

# 농업용수 수질자동측정시스템 개발

## Development of Agricultural Water Quality Measuring System

김 경 만\*

Kim, Kyung-man

### I. 서론

고도의 경제성장으로 인해 환경오염을 유발하는 막대한 오염물질이 적절한 처리과정 없이 배출되어 하천, 저수지 및 해안수역에 심각한 수질오염을 초래하고 있다. 이러한 오염물질의 급격한 증가는 많은 지역에 여러 형태의 환경적 손실을 야기할 뿐만 아니라 인체 및 농작물의 재배환경에도 심각한 영향을 미친다. 이런 환경오염을 최소화하고, 사전오염에 대한 대비책을 강구하기 위하여 수질의 상시 감시 기능 및 조기경보체계 구축을 위한 수질자동 측정망 설치의 필요성이 대두되고 있다.

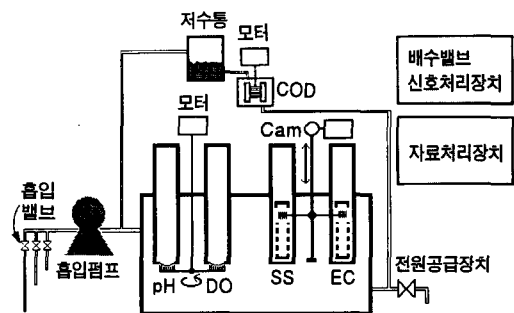
국내에 구축된 수질측정망은 상수도 보호를 위하여 경보, 분석체계 형식으로 운영하고 있으나 대부분 측정장비는 고가의 수입품으로서, 이를 전국에 산재되어 있는 농업용수용 하천 및 저수지에 설치하기에는 무리가 많다. 뿐만 아니라 농업용수는 상수원보다 대체적으로 오염정도가 심하기 때문에 오염물질에 대한 대비책 없이 장기간 측정이 불가능하다.

본 연구에서는 기존 측정장비를 보완하고, 기 개발된 센서들의 정밀도 등을 고려하고, 농업용수 내 오염물질로 인한 센서표면 피막형성을 최소화시킴으로써 연속적이며 장기적으로 측정이 가능한 농업용수용 수질측정시스템을

개발하였다. 동 시스템을 전국적인 농업용수 수질오염 감시 시스템 구축 사업으로 적용할 경우 현장조사 비용절감 효과를 얻을 수 있을 것이다.

### II. 수질자동측정시스템의 구성

수질자동측정시스템은 <그림-1>과 같이 시료를 채취하는 흡입펌프, 계측센서, 오염물질로 인한 센서표면에 형성된 피막제거용 세척장치, 센서에서 얻은 자료를 입력, 처리 및 출력할 수 있는 데이터 로거 등으로 구성되어 있다. 농업용수 수질오염정도를 판단하기 위한 필수 측정항목인 수소이온농도, 용존산소량, 전기전도도, 탁도, 화학적 산소요구량, 수위, 수온을 측정할 수 있도록 구성하였다.



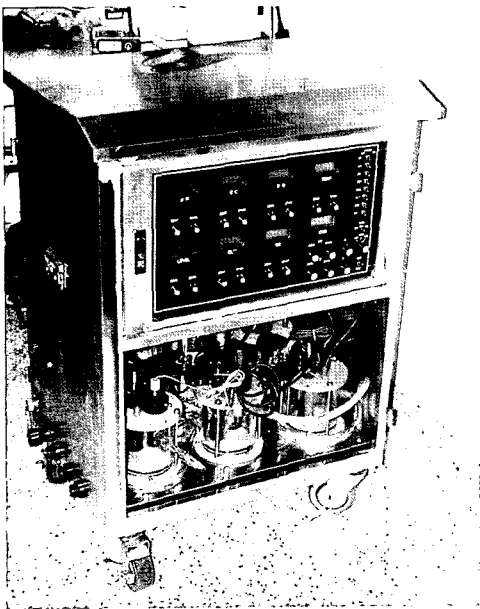
<그림 - 1> 농업용수 수질자동측정시스템 구조

\* 농업기반공사 농어촌연구원

## 1. 시스템의 구조

현장에서 사용하기 위해서는 외부환경에 대하여 안정하게 작동할 수 있어야 한다. 이를 위해 시스템 외관을 SUS재질로 제작하였으며, 우천에 대비하여 방수형태로 제작하였다. 또한 시스템의 크기를 500×600×800mm로 제작하여 승합차로도 운반할 수 있도록 하였다.

시스템의 전면 상부에는 <그림-2>와 같이 수질측정센서를 교정하기 위한 교정부분, 현장에서 수질측정값을 확인하는 LCD 표시부로 구성하였으며, 하단에는 센서 세척조를 배치하였다. 시스템의 뒷면의 상부에는 <그림-3>와 같이 COD 측정부를 배치하였다. 아래 부분에는 6개의 센서 세척장치를 설치하였다.



<그림 - 2> 수질자동측정시스템 전면부

## 2. 센서 세척장치

수질자동측정시스템은 현장용이므로 자동적으로 유지관리가 되어야 하며, 이를 위해서는



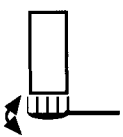
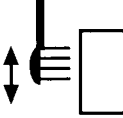
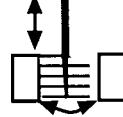
<그림 - 3> 수질자동측정시스템 후면부

센서표면에 오염물질로 인해 형성된 피막을 반드시 제거하여야 한다. 피막형성정도는 측정장소의 환경조건, 수질오염정도에 따라 다르다. 특히 오염이 심한 지역인 경우, 단시간 내 센서표면에 피막이 두껍게 형성될 것이다. 피막이 생성되면 센서표면과 시료의 접촉을 방해하기 때문에 정확한 수질을 측정할 수 없게 된다. 이를 방지하기 위해서 센서를 수시로 또는 정기적으로 세척하는 세척장치가 필요하다.

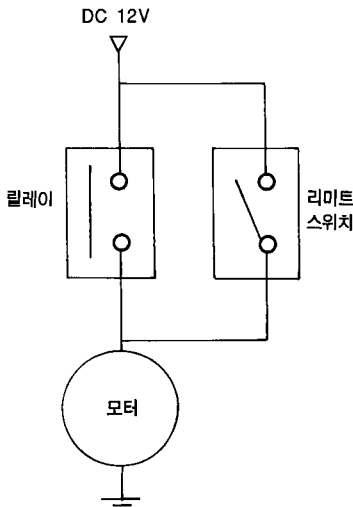
본 시스템에는 온도와 수위센서를 제외하고 나머지 6개의 센서에 <표-1>과 같은 방식으로 세척장치를 각각 설치하였다. 세척장치는 브러시, 브러시를 작동시키는 모터, 그리고 회전 Cam으로 구성되어 있으며 제어장치에 의해 주기적으로 세척할 수 있도록 설계하였다. 농업기반공사 연구원 내 오폐수처리장치에 본 시스템을 설치한 후 이와 같은 방식으로 센서를 2회/일 세척하면서 18일 동안 측정된 결과 센서표면에 피막이 형성되지 않음을 확인할 수 있었다.

세척 후 시료의 수질을 측정하기 위해서는

<표-1> 센서표면에 형성된 피막제거를 위한 세척방식

브러시 세척방향	세척방식	센서종류
좌우운동		pH, DO, Cl <sup>-1</sup>
상하운동		EC, SS
상하,좌우 운동		COD

브러시가 센서로부터 떨어져 있어야 하므로 제어장치에서 세척동작을 정지하더라도 센서가 측정할 수 있는 위치에 도달할 때까지 전원이 투입되어야 한다. 이와 같은 동작을 실행하기 위하여 <그림-4>와 같이 세척장치의 모터에 전원을 공급하는 릴레이 단자에 리미트 스위치를 추가하여 세척이 끝난 후 수질측정시 방해가 되지 않은 위치로 브러시가 이동하



<그림-4> 세척 브러시 위치조정을 위한 회로도

도록 하였다.

### 3. 센서의 회귀식 작성

센서 출력신호는 아날로그 신호이며 제어장치에서 처리되는 신호는 디지털 신호이다. 따라서 수질자동측정시스템에서 수질자료를 분석, 처리 및 전송하기 위해서는 반드시 디지털 신호로 변환시켜야 한다.

센서로부터 증폭되어 제어장치에 전달되는 신호는 4~20mA 아날로그 신호로서 250Ω 저항을 사용하여 1~5V로 신호 처리한 후 ADC에 연결하였다. 본 시스템에 사용한 ADC의 분해능력은 12비트로서 각 센서의 측정범위에서 최소 디지털 값은 819이며, 최대 디지털 값은 4,095이다. 이와 같은 방식으로 8개 센서에 대하여 검정된 계측기를 사용하여 회귀식을 구하였다<표-2>.

<표-2> 수질측정센서의 회귀식

수질항목	회귀식
온도	T = 0.0183D + 2.126E-6
pH	pH = 0.00468D - 4.08726
전기전도도	EC = 1.64467D - 1314.04
용존산소	DO = 0.00563D - 4.77281
수위	Level = 0.31049D - 267.958
탁도	SS = 0.34335D - 289.477
염소이온	Cl <sup>-1</sup> = 0.34788D - 307.861
COD	COD = 117.02X - 4.5106X X = 3.0 × 10 <sup>-4</sup> D - 0.1724
D : 디지털값 X : 흡광도	

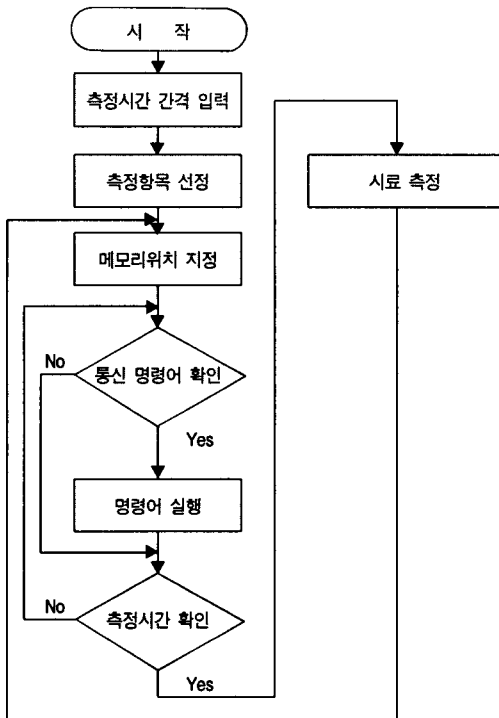
## III. 수질자동측정시스템의 운영프로그램

### 1. 시스템 운영프로그램

수질 계측 및 제어프로그램은 자료처리장치

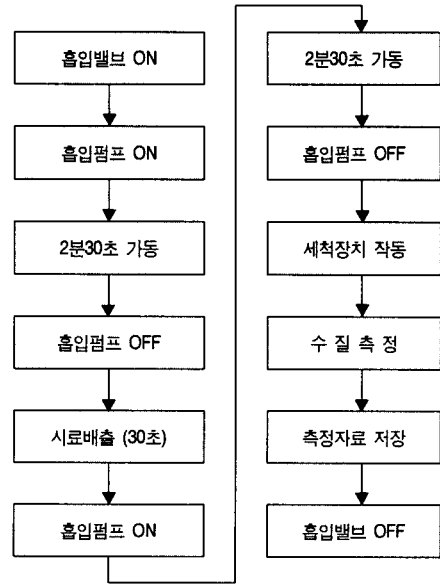
의 고유언어로 작성하였다. 자료처리장치는 Z80 CPU를 사용하였고, ROM과 RAM에 운영 프로그램을 내장하였다

운영프로그램은 <그림-5>와 같이 시스템의 초기화, 센서에 의한 계측, 세척장치의 제어, Host computer로의 자료 전송 부분으로 구성하였다. 시스템의 입력변수 중 측정간격은 최소 1시간 단위로 설정할 수 있도록 하였다. 측정항목 선정은 필요에 따라 특정항목만을 측정하고자 할 때 사용하는 변수로서, 현장 여건 등을 고려하여 필요한 항목만을 측정, 소비전력을 절약할 수 있을 뿐만 아니라, 불필요한 자료를 저장하지 않게 되어 메모리 용량절약도 가능할 수 있다.



<그림 - 5> 수질자동측정시스템 운영프로그램 순서도

시료 측정은 <그림-6>과 같이 시료를 채취하여 측정할 수 있도록 프로그램을 작성하였다. 흡입밸브를 여러 개 설치하여 자동 개폐하



<그림 - 6> 수질측정시 프로그램 순서도

면 한 대 시스템으로 최대 8지점까지 순차적으로 측정이 가능하도록 제작하였다. 측정순서는 우선 측정하고자 하는 지점의 흡입밸브를 연 후 흡입펌프를 가동시킨다. 각 센서의 세척조에 기 측정된 물 시료를 완전히 제거하기 위하여 2회 반복하여 흡입펌프를 가동한다. 1차 흡입시 2분 30초 동안 흡입펌프를 가동하여 이미 측정된 시료를 완전히 배출하도록 하고 2차 흡입시 2분 30초 동안 흡입펌프를 가동한 후 세척장치를 작동하여 각각의 센서를 세척하고 세척이 완료된 후 즉시 수질을 측정한다.

## 2. 무선송수신 프로그램

자료 취득방법은 노트북 PC를 가지고 현장에서 직접 수집하는 방법과 전화선을 설치하여 모뎀으로 연결 송수신하는 방법이 있다. 직접 현장을 방문하여 노트북 PC로 자료를 수집하는 방법은 현장에서 수동측정에 의한 정밀도 확인과 각종 센서의 교정실시가 가능하여 월 1회 정기점검마다 실시하면 되지만 측정 중

간에 회손되거나 잘못될 경우 자료 확인이 불가능하고, 불시 필요한 자료수집이 불가능한 단점이 있다. 전화선을 이용할 경우 비록 현장이라도 전화선이 고정되어 있기 때문에 이동성에 제한을 받으며, 모뎀은 외장형으로 사용해야 하는데 이는 전력소모가 많아져 배터리가 쉽게 소모되어 자주 교체해야 하는 어려움이 있다.

본 시스템은 장소, 위치 등에 제한성을 두지 않고 사용하여야 하기 때문에 무선통신망을 이용하여 측정된 자료를 원격전송이 가능하도록 프로그램 및 하드웨어를 제작하였다.

본 시스템을 설치할 현장 여건은 시료채취가 어렵고, 필요할 경우 대형 다리난간 또는 하천변과 같이 특별히 처리되어 있지 않은 바닥에도 설치할 수 있다. 이와 같은 환경에서도 본 시스템이 이상 없이 동작되도록 하기 위해서 향후 시범지역을 선정하여 현장적용실험을 실시할 예정이다.

#### IV. 결 론

기존의 수질자동측정장치는 대부분 고가의 수입품이며 사후관리측면에서 고장시 과도한 수리비용 및 수리기간이 소요되므로 예산범위 내에서 전국적인 수질관측망으로 확대 설치하기에 어려움이 많다. 또한 오염된 지역에 설치되었을 경우 센서의 표면에 오염물질에 의하여 피막이 형성되어, 센서의 정확도가 떨어져 장기간 측정할 수 없을 뿐만 아니라 센서의 손상이 가속화되어 정확도가 낮아지고 사후관리면에서 여러 가지 어려움이 있는데, 이러한 점을 고려하여 농업용수 수질을 자동적으로 측정할 수 있는 시스템을 개발하였다.

특히 장기적으로 측정이 가능하도록 각 센서에 세척장치를 부착하였다. 세척장치는 브러시, 브러시를 작동시키는 모터, 그리고 흡입 및 배수 라인으로 구성하였으며, 제어장치에

의해 주기적으로 세척할 수 있도록 설계하였다. 시료를 채취하여 측정하기 전 반드시 센서를 세척하도록 하였다. 오폐수처리장치에 적용한 결과 센서 표면에 오염물질이 형성되지 않았으며, 정확도도 떨어지지 않았다.

본 수질자동측정시스템의 측정항목은 수온, 수위, pH, 용존산소량(DO), 전기전도도(EC), 탁도, 염소이온( $Cl^{-1}$ ), 화학적 산소요구량(COD) 등의 8개이며, 센서의 출력은 1~5V이며, 전원은 모두 DC 12V이며, 0~50°C 온도범위에서 측정 가능하다. 각 센서마다 세척장치가 있으며, 검정된 계측기와 비교하여 높은 상관관계( $r^2 > 0.9$ )가 있었다.

#### 참고문헌

1. 남궁규철, 1992. 우리나라 수질오염 측정망의 문제점 및 개선방안에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문.
2. 서울대학교 보건대학원, 1978. 수계별 수질오염 자동측정망의 효과적 계획과 운영방안에 관한 연구.
3. 서울시정개발연구원, 1995. 수질오염측정망 구성을 위한 조사연구 (한강의 자동측정망을 중심으로).
4. 이흥근, 1994. 수질자동측정망의 효과적 계획과 운영방안, 수질자동측정망 구성 및 효율적 운영관리 방안 (수질환경정책 세미나, 환경처).
5. Casey, D., P. N. Nemetz, and D. H. Uyeno, 1983. Sampling Frequency for Water Quality Monitoring : Measures of Effectiveness, Water Resources Research, Vol. 19, pp.1107~1110.
6. Dandy, G. C., and S. F. Moore, 1979. Water Quality Sampling Programs in River, ASCE(Env. Eng.), Vol. 105, pp.695~712.
7. Groot, S. and T. Schilperooort, Optimization of Water Quality Monitoring Networks, Water Sci. & Tech., Vol. 16, pp.275~287.