



제4단계 수질오염총량관리 기본계획 수립방향

2019. 8. 5



충청남도
Chungcheongnam-do



충청남도
물환경연구센터
Chungnam Water Environment Research Center

기본계획 개요

1



01. 기본계획 개요

배출기준을 준수했는데도 수질이 점점 나빠지네?

도시화·산업화등으로 하천에 유입되는 오염물질배출량이 증가했기 때문입니다.

이제는 오염총량관리제도가 필요합니다.

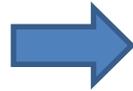
배출허용기준 준수(BOD 기준)

- 하수처리장 5mg/L
- 축산폐수처리장 30mg/L
- 산업단지폐수종말처리장 10mg/L

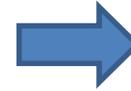
배출농도 규제방식의 수질관리로는 4대강 상수원 수질개선이 어려워 4대강 특별법 제정과 함께 오염총량관리제 도입

- 한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률
- 낙동강수계물관리 및 주민지원 등에 관한 법률
- 금강수계물관리 및 주민지원 등에 관한 법률
- 영산강·섬진강수계물관리 및 주민지원 등에 관한 법률

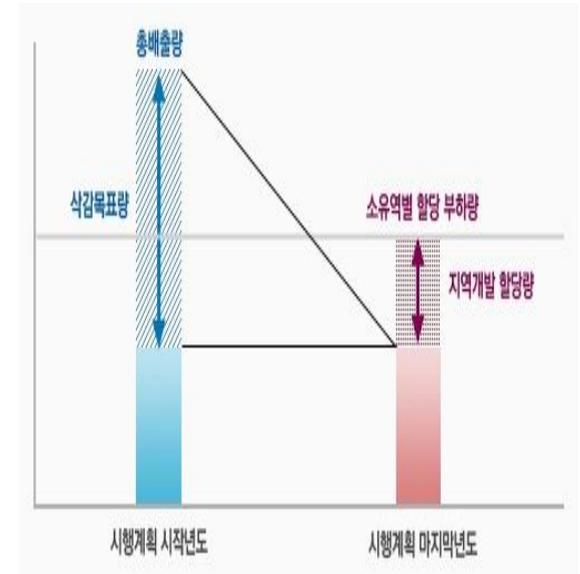
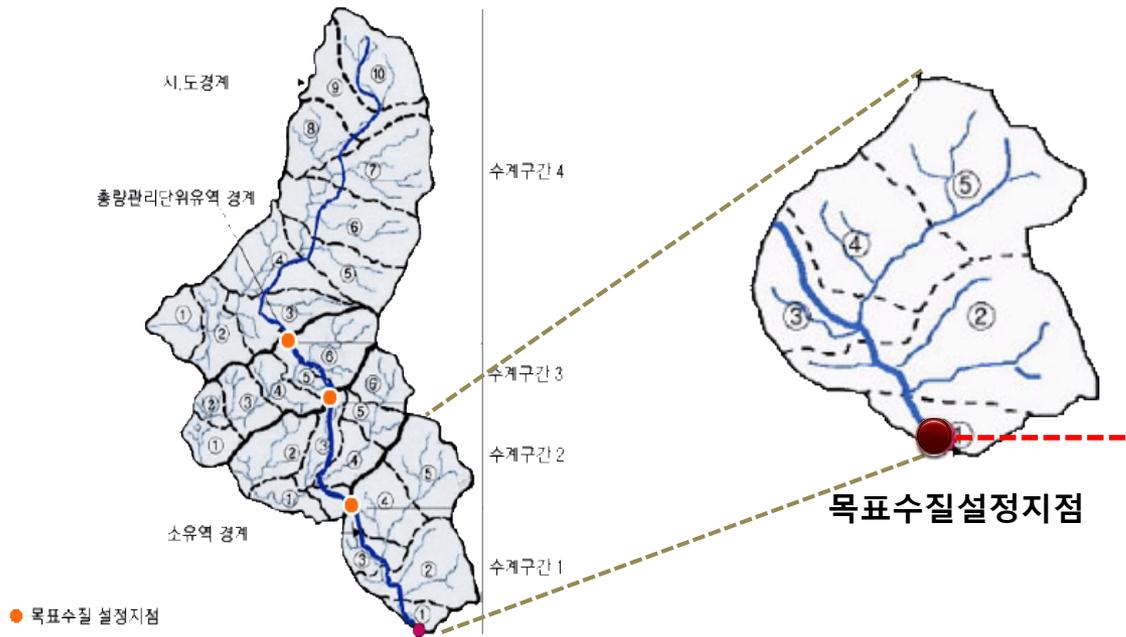
단위유역 구분



목표수질 설정



할당 및 관리



목표수질 설정(BOD)

- 목표지점 3.0mg/L(금강)

1. 하천의 단위유역으로 구분, 구간별 목표수질을 설정
2. 목표수질을 달성할 수 있는 오염물질의 배출허용량을 산정
3. 오염물질의 양을 배출허용량(할당량) 이하로 관리하는 제도

1. 기본계획 개요

관리주체 및 승인

충청남도 기본계획

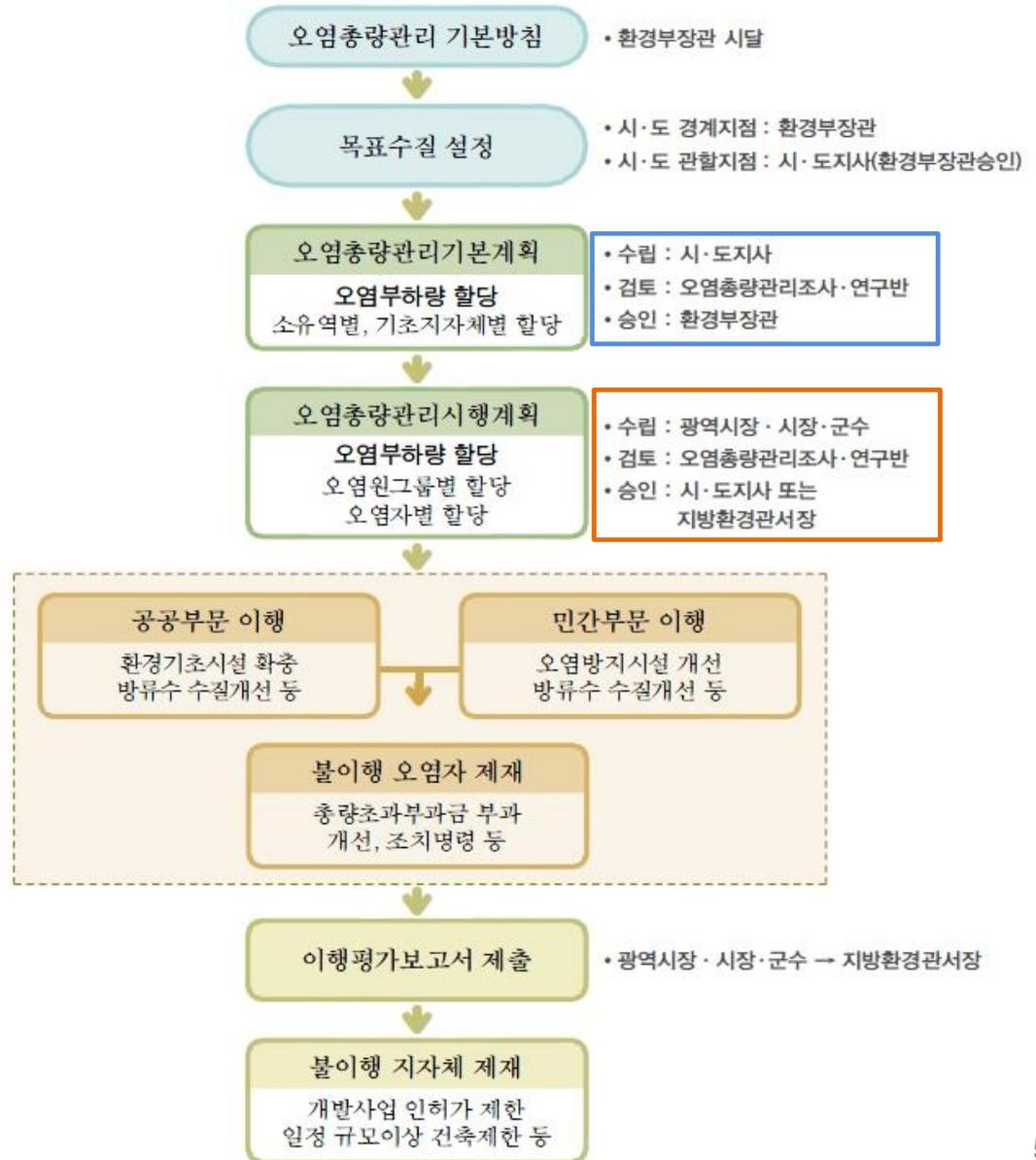
- 수립주체 : 충청남도지사
- 승인기관 : 환경부장관

시·군 시행계획

- 수립주체 : 시장, 군수
- 승인기관 : 충청남도지사
- ※ 협의 : 금강유역환경청장

시·군 이행평가

- 이행평가 보고서 작성주체
- 시장, 군수
- 제출기관 : 금강유역환경청장



수질오염총량관리제 추진 현황(의무제)

낙동강, 금강,
영산강·섬진강 수계

1 2004~2010
대상물질 : BOD

2 2011~2015
대상물질 : BOD, T-P
- 낙동강, 영산강 · 섬진강 : BOD, T-P
- 금강(만경강, 동진강포함) : BOD, T-P
* 금강 T-P는 대청호 상류지역에 한함

3 2016~2020
대상물질 : BOD, T-P
- 낙동강, 금강, 영산강 · 섬진강

한강 수계

임의제 2004~2011
대상물질 : BOD
- 광주시 등 7개 지자체

1 2013~2020
대상물질 : BOD, T-P
- 강원도, 충청북도 제외
- 경기도, 서울, 인천지역

수질오염총량관리제 추진 현황(임의제)

진위천 수계

1 2012~2020
대상물질 : BOD
수원시 등 8개 지자체

삼교호 수계

1 2019~2030
대상물질 : BOD
천안시 등 3개 지자체

총량제 시행 현황 : 전국 134개 시·군



오염총량관리 기본계획

- 수립주체 : 시·도지사 수립, 환경부장관 승인
- 수립목적
 - 수계구간별 목표수질을 달성·유지하기 위한 단위유역별·지자체별 오염물질 할당부하량을 산정, 관리
- 관리대상 오염물질 : BOD, T-P
- 계획 기간 : 10년(`21~`30)
 - 계획수립 기준이 되는 년도 : `17년
- 수립 범위 : 4대강수계, 진위천수계 오염총량관리지역
 - 한강수계 강원도, 충북, 경북 최초 시행

기본계획 주요내용

현 재



장 래



할 당

유역환경조사

- 기상, 수자원, 하천, 호소, 수질, 유량 등 수질모델 구축

오염원조사, 오염부하량 산정

- 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계
- 일평균, 일최대배출부하량

수질모델 구축

- 기준유량, 유달율, 보검증 등
- 일최대배출부하량 수질예측

개발·삭감계획 조사

- 개발 : 과거 5년~최종년도
- 삭감 : 현재 이후~최종년도

장래 오염원, 오염부하량 산정

- 과거 5년 오염원 수질예측
- 일최대배출부하량(자연증감, 개발, 삭감)

수질모델링

- 장래 배출부하량 수질예측

목표수질 설정원칙

- 지역형평성, 삭감가능성 등 고려
- 개발, 삭감계획 조정

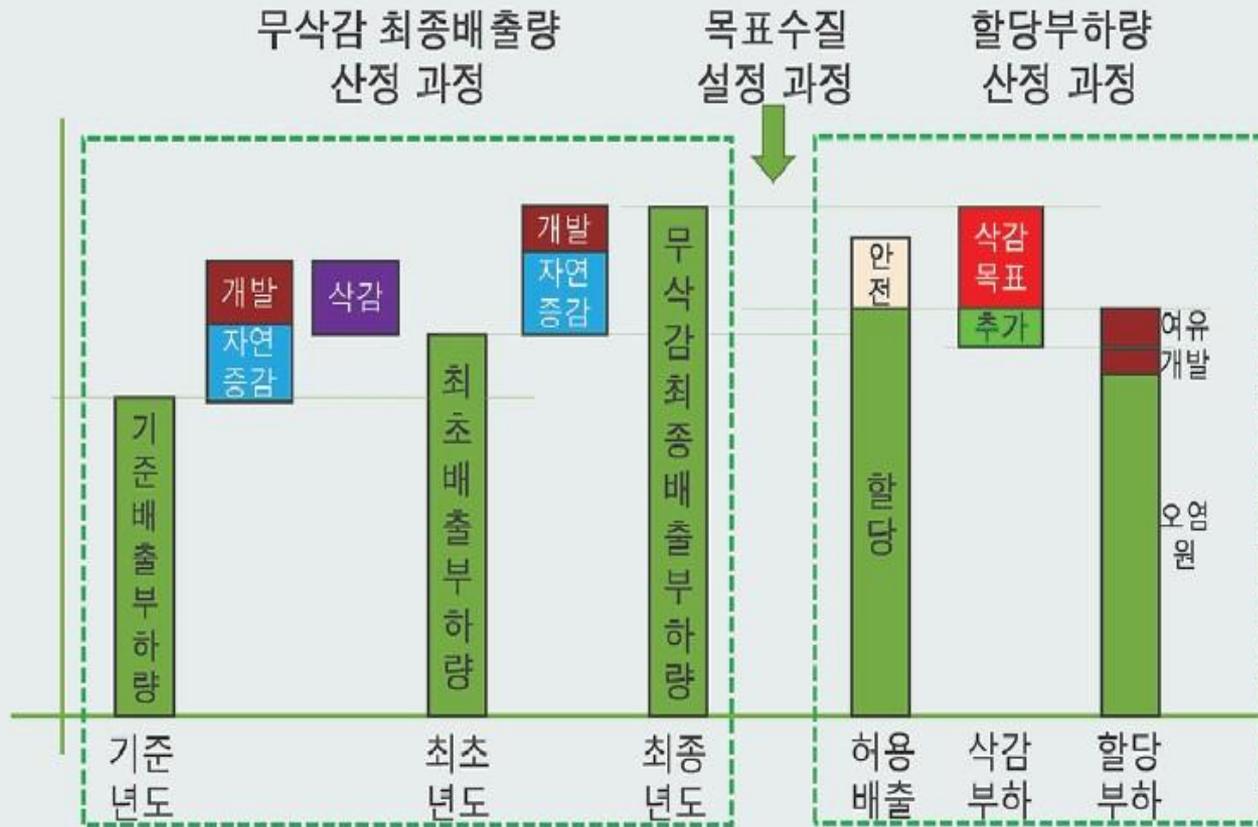
목표수질 설정

- 관할 수계구간 목표수질 설정
- 시행계획 수립대상지역 지정
- 허용배출부하량 산정

할당부하량 산정

- 단위유역별, 지자체별 할당부하량 산정

할당부하량 산정과정



기본계획 수립방향

2



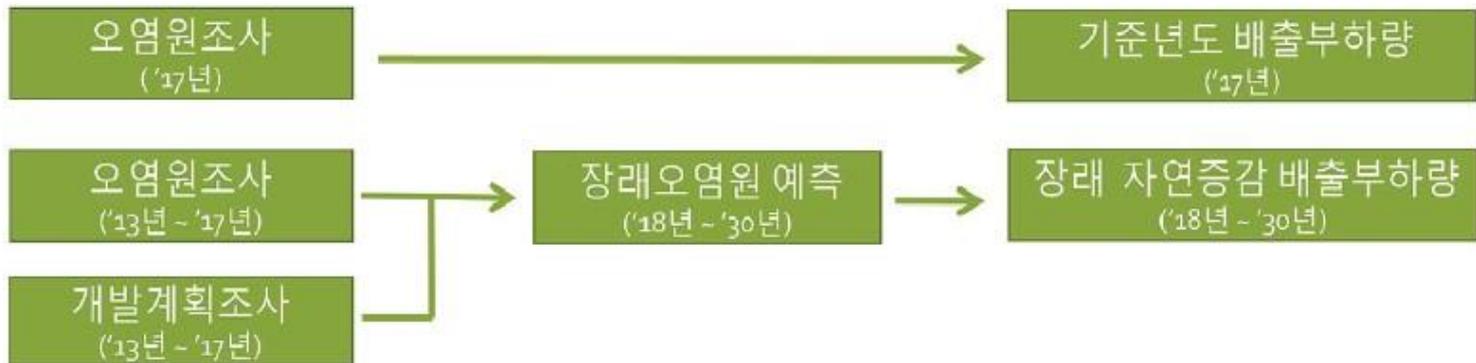
오염원조사

➤ 기준년도 포함 과거 5년간('13~'17) 오염원, 완공 개발사업 조사

- 오염원 : 전국오염원조사자료, 이행평가결과 등 활용
- 가축이력제, 축산농가 적법화, 개별배출수 실측자료 등 반영
- 필요시 전수조사, 정밀조사

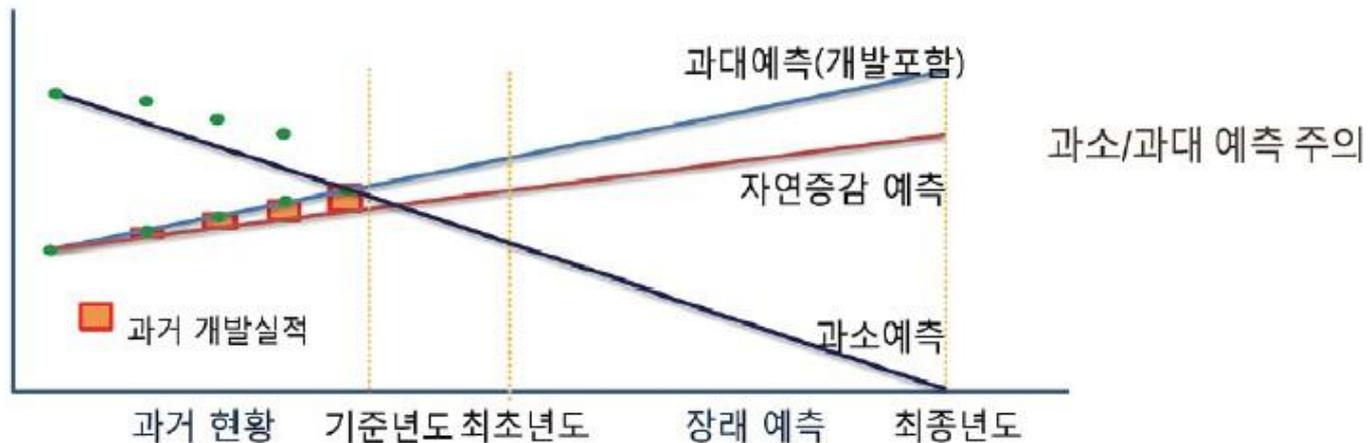
☞ **오염원 정확도 향상, 실효적 수질개선**

➤ 장래 오염원은 개발부분과 자연증감을 구분, 자연증감만으로 예측



오염원 예측

- ▶ 과거 자연증감 오염원을 이용하여 수학적방법으로 추이 분석
 - 오염원의 시계열 단층이 생기는 경우 타당성 검증 후 정책방향, 사회적 변동 요인 등을 고려하여 합리적 방법 적용

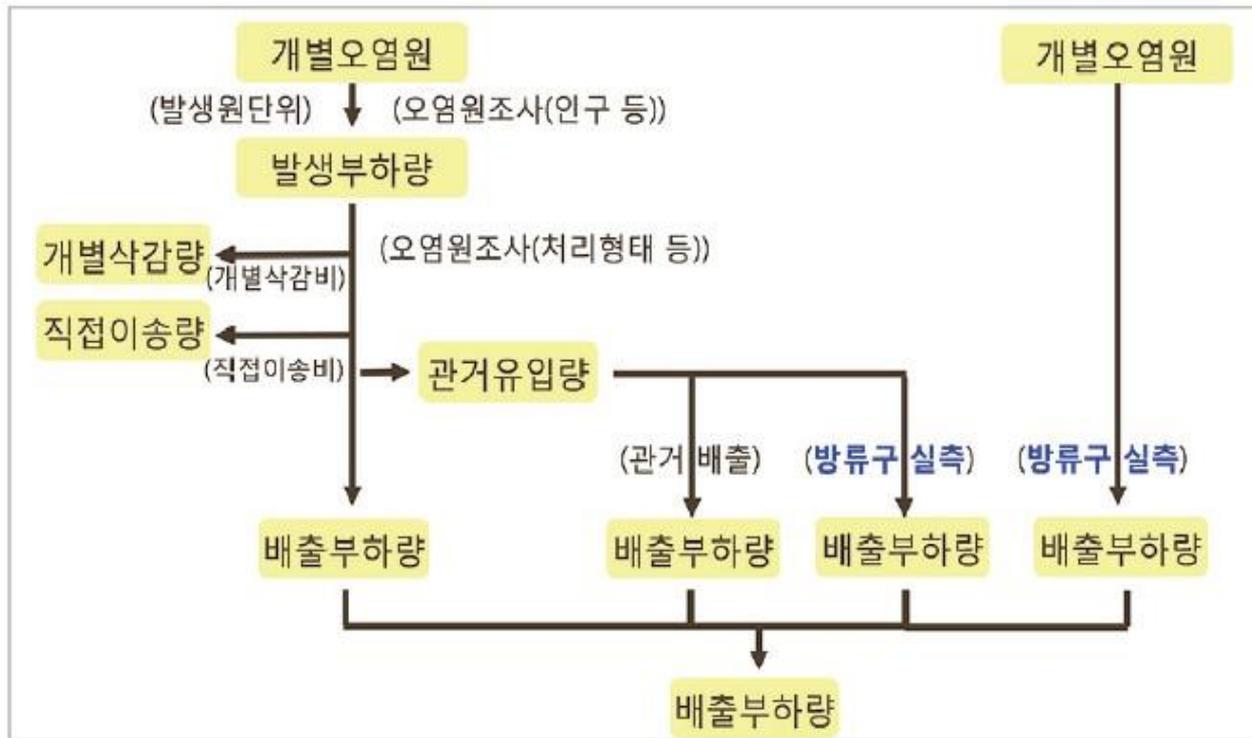


- 산업계는 4~5종에 대하여 예측(1~3종은 개발사업 간주), 휴업시설 제외
- 기초시설 계획방류농도는 '17년 기준배출수질 유지
 - '30년까지 유지되기 어렵다고 판단되는 경우에는 전단계('20) 할당농도 및 법적기준 이하 방류수질 적용가능, 법적기준보다 높은 경우에는 법적기준 적용

배출부하량 산정

▶기술지침 배출부하량 산정과정

$$\text{배출량} = \text{발생량} - \text{개별삭감량} - \text{직접이송량} - \text{관거유입량} + \text{관거배출량} + \text{방류량}$$

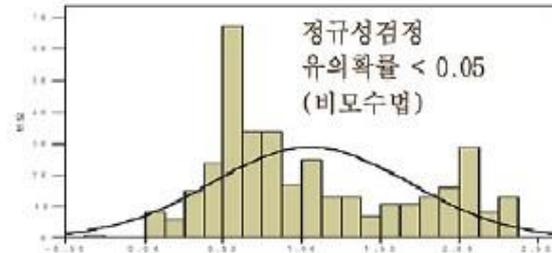
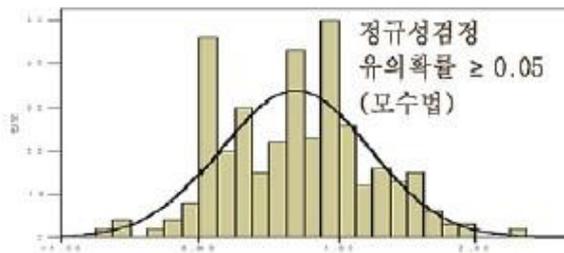


일최대배출부량 산정

- 일최대배출부하량 = 일최대점배출부하량 + 일비점배출부하량
 - 개별배출수 및 환경기초시설 방류수로부터 일간 배출되는 최대 배출부하량
= 연평균 일배출유량 X 기준배출수질

➤ 기준배출수질 산정

- 방류구가 2개 이상인 시설은 방류구별로 산정 후 유량가중평균으로 산정
- 측정자료가 30회 이상 : 대수정규분포를 따르는 경우와 그렇지 않은 경우 구분



- 측정자료가 30회 미만 : 최대값 적용
 - 1회 측정자료가 평균값으로 추정되는 경우 평균값 산정 기초자료, 이행평가 모니터링 자료, 지도점검자료 등을 활용하여 산정
- 측정자료가 없는 경우 : 배출허용(방류수질)기준 적용

개발계획 조사 및 개발부하량 산정

▶ 지역개발사업 정의 (기본방침 제2조)

- 개발사업을 추진하는 자가 배출부하량을 할당받아야 하는 사업과 특대유역에서 소규모개발사업

▶ 관리대상 지역개발사업 (기본방침 제27조)

- 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제30조에 따른 관계기관 협의사업
- 농어촌생활환경정비사업(농어촌정비법), 사업계획 승인대상 공동주택, 20세대 이상의 주택과 주택 외의 시설물을 동일건축물로 하는 사업(주택법)
- 특대유역
 - 건축연면적 400(숙박·식품업) / 800m²(일반시설) 이상 시설(대규모 개발사업)
 - 건축연면적 400(숙박·식품업) / 800m²(일반시설) 미만 시설(소규모 개발사업)
- 환경영향평가법(전략, 소규모 등 포함) 대상사업

➤ 조사범위

- 과거('13~'17), 최초년도('18~'20), 다음단계('21~'30)로 구분, 완공(예정) 개발계획



- 완공/기승인 : 기본방침 제27조에 해당하는 사업 중 각 환경관서의 장 등과 협의 후 할당받아 누적관리대장(시스템 등록)에 기재된 사업
- 완공예정(확정) : 개발사업 명칭, 위치, 사업기간, 종류, 규모, 발생부하량, 배출부하량, 삭감방안 등에 관한 사항 포함(기본방침 제14조)

➤ 개발부하량은 개발 전·후 배출부하량 차이로 산정

- 기초시설로 연계처리시 계획 방류농도 적용
- 기협의사업 : 전단계와 배출부하량 변동이 있는 경우 다음단계 기준으로 재산정

삭감계획 조사

- 최초년도('18~'20년), 다음단계('21~'30년)로 구분하여 조사
 - 최초년도 : 전단계 삭감계획, 다음단계 시도경계 목표수질 설정시 삭감계획 포함, 그 외
 - 다음단계 : 기승인 개발사업 삭감계획, 시도경계 목표수질 설정시 삭감계획 포함, 그 외
- (구체적 계획) 삭감방법별 처리규모, 사업기간, 처리효율 및 삭감부하량, 시설비용(재원별), 관련계획의 반영여부 등에 관한 사항이 포함된 계획
- (관련계획) 하수도정비기본계획, 폐수종말처리시설 기본계획, 가축분뇨 관리 기본계획, 비점 관련계획 등
- 전단계와 다음단계 삭감계획이 중복 산정되지 않도록 조사
 - 전단계 지연되는 삭감계획을 다음단계에 반영할 경우, 전단계 계획 변경 필요

삭감부하량 산정

- 삭감부하량은 삭감년도의 삭감 전·후 배출부하량 차이로 산정
 - 최초년도 : '20년 무삭감 배출부하량 - '20년 삭감 후 배출부하량
 - 최종년도 : '30년 무삭감 배출부하량 - '30년 삭감 후 배출부하량
- 다음단계 기초시설 계획방류농도를 '17년 기준배출수질보다 상향 적용할 경우 '방류수수질개선에 의한 삭감'은 적용 불가

구분	방류유량 (m ³ /일)	BOD농도(mg/L) (II지역)	
		사례1	사례2
2017년	100,000	6	5
2020년	101,000	5	4
2030년	104,000	3	3

사례1)

최초삭감부하 : $101,000 \times (5-5) / 1000 = 0$ kg/일

최종삭감부하 : $104,000 \times (5-3) / 1000 = 208$ kg/일

사례2)

최초삭감부하 : $101,000 \times (5-4) / 1000 = 101$ kg/일

최종삭감부하 : $104,000 \times (4-3) / 1000 = 104$ kg/일

삭감계획의 종류

- ▶ 환경기초 신·증설에 의한 삭감
- ▶ 방류수 수질개선에 의한 삭감
- ▶ 관거 확대 및 관거정비에 의한 삭감
- ▶ 비점저감시설 신설에 의한 삭감
- ▶ 합류식하수도월류수(CSOs) 오염부하 저감시설 설치에 의한 삭감
- ▶ 간이공공하수처리시설 설치에 의한 삭감
- ▶ 기타 : 하수처리수 재이용, 축산자원화 삭감
- ▶ 신규 적용
 - 농업비점 : 시비량 감소, 배수물꼬 관리, 토양유실 억제 등 농경지 오염물질 배출 저감
 - 도시비점 : 도로청소를 통해 노면 오염물질 저감
 - 불명오염원 : 기술지침에서 정하는 오염물질 배출경로 외 수질오염 유발 원인 저감

농업비점 삭감

▶ 농경지 작물 재배과정에서 발생된 오염물질이 강우 또는 영농활동에 의해 농경지 외로 배출되는 것을 감소

- 시비량 저감 : 관행(표준)보다 시비량 감소
- 배수물꼬 관리 : 관행보다 배수물꼬 높이를 높여 배출 감소
- 토양유실 저감 : 벚짚피복 등으로 강우·관개시 토양 흡착 오염물질 유실 억제

▶ 조사내용

- 시비량 저감 : 대상농경지, 관행(표준) 시비량, 계획 시비량 등 조사
- 배수물꼬 관리 : 대상농경지, 관행 물꼬높이, 계획 물꼬높이 등 조사
- 토양유실 저감 : 피복면적, 기간 등 조사

농업비점 삭감 예시

➤ 삭감부하량은 삭감대상부하량에 저감율, 안전율 등을 고려하여 산정

➤ 시비량 저감

- T-P 삭감계획 : 밭 면적 10 km², 시비량 저감율 0.2, 삭감대상부하비 0.981
- 삭감대상부하량 = 발생부하량(면적×원단위) × 삭감대상부하비
= (10 × 1.4) × 0.981 = 13.73 kg/일
- 삭감부하량 = 삭감대상부하량 × 저감율 × (1 - 안전율)
= 13.73 × 0.2 × (1 - 0.2) = 2.20 kg/일

➤ 토양유실 억제

- T-P 삭감계획 : 밭 면적 10 km², 유출 저감율 0.43, 피복기간 7월~10월
- 월삭감대상부하량 = 발생부하량 × 월강우배출비
- 월삭감부하량 = 월삭감대상부하량 × 저감율
- 삭감부하량 = (∑ 월삭감부하량 × 월간일수) / 365 × (1 - 안전율)
= 7.84 × (1 - 0.2) = 2.70 kg/일

도로청소 삭감

- ▶ 도로 연석에 축적된 오염물질을 진공흡입식 청소차를 이용하여 제거함으로써 강우유출수에 의해 수계로 유입되는 오염물질을 저감
 - 청소구간(도로폭, 청소거리), 청소일수, 청소차 보유현황 및 계획 등 조사

▶ 삭감부하량 산정 예

- 청소계획 : 청소구간 도로면적 10.176 km², 청소일수 183일
- BOD 삭감대상부하량 = 발생부하량 × 삭감대상부하비 × 청소일수/365
= 10.176 × 12.42 × 0.7 × 182/365 = 44.1 kg/일
- BOD 삭감부하량 = 삭감대상부하량 × 저감효율
= 44.1 × 0.46 = 20.3 kg/일

수질모델 구축

➤ 모델 선정

- 오염원과 수질의 관계, 오염부하량 증감 등 환경요인 변화에 따른 수질변화를 예측 평가할 수 있는 하천모델, 호소모델 선정
- ※ 수계별 상하류 연계를 위해 하천모델 통일 필요

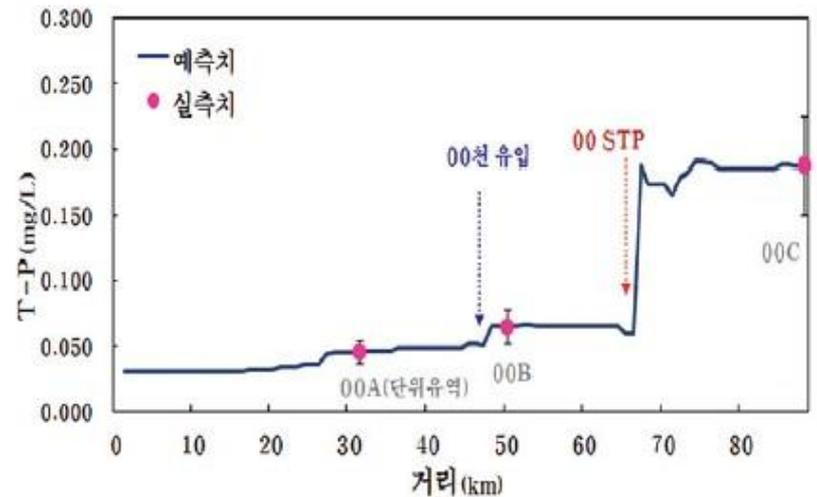
➤ 모델 구축

- 모델 적용구간 설정, 수리학적 특성(유속, 유량 등)이 유사한 구간으로 분할
- 수리계수 산정 : 최신 하천단면도 사용
- 기준유량 산정 : 시도경계 목표수질 설정시 적용유량 인용, 동일한 방법으로 산정
- 소유역 유달율 : 실측, 유달 함수식 이용
- ※ 기본계획, 지류지천, 소하천 모니터링 등 자료 활용



수질모델 보정 및 검증

- 보·검증 수질은 기준년도(17년) 측정자료 중 기준유량 범위의 평균수질, 대표성 확보
 - 총량측정망, 환경부측정망, 실측 등 활용
 - 특이수질이 있는 경우 최근 3년간 수질변화 검토
 - 시·도경계 지점의 보·검증 수질은 상하류 일치(조정)
- 기준유량 조건의 배출부하량을 모델에 입력, 모델 민감도 분석 및 매개변수 조정
 - 모델입력농도 = 배출부하량 X 유달율 / 기준유량
 - 모델입력농도를 위한 T-N, T-P 태별비율 및 Chl-a 농도는 실측자료로부터 추정
- 예측수질과 실측수질의 오차범위 $\pm 20\%$ 이내 보검증 수행 ➡ 하천환경 구현



수질예측 및 목표수질 설정

➤ 기준년도, 최초년도, 최종년도의 일최대배출부하량 수질예측

▪ 최초배출부하량

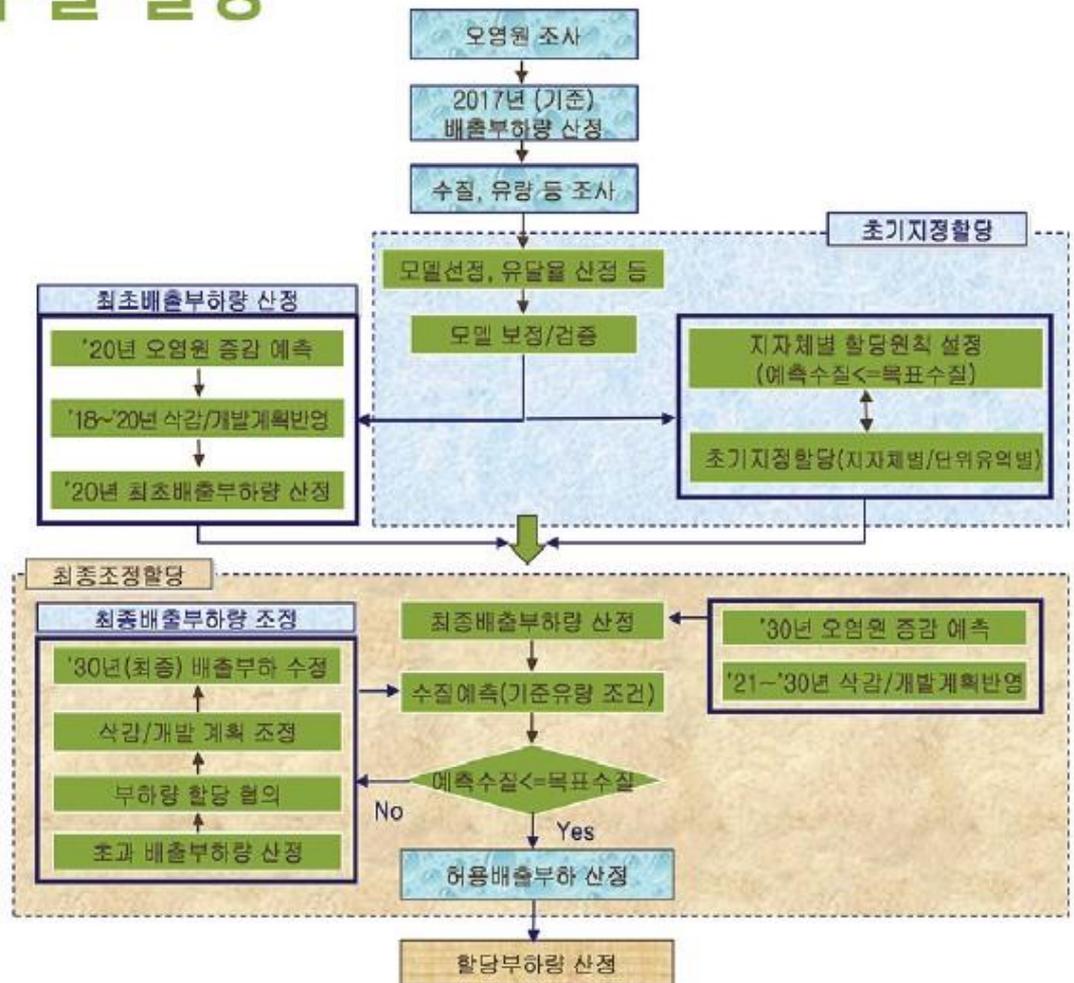
= 기준배출(17) + 자연증감(18~'20)
+ 개발(18~'20) - 삭감(18~'20)

▪ 최종배출부하량

= 최초배출(20) + 자연증감(21~'30)
+ 개발(21~'30) - 삭감(21~'30)

➤ 목표수질 설정 원칙

▪ 시·도경계 목표수질, 현재 수질현황, 오염원의 분포 및 수질 기여도, 지역/배출원간의 형평성(균형발전), 삭감여건 및 삭감의 효율성, 장기적인 수질목표 등 고려



시행계획 수립대상지역 지정

시행계획 수립대상지역 지정

(기본방침 제16조)

- ✓ 목표수질지점의 수질측정결과 2회 연속 목표수질 이하인 단위유역은 시행계획 수립대상지역에서 제외

단위유역	목표수질	BOD 평가수질(mg/L)		시행계획 수립대상 여부
		'14~'16 (1회)	'15~'17 (2회)	
A	2.0	1.9	1.9	
B	2.5	2.3	2.7	○

목표수질지점의 수질변동·확인 방법

(시행규칙별표)

- ✓ 목표수질 지점별로 연간 30회 이상 측정
- ✓ 과거 3년간 측정한 수질자료로 평가

$$\text{평균수질} = e^{\left(\text{변환평균수질} + \frac{\text{변환분산}}{2}\right)}$$

$$\text{변환평균수질} = \frac{\ln(\text{측정수질}) + \ln(\text{측정수질}) + \dots}{\text{측정횟수}}$$

$$\text{변환분산} = \frac{\{\ln(\text{측정수질}) - \text{변환평균수질}\}^2 + \dots}{\text{측정횟수} - 1}$$

안전율 적용

➤ **허용배출부하량** : 기준유량 조건에서 목표수질을 만족할 수 있도록 수질 모델링을 사용하여 계산된 단위유역의 배출부하량(기본방침 제2조11호)

➤ **안전율 적용**(기본방침 제6조)

※안전율 : 수질모델링을 사용한 오염부하량 산정과정에서 발생할수 있는 불확실성을 보정하기 위하여 설정하는 비율(기본방침 제2조13호)

- 안전율은 단위유역 허용배출부하량의 10%
- 수질개선사업지역(시행계획을 수립하지 않는 지역)에는 안전율을 미적용
- 상류 단위유역의 영향으로 목표수질을 초과한다고 판단되는 경우 5% 적용

	평가수질		목표수질	추가분석	
	1회	2회		1회	2회
A	2.2	2.3	2.0		2.3
B	3.0	3.2	3.0		3.3

Head에 A 평가수질 입력 → 수질모델링

상류 영향 : B 수질모의 값 > 평가수질

할당부하량 산정

➤ **할당부하량** (기본방침 제12조) : 허용배출부하량에 안전부하량을 제외한 부하량

단위유역 할당부하량 = (허용배출부하량 - 배경부하량) × (1 - 안전율/100) + 배경부하량

※ 배경부하량 : 토지계 발생부하원단위 지목 중 임야 배출부하량 (기본방침 제2조14호)

※ 안전부하량 = (허용배출부하량 - 배경부하량) × 안전율/100 (기본방침 제2조15호)

➤ **지자체 할당** : 단위유역 할당부하량을 할당원칙에 따라 지자체별로 배분

▪ 고려사항

- ✓ 목표수질 달성의 효율성
- ✓ 단위유역 또는 소유역별 수질오염에 영향을 미치는 정도
- ✓ 기초지방자치단체
- ✓ 오염물질 삭감계획의 실현 가능성
- ✓ 오염부하량 할당대상자간의 형평성
- ✓ 단위유역 또는 소유역내 오염원 분포 특성
- ✓ 기술지침 할당방법

▪ 단위유역이 2개 이상의 사도의 관할지역에 걸치는 경우 협의 필요

당부 사항

- 정확하고 신뢰성 있는 기초자료 조사
 - 합리적 장래 예측
 - 불확실한 개발계획 지양 ☞ 삭감목표량 감소
 - 삭감계획 적극 발굴 ☞ 개발여유량 증가
- 상호 협조체계 필요
 - 2개 이상 시·도가 하나의 단위유역에 포함될 경우 정보공유
 - 하나의 시·도가 2개 이상 기본계획을 수립할 경우 통일성
 - 상·하류 연계 등

경청해주셔서 감사합니다.