

- 보고서 -

하수처리시설 방류수 수질기준에 확률개념 도입 타당성 분석

- Report -

Feasibility Study on Statistical Consideration of Effluent Quality Limits in Sewage Treatment Plants

박규홍^{1*} · 강병준¹ · 김재철² · 최익훈³

Park, Kyoo-Hong^{1*} · Kang, Byeong-Joon¹ · Kim, Jae-Chel² · Choi, Ik-Hun³

1 중앙대학교 건설환경공학과, 2 (주) 엔포텍, 3 한국환경공단

1. 서론

최근 수질오염총량관리제, 환경영향평가협의기준 등 다양한 물환경 이슈 및 환경정책과 시책의 도입으로 우리나라의 물 환경여건이 크게 변화하여왔다. 아울러 오염물질 처리 기술 개발에 따른 처리수준의 향상과 함께 공공수역의 수질에 대한 높아진 국민들의 기대 수준에 부응할 수 있도록 점진적으로 방류수 수질기준의 강화 필요성이 대두되고 있다. 이미 확률(평균)개념을 도입한 수질오염총량제와의 차이와 수질원격감시체계(Tele Monitoring System, TMS)를 도입한 2,000m³/일 이상의 공공하수처리시설과의 운영관리 형평성 문제와 순간채수방식에 의한 공공하수처리시설의 운영관리 단순평가에 따른 불분명한 책임소재 등 공공하수처리시설 방류수질 순간채수 산정법에 따른 논란의 여지가 있다.

국가하수도종합계획(환경부, 2007)과 방류수수질기준 개선에 관한 선행연구(국립환경과학원, 2004)에서 우리나라의 방류수 수질기준이 상대적으로 미흡하며, 장기적인 측면에서 합리적이고 체계적인 운영관리평가에 대한 대표성을 확보할 수 있는 확률(평균)개념에 의한 방류수질 관리방안의 필요성을 제시한 바 있다.

확률(평균)개념은 통계분석기법을 활용한 것으로서 여러 개의 시료를 채수하여 단일혼합시료를 만들어 분석한 자료를 이용하거나 일정기간(분, 시간, 일, 월 등) 측정된 수질자료를 산술평균이나 누적확률분포 등으로 나타내어 이용하는 것이다.

본 연구¹⁾에서는 2,000m³/일미만 공공하수처리시설의 방류수 수질관리를 현행 일시적인 채수에 의한 기준에서 일정기간 채수에 의한 확률(평균)개념으로 전환하는 것에 관한 타당성을 검토하고, 수계별·유역별 수질관리 등 새로운 물 환경정책에 부합하는 합리적인 방류수 수질기준(안)을 마련하는 것을 목적으로 하였다.

2. 국내·외 방류수 수질기준 및 시료채취방법

Table 1과 같이 선진외국의 방류수 수질기준의 현황과 시료채취방법, 빈도 등에 대하여 정리하였으며, 국내의 시료채취기간과 빈도, 기준준수 판단, 수질항목분석, 방류수 수질 기준, 지자체별 방류수 수질 기준 등을 국가별로 비교하였다.

1) 본 연구는 환경부에서 발주한 '확률개념에 의한 방류수 수질기준 도입 타당성 검토' 연구 용역에 의해 수행되었음. 하지만, 본 연구를 통한 정책제안은 환경부의 정책실행방안과 다를 수 있음.

Table 1. 국내·외 방류수 수질기준 및 시료채취 비교

구 분		일 본	대한민국
시료채취		<ul style="list-style-type: none"> ○ 자동채수기(24시간 자동채취기)를 이용한 채취 : 시간단위당 1개의 샘플을 채취, 1일 24개의 시료를 유량가중평균 방법으로 혼합한 표준시료 ○ 연간 2~4개 시료 (가정: 반기 또는 분기별 채수) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 복수시료채취방법 : 30분 이상 간격으로 2회 이상 채취하여 단일혼합시료로 함 ○ 수질오염총량제 시행지역 : 복수시료채취방법에 의해 8일 간격으로 년 30회 측정 평균 ○ TMS설치 처리장 : 5분단위로 1시간에 12회 측정후 평균값 사용. 3시간이상 초과하여서는 안됨 ○ TMS미설치 처리시설 : 연간 2~4개 시료(반기 또는 분기별 채수)
기준준수 판단		-	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모든 수질항목: 채수된 모든 시료에 대해 기준값의 100%를 초과하지 않아야 함. ○ 모든 수질항목 : 각 분석 후 즉각적인 기준준수 여부 판단가능 ○ 수질오염총량제 시행지역 : 3년간 측정한 평균값이 목표수질을 2회 연속 초과해서는 안됨
수질항목 분석	모든 항목	-	○ 수질오염공정시험방법을 따름
	질소	-	○ 총질소: 유기질소+무기질소
방류수 수질기준		<ul style="list-style-type: none"> ○ 활성오니법 · 표준살수여상법 · 이와 동등처리방법 pH : 5.8~8.6, BOD₅ : 60mg/L이하, COD : -, SS : 120mg/L이하, 대장균군수 : 3,000개/mL이하 ○ 고속살수여상법 · 수 정 폭 기 법 · 기타 이와 동등한 처리방법 pH : 5.8~8.6, BOD₅ : 60mg/L이하, COD : -, SS : 120mg/L이하, 대장균군수 : 3,000개/mL이하 ○ 침전법 pH : 5.8~8.6, BOD₅ : 120mg/L이하, COD : -, SS : 150mg/L이하, 대장균군수 : 3,000개/mL이하 ○ 그 밖의 경우 pH : 5.8~8.6, BOD₅ : 150mg/L이하, COD : -, SS : 200mg/L이하, 대장균군수 : 3,000개/mL이하 	<ul style="list-style-type: none"> ○ BOD₅ : 10mg/L이하 ○ COD : 40mg/L이하 ○ SS : 10mg/L이하 ○ T-N : 20mg/L이하(50m³/일미만일 때, 40mg/L이하; 겨울철에는 60mg/L이하) ○ T-P : 2mg/L이하(50m³/일미만일 때, 4mg/L이하; 겨울철에는 8mg/L이하) ○ 대장균군수 : 3,000개/mL이하 (특정지역에서는 1,000개/mL이하)
지자체별 방류수 수질 기준 유무		있음	가능하나, 대체로 없음 (단, 수질오염총량제, 환경영향평가협의기준에 따른 적용을 받는 곳이 있음)

Table 1. <계속>

구 분	유럽연합(EU)	독 일	미 국
시료채취 기간과 빈도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유량가중 24시간 시료 또는 시간별 24시간 시료 ○ 연간 12/24개 시료 1) 2,000~9,999 p.e. : 첫 1년은 12개 시료. 첫째 기준 만족이면 다음해에 4개 시료, 4개 중 1개가 초과하면, 그 다음해에 다시 12개 시료 측정 2) 10,000~49,999 p.e. : 12개 시료 3) 50,000 p.e. 이상: 24개 시료 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 검정임의시료 또는 2시간혼합 시료 1) 검정순간(임의)시료 : 2분 이상~2시간 이하의 시간 간격으로 채취한 최소 5개 순간시료의 혼합시료 2) 2시간 혼합(복합)시료 : 2시간동안 연속적/불연속적으로 채취한 혼합시료 ○ 연간 6개 시료 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 7일 평균 : 연속 7일간 수집된 시료에 대한 수질항목별 분석값의 산술평균 2) 30일 평균 : 연속30일간 수집된 시료에 대한 수질항목별 분석값의 산술평균 ○ 연간 7~30개 시료 (가정: 연간 1회 채수 및 분석)
기준준수 판단	<ul style="list-style-type: none"> ○ BOD와 COD의 경우, 시료의 약 90%가 기준값을 초과하지 않아야 함. 또한, 정상적인 운전조건하에서 기준초과된 시료가 기준치보다 100%이상 초과해서는 안됨. ○ TSS의 경우, 정상적인 운전조건하에서 기준초과된 시료가 기준치보다 150%이상 초과해선 안됨. ○ T-N과 T-P는 연 평균값이 기준값을 초과해서는 안됨. ○ 강한 호우와 같은 특수상황에서 얻은 수질의 극한값은 고려하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모든 수질항목 : 최근 채수되어 분석된 5개 시료 중 4개가 기준값을 초과하지 않아야 함. 어떤 시료도 기준값의 100%이상을 초과해서는 안됨. 단, 3년이 넘는 분석값은 고려하지 않음. ○ 모든 수질항목 : 각 분석 후 즉각적인 기준준수여부 판단가능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모든 수질항목에 대해 주어진 기간에 채수된 모든 시료(우기에 합류식하수유입시, 처리장 문제발생시 제외)의 산술평균값이 기준값을 초과하지 않아야 함. ○ 적정운전 · 유지로 일관되게 달성가능한 방류수 수질농도 : 최소 2년간 처리시설에서 달성가능한 30일평균 방류수 수질의 95% 수준(이 값의 1.5배를 7일평균값으로 봄)으로 정의함
수질항목 분석	모든 항목	○ 일반적으로 선별측정방법 : 기준값의 일정범위에 들 때만 완전표준측정방법 사용	○ BOD는 질산화가 일어나지 않은 상태의 값이어야 함. CBOD ₅ : 25mg/L이하(30일평균) 40mg/L이하(7일평균)
	질소	○ 총질소: KN(유기질소+NH ₃ +질산성질소+아질산성질소)	○ 총질소(총 무기질소): NH ₃ +질산성질소 + 아질산성질소
방류수 수질기준	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반지역과 민감지역 구분 BOD₅ : 25mg/L이하 (70~90%) COD_{Cr} : 125mg/L이하 (75%) SS : 35mg/L이하 (90%) * 민감지역 : 수질오염에 따라 부영양화가 우려되는 수체 N 100,000 p.e. 이상 : <10mg/L이하 10,000~100,000 p.e. : <15mg/L이하 P 100,000 p.e. 이상 : <1.0mg/L이하 10,000~100,000 p.e. : <2.0mg/L이하 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 10,000p.e.이상 COD<75mg/L, BOD<15mg/L, NH₄<10mg/L, T-N>13mg/L, T-P>1.0mg/L ○ 10,000~100,000 p.e. COD<90mg/L, BOD<20mg/L, NH₄<10mg/L, T-N<18mg/L, T-P<2.0mg/L ○ 5,000~10,000 p.e. COD<90mg/L, BOD<20mg/L, NH₄<10mg/L ○ 1,000~5,000 p.e. COD<110mg/L, BOD<25mg/L ○ 1,000 p.e. 미만 COD<150mg/L, BOD<40mg/L ※ 1p.e.=60g BOD₅/일임 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공공하수처리장(POTW)의 방류수 기준과 2차처리 기준 pH : 6.0~9.0 BOD₅ : 30mg/L이하(30일평균) 45mg/L이하(7일평균) TSS : 30mg/L이하(30일평균) 45mg/L이하(7일평균) T-N : - ※ 미국은 각 주마다 EPA의 지침에 따라 수질환경기준을 유지할 수 있도록 오염부하량이 할당
지자체별 방류수 수질기준 유무	해당없음 (EU가입국가별 별도 기준은 있음)	있음	있음

3. 연구결과 및 고찰

3.1 계층분석기법에 의한 확률개념 도입 방안 평가

AHP기법은 전문가를 대상으로 설문을 하는 것을 기본 전제로 하며, 10명 이상이 응답하였을 경우 설문 결과의 타당성을 가지는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 총 20명(교수 및 연구원 5명, 운영사 및 지자체 10명, 유역환경청 5명)이 응답하였으므로 설문 결과의 타당성을 가진다고 볼 수 있다. 또한 본 연구에서는 각 항목별로 일관성비율을 평가하여 10% 이내에 들어오는 항목만을 고려하였다. 확률개념에 의한 방류수 수질기준 도입 타당성을 위한 환경성, 기술성, 규제의 효율성, 경제성에 대한 가중치 선정 후 각각의 대안이 받는 점수를 곱하여 최종 평가결과를 쌍대비교를 통하여 결정하였기 때문에, 최종적으로 계산된 값 중 가장 높은 값을 100점으로 환산하였다.

방류수 수질기준에 확률개념 도입방안이 타당한지에 대한 의사결정에 영향을 줄 수 있는 요소인 각 항목에 대한 가중치 종합결과, 환경성이 51.31%, 기술성 19.32%, 규제의 효율성 16.66%, 경제성 12.71%로 조사되어 방류수 수질기준을

결정하는데 있어 우선 고려되어야 할 사항이 환경성인 것으로 나타났다(Table 2 참조).

각 대안별 기능점수 평가는 확률개념을 도입한 방류수 수질기준 마련의 환경성, 기술성, 규제의 효율성이 순간채수방식의 방류수 수질기준 유지보다 높게 평가되었으며, 경제성에서는 순간채수방식이 확률개념을 도입한 방류수 수질기준 마련보다 높게 분석되었다(Table 3 참조).

Table 4에 나타낸 바와 같이, 방류수 수질기준의 확률개념 도입을 위하여 항목별 가중치 선정값에 기능평가 결과를 곱하여 환산한 최종 평가 종합결과, 확률개념을 도입한 방류수 수질기준이 100점(환산점수)으로 35.55점(환산점수)을 받은 순간수질 개념의 방류수 수질기준보다 월등한 점수를 받아, 현행 기준인 순간수질 개념의 방류수 수질기준보다 합리적인 대안이 될 수 있다고 분석이 되었다. 특히, 설문 내용으로 현행 순간채수방식에 따른 확률개념을 도입할 경우, 그 확률개념도입 방식에 따라 방류수 수질기준값이 하향 조정(더 엄격해짐)될 수 있음을 분명히 제시하였음에도 운영사와 지자체 공무원들도 확률개념 도입방식을 바라고 있는 것이 특이할 만하다.

Table 2. 각 대안별 기능점수 평가

구 분	(단위 : %)			
	환경성	기술성	규제의 효율성	경제성
확률개념을 도입한 방류수 수질기준 마련	76.62	78.67	60.48	41.35
순간채수방식의 방류수 수질기준 유지	23.38	21.33	39.52	58.65

Table 3. 주요항목의 가중치 및 순위

구 분	가중치(%)	순위
환경성	51.31	1
기술성	19.32	2
규제의 효율성	16.66	3
경제성	12.71	4



Table 4. 대안선정 평가 결과

대 안	합계	점수환산	순위
확률개념을 도입한 방류수 수질기준 마련	6,984.39	100.00	1
순간채수방식의 방류수 수질기준 유지	3,015.61	43.18	2

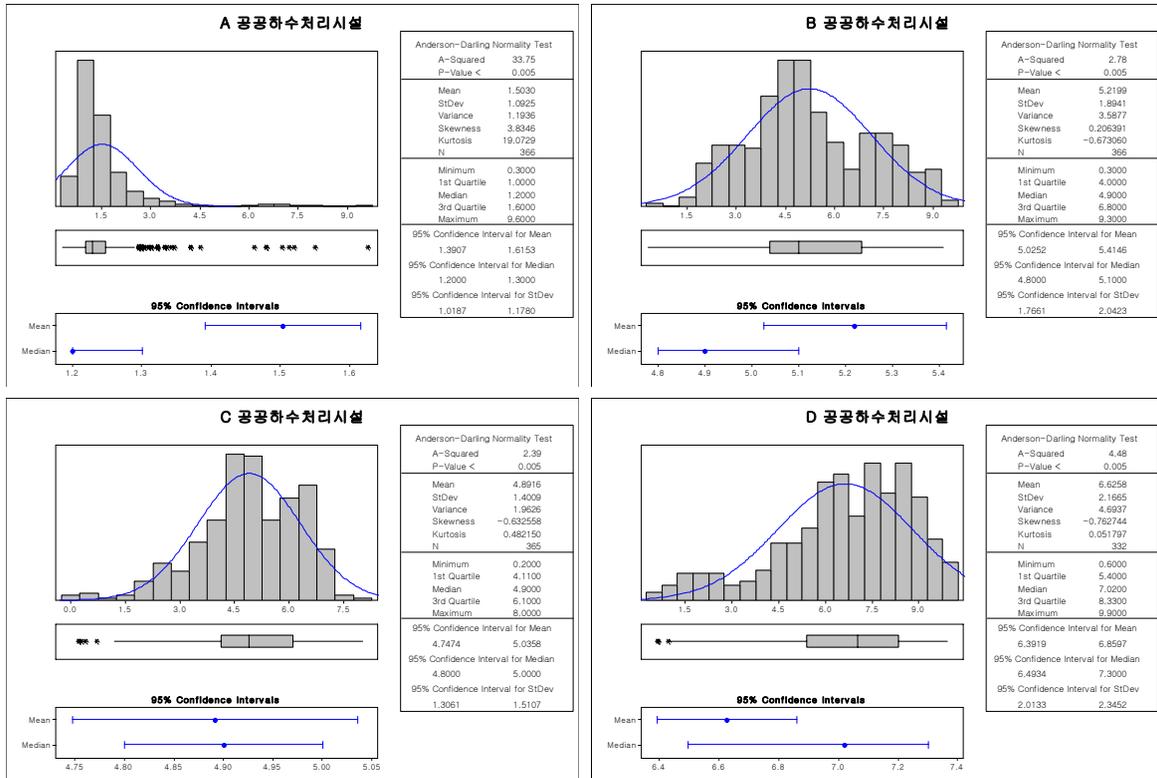


Fig. 1. 분석대상 공공하수처리시설의 BOD 통계 자료

3.2 공공하수처리시설 운영자료(방류수질)의 통계학적 분석 결과

현재 운영되고 있는 공공하수처리시설(대상-2,000m³/일미만의 고도처리시설이 도입된 4개 처리장)의 방류수질 자료를 이용, 통계학적 분석을 통한 확률(평균)개념 도입 가능성을 검증하고자 순간채수 방식의 수질값과 평균 또는 확률개념의 수질값을 비교-분석하였다.

일(日)자료를 이용한 통계학적 분석값이 현행 방류수 수질기준을 준수하는 것으로 나타나 방류수질의 확률적 검토가 가능한 것으로 도출되었으며, 확률(평균)개념에 의한 수질값의 활용은 TMS를 운영중인 공공하수처리시설과의 형평성을 맞출 수 있고, 통계학적 측면에서도 방류수 수질기준의 준수여부 판단에 대한 객관성을 높이는 것으로 나타났다. 입법예고('12년 시행예정)된 강화된 방류수 수질기준에 대한 검토결과, 방류수 수질기준이 크게 강화되는 I지역(BOD 5mg/L, T-P 0.2mg/L)의 경우 현 공공하수처리시설의 처리수준으로는 T-P가 모든 처리시설에서 방류수 수질기준을 초과하였으며, BOD도 일부 처리시설에서 초과하는 것으로 나타나 법규시행시 I지역의 기준을 적용받는 공공하수처리시설은 별도의 고도화 및 성능개선이 필요한 것으로

도출되었다.

3.4 방류수 수질기준 개선시 고려해야 할 영향요소 평가

Table 5는 확률개념을 도입한 방류수 수질기준 개선시 고려할 수질환경기준과 방류수 수질기준의 관계, 시료의 채수방식, 수질TMS도입에 의한 모니터링체계의 변화, 용량공법-노후도별 기준, 기준준수여부 판단방법에 확률개념 도입, 합류식하수관거월류수의 방류 기준의 영향요소에 대한 현황과 개선방향 또는 유의사항을 요약하여 제시하였다.

4. 국내 실정에 맞는 방류수 수질기준(안)의 제안

4.1 방류수 수질기준의 영향요소를 고려한 개선방안

현행 방류수 수질기준의 가장 큰 문제점은 마을하수도 종합관리대책에 관한 연구(환경부, 2005)에서도 지적한 방류수 수질기준 초과와 수질원격감시체계(TMS) 도입에 따른 설치 시설과 미설치 시설간의 운영관리평가 형평성 문제 해결이다. 문제점에 대한 하나의 대안으로 선진국이 적용하고 있는 확률개념이나 산술평균개념 도입이다. 이를 기준으로

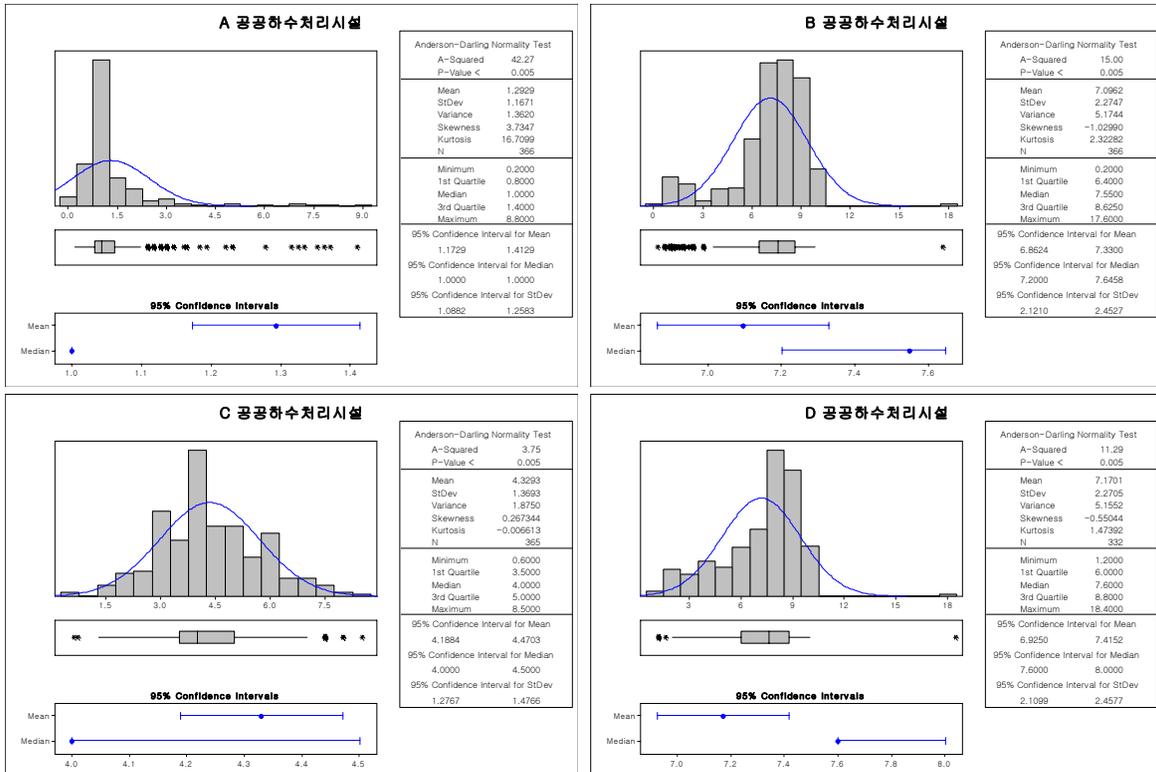


Fig. 2. 분석대상 공공하수처리시설의 SS 통계 자료

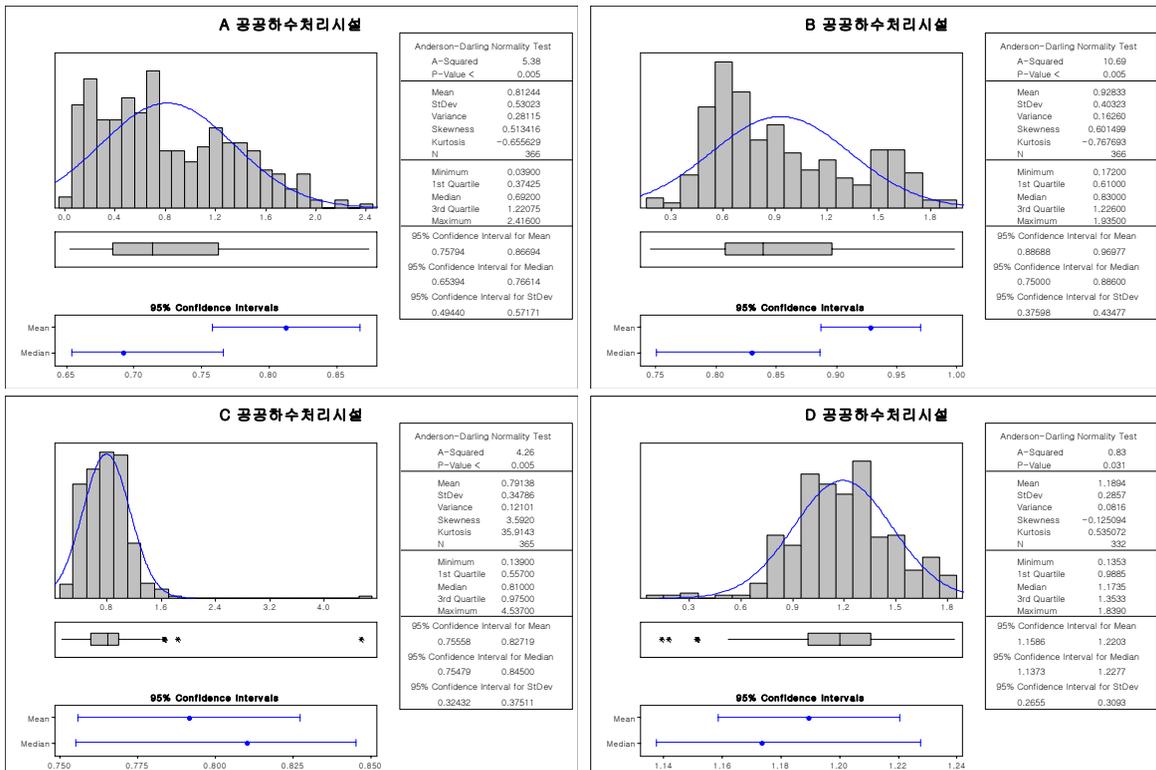


Fig. 3. 분석대상 공공하수처리시설의 T-P 통계 자료

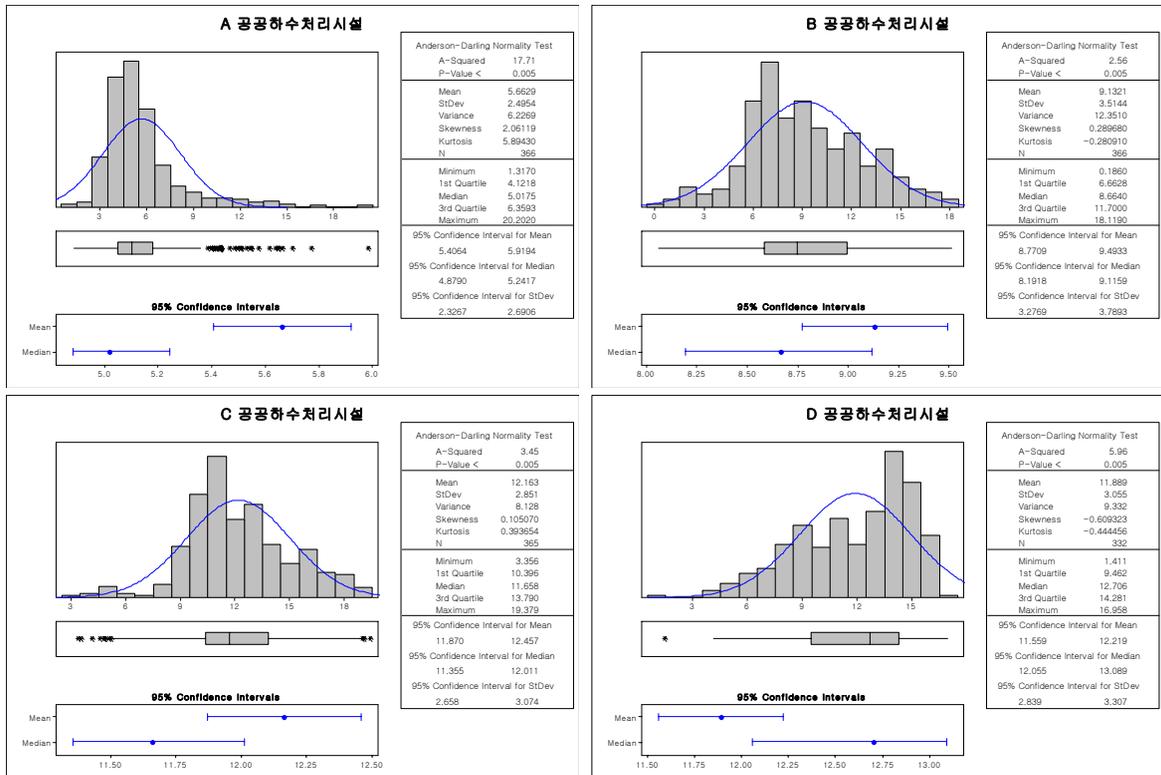


Fig. 4. 분석대상 공공하수처리시설의 T-N 통계 자료

Table 5. 확률개념을 도입한 방류수 수질기준 개선시 고려할 영향요소

방류수 수질기준 영향요소	현황	개선방향 또는 유의사항
수질환경기준과 방류수 수질기준의 관계	중복규제에 대한 민원 수질오염총량제 규제가 공공하수처리시설 위주로 수행	수질보전을 위해 중복규제라도 정교한 수질관리체계를 갖춘은 당연 단기적 평가로써, 장기적으로 합리적 관리가 기대됨. 단 하수처리시설의 방류수 수질기준 강화에 기술적 한계 있음에 유의
시료의 채수방식	정기 지도·점검시 순간채수방식은 시료 대표성 결여, 운영관리자 사기저하 TMS도입시설과의 형평성 문제 제기	지도·점검시 기준초과시설에 재시험기회 부여시 확률개념 도입 필요 TMS도입시설과 미도입시설에 대한 시료채수방식의 형평성 필요
수질TMS도입에 의한 모니터링체계의 변화	TMS도입시설과의 형평성 문제 제기	TMS도입시설과 미도입시설에 대한 시료채수방식의 형평성 필요
용량·공법·노후도별 기준	용량별 기준 어느 정도 고려됨 공법별, 노후도별 기준 없음	용량별 기준의 세분화 필요 공법별, 노후도별 수질기준은 기존 데이터의 장기분석이 필요하므로 지자체별 기준에 적용함이 바람직함
기준준수여부 판단방법에 확률개념 도입	모든 수질항목에 대해 모든 시료에 대해 기준값을 100% 충족시켜야 함	기준준수여부가 채수와 분석이 끝난 직후 판단가능한 장점이 있음
합류식하수관거월류수의 방류 기준	합류식 지역 하수처리시설내 1차처리후 bypass 간이처리수의 수계오염 영향	이에 대한 수질기준의 규제는 국내 대부분의 처리 시설 개량을 고려해야 하므로 추후 연구 필요

Table 6에서는 현행 공공하수처리시설의 방류수 수질기준의 문제점과 이에 대한 개선방안이 무엇인지를 간단히 정리하였다.

Table 6. 공공하수처리시설의 방류수 수질기준의 문제점 및 개선방안 비교

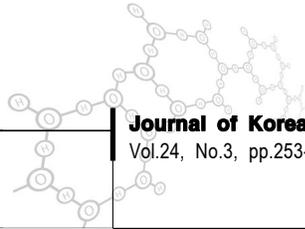
	필요성	문제점	개선방안
수질환경기준과 하수처리시설 방류수 수질기준	- 공공수역의 수질보전을 위한 중복규제 효율적 관리	- 기술기반수질기준과 수질기반 수질기준의 상관관계를 파악하여 방류수 수질기준값을 산정하는 것이 바람직함	- 이미 정교한 수질관리체계가 어느 정도 갖추어짐 - 수질기반기준과 연계한 기술기반수질기준값의 결정은 매우 복잡하여 장기간의 심도있는 연구가 필요
시료 채수방식	- 수질오염총량규제에 따른 모니터링 방식과는 다른 방류수 수질 채수 방식 수질오염총량규제는 8일 간격 년 30회 시료채취 및 분석을 통해 기준준수 판단 현행 30분 간격 2회 이상 채취 후 단일혼합시료	- 시료채취 및 평가 수질오염총량제 : 평균개념이 도입된 수질평가방식 기존 처리시설은 확률·평균개념이 도입되지 않음	- 오염총량제 및 수질TMS 도입시설의 시료채수방식에 비해 형평성이 확보된 확률(평균)개념 도입된 시료채수방식으로 개선 - 시설 용량별·지자체 여건에 맞는 고정 및 이동 시료자동채수기 도입
수질 TMS와 형평성	- 수질TMS 설치 폐수배출시설 : 700m ³ /일 공공하수처리시설 : 2,000m ³ /일	- 수질오염공정시험법의 연속자동측정기기 측정자료를 이용하여, 분자량과 시간자료를 사용 10초당 5분 동안 수집한 자료를 바탕으로 평균·적산과 같은 통계 처리를 수행하여 이를 바탕으로 유효 5분자료 개수가 75% 이상이면 유효하다고 판단하고 1시간 자료를 생성	- TMS 적용 하수처리시설의 더 엄격한 방류수 수질기준 값의 합리적 조정 - TMS 적용 시설의 확대 현행 2,000m ³ /일이상에서 500m ³ /일이상으로 - TMS 미적용 시설은 Autosampler 도입으로 채수방식 변경
용량별·처리공법별·시설노후도별 기준	- 운영관리에 관한 지도, 점검, 모니터링 등에 관하여 객관성과 신뢰성 확보	- 엄청난 숫자의 소규모시설에 대해서 현실성 부족 - 유입수와 방류수의 객관적인 시계열 자료를 분석하여 적합성 여부를 판단해야 함	- 용량별 기준도입은 어느 정도 시행되고 있으나, 더 세분화된 기준을 장기적으로 도입 - 공법별·시설노후도별 기준은 충분한 데이터 확보후 향후 재검토가 필요함
기준준수여부 판단	- EU와 미국의 경우 방류수 수질기준준수 여부 판단시 일정기간 평균값과 비교	- 모든 수질항목에 대해 모든 시료에 대해 기준값을 100% 충족시켜야 함 - 기준준수여부가 채수와 분석이 끝난 직후 판단가능한 장점이 있음	- TMS는 현행의 수질기준 준수여부 판단 방식으로 적용하고, 300~500m ³ /일은 시료중 일정 개수가 기준값을 초과하지 않는 방식을 장기적으로 채용하며, 100~300m ³ /일은 일정기간동안의 단일 혼합시료로 항목별 준수여부를 판단
CSOs 기준	- 합류식 하수도 월류수가 수계에 큰 영향을 미치고 있는 상황	- 국내 하수처리시설 방류수 수질기준에는 우기시 합류식 관거로부터 하수가 처리시설로 유입될 경우의 처리기준에 대해 별도의 규정이 없음	- 합류식 하수도의 월류수의 합법적, 합리적, 친환경적인 방류를 도모할 수 있는 법체계 구축, 추가 연구가 필요.

4.2 공공하수처리시설 방류수 수질기준(안) 마련 수질기준에 단서조항을 밑줄을 그어 제시함으로써 확률개
Table 5에 이미 입법예고된 2012년부터 적용되는 방류수 념을 도입할 것을 제안한 것이다.

Table 7. 2012.1.1일부터 적용 예정인 방류수 수질기준 개정(안)의 제시

구 분		생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/L)	화학적 산소요구량 (COD) (mg/L)	부유물질 (SS) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총대장균 군 수 (개/mL)	생태독성 (TU)
1일 하수처리 용량 500m ³ 이상	I 지역	5 이하	20 이하	10 이하	20 이하	0.2 이하	1,000이하	1
	II 지역	5 이하	20 이하	10 이하	20 이하	0.3 이하	3,000이하	
	III 지역	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	0.5 이하		
	기타지역	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하		
1일 하수처리용량 500m ³ 미만 50m ³ 이상		10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하		
1일 하수처리 용량 50m ³ 미만		10 이하	40 이하	10 이하	40 이하	4 이하		

- 비고 : 1. 공공하수처리시설의 폐놀류 등 오염물질의 방류수 수질기준은 해당 시설에서 처리할 수 있는 오염물질항목에 한하여 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 별표 13 제2호나목 폐놀류 등 수질오염물질 표 중 특례지역에 적용되는 배출허용기준 이내에서 그 처리시설의 설치사업 시행자의 요청에 따라 환경부장관이 정하여 고시한다.
2. 겨울철(12월 1일~3월 31일까지)의 총 질소와 총 인의 방류수 수질기준은 60mg/L 이하와 8mg/L 이하를 각각 적용한다.
3. 생태독성 방류수 수질기준은 물벼룩에 대한 급성독성시험을 기준으로 하되, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 별표 13 제2호나목3) 비고란 제2호 본문에 따른 폐수배출시설에서 배출되는 폐수가 유입되고 1일 하수처리용량 500세제곱미터(m³) 이상인 공공하수처리시설에 적용한다.
4. 하수도법 제7조 및 환경정책기본법 제10조 등 관계법령에 의거 별도의 강화된 방류수 수질기준이 설정된 지역은 해당 지역의 방류수 수질기준을 적용받는다.
5. 1일 하수처리용량 500m³이상 수질원격감시체계(TMS) 부착 사업장의 경우는 수질오염공정시험법의 연속자동측정기기 측정자료를 이용하며, 분자료와 시간자료를 사용한다. 분자료는 자료수집장치가 측정기로부터 5분간 수집한 자료를 바탕으로 평균, 적산과 같은 통계처리를 수행한 자료를 의미한다. 시간자료는 수집장치가 1시간 동안 생성한 5분자료를 바탕으로 분자료와 동일하게 통계처리를 수행한 결과자료를 의미한다.
6. 1일 하수처리용량 500m³미만 300m³이상의 경우는 수질시료자동채수기를 사용하여 24시간동안 1시간 간격으로 24회의 시료를 채취하여 1일 24개의 시료를 유량가중평균 방법으로 구함. 단, 2013년 12월 31까지는 순간채수방식(30분 이상 간격으로 2회이상 채수)과 24시간채수방식의 병행사용 가능. 모든 수질항목에 대해 채수된 모든 시료에 대해 기준값의 100%를 초과해서는 안됨.
7. 1일 하수처리용량 300m³미만 100m³이상의 경우는 30분이상 간격으로 최대 5시간동안 일일 5-10개의 시료를 채수하여 단일혼합시료를 만들어 분석. 단, 2013년 12월 31까지는 순간채수방식과 병행사용 가능. 모든 수질항목에 대해 채수된 모든 시료에 대해 기준값의 100%를 초과해서는 안됨.
8. 1일 하수처리용량 100m³미만의 경우는 30분 이상 간격으로 2회이상 채수하여 단일혼합시료를 만들어 분석.



또한 Table 6에는 수질오염공정시험기준의 개정안을 밑줄 을 그어 표시하였다.

Table 8. 수질오염공정시험기준 개정(안)

제목	현행 수질오염공정시험기준	개정(안)
제3항 시료의 채취 및 보존 방법	<p>1. 시료의 채취방법</p> <p>1.1 시료채취방법의 구분</p> <p>시료는 배출허용기준 적합여부를 판정하기 위한 시료와 하천수 등 수질조사를 위한 시료로 구분하여 채취한다.</p> <p>1.1.1 배출허용기준 적합여부 판정을 위한 시료 채취</p> <p>배출허용기준 적합여부 판정을 위하여 채취하는 시료는 시료의 성상, 유량, 유속 등의 시간에 따른 변화를 고려하여 현장물의 성질을 대표할 수 있도록 채취하여야 하며, 복수채취를 원칙으로 한다. 단, 신속한 대응이 필요한 경우 등 복수채취가 불합리한 경우에는 예외로 할 수 있다.</p> <p>(1) 복수시료채취방법 등</p> <p>(가) 수동으로 시료를 채취할 경우에는 30분 이상 간격으로 2회 이상 채취(Composite Sample)하여 일정량의 단일시료로 한다. 단, 부득이한 사유로 6시간 이상 간격으로 채취한 시료는 각각 측정분석한 후 산술평균하여 측정분석값을 산출한다(2개 이상의 시료를 각각 측정분석한 후 산술평균한 결과 배출허용기준을 초과한 경우의 위반일 적용은 최초 배출허용기준이 초과된 시료의 채취일을 기준으로 한다).</p> <p>(나) 자동시료채취기로 시료를 채취할 경우에는 6시간 이내에 30분 이상 간격으로 2회 이상 채취(Composite sample)하여 일정량의 단일 시료로 한다.</p>	<p>1. 시료의 채취방법</p> <p>1.1 시료채취방법의 구분</p> <p>(현행 유지)</p> <p>1.1.1 배출허용기준 적합여부 판정을 위한 시료 채취</p> <p>(현행 유지)</p> <p>(1) 복수시료채취방법 등</p> <p>(가) 수동으로 시료를 채취할 경우에는 30분 이상 간격으로 2회 이상 채취(Composite Sample)하여 일정량의 단일시료로 한다. 단, 부득이한 사유로 6시간 이상 간격으로 채취한 시료는 각각 측정분석한 후 산술평균하여 측정분석값을 산출한다(2개 이상의 시료를 각각 측정분석한 후 산술평균한 결과 배출허용기준을 초과한 경우의 위반일 적용은 최초 배출허용기준이 초과된 시료의 채취일을 기준으로 한다).</p> <p>단, <u>1일 하수처리용량 300m³미만 100m³이상 공공하수처리시설의 경우는 30분 이상 간격으로 최대 5시간동안 일일 5-10개의 시료를 채수하여 단일혼합시료를 만들어 분석. 그리고, 1일 하수처리용량 100m³미만 하수처리시설의 경우는 30분 이상 간격으로 2회이상 채수하여 단일혼합시료를 만들어 분석.</u></p> <p>(나) 자동시료채취기로 시료를 채취할 경우에는 6시간 이내에 30분 이상 간격으로 2회 이상 채취(Composite sample)하여 일정량의 단일 시료로 한다. 단, <u>1일 하수처리용량 500m³미만 300m³이상의 경우는 수질시료자동채수기를 사용하여 24시간동안 1시간 간격으로 24회의 시료를 채취하여 1일 24개의 시료를 유량가중평균 방법으로 구한다. 단, 1일 하수처리용량 500m³이상의 경우는 TMS 사용.</u></p>

4.3 확률개념의 수질기준 도입(안)별 비용분석

확률개념 도입을 위해서는 공공하수처리시설에 TMS나 자동채수기(Auto-Sampler)가 도입되어야 하는데, TMS의 경우 시설용량이 500m³/일미만인 공공하수처리시설까지 확

대하는 것은 현실적으로 곤란하고, 자동채수기의 경우도 모든 공공하수처리시설에 도입하는 것은 많은 설치비용 및 유지관리비용을 필요로 하므로 지자체별로 공용으로 활용하는 다양한 방안을 검토하여 Table 9와 같이 제시하였다.

Table 9. 확률개념 도입을 위한 공공하수처리시설 시설용량별 도입(안)

시설용량 (m ³ /일)	1안	2안	3안	4안	5안
2,000~500	TMS신규설치	TMS신규설치	TMS신규설치	TMS신규설치	FA
500~300	PA	PA	PA	PA	PA
300~100	PA	PA	PA	현행	현행
100~50	PA	PA	현행	현행	현행
50미만	PA	현행	현행	현행	현행

※ PA(Portable Auto-sampler, 이동식 자동채수기), FA(Fixed Auto-sampler, 고정식 자동채수기)

Table 10. 공공하수처리시설 시설용량별 설치대수 및 소요비용

구 분		1안	2안	3안	4안	5안
신규 TMS 설치수		73	73	73	73	0
자동채수기수		436	246	128	31	104
설치비용 (백만원)	TMS	10,950	10,950	10,950	10,950	0
	자동채수기	6,540	3,690	1,920	465	1,560
	소계	17,490	14,640	12,870	11,415	1,560
유지관리비용 (백만원/년)	TMS	1,460	1,460	1,460	1,460	0
	자동채수기	19.7	11.1	5.8	1.4	4.7

Table 11. 확률개념에 의한 수질기준 도입을 위한 추진방안 및 소요비용

구 분		추진방안(3안)	단기방안(5안)
설치방안	2,000~500	TMS신규설치	FA
	500~300	PA	PA
	300~100	PA	현행
	100~50	현행	현행
	50미만	현행	현행
설치대수	TMS	73	0
	자동채수기	128	104
설치비용 (백만원)	TMS	10,950	0
	자동채수기	1,920	1,560
	소계	12,870	1,560
유지관리비용 (백만원/년)	TMS	1,460	0
	자동채수기	5.8	4.7

※ PA(Portable Auto-sampler, 이동식 자동채수기), FA(Fixed Auto-sampler, 고정식 자동채수기)

Table 10에서 보인 바와 같이, 1안 설치비용이 약 175억 원으로 가장 높게 나타났으며, 시설용량 300~500m³/일의 시설에 자동채수기를 지자체별 공용으로 활용하고, 시설용량 500m³/일 이상은 고정식 자동채수기를 설치하는 5안이 15억6천만원으로 가장 작게 나타났다.

정기적인 지도점검 외에도 일상적인 수질검사도 동일한 채수방법에 의하여 수질검사가 이루어지므로 매일 수질검사가 필요한 500m³/일 이상의 공공하수처리시설은 수질원격감시체제(TMS)를 구축하고, 500m³/일미만 100m³/일 이상의 공공하수처리시설은 지자체별 공용 자동채수기를 활용하는 3안이 다소 비용은 소요되나 확률개념의 수질관리체제의 도입을 위해서는 타당한 방안으로 판단된다(Table 11 참조).

4. 결론

설문조사 대상 공공하수처리시설의 19.7% 정도가 수질 오염총량제의 적용을 받는 수계에 포함되어 있었으며, 환경영향평가 협의기준 적용을 받는 시설이 27개소로 조사되었으며, 이 중 수질 TMS를 설치 운영중인 시설이 84개소로 조사되었다.

계층분석기법에 의한 확률개념 방류수 수질기준 도입 타당성을 평가한 결과, 확률개념을 도입한 방류수 수질기준이 순간수질 개념의 방류수 수질기준보다 월등히 높은 선호도를 나타냈으며, 현행 기준인 순간수질 개념의 방류수 수질기준보다 합리적인 대안이 될 수 있는 것으로 분석되었다. 국내 실정에 맞는 방류수 수질기준의 도입을 위하여 채수방법의 개선안을 검토하였으며, 2012년 시행 예정인 하수도법 시행규칙 개정안을 기본틀로 확률개념이 도입된 방류수 수질기준(안) 및 수질오염공정시험기준(안)을 제시하였다. 또한, 확률개념의 방류수 수질기준(안)의 도입을 위한 각 안별 소요비용 분석을 통하여 장·단기적으로 현실적으로 도입가능한 방안을 제시하였다. 즉, 정기적인 지도점검외에도 일상적인 수질검사도 동일한 채수방법에 의하여 수질검사가

이루어져야 하므로, 매일 수질검사가 필요한 500m³/일 이상의 공공하수처리시설은 수질원격감시체제(TMS)를 구축하고, 그 이하의 처리시설은 300m³/일에서 500m³/일까지의 공공하수처리시설은 지자체별 공용 자동채수기를 활용하는 안이 다소 비용은 소요되나 확률개념의 방류수 수질관리체제의 도입을 위해서는 타당한 방안이라 사료된다. 한편, 비용이 가장 저렴한 제5안을 제시함으로써 현실적으로는 가장 단기적으로 추진할 수 있도록 제안하였다. 즉, 300m³/일이상 처리시설에 자동채수기를 도입하되, 2,000m³/일미만~500m³/일이상의 시설에는 고정자동채수기를 설치하고, 500m³/일미만~300m³/일이상의 시설에는 이동자동채수기를 설치하여 지자체별 공용으로 활용하다가, 500m³/일 이상의 시설에 점진적으로 TMS가 설치됨에 따라 그 곳에 설치된 자동채수기를 500m³/일미만~300m³/일이상의 시설로 옮겨서 재설치, 재활용하는 방안을 제시하였다.

사 사

본 연구는 2009년도 환경부 ‘확률개념에 의한 방류수 수질기준 도입 타당성 검토’ 연구 용역에 의해 수행되었기에 감사를 드립니다.

참고문헌

- 국립환경연구원 (2004) 하수종말처리시설 방류수기준 개선에 관한 연구-방류수 기준치 설정체계를 중심으로, 행정간행물 등록번호 11-1480083-000269-01.
- USEPA (2001) *Protecting The Nation's Waters Through Effective NPDES Permits*, EPA 833-R-01-001.
- USEPA (2003) *Watershed-Based National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) Permitting Implementation Guidance*, EPA 833-B-03-004.
- European Commission (1991) *Council Directive of 21 May Concerning Urban Waste Water Treatment*, in: (91:271:EEC), EEC.