

방류수 수질 원격감시체계(TMS) 시범 운영

이 경 진 | 동문과학상사 수자원/해양환경팀

조 재 원 | 동문과학상사 수자원/해양환경팀

권 봉 경 | 동문과학상사 기술부

최 준 창 | 동문과학상사 기술부

- 요약문 -

최근 수질환경보전법의 개정법률(안)에 의거하여 폐·하수종말처리장에 수온, pH, 생물학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 총질소(TN), 총인(TP) 및 부유물질(SS)의 자동측정할 수 있는 수질 자동측정기의 부착이 의무화될 예정에 있다. 그러나, 현재 전국적으로 화학적산소요구량 측정장비와 같이 일부 항목에 대한 자동측정장치는 설치·운영 중인 곳이 많이 있으나, 수질 TMS 설치 규정에 나와 있는 전 항목을 측정할 수 있는 장비가 설치되어 운영하는 곳은 극히 일부에 불과한 실정이다. 따라서, 수온, pH, 화학적산소요구량(COD), 총질소(TN), 총인(TP), 부유물질(SS) 자동측정 장치를 설치하고, 무선통신(CDMA) 방식을 이용하여 '방류수 수질 원격감시체계(TMS) 시범 운영'을 통하여, 측정 장비들에 대한 자료의 정확성, 신뢰성을 파악하여 설치될 장비들에 대한 성능을 사전에 평가하고, 수질 TMS 시스템에 대한 현장 적용 능력 및 안정성을 파악하여 실질적으로 운영되는 시점에 좀 더 정확하고 실용적인 시스템의 적용하고자 한다.

주제어 : 방류수 수질원격감시체계(TMS), BOD, COD, TN, TP

1. 서론

1990년대 초 낙동강 수질오염사고 등을 계기로 환경문제에 대한 국민적인 관심이 증가됨에 따라 정부에서는 환경행정 조직을 확대·개편하고 본격적인 환경투자를 하기 시작하여 물관리 종합대책(1993~1997)을 수립·시행하였다. 이후 환경을 단순한 비용이 아닌 새로운 발전의 원동력으로 인식하여 사전예방적인 환경정책을 도입하기 시작하여 기존의 사후처리 중심의 물 관리 정책을 4대강 수질 개선특별법의 제정 등을 통해서 사전예방적인 유역관리 중심으로 전환하여 추진하기에 이르렀다¹⁾.

이러한 정책의 일환으로 2006년 환경부는 환경기초시설 및 배출업소 등에서 배출되는 오염물질을 실시간으로 감시하고, 합리적인 배출부과금을 통한 행정의 신뢰성을 확보하기 위해서 2006~2009년까지 단계적으로 하·폐수종말처리시설 등 2,443개소의 배출사업장에 수온, pH, 유기물질(BOD 또는 COD), 총질소(TN), 총인(TP), 부유물질(SS) 등 수질을 측정할 수 있는 자동측정기기를 설치하여 '폐수 TMS 관제센터'에 연결하기로 하였다²⁾.

따라서, 이번 시범운영의 목적은 이러한 환경부의 수질 TMS 구축에 대비하여 장비들에서 측정되는 자료의 정확성, 신뢰성을 파악하여 장비들의 성능을 사전에 평가하고, 수질 TMS 시스템의 현장 적용 능력 및 안정성을 파악하여 추후 시행이 되는 시점에 좀 더 정확하고 실용적인 시스템을 적용하고자 본 '방류수 수질 원격감시체계(TMS) 시범 운영'을 시행하고자 한다.

2. 시스템 시범운영

2.1 시스템 운영개요

'방류수 수질 원격감시체계(TMS) 시범운영'을 부산광역시 동래구에 위치한 환경시설공단 수영하수처리장내에 위치한 B-12번 지(池) 방류구에 설치하였다. 시험운영기간은 2006년 9월부터 6개월 동안 수온, pH, 전기전도도, 화학적 산소요구량, 총질소, 총인 및 부유물질 자동측정기를 세로 3m, 가로 4m, 높이 2.6m의 단열재로 제작된 가건물을 설치하여 방류수의 수질을 측정하고, 측정된 자료는 자료저장장치인 Data logger를 통하여 무선통신(CDMA)을 이용하여 환경연구센터의 관제실로 자료를 송신하도록 설치하였다. 그림 1에 이번 시범운영에 대한 전체적인 시스템의 장비 배치도를 나타내었다.

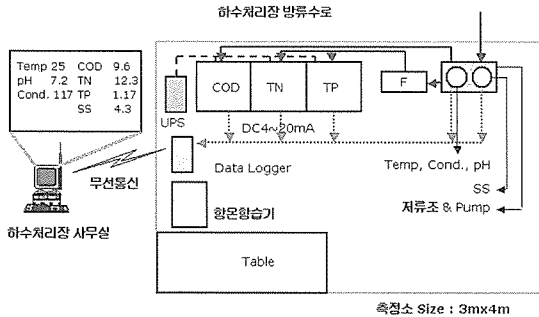


그림 1. 측정소 내부 시스템 배치도

2.2 시스템 설치

수질 TMS에서 중요한 부분을 차지하는 계측장비의 경우 적절한 측정범위를 결정하는 것은 분석하고자 하는 시료의 정확한 농도를 파악하는데 매우 중요한 사항이다. 따라서, 본 시험 운영에서는 지난 6개월간의 평균 배출농도를 기준으로 해당 항목의 측정범위를 결정하였다. 아래의 표 1에 각 항목별 평균배출 농도 및 장비의 측정범위를 나타내었다.

측정항목	배출농도(mg/L)	장비측정 범위	방류수 기준
COD	8.90	50	40
TN	15.70	50	60
TP	1.35	5	8
SS	3.40	20	20

표 1. 배출농도 및 장비 측정범위

시료는 수질오염 공정시험법상의 시료채취방법을 고려하여 대표시료를 채수할 수 있도록 이송관로를 이용하여 설치하였으며, 보온재를 사용하여 동절기 채수펌프의 가동 중지시 이송관로가 결빙이 되지 않도록 하였다. 이와 같은 방법으로 이송된 시료는 측정소 내부에 시료채수 및 내부측정을 위하여 아크릴 재질로 40L 용량의 저류조에 저장되게 하였다.

이렇게 이송·저장된 시료를 이용하여 수온, pH, 전기전도도 및 부유물질의 경우 저류조 내부에 침적시켜 시료를 분석하게 되며, 총질소, 총인과 화학적 산소요구량의 경우 시료 이송관로에서 배관을 이용하여 측정기 내부로 이송되어 1시간 간격으로 분석하도록 설치하였다.

또한, 공급되는 전원의 순간정전, 부하급변, 전원전압의 변동 및 전원잡음(noise) 등으로 인한 전원이상을 방지하고, 항상 안정된 전원을 공급하기 위하여 적정용량의 무정전 전원장치(UPS)가 설치되어야 하는데 표 2에 설치된 무정전 전원장치의 사양의 나타내었다.

	구 분	사 양
무정전 전원장치	장치용량	20KVA
	입력전압	220V×1φ×60Hz
	출력전압	220V×1φ×60Hz
	안정도	±1% 이내
	보상시간	30분

표 2. 무정전 전원장치(UPS)의 사양

아울러 기온변화에 의해 측정소 내부의 온도가 급변할 경우 측정장비 내부의 반응시약들에 대한 변질로 인하여 측정 자료의 오차가 유발될 수 있다. 따라

서, 냉난방기를 설치하여 최대한 정확한 시료의 분석이 가능하도록 하였다.

3. 수질자동 측정장비

측정장비는 수질 원격감시체계 시범운영에 부합하도록 측정값에 대한 신뢰성, 내구성 등에 대한 안정성 및 원활한 유지관리가 되어야 한다. 특히, 현행 환경 기술 개발 및 지원에 관한 법률 제 14조의 규정에 의거하여 형식승인을 취득한 측정장비를 선정하였다.

3.1 기본항목

수질에서 모든 항목이 주요측정 항목이지만, 수온 및 pH, 전기전도도와 같은 기본항목은 하수처리장 및 하천의 물리적인 특성과 관련되며, 측정값을 이용하여 수질상태를 신속하게 판단할 수 있을 뿐만 아니라 측정의 안정성이 높기 때문에 기본적으로 설치하였다. 선정된 장비는 수온, pH, 전기전도도를 동시에 측정할 수 있는 다항목 수질측정기(YSI600XL)을 설치하였다. 수온은 thermistor를 이용하여 측정하고, 전기전도도는 4개의 nickel 전극을 이용하여 측정되며, pH의 경우 삼투압의 원리를 이용한 유리전극 방식으로 시료를 측정하게 되며 설치된 장비의 측정범위 및 정확도는 표 3에 나타내었다.

항 목	측정 범위	정 확도
수 온	-5~70℃	±0.15℃
pH	0~14units	±0.2unit
전도도	0~100mS/cm	±0.5%

표 3. 기본항목 측정장비의 사양

3.2 총질소(TN ; total nitrogen)

총질소는 수질의 부영양화를 발생시키는 원인 인자로 질소 성분이 수중으로 다량 유입되면 플랑크톤이 급속도로 증가하여 수중의 산소를 소비하게 되어 수

질오염을 유발시키는 물질로 수질관리상에서 매우 중요한 인자로 알려져 있다.

이와 같은 이유로 이번 시범운영에서는 특허를 받은 순환식 흐름방식(LFA ; Loof Flow Analysis)을 채택하여 완전자동 분석이 가능하고, 장시간 연속사용을 하여도 유지보수와 운전이 간단하며, 시약소모를 최소화하여 추후 운전비용을 절감할 수 있는 총질소 자동측정기(Micro 1000C)를 이용하여 시료 중의 총질소를 분석하도록 하였다. 표 4에 총질소 자동측정장비의 사양 및 특징을 나타내었다. 또한, 이 장비의 경우 국립환경연구원의 형식승인(WTMS-TN-2003-7)을 2003년 5월에 취득한 품목이다.

	구 분	사 양
총질소	측정범위	0.0~50.0mg/L
	정 확도	±3% 이내
	응답시간	45분
	측정방식	UV산화방식 UV흡광도법
	출력신호	4~20mA, RS-232

표 4. 총질소 자동측정장비의 사양

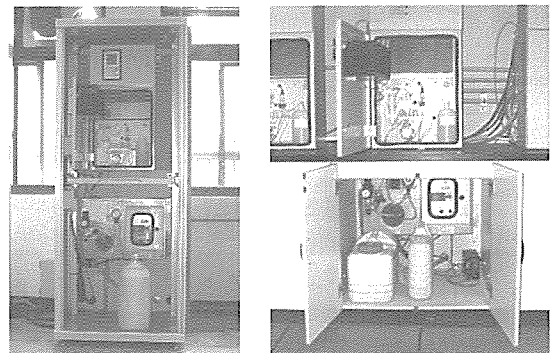


그림 2. 총질소 자동측정기 설치사례

3.3 총인(TP ; total phosphorous)

총인 역시 수질의 부영양화를 발생시키는 원인 인자로 인 성분이 수중으로 다량 유입되면 플랑크톤이 급속도로 증가하여 수중의 산소를 소비하게 되어 수질오염을 유발시키는 물질로 수질관리상에서 매우 중

요한 인자로 알려져 있다. 특히, 총인의 경우 식물플랑크톤의 성장 제한인자로 규명되어 있으므로 대상 유역의 부영양화 대책마련 및 수질오염총량제를 성공적으로 수행하기 위해서는 필수적인 측정항목이라 할 수 있다.

따라서, 총인 자동측정장비의 경우 2002년 7월에 형식승인(WTMS-TP-2002-5)을 취득하였고, 총질소 측정기와 동일한 분석방법인 순환식 흐름방식을 채택한 측정기(Micro 1000C)를 이용하여 시료를 분석하였다. 총인 자동측정장비의 사양은 아래의 표 5와 같다.

	구 분	사 양
총 인	측정범위	0.0~5.0mg/L
	정 확 도	±3% 이내
	응답시간	45분
	측정방식	UV산화방식 UV흡광광도법
	출력신호	4~20mA, RS-232

표 5. 총인 자동측정장비의 사양

3.4 화학적산소요구량(COD ; Chemical Oxygen Demand)

화학적산소요구량은 수중의 유기물질을 분해하는데 소비되는 산화제의 양을 산소 당량으로 환산하여 나타내는 것으로 유기물질에 대한 수질지표로 수질관리 및 보전에 매우 중요한 항목이다.

이러한 COD 자동으로 측정하는 장비로는 수질오염 공정시험법과 동일한 방법인 과망간산 칼륨을 이용하는 COD-Mn 측정장비와 특수한 복합전극에 일정전압을 걸어 유기물의 산화를 유도하고 이 때 나타나는 전류값의 변화를 이용하여 유기물의 농도를 간접적으로 알아내는 방법이 있다. 이러한 방법을 전기화학식 COD 자동계측기라고 부른다.

금속변성 복합전극에서 일어나는 유기물 산화반응의 크기는 시료 중의 유기물 농도와 비례하게 되며, 이러한 반응의 크기는 전기화학적 산소소비량(EOD ;

Electrochemical Oxygen Demand)으로 나타나고, 이 값이 COD로 환산되게 되는데 그림 3에 이러한 EOD의 측정원리를 모식화 하였다.

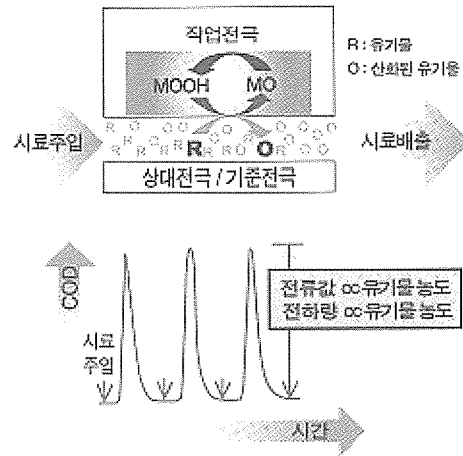


그림 3. 전기화학적 산소소비량의 개념도

전기화학적 분해방법을 이용한 COD 자동측정기는 접선흐름식 전처리장치인 UV조사를 통해서 장치 내부의 튜브가 막히는 현상을 배제하였으며, 정량펌프를 이용하여 시료를 계량함으로써 시약량의 변화로 인한 측정오차를 감소시켰다. 2003년 5월에 국립환경연구원의 형식승인(WTMS-COD-2003-21)을 취득한 전기화학식 COD 자동계측기(HACA-2000)의 사양은 표 6과 같다.

	구 분	사 양
COD	측정범위	0.0~50.0mg/L
	정 확 도	±2% 이내
	응답시간	45분
	측정방식	전기화학식 산화방식
	출력신호	4~20mA, RS-232

표 6. 전기화학식 COD 자동측정장비의 사양

3.5 부유물질(SS ; Suspended Solids)

부유물질은 오염된 물의 수질을 표시하는 지표로,

방류수가 배출될 경우 탁도를 높이고 물의 외관을 더럽히게 되고, 이 중 일부 함유되어 있는 유기물질이 수중의 용존산소를 감소시키는 등 자연수질을 오염시키는 원인이 된다.

부유물질 자동측정기는 기존의 탁도계와 동일한 측정원리로 90°의 산란광 방식을 이용하여 측정하게 되며, 측정기에 세정장치인 wiper가 장착되어 있어 측정시 광원부의 오염을 제거하여 정밀하게 측정할 수 있도록 설계되어 있다. 표 7에 부유물질 자동측정기의 사양을 표시하였다.

구분	사양
부유물질	측정범위 0.0~20.0mg/L
	정확도 0.01ppm
	응답시간 1.0%
	측정방식 적외선 산란광 방식
	출력신호 4~20mA, RS-232

표 7. 부유물질 자동측정장비의 사양

3.6 유량(Flow)

하·폐수처리장에서 배출되는 양을 산정하는 방법은 측정된 항목의 농도에 측정유량을 곱하여 산정하게 되므로, 유량도 매우 중요한 측정항목 중 하나라고 볼 수 있다.

이러한 유량을 측정하는 장비의 경우 측정할 수 있는 방법은 초음파식, 전자기 측정방식, 프로펠러식, 임펠러식, 압력식 등 매우 다양한 방법이 사용되고 있으나, 기본적으로 적산유량계 또는 유량연속자동 측정기와 같이 연속 자동측정장비가 설치되어야 한다. 그러나, 유량의 경우 사용목적과 현장의 여건을 사전에 충분히 조사하고 고려하여 설치하여야 한다.

4. 댄음말

수질오염 원격감시 체계(수질 TMS)는 오수, 폐수 및 하수를 처리하여 배출하는 환경기초시설 및 배출

업소로부터 배출되는 수질오염원을 체계적으로 감시하고 합리적인 배출부과금을 산정하여 자료에 대한 신뢰성을 확보하여 방류수질을 경제적이고 효과적으로 관리하기 위해 도입하는 제도임에는 틀림이 없다. 그러나, 이러한 시스템을 구축하는데는 막대한 비용이 들어가게 된다.

기존의 일부 사업장 및 처리장에는 일부 자동측정장비가 설치되어 운영이 되고 있으나, 상당수가 재기능을 발휘하지 못하고 있는 실정이다.

현재 국내에 소개·보급되어 있는 장비의 성능은 일부 차별되는 특징이 있으나 그 원리는 공정시험방법과 동일한 시약을 사용하여 시료를 분석하여 자료를 취득하게 설계되어 있다고 볼 수 있다. 따라서, 이러한 수질 TMS에서 주요하게 고려해야 할 부분은 현장 여건에 가장 적합한 측정장비의 선정 및 시스템의 구성도 중요하겠지만 무엇보다 중요한 부분은 설치된 시스템이 재기능을 발휘하도록 철저한 사후 유지관리 방안을 수립하여 실행하는 것이 가장 중요한 부분일 것이라 사료된다. ◀

참고문헌

1. 환경부, 내부자료, 2006
2. 환경부, 수질 원격감시체계(TMS) 구축계획안, 2006
3. (사)한국환경기술인연합회, 제3회 환경부 정책설명회 및 신기술 발표·전시회, 2006
4. 환경관리공단, 폐수배출업소 오염물질 자동감시 시스템 구축방안 수립을 위한 연구, 2005
5. 환경관리공단, 낙동강·금강·영산강 수계의 수질자동측정망 확대설치 타당성 조사 최종보고서, 2002

※기술문의

TEL : (02)890-3591(대)

홈페이지 : www.dongmoonsci.co.kr

E-Mail : dmscien@kornet.net