

[ 총설 ]

## 수질자동모니터링시스템의 설치 현황과 전망

류 재 근

국립충주대학교 환경공학과

### A Real Time Monitoring for Water Quality of River

Jae-Kuen Ryu

Dept. of Environmental Engineering, Chungju National University

**Abstract :** Water quality is monitored at 1,837 points which are streams and sources for water supply in Korea. The monitoring carry out the measurement of 16 parameters of pH, BOD, SS, DO and so on with once a month, and of other parameters such like heavy metal with once a quarter. But most of the monitoring is carried out uncontinuously, so it is very difficult to understand exactly the changes of water quality compared with continuous monitoring. Therefore, real time monitoring system was equipped with basic parameters such as pH, temperature, DO, turbidity and electric conductivity at 25 major sources of water supply after installation of Noryangjin and Dukdo in 1974.

But the systems have some problems which cannot be considered the sampling sites to represent for water quality of stream of lake, and can be caused a change of water quality by long distance from analyzer to intake pipe. Therefore, it has carefully to evaluate selection of sample sites for real time monitoring system. Also, problems on the area has been to identify which parameters are best suited to monitoring stream of lake water and the differences, of analyzing results compared with manual analyzing.

This paper presents some approaches to handle such problems, namely selection of sampling site and measurable parameters, to connect with bio-monitoring system solving a Limitation of measurable parameters. The bio-monitoring system of an early alarm that is desirable to perceive a toxic material inflow into stream can be applied to continuos water quality monitoring system effectively. Also, this paper presents to build a on line system transmitting immediately from a mobile analyzer house or container to main monitoring center the results of analyzer by a telemeter.

## 1. 서 론

최근 하천으로 유입되는 다양한 오염물질의 양을 정량화 하고 오염수준의 변화를 감시하기 위한 수질측정망(Water Quality Monitoring Network)에 대한 투자와 연구가 증가되고 있다. 수질환경보전법 제3조(상시측정)에서는 수질오염도를 파악하기 위하여 측정망을 설치하고 수질오염도를 측정할 수 있도록 규정하고 있는데, 여기서 말하는 상시측정은 수동측정과 자동측정을 포함하고 있다. 수동측정은 대부분 시간적으로 단편적이며 불규칙한 불연속 측정치이기 때문에 하천이나 상수원의 정확한 수질경향을 파악하기 위해서는 연속적인 측정이 바람직하다.

수질자동측정시스템의 가장 큰 장점은 멀리 떨어진 장소에서 현장의 수질을 원격으로 감시할 수 있다는 점이다. 즉 현재의 수질상태를 시간차 없이 거의 동시에 파악할 수 있는 실시간(Real time)측정이 가능해진다. 기존의 방법은 현장에서 채취된 시료를 실험실에서 각 항목별로 분석하여 수치화하는데 상당한 시간이 소요되고, 분석된 결과도 어느 한 시점의 단편적인 자료인 반면에 수질자동측정시스템의 경우 현장에서 분석된 자료가 즉시 중앙으로 송신되므로

원거리에서도 현장의 수질을 거의 동시에 파악할 수 있으며 정상 가동될 경우 24시간 연속적인 측정이 가능하므로 막대한 현장자료를 축적할 수 있다. 그러나 수질자동측정 장치는 현장설치시의 부식, 부착생물 문제, 복잡한 전처리 과정 등으로 측정 가능한 항목은 매우 제한되어 있으며, 아직도 낮은 농도의 분석에는 많은 문제점을 가지고 있다. 또한 산업이 다양해지고 세분화될수록 사용되는 화학물질의 종류도 급격히 증가하여 그들의 상호작용에 의해 새로운 물질이 발생되는 경우가 종종 있어 이들 물질을 모두 수질자동측정 장치에 의해 정량화하는 것은 거의 불가능하다. 이런 문제를 해결하기 위해 거의 모든 화학물질에 대해 반응하는 생물모니터링 장치와 수질자동측정 장치를 연계한 시스템의 도입이 긍정적으로 검토되어 추진하고 있다. 생물모니터링 장치의 설치로 상수원에서의 불의의 사고로 유해물질이 취수원으로 유입되었을 경우 유해물질에 대한 감지능력이 민감하기 때문에 돌발적인 수질오염을 최소화시키는 등 수질모니터링을 매우 효율적으로 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

본 과제에서는 우리나라의 수질측정망 현황 및 운영실태와 계획을 개략적으로 살펴보고 수질 자동측정 장치의 설

치위치에 대한 우선순위와 선정기준, 현재의 기기개발 및 운영관리 상태, 생물모니터링 장치도입 등을 고려한 수질 자동측정 장치의 측정항목설정에 대해 검토하였다. 또한, 장래 각 수질자동측정망으로부터 관측되는 수질정보를 신속하고 안전하게 중앙감시국으로 전송하기 위한 온라인시스템과 이들 정보를 유역 수질환경정보 데이터베이스와 연계한 수질관리시스템 체계에 대해 언급함으로써 향후 현재의 수질측정에 의한 수질감시를 자동연속측정 및 사전 경보체제로 전환하여 전국 수역을 보다 합리적인 총괄 관리가 가능하도록 하고 돌발사태 등 수질오염사고에 신속하게 대처할 수 있는 시스템을 구축하는데 있어 도움이 될 것으로 기대된다.

## 2. 각 국의 수질자동모니터링 설치 현황

### 2.1. 미국

미국은 각 지방, 주, 연방기관별로 수질자동모니터링을 운영하고 있으며 주 업무는 공공용수 공급정보, 평가 및 장래 수질변동 예측 수자원 및 물이용자 보호를 위한 시스템을 개발하는데 있다. 설치형태는 채수지점에서 채수 후 분석하는 수동감시, 주민에 의한 공동감시, 항공사진에 의한 부유물질, 색도, 유류 등의 감시, 그리고 수질자동측정망으로 구분할 수 있다. 이 가운데 수질자동 측정망의 감시체계는 Fig. 1과 같다.

측정은 현장에서 하고 있으며 이들 측정된 데이터는 on-line 및 radio telemetry system을 이용하여 실시간 전송을 한다. 측정항목은 용존산소, 전기전도도, 온도, pH, 탁도, solar radiation 등이다.

Fig. 2와 Fig. 3은 미국의 Oregon州 Potland市の 수질자동모니터링 시스템의 설치초기와 현재의 시스템을 나타내고 있다. 시행기관은 Bull Run Watershed이며 초기에는 수

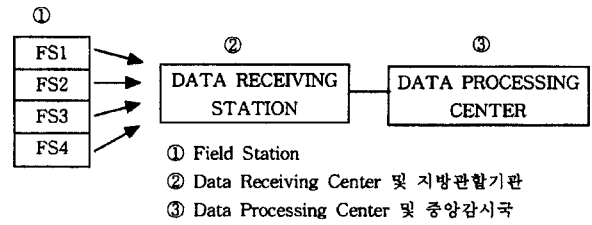


Fig. 1. 미국의 수질자동측정망의 감시체계

중의 수온과 유량만을 측정하였으며 data Logger는 데이터 수집에만 이용되었다.

현재는 초기의 수온, 유량만을 파악하던 시스템에서 pH, 전기전도도 항목을 추가하여 수면형 자동측정장치를 사용하고 있다. 또한 초기에는 data logger를 이용하여 data수집에 그쳤으나, 현재는 radio telemetry unit를 이용하여 원격통신의 데이터 송수신과 수질자동측정장치의 원격제어를 하고 있다. 앞으로 시료채취빈도를 정확히 진단하기 위하여 자동채수장치를 추가로 설치할 예정이며, 각각의 측정소에 radio transceiver를 설치할 예정으로 이는 data logger control unit과 연결할 수 있도록 하는 것이다. 이들은 실시간의 데이터를 축적하며 원격제어 명령에 의한 자동채수가 가능하여질 수 있다.

### 2.2. 호주

호주의 수질자동모니터링의 시행기관은 SDIRO division of Water Resource이며, 설치 시스템은 수중에 설치된 수면형 수질자동측정장치이다.

측정항목은 수온, 기압, 전기전도도, Ph, ORP, 암모니아이며 인공위성을 이용한 데이터 전송을 하고 있다. 앞으로 용존산소, 이산화탄소, 인산염, 황화수소, 탁도의 측정항목을 추가할 계획에 있다.

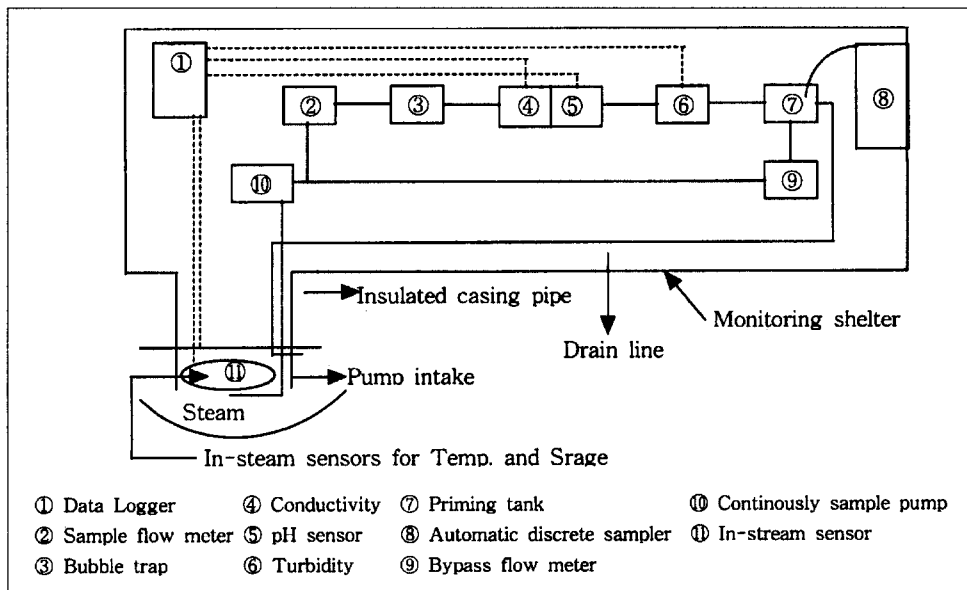


Fig. 2. 초기의 설치 형태

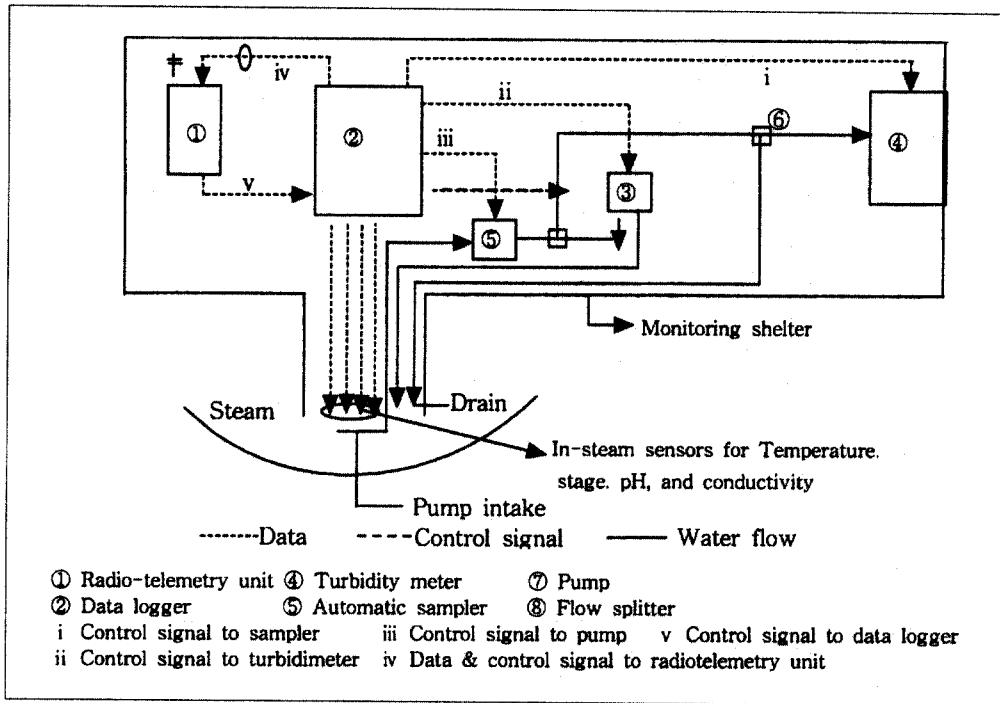


Fig. 3. 현재의 설치 형태

2.3. 영국

영국의 수질자동모니터링의 시행기관은 National River Authority(NRA)이며, 설치시스템은 주로 육상형과 수면형을 종합하여 사용하고 있으며 또한 양자의 보완형인 이동형(Bankside형)의 수질자동측정장치를 사용하고 있다. 이 가운데 수면형과 이동형 시스템은 Fig. 4와 같다. 설치지역은 ① Eight sites in the Stour catchment, ② Six sites on the Hampshire, ③ Seven sites on the Bristol Avon, ④ Five sites on Poole Harbour, ⑤ Anglion, ⑥ Northumbria, ⑦ Severn trent, ⑧ Southern, ⑨ Wessex, ⑩ Thames 그리고 ⑪ Welsh이다.

측정항목은 pH, 탁도, 전기전도도, 수온 용존산소, 암모니아이다. Radio telemetry unit에 의한 데이터 송수신 및 수질자동측정장비의 원격제어와 NRA에서 사용되고 있는 Bankside형과 수면형은 각각의 장치에 자동시료 채취기를 부착하고 있는 형태로, NRA의 담당자는 radio telemetry unit를 이용하여 수면형 및 이동형 수질자동측정장치를 원격제어하고 있다.

이러한 이동식 수질모니터링시스템은 육상형 자동 모니터링 장치가 경제적이지 않은 소형 공단 등에 효과적이다.

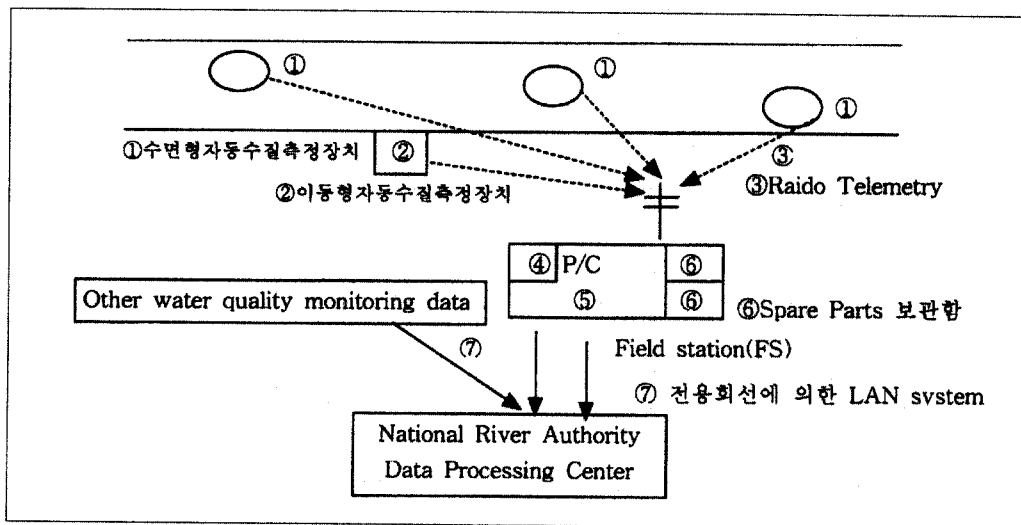


Fig. 4. 수면형 및 이동형의 설치 형태(영국)

2.4. 독일

UNEP의 주도아래 독일은 Rhine강 유역에 걸쳐있는 인접 국가간 수질문제의 분쟁을 방지하기 위하여 Water Monitoring Program을 시행하였으며 그 결과 1988년 현재 15개의 국가적인 monitoring station이 설치되어 있다. 정부에서 시행하고 있으며 설치형태는 field station의 모니터링이 있으며 측정항목은 용존산소, 수온, pH, 전기전도도이며 이들 측정항목은 UNEP의 권고항목으로서 추진되었으며 연속측정항목이다. 특히 라인강에서는 상수원수 및 생태계보전을 위하여 생물모니터링시스템(물고기, 물벼룩, 조류, 조개 등)을 설치하여 물 속의 독성평가를 하고 있다. 이 외에 측정항목으로 BOD, TOC, 부영양화유발물질, 무기물, 중금속, 방사능을 분석하고 있다.

2.5. 프랑스

수질자동측정망시스템은 세느강 및 대표적인 강마다 정수장 상류 5km지점에 설치운영되고 있다. 세느강 북부 Oise river에 위치한 Parmain Warning Station의 경우 5km 하류에 Parmain Water Production Center가 위치하고 있어 Warning station에서 경고가 울리면 즉각적인 확인 및 조치를 취할 수 있도록 되어 있다. 여기서는 Microtox를 자동측정화하여 생물모니터링시스템으로 이용하고 있으며 물고기나 물벼룩 경보장치는 사용하고 있지 않다. 이밖에 측정항목은 온도, pH, 용존산소, 전기전도도, 암모니아성질소, 아질산성질소, 시안이온, 불소, 염소이온 등이며, 중금속 및 탄화수소류도 포함되어 있다.

2.6. 스페인

스페인의 수질자동측정망실시의 수행기관은 Conalce Isabel II이다. 설치형태는 육상형을 설치하고 있으며 최근에는 radio telemetry monitoring network를 추가하여 사용하여 오고 있다. 1990년 현재 14개소에 시스템을 운영하고 있으며, 증가추세에 있다. 측정항목은 pH, 탁도, 전기전도도, 수온, 용존산소, 암모니아, 염소이온농도이다. 설치형태는 Fig. 5와 같다. 데이터의 전송형태 및 송수신은 telemetry system을 이용한 원격제어 장치를 사용하고 있다.

2.7. 일본

일본은 각 현과 도시 및 주요하천에 많은 수질측정망을 갖고 있으며, 그 예로 오사카시의 수질측정망 형태는 다음과 같다.

오사카시의 수질자동모니터링의 설치형태는 육상형의 자동측정장치로 10개소가 있으며 50개 지점에서 수동채수 및 분석이 이루어지고 있다. 측정항목은 화학적산소요구량, 용존산소, 수온, pH, 탁도 전기전도도, ORP, 염소이온, 암모니아이며, 설치형태 및 데이터전송방법은 Fig. 6과 같다.

2.8. 각국의 수질자동측정망에 의한 측정항목 비교

각국의 수질자동측정망에 의한 측정항목을 비교하여 보면 Table 1과 같다.

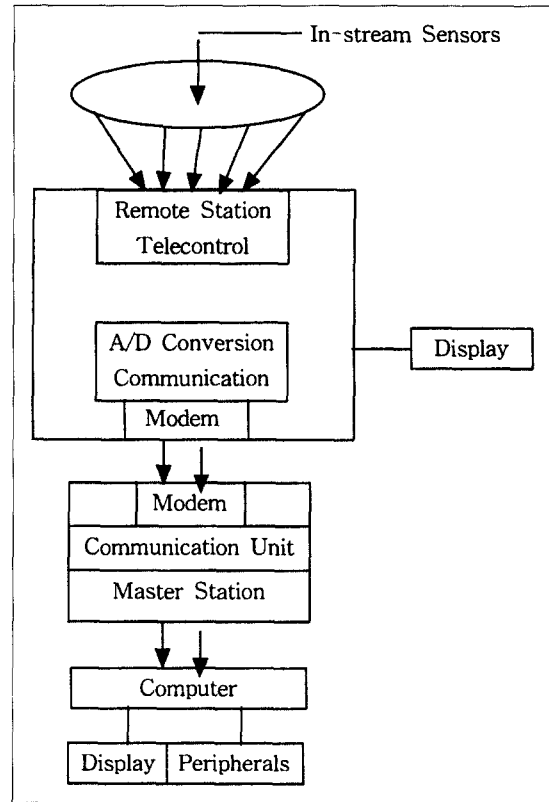


Fig. 5. 스페인의 수질자동측정망의 구성도

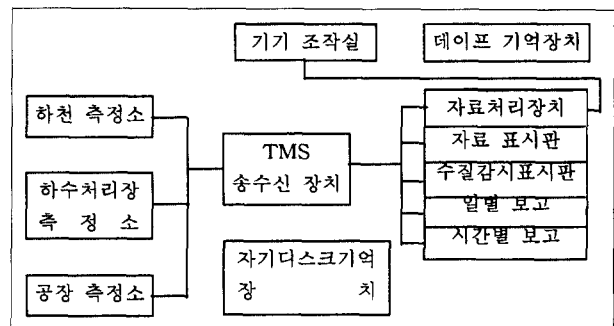


Fig. 6. 일본의 수질자동측정망의 구성도

3. 국내 수질자동측정장치 현황 및 계획

현재 우리나라는 전국적인 수질오염상태를 파악하여 수질관리 기초자료 및 수질보전 정책자료로 활용하고자 주요 하천 및 호소를 대상으로 수동식 수질측정망을 설치하여 수질오염도를 상시측정하고 있다. 수질측정 지점을 보면 2003년 현재 1,837개 조사지점에 대하여 이수목적에 따라 하천수, 호소수, 상수원수, 농업용수, 공단배수 및 도시관류로 분류하여 환경청 등 26개 기관에서 조사하고 있으며 측정횟수는 호소수의 경우 월1회, 4개강 주요 21개 지점은 월 4회 조사하고 있다. 또한 벤젠 등 휘발성 물질의 감시를 위해 전국 38개 지점에 대해 매일 상시측정을 하고 있다. 측정결과는 26개 측정기관에서 전국 On-line망을 이용하여 환경부에 보고하고 있다. 반면, 수질자동측정 장치는

Table 1. 각국의 수질자동측정망에 의한 측정항목 비교

항목	국가								측정형태구분
	미국	호주	영국	독일	프랑스	스페인	일본		
Temp.	○	○	○	○	○	○	○	Continuous monitoring system에 의한 측정 및 Radio telemetry system에 의한 데이터의 송수신 및 자동수질채수기의 원격제어	
Conductivity	○	○	○	○	○	○	○		
DO	○	○	○	○	○	○	○		
pH	○	○	○	○	○	○	○		
Turbidity	○	○	○			○	○		
Ammonia		○	○		○	○	○		
Nitrites					○	○			
Ammonium			○						
TOC/TN			○	○	○				
Cl					○	○	○		
Salinity			○		○				
Solar Radiation	○								
ORP		○					○		
Phenol									Discrete monitoring system에 의한 측정 대규모 정수장 및 취수장에서 측정
BOD									
TP/PO <sub>4</sub> -P									
COD									
Heavy metal					○				
Cyanide					○				
Hydrocarbon					○				
Goldolf(Fish)				○					
Shellfish				○					
Daphnia				○					
Algae				○					
Bacteria					○				

Table 2. 국내 수질자동측정장치 설치장소 및 측정지점

번호	설치장소	pH	수온	DO	탁도	Cond.	DOD	TOC	TN	No <sub>3</sub>	TP	CN	페놀	Cd	Pb	Cu	Zn	As	Cr	Hg	Fe	Mn	비고	
1	광 암	○	○	○	○	○	○							○	○	○	○	○					취수원수	
2	구 의	○	○	○	○	○	○							○	○	○	○	○						"
3	암 사													○	○	○	○	○						"
4	잠 실						○																	"
5	보 광	○	○	○	○	○	○																	"
6	노량진								○		○	○												"
7	선 유	○	○	○	○	○	○																	"
8	영등포						○																	"
9	가 양	○	○	○	○	○	○		○		○													"
10	반 월	○	○	○	○	○																		"
11	탄 천												○	○	○	○		○		○				오염하천
12	안양천												○	○	○	○		○		○				"
13	중량천												○	○	○	○		○		○				"
14	중지도												○	○	○	○		○		○				"
15	대 전	○	○	○	○	○																		취수원수
16	금 강						○																	"
17	대 구							○	○	○	○	○	○											"
18	구 미						○																	"
19	화 명													○	○	○	○							"
20	명 장													○	○	○	○							"
21	덕 산						○	○	○		○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	"
22	창 원	○	○	○	○	○	○													○	○	○	○	"
23	울 산	○	○	○	○	○																		"
24	거 제	○	○	○	○	○																		"
25	광 주													○	○	○	○					○		"
계		10	10	10	10	10	11	2	4	1	4	3	6	11	11	11	7	7	1	5	2	1		

1974년 노량진과 뚝도 수원지에 최초로 설치되었으며 그 후 전국의 주요 상수원에 보급되었다. 대부분이 상수원의 취수구 또는 취수장에 설치되어 정수장으로 유입되는 원수의 수질을 감시하는데 사용되고 있으며, 측정항목은 Table 2에 나타난 바와 같이 pH, 수온, 용존산소, 탁도, 전기전도도의 5개 항목과 COD, 카드뮴, 구리, 납 등 21개 항목을 자동측정하고 있으나 설치율은 26% 정도로 매우 미약한 실정이다. 수질자동측정장치는 한때 운영관리 및 측정자료의 신뢰성에 문제가 있어 설치를 등한시하는 경향이 있었으나 돌발적인 수질오염사고로 인해 자동측정에 대한 필요성을 새롭게 인식하게 되었다.

환경부에서는 하천, 호수 등의 수질오염감시를 자동연속 측정 체제로 전환하여 상수원수 등의 수질실태를 신속, 정확하게 파악하여 수질오염사고에 즉각 대처하기 위해 '92년 9월 팔당호에 소재한 한강수질검사소에 이화학적 수질 자동측정장치와 생물모니터링장치를 시범설치하여 가동하였으며, 그 운영결과에 따라 국립환경연구원에서는 주요 상수원과 공단배수로를 대상으로 '95년 낙동강수계 2개소에서 '99년까지 4대강수계에 20개소의 수질자동측정소를 설치·운영하였다. 또한 4대강 물관리종합대책에서 수질감시 기능을 강화하고자 확대설치를 계획함에 따라 설치 타당성 검토를 실시하여 '01년부터 총 36개소를 확대설치중에 있으며 현재는 총26개소가 운영중에 있다.

#### 4. 수질자동측정장치의 설치위치 선정기준

#### 4.1. 설치위치의 우선순위

상수원 수역에 대한 돌발적 수질오염사고의 조기발견을 목적으로 설치할 경우에는 상수원 상류지역에 위치한 고정오염원의 입지현황, 이동오염물질의 빈도 및 강도, 상수원수의 취수량 및 급수인구 등을 고려하여 오염사고 발생시에 직접적으로 큰 피해가 예상되는 수역에서부터 우선적으로 설치하며, 우선순위 결정시의 고려사항 및 순서는 Table 3과 같다.

#### 4.2. 설치위치

##### 4.2.1. 오염물질 유하거리 상류지점

상수원 수역에 설치할 경우에는 취수구로부터 상류방향으로 오염물질 유하거리 이상의 지점에 설치하여 식수오염으로의 확산을 차단하는데 필요한 대응시간이 확보될 수 있어야 한다.

$$\text{오염물질 유하거리} = \text{오염물질 도달시간} \times \text{유입수역의 최대유속}$$

오염물질의 취수장 도달시간은 자동측정 소요시간(1시간)과 오염상황의 통보 및 유입수 차단시간(1시간 예상)에 의해 결정되므로 2시간이 소요된다. 따라서 상수원 수역의 설치위치는 취수장으로부터 상류 방향으로 2시간 상당 유하거리 이상의 지점에 설치한다.

##### 4.2.2. 오염물질 유하거리 이내에 설치할 수 없는 경우

Table 3. 수계별 수질자동측정장 설치현황

구 분	계	한 강	낙동강	금 강	영산강
측정소	26	9	9	5	3
		양평, 가평, 경안천, 구리, 여주, 원주, 평창강, 달천, <b>한탄강</b>	성서, 고령, 왜관, 강창, 적포, 청암, <b>성주, 칠서, 매리</b>	갑천, 석남천, 공주, 대청호, 부여	주암호, 나주대교, 서창교
TMS실	4	양 평	대 구	옥 천	순 천

※ 진한 글씨는 2002년도 사업으로 현재 설치중인 지점임

Table 3. 설치위치의 선정기준과 후보지점

선 정 기 준	후 보 지 점
상수원 상류에 위치한 고정오염원의 입지현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대규모 공단지역 하류</li> <li>• 대규모 축산단지 하류</li> <li>• 도시하구 방류구 하류(분뇨 및 도시하수 방류수 포함)</li> <li>• 상수원 상류지역에 대규모 공단지역이 위치한 경우</li> <li>• 상수원 상류지역에 대규모 축산단지가 위치한 경우</li> </ul>
이동 오염물질의 빈도 및 강도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상수원 직상류 수역에서 선박에 의한 오염물질의 유동이 빈번한 지역</li> <li>• 상수원 직상류 수역의 교량이나 강변도로를 통과하는 이동 오염물질의 운송 차량이 많은 지역</li> <li>• 선박이나 차량에 탑재된 이동물질이 대량인 경우</li> </ul>
상수원수 취수량 및 급수인구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상수원 수역이 광역상수도로 이용되는 지역</li> <li>• 기타 주요 상수원 또는 급수인구가 많은 지역</li> </ul>
상수원 수역의 유지수량	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상수원 수역의 평상 유지수량이 매우 적은 경우</li> <li>• 유지수량의 변동폭이 매우 큰 경우</li> </ul>

Table 4. 수계별 측정소 설치후보지점

계	한 강	낙동강	금 강	영산강
30	10	9	7	4
측정소	단양, 충주댐, 강천, 화천, 서상, 인제, 의암, 포천, 초성, 미산	구미, 해평, 생림, 남천, 안동, 상주, 대동, 진주, 봉화	월산교, 장계교, 용담댐, 대청댐, 지탄교, 옥천천, 제원교,	황룡, 옥정호, 탐진, 구배

\* 진한 글씨는 2003년도 설치 후보지점임

Table 4. 상수원 수역의 측정대상 수질항목 및 고려사항

측정대상 수질항목	고려사항
<ul style="list-style-type: none"> <li>먹는물 및 상수원수 기준에 설정된 항목</li> <li>당해 수역의 주요수질 항목 및 감시필요 항목</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유역 오염원의 종류 및 규모</li> <li>유역 오염부하의 강도 및 유출현황</li> <li>이동오염물질의 종류 및 이동빈도</li> <li>용수현황</li> <li>취수수의 정수처리 정도</li> </ul>

상수원 수역에서 취수장 및 수역의 주변현황 또는 수역의 지리학적 조건 등에 따라서 2시간 상당 유하거리 이상의 지점에 설치할 수 없는 경우에는 다음과 같은 지점에 설치한다.

- 취수장으로부터 2시간 상당 유하거리 이내의 지점에 유입지천 및 공장폐수 유입지점이 있는 경우에 본류와 유입지천 및 공장폐수가 완전히 혼합되는 수역의 지점
- 취수장으로부터 2시간 상당 유하거리 이내의 지점에 강변도로 및 교량이 존재하여 이동오염물질의 유입가능성이 있는 경우에는 인접도로 및 교량의 직하지점

4.2.3. 취수장의 취수지점

상수원 수역에서 취수장 및 수역의 주변현황 또는 수역의 지리학적 조건 등에 따라서 2시간 상당 유하거리 이상의 지점이나 또는 그 이내의 지점에 설치할 수 없는 경우에는 다음과 같이 취수장의 취수지점에 설치한다.

- 상수원(취수원) 수역이 2개 이상의 유입하천(유입수로)에 의하여 합류되는 수역으로서 각각의 수로에 수질측정장치를 설치하는 것이 비경제적이라고 판단될 경우
- 상수원(수로)의 폭이 넓어 채수지점(1지점)의 수지측정으

로는 전수역(수로)의 수질감시가 불가능하다고 판단될 경우

- 수역(수로)의 정체현상이 심하여 겨울철 수면동결이 발생하는 수역

상수원 수역에서 오염물질 유하거리 이상의 거리에 설치하면 취수장으로부터 오염수의 유입을 원천적으로 차단할 수 있으나 그 이하의 지점 및 취수지점에 설치하였을 경우에는 미확인 오염수가 이미 취수장에 유입된 상태에 있으므로 정수처리과정 중에 있는 오염수가 다음 처리공정으로 유입되기 전에 차단시켜 배출해야 한다.

5. 수질자동측정장치의 측정항목 설정

수질자동측정장치는 설치수역의 측정대상항목(수질환경기준 및 수질관련 규제기준), 유역의 오염특성 및 자동측정장치의 기기특성 등을 고려하여 결정한다.

상수원 수역에서는 Table 6과 같이 먹는물 수질기준 및 상수원수 수질기준 등과 같은 측정대상 수질항목을 기초로 하여 유역의 오염특성 및 이수현황등을 고려한 후 그 수역의 주요 수질항목 또는 그 수역에서 특히 감시할 필요가 있어 연속측정이 요구되는 수질항목을 선별한 다음 선별항목에 대한 자동측정장치의 개발여부 및 자동측정장치의 정량범위를 검토하여 측정수역의 현재 수질농도는 물론 수역의 수질환경기준의 농도범위를 정량할 수 있는 수질항목을 설정한다. 측정대상이 되는 수질항목 중에서 자동측정이 가능한 항목은 자동측정장치의 개발여부에 달려 있다. 우리나라의 수질측정항목과 관련하여 현재 국내외에 설치되어 운영되고 있거나 개발제작되어 자동측정이 가능한 수질항목들을 살펴보면 Table 5와 같다. 이외에도 수질기준에는 설

Table 5. 각종 수질기준 및 자동측정 가능항목

번호	수 질 항 목	먹는물 수질기준	상수원수 수질기준		하 천 수질기준	호소 수질기준	폐수배출 허용기준	자동측정 가능항목
			하 천 수	호 소 수				
1	온 도	-	-	-	-	-	40	○
2	탁 도	2	-	-	-	-	-	○
3	색 도	5	-	-	-	-	200-400	-
4	냄새·맛	소독맛	-	-	-	-	-	-
5	증발잔유물	500	-	-	-	-	-	-
6	부유물질	-	25	25	25-100	1-15	0-120	-
7	pH	5.8-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-8.5	6.0-8.5	5.8-8.6	○
8	경도	300	-	-	-	-	-	○
9	염소이온	150	-	-	-	-	-	○
10	황산이온	200	-	-	-	-	-	-

11	불소	1	-	-	-	-	3-15	○
12	암모니아성질소	0.5	-	-	-	-	-	○
13	질산성질소	10	-	-	-	-	-	○
14	총질소	-	-	0.2-0.6	-	0.2-1.5	30-60	○
15	총인	-	-	0.01-0.05	-	0.01-0.15	4-8	○
16	DO	-	5-7.5	5.5-7.5	2-7.7	2-7.5	-	○
17	BOD	-	1-6	-	1-10	-	30-120	○
18	COD	-	-	1-6	-	1-10	40-130	○
19	과망간산칼륨소비량	10	-	-	-	-	-	-
20	광유류	-	-	-	-	-	1-5	-
21	동식물유지류	-	-	-	-	-	5-30	-
22	음이온계면활성제	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-	-
23	PCB	-	ND	ND	ND	ND	ND-0.03	-
24	유기인	-	ND	ND	ND	ND	0.2-1	-
25	페놀류	0.05	-	-	-	-	1-5	○
26	잔류염소	4.0	-	-	-	-	-	-
27	총트리할로메탄	0.1	-	-	-	-	-	-
28	클로로포름	0.8	-	-	-	-	-	-
29	클로랄하이드레이트	0.03	-	-	-	-	-	-
30	디브로모아세토니트릴	0.1	-	-	-	-	-	-
31	디클로로아세토니트릴	0.09	-	-	-	-	-	-
32	트리카로로아세토니트릴	0.004	-	-	-	-	-	-
33	할로아세틱에시드	0.1	-	-	-	-	-	-
34	다이아지논	0.02	-	-	-	-	-	-
35	파라티온	0.06	-	-	-	-	-	-
36	말라티온	0.25	-	-	-	-	-	-
37	페니트로티온	0.04	-	-	-	-	-	-
38	카바릴	0.07	-	-	-	-	-	-
39	1,1,1-트리할로로에틸렌	0.1	-	-	-	-	-	-
40	테트라클로로에틸렌	0.01	-	-	-	-	0.006-0.3	○
41	트리클로로에틸렌	0.03	-	-	-	-	0.02-0.1	○
42	디클로로메탄	0.02	-	-	-	-	-	○
43	벤젠	0.01	-	-	-	-	-	○
44	톨루엔	0.7	-	-	-	-	-	○
45	에틸벤젠	0.3	-	-	-	-	-	○
46	크실렌	0.5	-	-	-	-	-	○
47	1,1-디클로로에틸렌	0.03	-	-	-	-	-	-
48	사염화탄소	0.002	-	-	-	-	-	○
49	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003	-	-	-	-	-	-
50	구리	1	-	-	-	-	0.5-3	○
51	아연	1	-	-	-	-	1-5	○
52	철	0.3	-	-	-	-	2-10	○
53	망간	0.3	-	-	-	-	2-10	○
54	카드뮴	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02-0.1	○
55	납	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2-1	○
56	6가크롬	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1-0.5	○
57	총크롬	-	-	-	-	-	0.5-2	○
58	비소	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1-0.5	○
59	수은	ND	ND	ND	ND	ND	ND-0.005	○
60	보론	0.3	-	-	-	-	-	-
61	시안	ND	ND	ND	ND	ND	0.2-1	○
62	세레늄	0.01	-	-	-	-	-	-
63	일반세균	100CFU/ml	-	-	-	-	-	-
64	총대장균군수	ND/100ml	50-5000	50-5000	50-5000	50-5000	100-3000	-
65	대장균·분원성대장균군	ND/100ml	-	-	-	-	-	-
66	바이러스	99.99%제거	-	-	-	-	-	-
67	지아디아포낭	99.9%제거	-	-	-	-	-	-
총	항 목 수	55	14	16	14	16	28	



정되어 있지 않지만 수질오염지표로서 널리 사용되고 있는 전기전도도, TOC 및 Chl-a에 대한 자동측정기도 설치운영 중에 있으며 휘발성 유기화합물질인 벤젠, 1,1,1-트리클로로에탄, 트리클로로에틸렌 등도 GC법에 의해 연속적으로 자동측정할 수 있는 측정장치가 개발되어 있는 상태이다. 그러나 현실적으로 볼 때 먹는 물 수질기준 및 상수원수 수질기준에 필요한 측정항목 모두를 감시할 수 없으므로 현재의 기기개발 상태나 운영관리 측면을 고려할 때 온도, pH, DO, 전기전도도, TOC, TN, TP 정도를 수질감시항목으로 유지하고 생물모니터링을 도입하여 미지의 유해물질에 의한 경보가 발령될 경우 원인물질의 조사 및 확인된 오염물질의 정량을 수행하는 것이 합리적인 수질감시가 될 것으로 생각된다.

### 6. 수질자동측정망의 체계

수질자동측정망을 이용하여 수질감시 및 관리를 효율적으로 운영하기 위해서는 각 측정지점으로부터 관측되는 수질정보를 신속하고 정확하게 중앙감시국으로 전송하기 위한 온라인시스템이 수립되어야 한다.

수질자동측정망의 온라인 자료처리계통은 수질관측지점에 수질자동측정설비를 이용한 수질 관측국을 설치하고 여기서 얻어진 수질정보를 통신망을 통해 중앙감시국으로 전송하는 체계를 지니며, 데이터의 수집방식은 감시국에서 관측국을 호출하여 관측정보를 수집하는 방식과 일정시간 또는 측정치의 일정량 변화를 관측하여 변화된 값을 감시국으로 전송하는 방식의 적용성에 대한 기술적 검토가 이루어져야 한다. 수질자동온라인 원격측정시스템(Telemetering System)에 있어서의 정보 전송체계의 개념을 도표로 정리하면 Fig. 6과 같다.

수질자동관측국에서는 자동시료채취(Sampling) 장치 및 수질감시 Sensor 또는 수질측정장치를 설치하며 관측된 정보는 GPS(Global Positioning System)기법 등을 이용한 데이터 전송체계를 통하여 중앙제어 컴퓨터가 운용되는 중앙감시국으로 전송된다. 중앙감시국은 각 수질자동관측국에서 전송되는 자료의 수집, 확인, 저장, 분석, 교환과 자료정리 및 장·단기 수질변화유형을 분석함으로써 대상 유역의 수질오염 방지대책에 대한 효과 평가를 비롯하여 수질보전 정책수립의 기본자료로 사용토록 한다.

더 나아가 효율적인 수질감시 및 관리를 위해서는 수질 자동측정망과 수질정보관리 DBMS를 연계하여 수계에서의 오염물질량의 관측과 오염부하의 공간적 분포 특성이 구체적으로 파악되어야 한다.

수질정보관리 DBMS의 구축은 지리정보시스템(GIS) 기법과 관계형 데이터베이스(RDBMS)를 토대로하여 유역내의 분포하는 수질오염 중 비점오염원의 수계 내 공간분포 정보를 관리하는 시스템과 수질관리에 필요한 GIS Layer 형태의 오염원에 관한 그래픽과 텍스트자료로 구성되도록 해야 한다.

### 7. 생물모니터링 장치

수생생물을 이용한 독성의 평가에는 정적인 방법(Static Test)과 반정적인 방법(semi-static test) 및 흐름방법(flow-through test)이 사용되어 왔으며 이들은 짧게는 24시간, 48 시간에서부터 길게는 수십일에서 거의 1년까지의 시험기간이 소요된다. 그러나 수중 독성물질의 감시를 위해서는 긴 시간이 소요될 수 없으며 당장 유해성 여부를 판단할 수 있어야 한다. 그러나 수중독성물질의 감시를 위해서는 긴 시간이 소요될 수 없으며 당장 유해성이 표현되어야 한다.

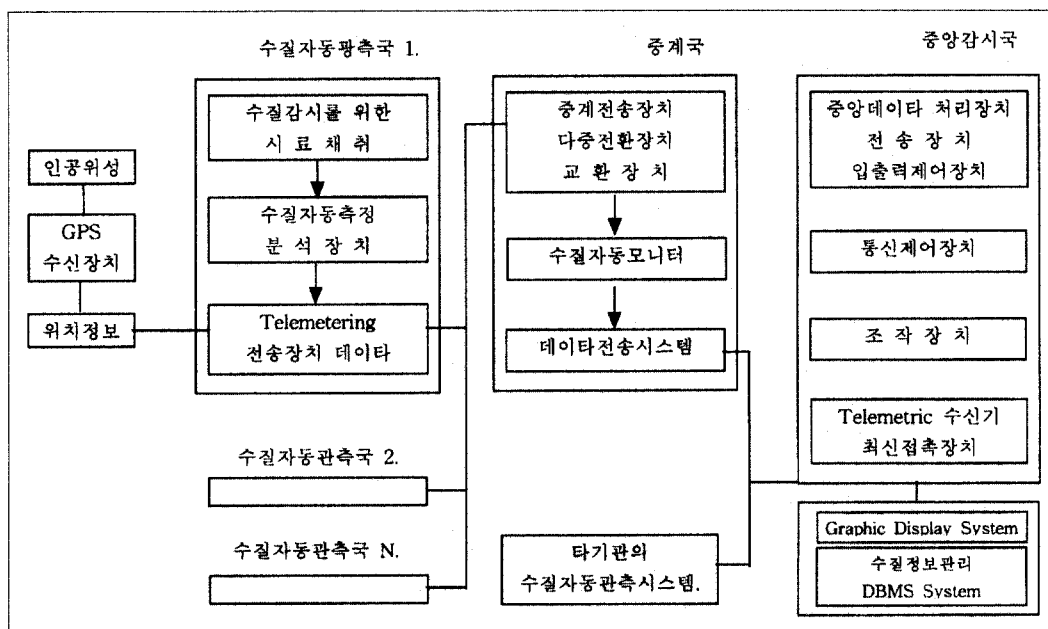


Fig. 7. 수질자동측정 온라인 원격측정시스템(Telemetering System)의 정보전송체계

단일 독성물질의 영향은 여러 가지 측정 방법으로 판단이 가능하나 물속에 유입된 많은 화학물질의 화학반응에 의해 생성될 수 있는 새로운 화합물의 독성은 항상 측정되지 않으며 그 존재를 확인할 방법이 없다. 이에 따라 개발된 것이 동적인 시험(dynamic test)이다. 이 방법은 조사하고자 하는 물을 24시간 연속적으로 측정할 수 있으며, 거의 모든 화학물질에 대해 반응하고 그 반응이 매우 민감한 장점을 가지고 있다. 따라서 이와 같은 생물모니터링 장치를 이용하면 하천 및 호소 등 물에 잠겨있어 있거나 차후 유입될 가능성이 있는 어떤 임의의 오염물질에 대한 감지가 가능하므로 이화학적 수질자동측정 장치와 병행하여 사용하면 매우 효율적인 수질모니터링이 이루어질 수 있다.

생물모니터링 장치는 상수원수, 하천수, 호소수를 비롯하여 폐수, 하수 등 거의 모든 수체(water body)의 수질감시와 돌발사고로 부터의 피해감소를 위해 사용되고 있는데 대표적으로 물고기 독성경보장치와 물벼룩 독성경보장치가 있다. 두 장치는 서로 상호보완적 의미를 갖고 있어 일반적으로 한 측정소에 두 장치가 함께 설치되고 있다. 대개 물벼룩이 물고기보다 같은 농도의 독성물질에 더 민감하나 절대적인 것은 아니기 때문에 두 장치를 함께 설치한다면 거의 모든 독성물질을 감지할 수 있을 것이다.

우리나라의 경우 한강물환경연구소에서 '92년 9월부터 물고기, 물벼룩에 대해 pilot plant를 시범 운영하였으며 조류, 미생물에 의한 독성측정장치를 함께 검토하였다. 또한 '95년말 낙동강물환경연구소에서는 대구 금호강 유역에 한강물환경연구소의 시범운영 결과를 토대로 생물모니터링 장치를 설치하였으며 현재 4대강 22개소에 설치·운영 중이다.

한편, 수중에 존재하고 있는 미량의 독성화학물질을 빠르게 검출하여 조기 경보시스템을 확립할 수 있는 또 하나의 방법을 독성검사와 같은 방법을 이용하여 간편하고 신속하고 정확한 검출기법이 필요하다. 독성검사는 수계와 토양에 있는 여러 유해물질들을 규명하는데 매우 중요한 방법으로 이용되어 왔는데 전통적인 분석기법보다는 생물체를 이용한 유해물질에 대한 독성검사기법(Bioassay)이 간편하고 경제적이며 재현성이 크며 빠른 결과를 얻을 수 있다. 특히 생물체 중 미생물은 실험실 조건하에서 짧은 시간 동안 제한된 공간에서도 쉽게 배양 가능한 특성이 있으므로 다른 고등생물을 이용한 방법보다 유리한 경우가 있다. 미생물 중에서도 형광미생물 또는 발광미생물(Bioluminescent Bacteria)이 Microtox Assay System의 개발로 유용하게 사용되어 지고 있다. 그러나 암모니아, 시안 등 특정화학물질의 경우에는 좋은 연관성을 보여주지 못하여 정확한 독성 감지에는 아직 문제점이 있는 것으로 알려져 그에 대한 해결이 시급하다고 할 수 있다.

어떠한 방법이 이용되든 생물모니터링장치는 유해화학물질과 병원성 세균이 유입되었을 때 이를 조속히 파악하고 대비할 수 있는 오염경보체계를 갖추어야 하며 경보발생시 수질자동측정장치와 병행하여 GC/MS등 기기분석에 의한 원인물질의 분석결과를 신속히 도출하여 차후의 대책을 차

질없이 취할 수 있도록 해야한다.

## 8. 결론

하천 및 호소 등의 수질오염감시를 자동연속측정 체계로 전환하여 상수원수 등의 수질오염실태를 신속·정확하게 파악하고 수질오염사고에 즉각 대처하기 위해 4대강 유역에 수질자동측정장치를 중앙정부차원으로 확대설치하고 지자체의 관심또한 고조되는 현실점에서 본 과제에서는 국내 수질자동측정장치의 현황, 측정장치의 설치위치 및 측정항목 설정에 대해 검토하였으며, 향후 전국적인 수질자동측정망 구축을 위한 총괄적인 체계와 수질자동측정망과 생물모니터링을 연계한 방안에 대해 다음과 같이 제시하였다.

수질자동측정장치는 1974년 노량진과 뚝도 수원에 설치를 시작으로 현재는 25개 전국의 주요 상수원에 보급되어 있으며, 대부분이 상수원의 취수구 또는 취수장에 설치되어 정수장으로 유입되는 원수의 수질을 감시하는데 사용되고 있다. 측정항목은 pH, 수온, 용존산소, 탁도, 전기전도도의 5개 항목과 COD, 카드뮴, 구리, 납 등 21개 항목을 자동측정하고 있으나 설치율은 26% 정도로 매우 미약한 실정이다.

설치위치는 상수원 수역에 설치할 경우에는 취수구로부터 상류방향으로 오염물질 유하거리 이상의 지점에 설치하여 식수오염으로 확산을 차단하는데 필요한 대응시간이 확보될 수 있어야 하며, 주변여건이 여의치 못하여 유하거리 이내의 지점이나 취수장에 설치할 경우는 공장폐수의 유입 및 이동오염물질의 유입 가능성 등을 검토하여 적절히 설치하여야 한다.

측정항목의 설정은 설치수역의 측정대상 수질항목, 유역의 오염특성 및 자동측정장치의 기기특성 등을 고려하여 결정한다. 그러나 현실적으로 볼 때 먹는 물 수질기준 및 상수원수 수질기준에 필요한 측정항목 모두를 감시할 수 없으므로 현재의 기기개발 상태나 운영관리 측면을 고려한다면 온도, pH, DO, 전기전도도, TOC, TN, TP 정도를 수질감시항목으로 유지하고 생물모니터링을 도입하여 미지의 유해물질에 의한 경보가 발령될 경우 원인물질의 조사 및 확인된 오염물질의 정량을 수행하는 것이 합리적인 수질감시가 될 것으로 생각된다.

상수원에서 불의의 사고로 유해물질이 취수원으로 유입될 경우 수질자동측정장치만으로 수질을 감시하는 데는 한계가 있기 때문에 생물모니터링장치의 도입을 신중히 검토할 필요가 있다. 생물모니터링장치는 24시간 연속으로 측정할 수 있으며 거의 모든 물질에 반응하고 그 반응이 매우 민감하기 때문에 수질자동측정장치와 병행해서 사용할 경우 매우 효율적인 수질모니터링이 될 것이다.

수질자동측정망을 이용하여 수질감시 및 관리를 효율적으로 운영하기 위해서는 각 측정지점으로부터 관측되는 수질정보를 신속하고 정확하게 중앙감시국으로 전송하기 위한 온라인 시스템이 수립되어야 한다.

수질자동측정망의 온라인 자료처리계통은 수질관측지점

에 수질자동측정설비를 이용한 수질 관측국을 설치하고 여기서 얻어진 수질정보를 통신망을 통해 중앙감시국으로 전송하는 체계를 지니며, 데이터의 수집방식은 감시국에서 관측국을 호출하여 관측정보를 수집하는 방식과 일정시간 또는 측정치의 일정량 변화를 관측하여 변화된 값을 감시국으로 전송하는 방식의 적용성에 대한 기술적 검토를 거쳐 결정하여야 한다.

### 참고문헌

1. Gali, R. C. D. Munz, and R. Scholtz. Evaluation and application of aquatic toxicity tests; use of the Microtox test for the prediction of toxicity based upon concentration of contaminants in soil. *Hydrobiol.*, (1994).
2. Kramer, K. J. M., and Botterweg. Aquatic biological early warning system; an overview. (In) *Bioindicators and Environmental Management* (Eds) D. W. Jeffrey and B. Madden. Academic Press, New York, (1991).
3. Soomi. L., M. Suzuki, E. Tamiya, and I. Karube. Microbial detection of toxic compounds utilizing recombinant DNA technology and bioluminescence. *Anal. Chim. Acta.*, (1990).
4. Qureshi, A. A., K. W. Flood, S. R. Thompson, S. M. Janfurst, C. S. Inniss, and D. A. Rokosh. Comparison of a luminescent bacterial test with other bioassays for determining toxicity of pure compounds and complex effluents. *Aqua. Toxicol. 5th Conf. ASTM*, (1982).
5. MOE, Master plan report for installation of online water quality monitoring network, (1995).
6. NIER, Maintenance report of on-line water quality monitoring equipment, (1994).
7. H. K. Lee, Effective plan and maintenance of on-line water quality monitoring network, (1995).
8. K. D. Oh, Development of optimum river water quality monitoring network design program, IHP annual report, (1994).
9. 류재근, 수질자동모니터링시스템의 현황과 전망, *한국물환경학회지*, (1996).
10. 류재근, 정현미, 독일, 프랑스, 네덜란드, 영국의 수질자동측정망 운영실태 국립환경연구원 귀국보고서, (1995).
11. 국립환경연구원, 유럽선진국의 수질자동측정망 운영실태, (1996).
12. 국립환경연구원, 각국의 수질환경기준 비교분석(1997).
13. 서울시정개발연구원, 수질오염측정망 구성을 위한 조사연구, (1995).
14. 국립환경연구원, *환경자료집*, (1999).
15. 류재근, 우리나라 물환경 개선을 위한 종합적인 수질관리방안, 농업기반공사, (2003).