민간	

과제 개요(150자)

국내 지역 간 수질 불균형 해결을 위한 시설 보수 모니터링 예측 모델을 제시하고자 합니다. 지역 간의 수질 차이는 여전히 존재합니다. 수질이 나빠질 때를 대비하여 시설 보수가 필요한 시기를 예측한다면 예산을 아끼는 동시에, 기존의 수질 불균형을 완화할 것입니다.

활용 데이터 및 분석도구

각 지자체 별로 발표한 수질검사 결과를 사용하였습니다. 2013년부터 2024년까지 데이터가 골고루 있으며, 모든 데이터는 csv로 이루어져 있었습니다. 모든 csv의 형식을 통일시켜서 병합 후 데이터 분석을 진행하였습니다. 이에 더불어 강수량과 화학물질의 상관관계를 파악하기 위해 각 지역의 시기에 맞는 데이터를 기상청 날씨누리를 통해 추가적으로 수집하였습니다. 분석도구로는 프로그래밍 언어인 Python을 사용하였으며, 데이터 수집 및 분석에는 비용이 들지 않았습니다.

분석내용

-데이터 전처리

각 지역별 상수도 수질검사 데이터를 수집하여 대한민국 수질 검사 요인에 해당하는 것과 나라 별 공통적으로 검사하는 수질 요인들을 추출하여 유의미한 컬럼만 선정하였습니다. 잔류염소, 황산이온 등 총 22개의 요인으로 컬럼을 생성하였습니다.

또한, 강수량이 수질 상태에 영향을 줄 수 있기에 상관성 파악을 위해 수질 검사 날짜에 따른 강수량도 컬럼에 추가하였습니다.

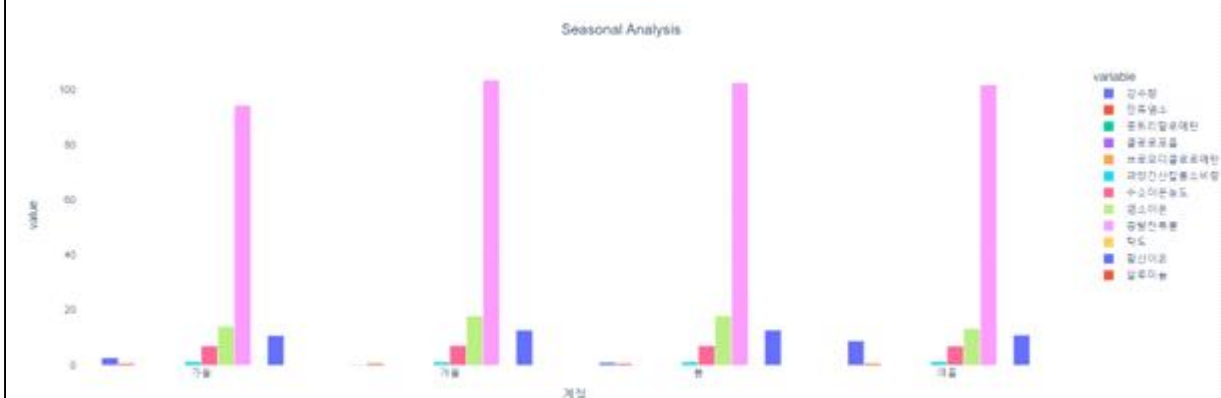
수질 검사 요인, 강수량, 지역, 날짜 컬럼들로 이루어진 통합 DB를 구축하였습니다.

-데이터 분석

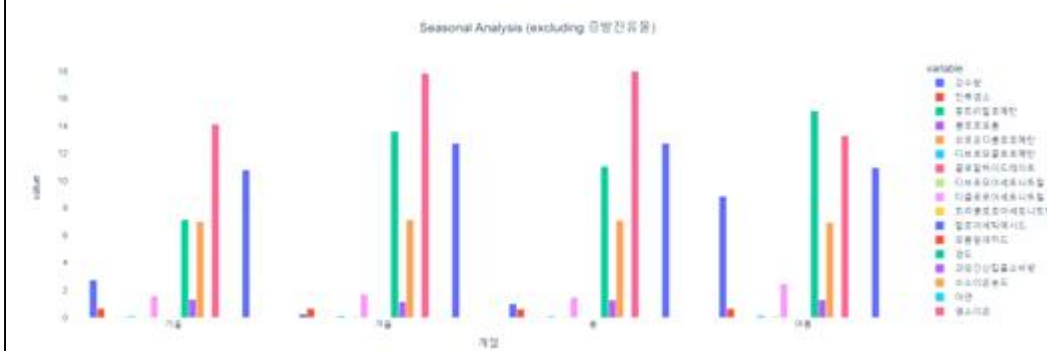
수질검사 요인 간의 상관성을 분석하고자 통계분석을 진행하였습니다. 또한, 각 요인 간 회귀관계, 계절 별, 요일 별, 강수량에 따른 시각화도 추가적으로 분석하였습니다.



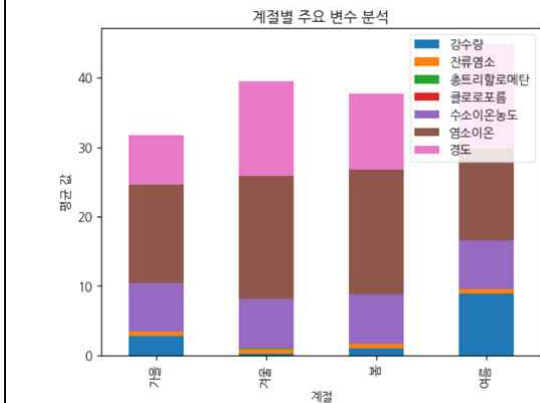
correlation matrix를 생성하여 히트맵 시각화를 진행하여 각 수질검사 요인 별 상관성을 확인해보았습니다. 결과적으로 강수량은 다른 변수들과 약한 상관관계를 보이며 잔류염소는 여러 변수와 비교적 높은 상관관계를 보였습니다. 또한, 클로로포름, 브로모디클로로메탄 등은 서로 강한 상관관계를 보였습니다.



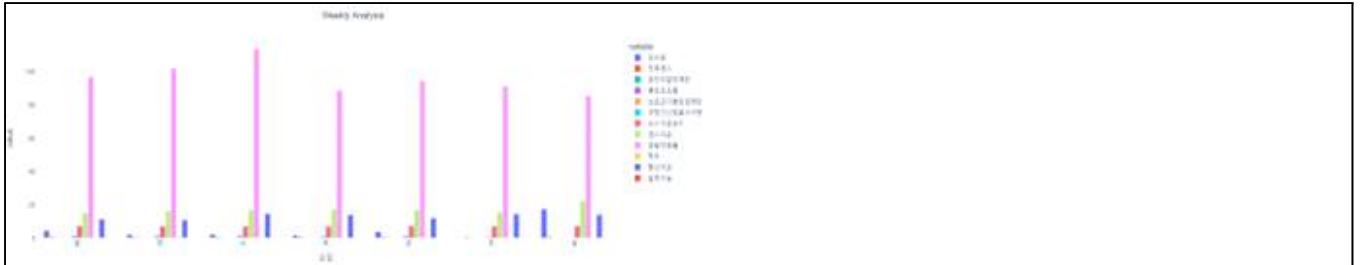
계절 별로 수질 검사 요인 간 시각화를 진행하였습니다. 하지만 증발잔류물의 차지 비율이 많아서 증발잔류물을 제거하고 확인해보았습니다.



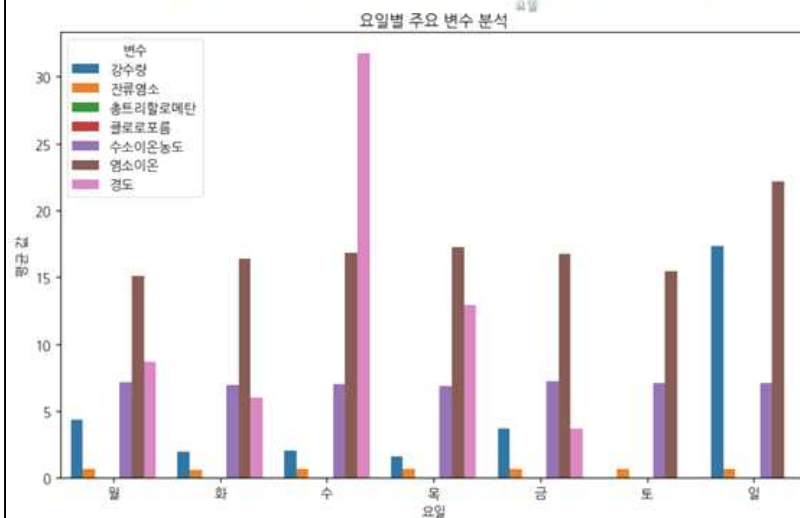
계절 별로 강수량, 경도, 염소이온의 차이가 있음을 확인할 수 있었습니다.



추가적으로 계절별 주요 변수를 분석해보았습니다.



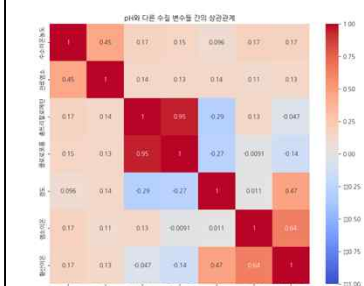
요일 별로 수질 검사 요인 간 시각화 진행하였습니다. 이 또한 증발잔류물의 차지가 많아 제거하고 확인해 보았습니다.



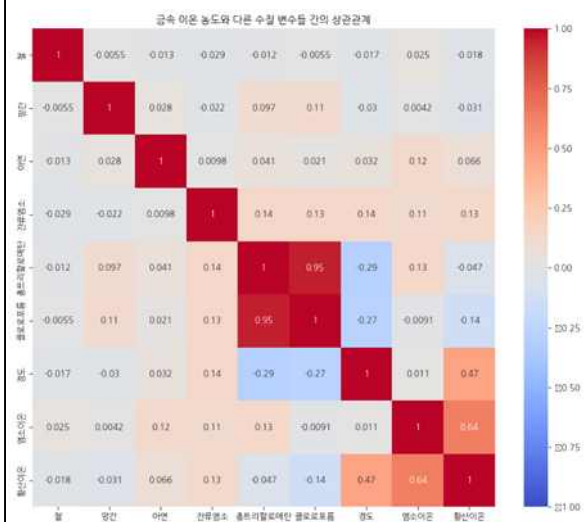
요일 별 주요 변수를 분석해보았습니다.

각 주요 변수 간 상관관계를 하나씩 분석해보았습니다.

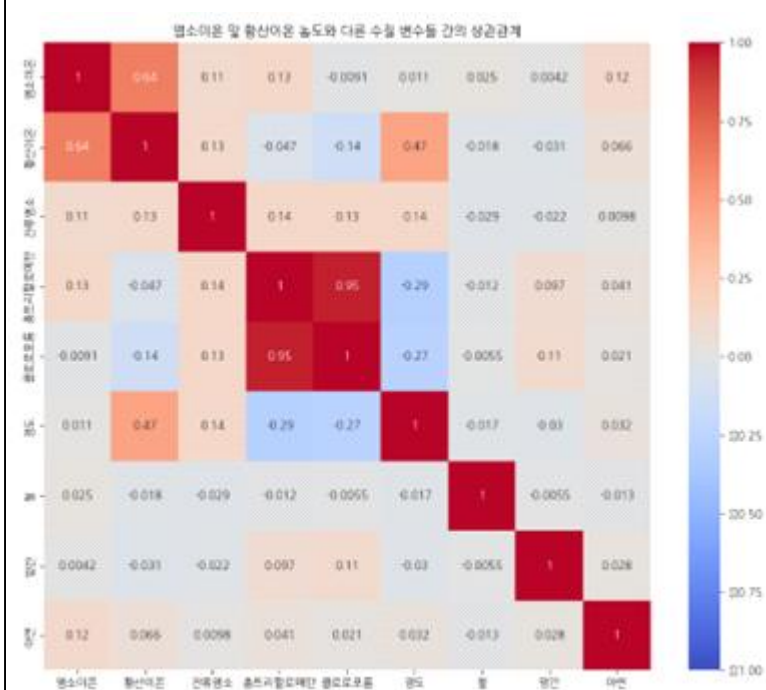
처음엔 pH(수소이온 농도)가 수질에 영향을 미치는 정도를 파악해보았습니다.



그리고 금속 이온 (철, 망간, 아연)과 수질 변수 간 상관관계를 분석해보았습니다.



암모니아 및 황산이온과 수질 변수 간 상관관계를 분석해보았습니다.

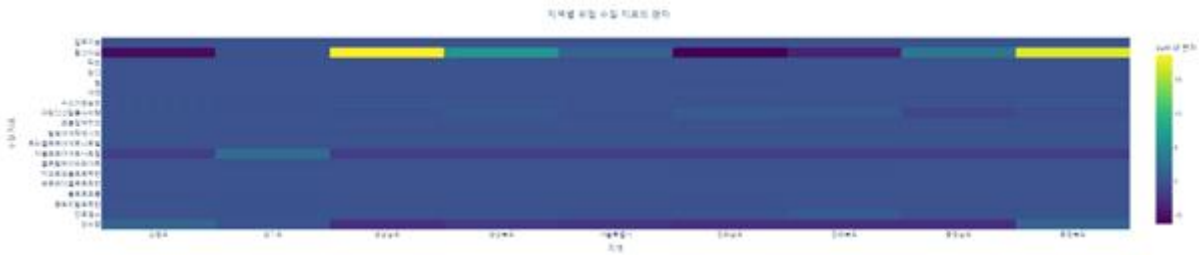


날짜 컬럼외에 지역 컬럼을 통해 전체 지역별 칼럼별 평균 시각화를 진행하였습니다.



경상남도과 충청북도의 황산 이온이 높게 나타남을 알 수 있습니다.

지역별 상위 위험요인 파악을 위해 편차를 통해 시각화를 진행하였습니다.



### - 새로운 지표 생성

1. 각 수질 지표마다 min-max를 0~1로 정규화하였습니다. value는 전체 지역별 요소 평균으로 진행하였습니다.

$$\text{Normalized Value} = \frac{\text{Value} - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}}$$

최대 최소 차이가 클 수록 값이 작아지며 중요도는 커지고 평균이랑 최솟값 차이 클수록 값 커지며 중요도는 작아지는 이 공식을 활용하였습니다. 각 요소의 중요도는 엔트로피 값의 역수를 취하여 나타냈습니다.

2. 정규화를 진행하여 엔트로피 값을 계산하였다.  
20가지 요소의 정규화한 값이 1이 되도록 다시 조정하였습니다.

$$E = - \sum (p_i \log p_i)$$

그리고 엔트로피 값을 계산하였고 높을 수록 중요도 낮은 것입니다. 특히 수소 이온농도의 엔트로피 값이 가장 높은 것을 알 수 있습니다.

1. 질: 0.0051
2. 디클로로아세트나이트릴: 0.0234
3. 디브로모아세트나이트릴: 0.0269
4. 디브로모클로로메탄: 0.0327
5. 아연: 0.0375
6. 트리클로로아세트나이트릴: 0.0431
7. 클로랄하이드레이트: 0.0575
8. 칼수량: 0.0489
9. 망간: 0.0184
10. 클로로포름: 0.1064
11. 종트리할로메탄: 0.1254
12. 알루미늄: 0.1423
13. 염소이온: 0.1486
14. 브로모디클로로메탄: 0.1593
15. 황산이온: 0.1826
16. 과망간산칼륨소비량: 0.1966
17. 증발잔류물: 0.2221
18. 잔류염소: 0.2610
19. 탁도: 0.1323
20. 수소이온농도(pH): 0.3636

### 3. 새로운 지표 생성

- 관측하려는 정수장의 각 요소별로 ~25% /~50%/ ~75%/ ~100% 백분위 구간중 어디에 속하는지 확인  
50% = 0이고 (제일 양호) 기준으로 2 1 0 1 2 로 점수로 하였습니다.
- 1번값 \* 엔트로피값 > 값이 낮을수록 점수 높음
- (0~2) \* (0.13289 : 엔트로피값 평균) = 이므로 각 등급은 다음이 같이 선정합니다.
- 등급 - 전체 합 계산

아주 좋음:  $0 \leq x < 0.053$

좋음:  $0.053 \leq x < 0.106$

보통:  $0.106 \leq x < 0.159$

나쁨:  $0.159 \leq x < 0.213$

아주 나쁨:  $0.213 \leq x \leq 0.268$

### 창의성

- 1. 지역 간 불균형 해소를 위한 데이터 기반 접근법
  - **차이점:** 기존의 수질 관리 모델은 주로 일괄적인 기준에 따라 운영되며, 지역 별 특성이나 차이를 고려하지 않는 경우가 많습니다. 저희는 지역별 수질 데이터를 기반으로 각 지역의 고유한 문제를 파악하여 맞춤형 솔루션을 제시합니다.
  - **독창적 특징:** 각 지역의 수질 데이터를 정교하게 분석하여, 그 지역에 특화된 유지 보수 및 관리 전략을 수립합니다. 이는 한정된 자원을 효율적으로 사용하고, 지역 별로 최적화된 관리를 가능하게 합니다.
- 2. 계절별, 연도별 변화 분석
  - **차이점:** 일반적인 수질 관리 모델은 계절적 변화를 충분히 고려하지 않는 경우가 많습니다. 본 분석에서는 계절별, 연도별 변화를 철저히 분석하여 유의미한 관계성을 파악하였습니다.
  - **독창적 특징:** 계절적 및 연도별 요인(예: 강수량, 홍수 등)이 수질에 미치는 영향을 분석하여, 이러한 변화가 수질에 어떤 영향을 미치는지를 정밀하게 파악합니다. 이를 통해 장기적인 관리 전략을 세울 수 있습니다.

<p>니다.</p> <p>- 3. 예측 모델을 통한 유지 보수 시기 제공</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>차이점:</b> 기존 모델은 주로 반응형 유지 보수에 초점을 맞춥니다. 즉, 문제가 발생한 후에 대응하는 방식입니다. 반면, 저희는 예측 모델을 통해 예방적 유지 보수를 가능하게 합니다.</li><li>• <b>독창적 특징:</b> 각 지역의 수질과 환경 요인 간의 상관 관계를 바탕으로, 최적의 유지 보수 시기를 예측합니다. 이를 통해 문제 발생을 미연에 방지하고, 지속 가능한 수질 관리를 실현합니다.</li></ul>
<p><b>적합성</b></p> <p>[분석 수행 시 활용한 데이터의 융합 및 활용성]</p> <p>1. 데이터 구조 및 내용</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>데이터셋:</b> 정수장명, 관리기관명, 채수일자, 강수량, 잔류염소, 총트리할로메탄, 클로로포름, 브로모디클로로메탄, 디브로모클로로메탄, 클로랄하이드레이트 등 다양한 수질 관련 변수를 포함한 데이터.</li></ul> <p>2. 데이터 융합</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>시간적 융합:</b> 채수일자를 기준으로 계절별, 연도별 데이터를 융합하여 시간에 따른 수질 변화와 강수량, 홍수 등의 외부 요인과의 관계를 분석.</li><li>• <b>공간적 융합:</b> 정수장명과 관리기관명을 기준으로 지역별 데이터를 융합하여 지역 간 수질 차이를 분석하고, 지역별 특성을 반영한 맞춤형 관리 방안을 도출.</li></ul> <p>[분석 과정 및 사용 모델의 내용]</p> <p>1. 데이터 전처리</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 결측치 처리 및 이상치 제거</li><li>• 날짜 형식 변환 및 계절, 연도 변수 추가</li><li>• 지역별, 계절별, 연도별 데이터 집계</li></ul> <p>2. 상관 관계 분석</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 수질 지표와 각 위험 요인(강수량, 잔류염소 등) 간의 상관 관계 분석</li><li>• 피어슨 상관 계수를 사용하여 주요 상관 요인 추출</li></ul> <p>3. 시계열 분석</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ARIMA, SARIMA 등 시계열 모델을 사용하여 계절별, 연도별 수질 데이터 예측</li><li>• 강수량, 홍수 등의 외부 요인과 수질 간의 관계성 분석</li></ul> <p>4. 예측 모델</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• LSTM, XGBoost 등 머신러닝 모델을 사용하여 수질 변화 예측</li><li>• 주요 요인(강수량, 잔류염소 등)에 따른 최적의 유지 보수 시기 예측</li></ul> <p><b>활용성</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 이 분석 모델은 수질 불균형 문제를 해결하고, 물 정화 시설의 유지 보수 시기를 예측하여 효율적인 자원 관리를 가능하게 합니다. 특히, 지역별 특성을 반영한 맞춤형 관리와 예방적 유지 보수를 통해 수질 관리의 효율성과 효과성을 극대화할 수 있습니다.</li></ul> <p>[구체적인 업무 활용 계획]</p> <p>1. 활용 대상</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>지자체 및 수자원 관리 기관:</b> 지역별 수질 관리 및 물 시설 유지 보수 담당자들이 이 모델을 활용하여 체계적이고 효율적인 유지 보수 계획을 수립할 수 있습니다.</li><li>• <b>정부 및 정책 결정자:</b> 수자원 관련 정책을 수립할 때, 이 모델을 활용하여 과학적이고 데이터 기반의 결정을 내릴 수 있습니다.</li></ul> <p>2. 소요 예산</p>

- 데이터 수집 및 관리 시스템 구축: 약 5000만 원
- 모델 개발 및 유지 보수: 약 3000만 원
- 모니터링 및 분석 소프트웨어 도입: 약 2000만 원
- 교육 및 훈련 비용: 약 1000만 원
- 총 예산: 약 1억 1천만 원

## 정책 활용

### 1. 오염물질에 우선순위 부여하여 관리

수질오염물질의 지정 및 관리를 위해 위험성이 높거나 수계에서 검출 가능성이 있는 우선순위 물질을 정기적으로 재평가하고 업데이트합니다. 매년 실태조사 계획을 수립하고, 이를 환경부장관에게 보고하여 체계적인 관리를 통해 수질오염의 위험성을 감소시키고, 수질오염 사고를 예방합니다. 이러한 체계는 수질오염물질의 지속적인 모니터링을 가능하게 하여 환경 보호 및 공공 건강을 보장하는 데 기여합니다.

### 2. 수질 정보의 투명성 제고

수질 정보의 투명성을 높이기 위해, 올해부터는 「물환경보전법」의 하위 법령을 개정하여 수질오염물질 정보의 공개 범위를 대폭 확대합니다. 공공 하·폐수처리시설(처리용량 700m<sup>3</sup>/일 이상) 및 폐수 배출량이 많은 수질 자동 측정기기 부착 사업장(폐수 배출량 200m<sup>3</sup>/일 이상)의 측정자료 공개를 연간 배출량에서 일일 배출량으로 변경하며, 이 자료를 분기별로 연 4회 공개하여 국민이 수질 상태를 쉽게 확인할 수 있도록 합니다. 이러한 정보 공개 확대는 수질 관리의 신뢰성을 높이고, 수질 관리에 대한 국민의 이해와 참여를 촉진합니다.

### 3. 오염물질 관리 강화

환경 보호를 위한 오염물질 관리를 강화하기 위해, 배출권 이월 제한 기준을 기존 순매도량의 1배에서 3배로 완화하고, 반도체 및 디스플레이 업종의 생산 설비 특성을 고려한 맞춤형 유해화학물질 취급시설 기준을 도입합니다. 이는 국제인증을 받은 설비나 소량으로 유해화학물질을 취급하는 시설에 특별한 관리를 요구하여 환경 오염과 오염물질의 배출을 줄이는 데 중요한 역할을 합니다. 또한, 이를 통해 화학물질의 안전한 취급이 보장되어 환경 보호에 기여할 뿐만 아니라, 궁극적으로 공공의 건강을 보호하는 데에도 중요한 역할을 합니다.

### 4. 수도시설 관리 강화

수도서비스의 안정적 공급과 수도사고 발생 예방을 위해 수도시설 관리 인력의 전문성을 강화합니다. 이를 위해 수도시설을 운영, 관리하는 인력이 의무적으로 이수해야 하는 교육의 주기를 단축하고, 상수원 보호구역 지정을 확대합니다. 상수원 보호구역 내에서는 수질 오염 물질 및 특정 수질 유해 물질, 유독물 등의 버리는 행위를 금지하며, 이러한 조치는 수질환경의 보전을 강화하고 수질 오염을 방지하는 데 필수적입니다.

### 5. 물 관리 체계 일원화

현재 분절된 물 관리 체계를 일원화하기 위해, 환경부에서 수량과 수질 관리를 통합하여 책임지고 추진합니다. 이는 OECD의 권고에 따른 것으로, 수량관리와 수질관리의 통합을 통해 보다 효율적이고 일관된 물 관리가 가능해집니다. 이러한 통합은 유역 내 상·하류의 지역 간 물 문제 해결을 용이하게 하고, 수질과 수량 문제에 대해 보다 책임감 있게 대응할 수 있게 합니다.

## 기대효과

### 1. 지속 가능한 물 자원 관리

오염물질의 우선순위 부여 및 관리 강화는 지속 가능한 물 자원 관리를 가능하게 합니다. 매년 수질오염물질의 위험성 평가와 우선순위 물질의 재평가를 수행하며, 이 정보는 환경부장관에게 보고됩니다. 이러한 체계



적인 관리를 통해 수질오염의 위험성을 감소시키고, 환경 보호와 공공 건강을 보장합니다. 또한, 강화된 규제와 지속적인 모니터링은 물 관리의 지속 가능성을 보장하며, 물 부족 문제를 해결하는 데 중요한 역할을 합니다.

## 2. 수질 관리의 신뢰성 및 효율성 향상

수질 관리의 투명성과 효율성을 향상시키기 위한 정책들은 구체적인 데이터 공개와 체계적인 모니터링을 포함합니다. 정보의 투명성을 제고하기 위해 수질오염물질 정보의 공개 범위가 대폭 확대됩니다. 이는 물환경보전법 하위법령 개정을 통해 가능하며, 올해부터 공공 하·폐수처리시설(처리용량 700m<sup>3</sup>/일 이상) 및 폐수 배출량이 많은 수질자동 측정기기 부착 사업장(폐수 배출량 200m<sup>3</sup>/일 이상)의 측정자료가 연간에서 일일 배출량으로 확대 공개됩니다. 이 정보는 분기별로 연 4회 공개되며, 국민은 이를 통해 수질 상태를 실시간으로 확인할 수 있게 됩니다. 이러한 조치는 수질 관리의 신뢰성을 높이고, 국민의 삶의 질을 향상시키는 데 기여합니다. 또한, 이는 수질 오염 사고의 조기 발견과 대응을 가능하게 하여, 더욱 효과적이고 신뢰할 수 있는 수질 관리 체계를 구축합니다.

## 3. 환경 보호 및 공공 건강 보장

안전한 화학물질 취급과 오염물질 관리 강화는 환경 보호와 공공의 건강을 보호하는 데 중요한 역할을 합니다. 특히, 반도체 및 디스플레이 업종에 적용되는 맞춤형 유해화학물질 취급시설 기준은 2023년부터 시행되며, 이 기준은 업종의 생산 설비 특성을 고려하여 환경 오염을 최소화합니다. 이러한 정책은 국제인증을 받은 설비나 소량으로 유해화학물질을 취급하는 시설에 적용되어 화학물질의 안전한 취급을 보장하고, 환경 오염 및 오염물질의 배출을 줄입니다. 이 조치는 수질 오염으로 인한 건강 문제 예방에 중요하며, 수생태계 보호와 지속 가능한 환경 관리를 도모합니다.

## 4. 수질-수량 관리의 통합 운영

수량과 수질 관리의 통합은 물 자원을 보다 효율적으로 관리하고, 물 관련 문제에 대해 책임 있게 대응할 수 있도록 합니다. 이 통합은 OECD의 권고에 따라 진행되며, 환경부에서 주도적으로 관리합니다. 통합된 정보 시스템은 수량 및 수질 데이터를 공유하고, 이를 기반으로 물 자원의 균형 있는 관리를 가능하게 합니다. 또한, 이 통합은 유역 내 상·하류 지역 간의 물 문제를 해결하고 갈등을 줄이는 데 기여합니다. 통합 관리는 수생태계 보호, 물 부족 문제 해결 및 재난 대비 등 다양한 측면에서 중요한 역할을 합니다.