

## 새만금수역 자동수질모니터링시스템 구축

### Construction of the Automatic Water Quality Monitoring System for the Saemangeum Area

이 광 야\*  
Lee, Kwang-Ya

#### 1. 머리말

최근 산업화와 도시화가 급속히 진행됨에 따라 유역내 점원 및 비점원의 오염부하량 증가로 인한 하류 수역의 오염물질 유입은 수질 및 해양생태계에 커다란 변화를 야기하고 있다. 이러한 변화에 적극 대처하기 위하여 수질변화를 연속적으로 감시하고 수질상태에 따라 적절히 경보할 수 있는 자동수질모니터링시스템의 필요성이 대두되고 있다.

일반적으로 인력에 의해 수행되는 수질 관측체계는 연속적인 수질관측이 어렵고 시간 및 비용이 과다하게 요구된다. 이에 반하여 자동수질측정장치를 이용한 모니터링은 측정 대상 수역의 일정 지점에서 연속적으로 수질을 관측하기 때문에 돌발적인 수질오염 상황이나 거시적인 수중 생태계 변화를 파악할 수 있고 경제적인 비용으로 유지관리 할 수 있다. 수질자동모니터링의 목적은 대상 수역(水域)에 대한 실시간 감시, 돌발사고에 대비한 사전경보체계 구축, 계측장비를 통한 과학적인 물관리 체계를 구축하는데 있다. 또한 시험실에서 수행되는 공정시험법을 측정장치에 재현하므로써 신뢰성 있는 양질의 측정값을 연속적으로 확보할 수 있으며, 수질모니터링을 비롯한 타 연구에 검·보정 자료로 활용할 수 있다.

본 문은 국내·외 자동수질모니터링시스템 설치사례를 소개하고 새만금 수역에 구축중인 자

동수질모니터링시스템을 위하여 투입식(投入式) 자동수질측정장치와 채수식(採水式) 자동수질측정장치의 특성 및 설치조건을 비교·분석하므로써 새만금 및 타지역의 자동수질모니터링에 필요한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

#### 2. 자동수질 측정 현황

##### 가. 국내 현황

국내의 자동수질모니터링은 하천 및 호소, 지하수 등의 육상 수계와 해역을 대상으로 실시되고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 하천수질은 환경부의 주관으로, 댐 내의 호소는 수자원공사에서, 지하수는 농업기반공사에서 자동수질모니터링을 시도한 바 있으며, 해역의 경우 군산대 등에서 부이를 이용한 자동수질모니터링을 시도한 바 있다.

환경부에서는 국립환경연구원 수질연구부와 한강수질검사소 등 4대강 수질검사소를 주관기관으로 지정하여 1995년부터 전국 4대강 유역의 주요 20개 지점에 수질자동측정소를 설치 운영중에 있다. 측정항목은 물벼룩 및 물고기를 이용한 생물독성경보, TOC(총유기탄소), VOC(휘발성유기탄소), 일반수질항목(수온, DO, pH, EC) 등이다. 여기서 측정된 수질측정자료는 실시간으로 한강 등 4대강 수질검사소로 전송되고 다시 한강 수계 등 지역별로 6개(지방) 환경관리청 및

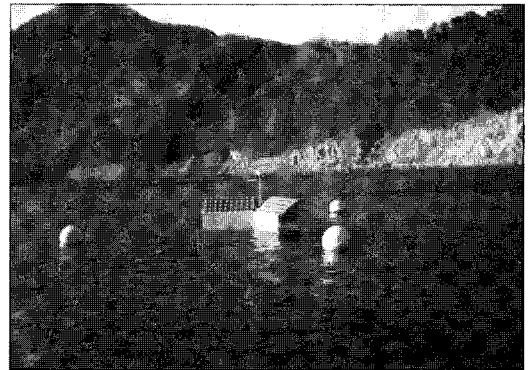
\* 농업기반공사 농어촌연구원 (kylee@karico.co.kr)

환경부로 전송하고있다.

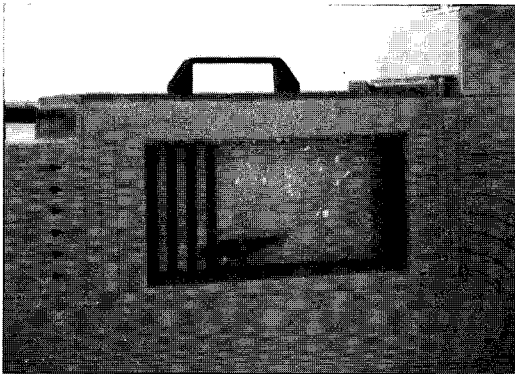
한국수자원공사에서는 2001년부터 주암댐, 대청댐 등 2개 호소에 수질자동측정장치를 설치 운영 중에 있으며, 전국 주요 호소에 확대 운영할 계획이다. 이곳에서는 수온, pH, 전도도, 수심, DO, 클로로필a 등 6개 수질항목을 수심별로 관측하고 있다. 농업기반공사에서는 해안지역을 중심으로 해수침투영향을 분석하기 위하여 수질자동모니터링을 실시·운영 중에 있다.

동해수산연구소는 연안의 물리화학적 환경요인에 대한 실시간 정보를 제공하고 데이터의 시뮬레이션에 의해 환경변화를 예보할 뿐만 아니라 동해연안의 가리비, 우렁이 및 해조류어장의 적정 양식수용력을 규명하기 위하여 실시간 어장정보제공시스템(Korea east coast farming forecast system)을 운영하고 있다. 이 장비는

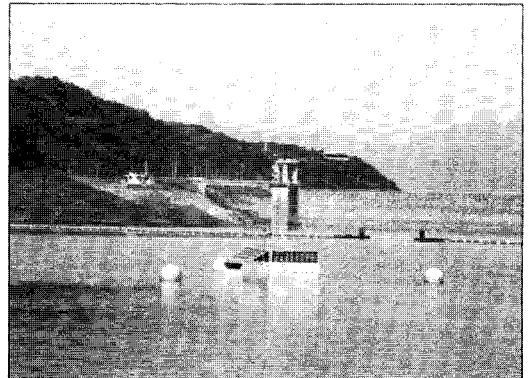
부이를 활용하고 있으며, 수온, 특이전도도, 염분, 용존산소, 용존산소포화도, 수심, pH 등을 관측하고 있다. 또한 군산대학교 새만금연구센터에서는 만경대교와 새만금방조제 외측 2개 지점에 대해 pH, EC, 수온, 수심 등을 관측하고



대청댐 자동수질모니터링 현황



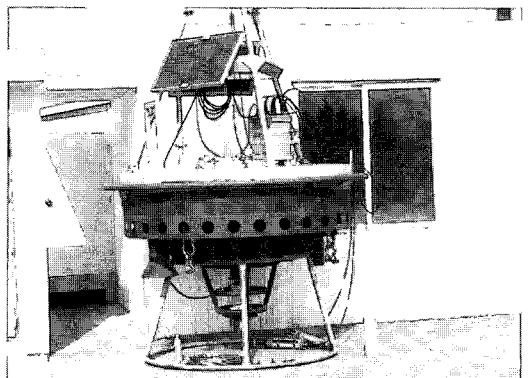
물고기를 이용한 생물독성경보



주암댐 자동수질모니터링 현황 (수자원공사)



자동샘플러 (한강, 환경관리공단, 환경부)



부이식 자동수질모니터링 장치 (동해수산연구소, 강릉)

그림 1. 국내의 자동수질모니터링 설치 사례

있다. 이외에 연구차원의 자동수질모니터링이 여러곳에서 시도되고 있다. 국내 자동수질모니터링의 어려움은 주로 유지관리에서 나타나고 있다. 현재 설치된 장치들이 포터블 형식을 변형하거나 현장설치용으로는 규모가 큰 채수형에 의존하므로 이를 관리하는데는 많은 시간과 인력, 비용이 소요되는 실정이다.

나. 일본의 자동수질모니터링 현황

최근 일본에서는 수질 및 생태계의 광역적이고 급격한 변화에 대비하기 위해서 하천, 호소, 해역 등에 자동수질측정소를 설치하여 상시 감시체계와 사전경보체계를 구축하고 있다. 측정된 수질자료는 관련 수역의 종합적인 수질보전대책 수립에 활용되고 있으며, 일반적으로 수문, 기상 관측장비와 함께 운영되고 있다. 표 1은 일본국

표 1. 댐·호소 자동수질관측소 설치수 (東邦電探 제공)

직접투입방식			채수방식	합계
정치식	포터블 방식	소계		
253	363	616	약453	약1,068

내 하천·댐에 설치된 자동수질관측소설치 현황(추정, 2002년 9월)으로 측정방식에 따라 세분화 되어 있다.

1960년대 이후 수질에 대한 대국민 관심이 증가함에 따라 수질 모니터링이 본격적으로 착수된 일본의 자동수질관측현황을 비와꼬(琵琶湖)와 무로우담의 사례로 고찰하였다.

1) 琵琶湖

일본 시가현에 위치한 琵琶湖 지역의 연평균 강우량은 약 2,000 mm이고 증발량은 연간 강우량의 양 1/3 정도이다. 수자원이 풍부한 비와꼬의 물은 다양한 용도로 사용되고 있다. 이런 중요한 수자원을 지키기 위해 1972년 착수된 비

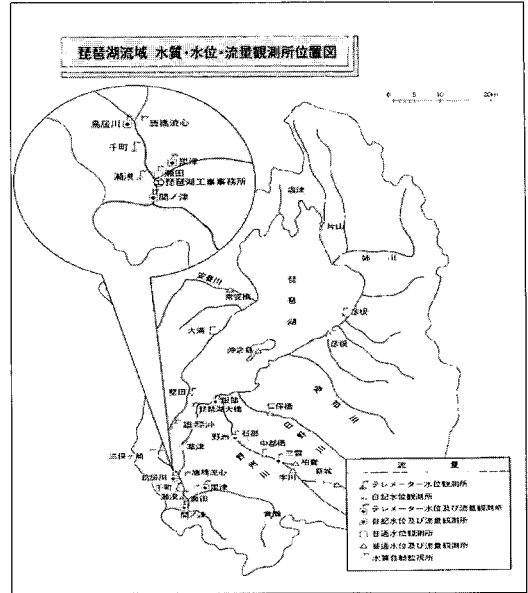


그림 2. 비와꼬유역 수질·수위·유량관측소 위치도

와꼬 종합개발사업의 일환으로 수질조사가 본격적으로 이루어졌다. 지금까지도 정기적으로 조사가 이루어지고 있으며, 수자원개발공단, 건설부, 시가현에서 현재 49개소에서 정기수질조사를 실시하고 있다.

비와꼬의 수질은 쇼와 50 (1975)년대 후반부터 60 (1985)년에 걸쳐 조금씩 수질이 개선되는 경향을 보였고, 60년대 이후부터는 큰 변화가 없는 상황이었지만, 최근 북호에서 악화되는 경향이 보여 주의를 기울이고 있다.

현재 비와꼬의 자동수질관측은 沖之島자동수

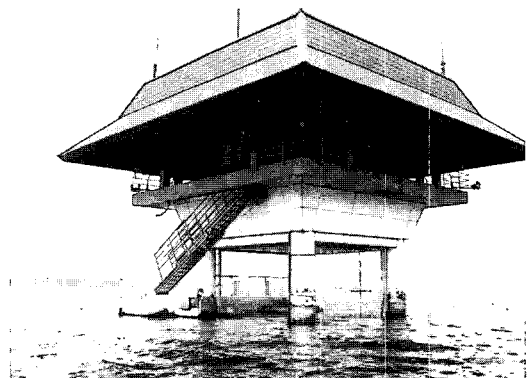


그림 3. 雄琴沖종합자동측정소 전경

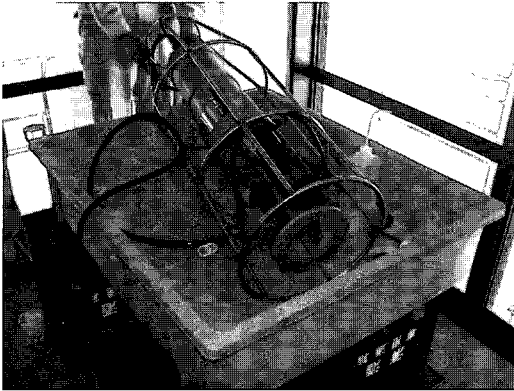


그림 4. 雄琴冲종합자동측정소에 설치된 투입식 수질측정장치

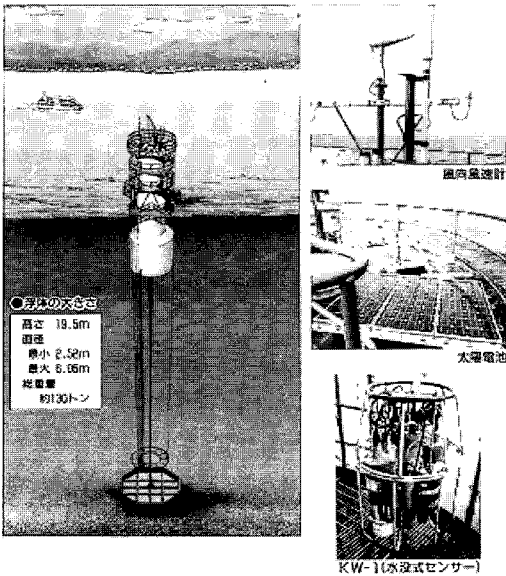


그림 5. 安曇川冲종합자동수질측정소 관측현황

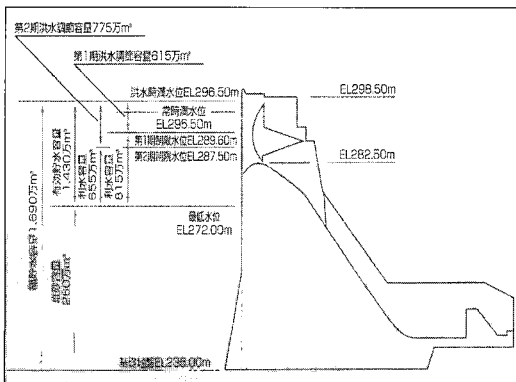


그림 6. 저수지 유량배분도

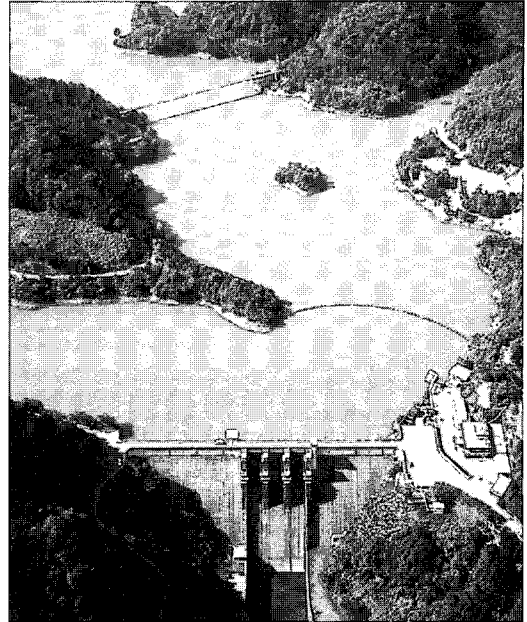


그림 7. 무로우댐 전경

질관측소, 唐橋流心자동수질측정소, 雄琴冲종합 자동수질측정소, 安曇川冲종합자동수질측정소 등 4곳에서 이루어지고 있다. 수질측정 항목은 수온, pH, DO, EC, 탁도, 클로로필a, COD, T-N, T-P, 수리수문관측으로 수위, 파고, 풍향, 풍속, 기온, 노점(露点)온도 등이다. 관측장비로는 일반수질은 직접 투입형, 영양염은 펌프 채수형 센서를 사용하고 있다.

2) 무로우댐

일본 나라현에 위치한 다목적댐인 무로우 댐은 홍수조절, 하천 유수의 정상기능유지, 생활 및 공업용수 공급, 관리용 수력발전 등을 위하여 설치되었으며 댐의 저수유량은 그림 6에서 보는 바와 같다.

무로우댐에서는 최종 취수단계의 수질을 중점적으로 관리하기 위하여 댐중류 취수탑에 연직 프로파일링이 가능한 직접투입식 자동수질측정장치를 설치 운영중에 있다. 측정항목은 수온, 수심, pH, DO, EC, 탁도, 클로로필a, COD 등이고 매시간 직접투입식에 의한 수질관측이 수

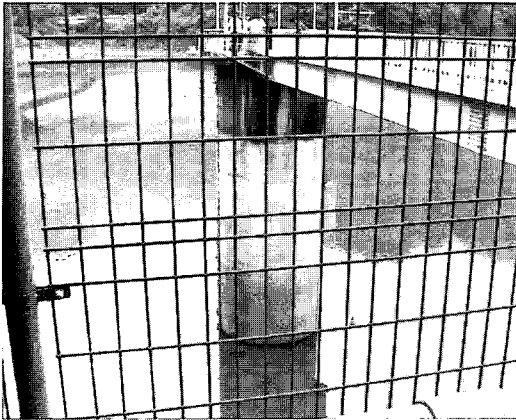


그림 8. 무로우댐 취수탑

행된다. 그림 8은 자동수질계측기가 설치된 무로우댐 취수탑이다.

### 3. 측정방식의 선정

일반적으로 자동수질측정장치는 측정방식에 따라 직접투입식과 채수식으로 구분되며 직접투입식은 센서의 내구성 및 설치형태에 따라 간이식(포터블 방식)과 정치식으로 구분된다. 직접투입식 자동수질측정장치는 수질을 측정하는 검출부가 수중에 위치하도록 제작된 것으로 대상항목을 측정할 수 있는 센서들의 조합으로 이루어져 있다. 표 2에서 보는 바와 같이 직접투입식의 경우 측정센서부와 검출부가 모두 수중에 위치하므로 별도의 육상 시설을 설치할 필요가 없고, 시험 원수의 가공처리가 없기 때문에 현장의 수

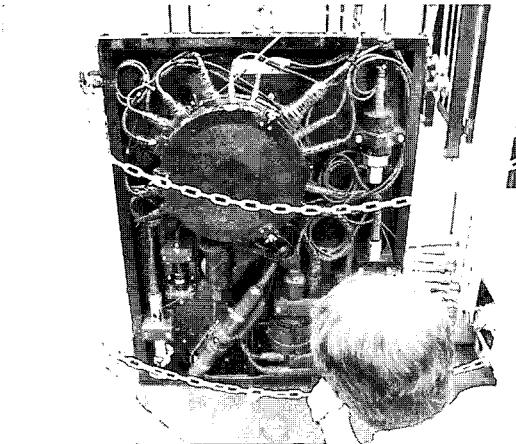


그림 9. 무로우댐에 설치된 직접투입식 자동수질계측기

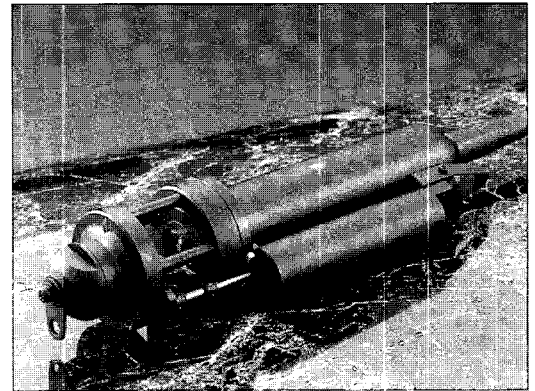


그림 11. 간이식 수질측정장치

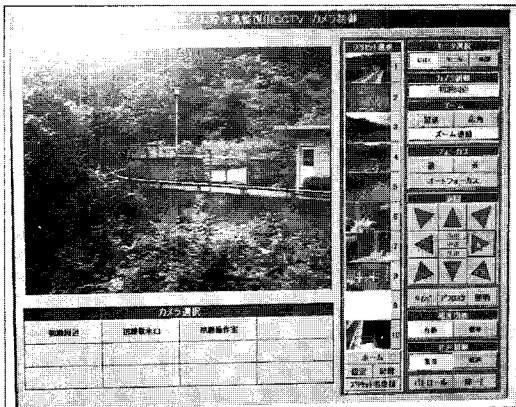


그림 10. 관리사무소에서 운영하는 감시카메라 화면

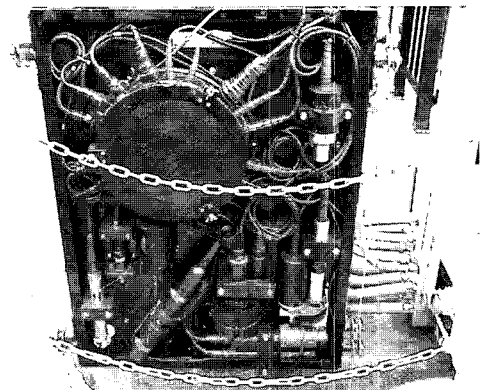


그림 12. 정치식 수질측정장치

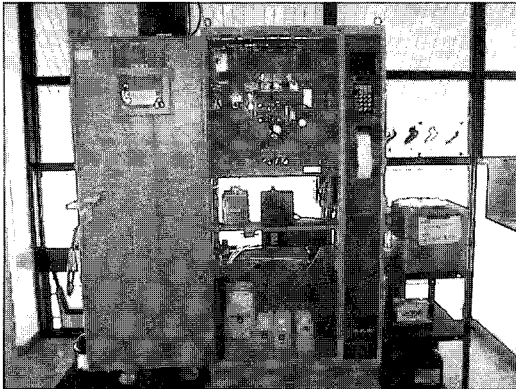


그림 13. 채수식 수질측정장치

질상태를 그대로 재현할 수 있다. 또한 반응시약을 사용하지 않고 전기적, 광학적 센서측정방식을 택하고 있기 때문에 측정후 폐액 발생 등의 부산물이 없는 특징이 있다. 이런 직접투입식 장치는 상시 모니터링을 위해 센서들의 내구성을 향상시킨 정치식과 현장 측정후 바로 회수하는 간이식으로 세분화된다.

채수식 자동수질측정장치는 감시대상 시험원수를 욕상에 설치된 계측부까지 펌핑한 후 시약(chemical reagent)들의 반응에 의해 측정하는 방식으로, 시험실의 수질분석 과정을 현장에 재

표 2. 직접투입식·채수식 자동수질측정장치 특성 비교

항목		직접투입식 [FNW-517형]	채수방식 [K-82형]
기기구성		- 검출부 - 측정기록부	- 채수부 - 계측(검출)부 - 지시 기록부 - 세정수 탱크(수돗물)
측정 방식	수온	- thermistor 방식	- 백금 저항체 방식
	탁도	- 투과광산란 방식	- 적분 공방식
	pH	- 유리복합전극 방식	- 유리복합전 방식
	DO	- 플라로그러프전극 방식	- 가르바니 전극 방식
	전기도도	- 특수 7전극(복합 4전극방식)	- 2 전극 방식
	클로로필a	- 형광광도 방식	-
	COD(UV)	- 트윈스펙트럼 방식	-
측정 범위	수온	- 10.0 ~ 40.0°C±0.1°C	- 10.0 ~ 40.0°C±0.5°C
	탁도	0 ~ 100mg/l±2ppm 100 ~ 1000mg/l±20ppm	0 ~ 100mg/l±5ppm 100 ~ 200mg/l±20ppm
	pH	2.0 ~ 12.0pH±0.1ppm	2.0 ~ 12.0pH±0.2ppm
	DO	0 ~ 20mg/l±0.4ppm	0 ~ 20mg/l±1.0ppm
	전도도	0 ~ 500µs/cm±40µs/cm 500 ~ 2000µs/cm± 40µs/cm	-
	클로로필a	0 ~ 2500mV± 2%(F.S.)	-
	COD(UV)	0 ~ 0.50 Abs± 5%(F.S.)	-
유지 보수	검출부 세정	- 검출부전용 세척기구(와이퍼)에 의해 1시간마다 세정	- 세정수가 검출부 파이프 내부를 순환하면서 세정
	정기점검	- 3개월 마다	- 1개월마다 점검, 강우 다음날
현장 부대설비		- 검출부 보호공	- 취·배수 배관설비 - 펌프 및 압축기
		- 측정기록부 설치공간 필요 (TMS 설치시 불필요)	- 상수도 필요 - 계측부·지시기록부를 설치할 공간필요

현한 방식이다. 채수식 자동수질측정장치는 일반적으로 육상에 별도의 계측시설 및 지시기록 장치를 보호할 수 있는 구조물이 필요하고, 반응 시약을 사용하기 때문에 시험실에 준하는 전원 공급량이 필요하다. 직접투입식 장치와 비교해서 육상 보호시설에 공간이 확보되면 측정항목의 확장이 용이하고, T-N, T-P 등 영양염류의 측정이 가능한 장점이 있으나, 시험원수(試驗原水)를 채수하는 동안 펌핑에 의해 대상원수의 상태가 변화할 수 있으며, 특히 수온과 용존산소의 경우는 양정 거리가 멀수록 현격한 변화를 보인다. 또한 연속적인 측정을 위해 계측부내 일정용량 이상의 시약을 항시 비치해야 하므로 측정장치의 외형이 커지고, 측정 후 장치의 세정을 위해 별도의 상수도 공급시설이나 정수시설을 설치해야 한다. 그림 11은 간이식 자동수질측정장치이고, 그림 12는 새만금관측타워에 설치될 정치식 자동수질측정장치이며 그림 13은 채수식 자동수질측정장치이다



그림 14. 새만금 자동수질모니터링 지점 및 C호 관측타워 전경

#### 4. 새만금 자동수질모니터링의 구성

##### 가. 설치위치

새만금해역 자동수질모니터링시스템은 새만금 사업 후속 세부실천계획안(2001. 8)을 이행하고 대상해역의 수질을 연속적으로 측정하여 효율적

표 3. 직접투입식·채수식 자동수질측정장치 특성 비교

측정 항목	범 위	정 도	분리능	비 고
Water temperature	-5~40℃	±0.1℃	0.1℃	
pH	2~12unit	±0.2unit	0.01unit	
DO	0~20mg/l	±0.5mg/l	0.01mg/l	
	0~200%	±2%	0.1%	Saturation
Water depth	0~25m	±0.25m	0.1m	
Salinity	0~35‰	±3%	0.1‰	
Electric conductivity	0~55mS/cm	±2%	1mS/cm	
Turbidity	0~1000NTU	±5%	0.1NTU	
Chlorophyll-a	0~150µg/l	±2%	1µg/l	

인 수질환경 관리 및 오염방지 대책 수립을 위해 계획되었다. 금년도에는 방조제 외측 1지점과 담수호 예정수역 1지점을 관측지점으로 선정하였으며 그림 14에 위치를 표시하였다.

측정항목은 수온, pH, DO, 수심, 염도, 전도도, 탁도, 클로로필a 등 총 8개 항목이며 측정범위, 정확도, 분리능은 표 3과 같다.

나. 측정장치

새만금 자동수질모니터링시스템은 수질측정부, 전원공급부, 데이터 송·수신 시스템, 자료관리 프로그램(web 구축) 등으로 나누어 진다. 설치된 수질센서의 형식은 관리가 용이하고 자료의 신뢰도가 높은 직접투입식을 선정하였으

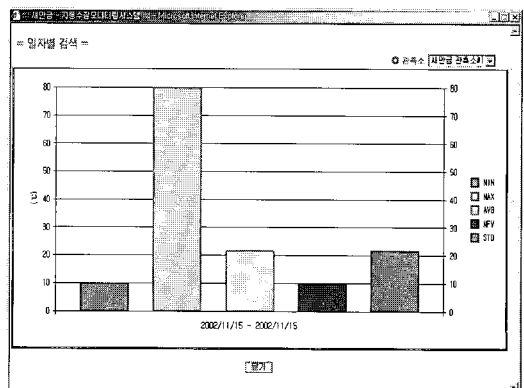
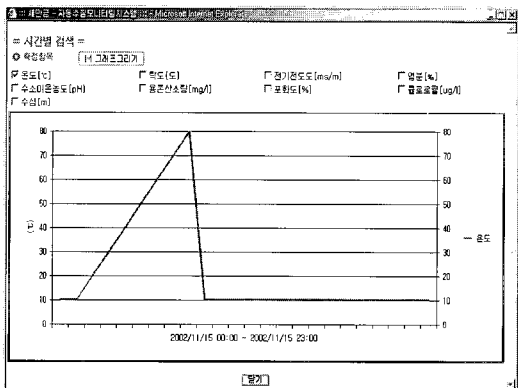
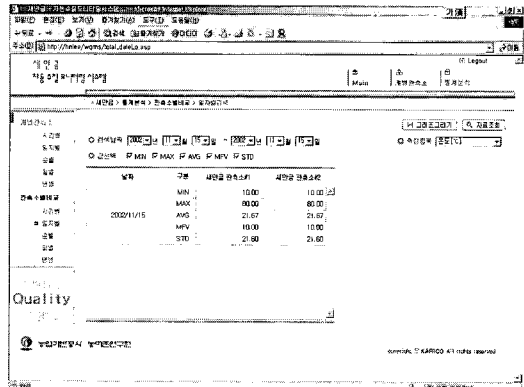
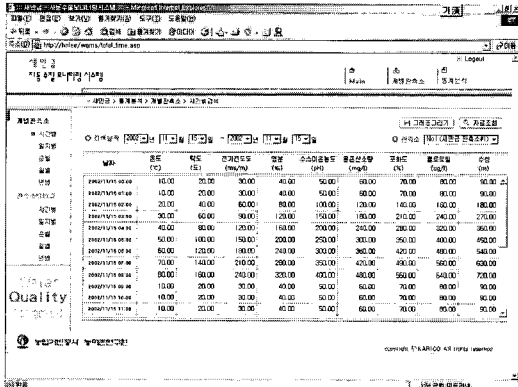
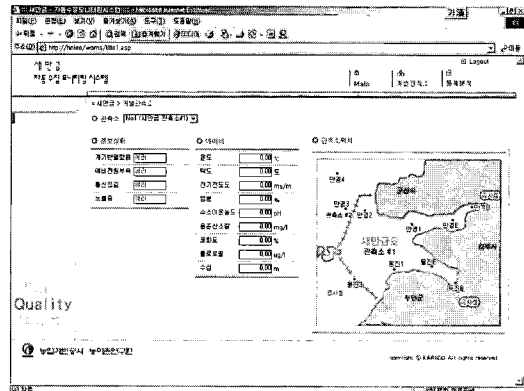
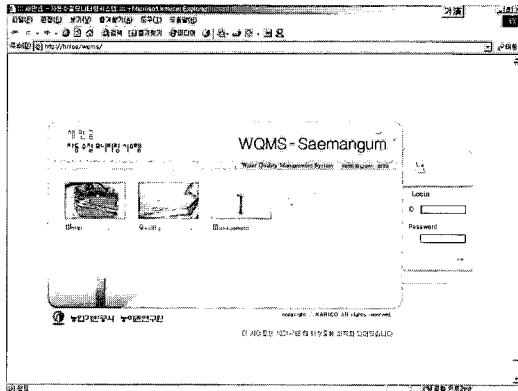


그림 15. 새만금 자동수질모니터링시스템 자료관리화면 (web)



며, 향후 측정항목의 추가가 가능한 구조로 설계되어 있다. 해상에서 설치되고 기상 및 지역의 조건이 불규칙하므로 통신장애로 인한 데이터 손실에 대비하여 측정장치에 별도의 저장장치(data logger)가 포함되었다. 본 시스템은 관측 타워를 활용하여 거치되며, 전원공급장치는 solar panel을 통한 배터리 충전방식으로 10일 이상 무일조에도 충분한 용량으로 구성되었다. 자료의 송수신인 무선통신방식(CDMA)으로 관리사무소(농어촌연구원)에 전송되며 해양의 기상 악화(폭풍, 낙뢰 등)에 대비하여 보호설비(접지 등)가 설치되어 있다.

#### 다. 자료관리부

관측된 수질 자료를 관리하기 위하여 구축된 자료관리부는 자료관리 외에 중앙제어 및 감시기능을 부가적으로 수행한다. 운영 프로그램은 송수신 S/W 및 데이터의 관리 S/W(GUI)로 대별되며 송수신 S/W에 현장기기의 상태를 확인하는 모듈이 포함되어 있다. 적용 O/S는 Windows NT이며 GUI 환경의 Internet 기반에서 구동된다. Web 프로그래밍은 HMI를 사용하였으며 자료의 관리, 기기 상태점검, 기초자료의 분석, 보고서 출력 등의 메뉴로 구성된다.

#### 라. 시스템 유지관리

새만금 자동수질모니터링시스템의 유지관리 점검은 매월 1회를 기준으로 하고 있으며, 유지관리 항목은 센서의 보정을 비롯한 제반 장치의 정상 작동유무, 부착생물에 의한 센서부 폐색을 방지하기 위한 관리(anti fouling)가 포함된다. 자동수질모니터링시스템 구축에 있어서 측정장치의 선정 못지 않게 정기적인 유지관리 또한 중요하다. 일반적으로 자동수질모니터링장치를 한번 설치하면 영구적인 자동측정이 가능하다고 생각해서 유지관리에 소홀하기 쉽다. 그러나 양질의 수질측정자료를 지속적으로 확보하기 위해

서는 주기적인 측정장치의 유지관리와 아울러 시험실 분석데이터와 비교 분석을 통해 센서의 정도관리가 필요하다.

### 5. 맺는말

자동수질모니터링시스템은 전기, 제어계측, 전산, 분석화학 분야의 전문기술이 종합적으로 통합된 첨단 장비이다. 새만금지구에 자동수질모니터링시스템을 구축하기 위해 국내·외 자동수질모니터링 현황을 조사한 결과 입지조건 및 유지관리 측면에서 채수식 자동수질측정장치보다 투입식 자동수질측정장치를 설치하는 것이 적합한 것으로 판단된다. 또한 투입식 자동수질측정장치 중 센서의 내구성과 유지관리기간을 고려할 때 정치식 자동수질측정장치가 간이식 보다 적합한 것으로 판단된다. 자동수질모니터링시스템은 현장의 설치조건 및 대상 수역의 특성에 맞는 장비의 선택이 가장 중요하며, 측정값의 정밀도 및 신뢰도의 향상을 위해 주기적인 유지관리가 필요하다. 아울러 현장 자동수질측정결과와 시험실 분석결과를 비교 분석하여 측정값의 정밀도가 항상 유지될 수 있도록 정기적인 보정 작업이 필요하다. 향후 새만금해역 자동수질모니터링시스템 구축이 완료되면 신뢰도가 높은 수질 데이터의 확보와 아울러 체계적인 수질감시시스템의 구축으로 새만금 수질을 개선하고 효율적인 수질관리 대책을 수립하는데 많은 기여를 할 것으로 기대한다.