

수질자동측정망 자료의 신뢰성 제고를 위한 정도관리

임 병 진 · 홍 은 영* · 김 현 욱¹

(국립환경과학원 유역생태연구팀, ¹서울시립대학교 환경공학과)

Quality Control to Improve Reliability of Automatic Water Quality Data. Lim, Byungjin, Eunyoung Hong* and Hyunook Kim¹ (Water Quality Division, National Institute of Environmental Research, Incheon 404-708, Korea; ¹Environmental Engineering, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea)

The automatic water quality monitoring system (AWQMS) have been installed to immediately response to any pollution incident. It also make it possible to conduct the task efficiently regarding water quality control. The purpose of this study is to enhance reliability by securing accuracy of automatic water quality data through quality assessment (QA) for temperature, pH, dissolved oxygen (DO), electric conductivity (EC), total organic carbon (TOC). The result of comparison between manual and automatic data, relative accuracy of general items (temperature, pH, EC, DO) and TOC were mostly satisfied with guideline (i.e. less than 20%). On the other hand, relative accuracy of DO between sampling site and housing site was somewhat against the guideline. The contamination by attaching algae and microorganism in the pipeline is considered as main cause. After backwashing the pipeline, DO concentration was increased up to 53%. Therefore, pipeline management is recognizable as important thing to secure reliability of water quality data.

Key words : automatic water quality monitoring system (AWQMS), relative accuracy, quality control

서 론

상수원 및 수계의 수질관리 업무를 효율적이고 능동적으로 수행하고, 수질오염사고 발생시 신속한 대응조치를 하천 등에 수질자동측정망을 설치하여 운영하고 있다. 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제9조(상시측정 및 수질·수생태계 조사) 및 제21조(수질오염 경보제)에 의거하여 운영하고 있으며, 2009년 12월 현재까지 전국 하천·호소 4대강 주요지점에 수질자동측정망 52개소가 설치되어 실시간으로 수질 측정이 이루어지고 있다(임 등, 2009). 그러나 실시간 측정 자료에 정도관리 체계가 제대로

로 확립되지 않아 측정 자료의 정확도 확보 방안이 필요한 실정이다.

미국의 EPA에서는 Environmental Technology Verification (ETV) 프로그램을 운영하여 기술검증에 대한 정보를 제공하고 있으며 (USEPA, 2005), 영국의 환경청 (Environmental Agency)은 원격감시인증체계 (Monitoring Certification Scheme, mCERTs)를 구축하여 원격감시에 사용되는 온라인분석기기의 확인시험 절차를 규정하고 있다 (EA, 2004). 본 연구에서는 2006년 8월 「수질자동측정망 관리 지침」에 의거하여 환경관리공단에서 2009년 2월 수립한 「수질자동측정망 정도보증사업계획 표준절차서」에 따라 수질자동측정망 중 수계별로 1~2개소를 선정하여 정도

* Corresponding author: Tel: 032) 560-7720, Fax: 032) 568-2053, E-mail: eyhong@korea.kr

관리를 실시하였다. 전반적인 정도관리 추진 상황 조사를 통하여 자동측정 자료의 신뢰성을 확보하고 수질자동측정망 정도관리 운영방향 및 개선방안을 마련하여 정도관리의 효율성을 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 대상 측정소 및 조사 방법

한강수계의 H-1, 낙동강수계의 N-1 및 N-2, 금강수계의 K-1 및 K-2, 영산강수계의 Y-1 및 Y-2 등 7개 측정소를 대상으로 정도관리를 실시하였다. 또한 측정항목은 Table 1에 나타난 수질자동측정망의 27개의 항목 중 전 측정소 공통으로 설치되어 있는 수온, pH, EC, DO, TOC 등 5개 항목을 대상으로 하였으며, 조사 시기는 2009년 8월로 하절기에 실시하였다.

일반항목의 실시간 자동측정 자료의 정확도를 확인하기 위해, 수질자동측정소의 자동측정기기 (Hydrolab-Minisonde, YSI-600XL)와 휴대용 수동측정기기 (HORIBA, YSI600XL)를 이용하여 동시간에 측정된 값을 비교·분석하였다. 본 시험에 사용되는 일반항목 측정기기는 모두 다항목측정기 (multi-probe) 타입으로 수온, pH, EC, DO가 동시에 측정되고 있으며, 측정 전 자동 및 수동 측정기기에 대하여 동일한 표준액을 이용하여 pH, EC에 대한 교정 및 대기 중에서의 DO를 교정하여 측정된 값을 상대정확도(%)로 산정하였다. 수동-자동 비교는 측정소 내부의 저류수조로부터 동시에 측정한 값을 계산하였고, 내부(측정소 저류수조)-외부(시료채취 지점)의 경우 측정소 내부 저류수조는 자동기기로, 외부 채수지점은 수동기기를 이용하여 각각 측정한 후 내기 측정값을 수동-자동기기의 차이로 보정하여 산정하였다.

TOC의 정도평가는 제로드리프트(zero drift) 평가와 실시료에 대한 반응성 평가의 두 종류에 대하여 실시하였다. 제로드리프트 평가는 원수 및 여과수조에 연결되어 있는 TOC 측정기의 유입관을 증류수에 담가 TOC 측정치

가 제로로 도달하는 시간을 기록하여 제로값 응답시간을 산출하였다. 만약 제로에 도달하지 않고 어떤 값을 반복적으로 표시할 경우 제로값 조정이 되지 않은 것으로 판단한다. 실시료에 대한 반응성 평가는 표준품 첨가 방법(standard addition method)을 이용한 것으로, 저류수조의 여과수를 500 mL 취하여 비이커에 넣고 유입관을 담가 TOC 측정치가 처음 여과수의 제로드리프트 평가 이전에 기록한 수질로 도달하도록 한다. 이는 증가되는 농도에 대한 반응 여부를 판단할 때 증류수가 아닌 원수를 사용함으로써 매질효과를 반영하기 위함이다. 다음 단계로 주어진 비이커에 TOC 표준용액을 가하여 전체 시료(500 mL)의 TOC가 이전치보다 3 mg L^{-1} 정도 상승되도록 만든 후 측정하여 매 1분 간격으로 확인하여 추가적으로 가해진 TOC가 반영되는 것을 확인한다(spike1: 원시료+표준액). TOC 측정치가 안정화되면, 다시 표준용액을 가하여 이전 농도보다 3 mg L^{-1} 가 상승되도록 한다(spike2: spike1+표준액). 이렇게 측정된 원시료, spike 1, spike 2의 세 가지의 시료에 대하여 측정된 결과치를 이용하여 자동측정기기의 정밀도, 편의 및 매질효과를 확인한다. 또한 3개의 측정시료를 채취하여 실험실로 옮겨와 습식 TOC 기기에 대한 분석을 수행하여 습식 TOC 기기와 자동측정기기의 상대정확도를 계산하였다.

2. 상대정확도, 정밀도 및 편의 산정

수질자동측정망의 현행 정도관리는 정도보증사업계획(환경관리공단, 2009)의 '수질자동측정망 정도평가 및 정도검사 목표(Table 2)'에서 명시된 대로 수행되고 있다. 정도평가는 내부적으로 운영담당자가 1회/분기, 정도검사는 전문교정기관에 의뢰하여 1회/1~2년 수행하고 있다. 본 연구에서 검토한 일반항목중 pH와 DO항목에 대해서만 상대 정확도를 20% 이내로 정하고 있고, 수온과 EC에 대하여는 현재 정해진 목표가 없다. 그러나 기존의 정도관리 연구인 '수질자동측정망 정도관리체계 연구(II)(박 등, 2006)' 및 '수질자동측정망 정도관리연구(노, 2008)' 등에서 표준액을 기준으로 하여 pH, DO 항목에 대한 연구를

Table 1. The measuring items for Automatic Water Quality Monitoring System (AWQMS).

Classification	Items
Common item (5 types)	Temperature, pH, dissolved oxygen (DO), electric conductivity (EC), total organic carbon (TOC)
Optional item (22 types)	Total phosphorus (TP), total nitrogen (TN), ammonia nitrogen (NH ₃ -N), nitrate nitrogen (NO ₃ -N), phosphate phosphorous (PO ₄ -P), chlorophyll-a, turbidity, VOCs (Dichloromethane, 1,1,1-trichloroethane, Benzene, Carbontetrachloride, Toluene, Trichloroethylene, Ethylbenzene, Xylene, Tetrachloroethylene), heavy metal (Cu, Pb, Zn, Cd), phenol, biological monitoring system (daphnia, fish, bacteria, alga)

Table 2. The guidelines of quality assessment (QA) and quality inspection (QI) for AWQMS.

Item	QA		QI							
	Precision	Bias	Zero drift	Span drift	Repeatability	Relative accuracy	Linearity	Reliability	Deviation mean	Insulation resistance
Temperature			—	—	±5%	—	—	—	±0.3°C	
pH			pH±0.1*	pH±0.1**	pH±0.1	±20%	—	—	—	
DO			±0.2 mg L ⁻¹	±0.3 mg L ⁻¹	±0.3 mg L ⁻¹	±20%	—	—	—	
EC			±2%	±2%	±1%	—	±5%	—	—	
TOC			±5%	±5%	±5%	±20%	±5%	—	—	
Chl- <i>a</i>			±3%	±3%	±3%	—	—	—	—	
VOCs			—	—	±5%	—	—	±10%	—	
TN	±5%	±10%	±3%	±3%	±3%	±20%	—	—	—	More than 2MΩ
NH ₄ -N			±3%	±3%	±3%	—	—	—	—	
NO ₃ -N			±3%	±3%	±3%	—	—	—	—	
TP			±3%	±3%	±3%	±20%	—	—	—	
PO ₄ -P			±3%	±3%	±3%	—	—	—	—	
Turbidity			±5%	±5%	±5%	—	±5%	—	—	
Heavy metal			±5%	±5%	±5%	—	—	—	—	
Phenol			±5%	±5%	±5%	—	—	—	—	

*: Based on pH 7, **: Based on pH 4 or 10

수행한 바 있다. 본 논문에서는 매질 효과를 반영하기 위하여 원수를 대상으로 수동 자동간의 비교를 하였고, 첫 번째 시도인 만큼 다른 일반항목과 동일한 기준을 적용하여 수행하였다. 또한 TOC 항목의 경우 정밀도 5%, 편의 10%, 상대정확도 20% 이내로 정의하고 있으며, 상대정확도 및 정밀도, 편의는 다음의 공식에 따라 산정된다.

상대정확도는 시료를 자동측정기로 구한 값과 수질오염 공정시험방법상의 주시험법(또는 지정계측법)에 의한 측정값이 얼마나 잘 일치하는가 하는 정도로서 그 수치가 작을수록 일치함을 나타낸다.

$$\text{상대정확도 (\%)} = \frac{|\bar{d}| + C.I._{95}}{X} \times 100$$

$|\bar{d}|$: 측정편차(주시험법측정값 - 연속자동측정기측정값)의 평균

X: 주시험방법으로 측정된 값의 평균

$C.I._{95}$: 95% 신뢰구간에 대한 t-분포값

정밀도는 동일한 시료를 반복해서 측정할 경우, 그 측정값의 흠어짐 정도로서 반복성(repeatability)을 말하며, 평균값(Mean)에 대한 표준편차(standard deviation)의 백분율로 표시된다.

$$\text{정밀도 (\%)} = [SD_3 / C_{\text{mean}}] \times 100$$

C_{mean} : 측정값 3회의 평균

SD_3 : 측정값 3회의 표준편차

편의는 측정값(measured value)과 참값(true value)의 오차 정도로서 측정자료의 신뢰성(reliability)을 나타낸다. 현재 분기별 1회씩 각 측정기기별로 측정 농도범위 중에서 선택하여 표준농도의 시료를 제조하여 3회 반복 측정하여 측정값과 비교 평가한다.

$$\text{편의 (\%)} = \frac{\text{Mean} [ABS(C_i - C_{STD})]}{C_{STD}} \times 100$$

C_i : i번째 측정값

C_{STD} : 표준액 농도

결과 및 고찰

1. 일반항목의 상대 정확도 평가

Table 3은 「수질자동측정망 정도보증사업계획(환경관리공단, 2009)」에서 제시한 공식을 적용하여 일반항목(수온, pH, EC, DO)의 상대정확도를 산정한 결과이다. <수동-자동> 기기의 비교에서 수온 0.0~3.5%, pH 1.7~5.1%, EC 2.1~22.3%, DO 1.5~12.5%의 차이를 나타내어 수질자동측정망 정도평가 및 정도검사 목표인 20%를 대부분 만족하였으나 K-1 측정소의 EC는 22.3%를 나타내며 목표의 범위를 벗어났다. <내부-외부> 기기의 상대정확도는 수온, pH, EC는 0.0~4.8% 범위를 나타내었으나 DO 항목은 5.2~31.0%로서 상대적으로 큰 값을 나타내었

Table 3. The relative accuracy both manual-automatic measuring data and sampling site-housing site measuring data (%).

Site	Manual-automatic				Sampling site-housing site			
	Temp.	pH	EC	DO	Temp.	pH	EC	DO
N-2	0.5	3.3	11.4	5.9	0.8	2.3	1.6	31.0
K-1	0.5	1.7	22.3	9.7	4.0	3.1	0.7	26.0
K-2	3.5	2.0	11.8	12.5	2.4	0.5	4.8	5.2
Y-1	0.0	2.7	15.5	8.1	1.5	4.8	0.3	12.1
Y-2	0.7	5.1	2.1	1.5	0.0	0.5	0.9	17.5

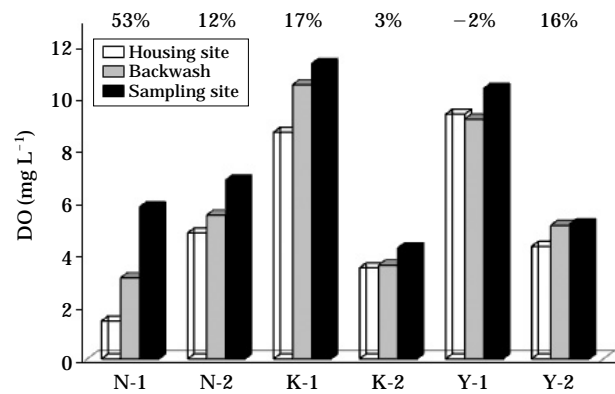
Table 4. Difference of DO concentration between sampling site and housing site.

Site (Installation year)	Mean of housing site (mg L ⁻¹)	Mean of sampling site (mg L ⁻¹)	Gap between sampling-housing site (mg L ⁻¹)	Pipeline length (m)
N-1 (1996)	1.5	5.8	4.3	250
N-2 (1998)	4.8	6.9	2.1	150
K-1 (1998)	8.7	11.3	2.6	100
K-2 (2005)	3.5	4.3	0.8	70
Y-1 (2004)	9.4	10.4	1.0	170
Y-2 (1998)	4.3	5.2	0.9	32

고, 특히 N-2 및 K-1 측정소에서 각각 31.0%, 26.0%를 나타내며 목표 범위를 벗어났다. 항목별로는 <수동-자동> 기기의 비교에서는 EC가 상대적으로 큰 값을 나타낸 반면, <내부-외부>에서는 DO 항목이 큰 값을 나타내었다. 현재 자동측정소에서는 스테인리스 저류수조를 사용하고 있는데, 이 재질이 전기전도도 값에 미치는 영향 등 다각적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 DO 항목의 경우 채수지점으로부터 거리, 유입관의 미생물 번식 및 유기물 침전 등의 영향으로 내기와 외기의 차이가 발생하는 것으로 판단된다. 따라서 외부기기의 운영 또는 외기와 내기의 보정계수를 구하여 내부기기의 측정값의 교정 등의 대책 마련이 필요할 것으로 사료된다.

측정소 주변의 현재 측정값을 정확히 나타내기 위해서는 원칙적으로 일반항목 측정기기는 시료가 채수되는 외부에 위치하여야 하나, 채수시설 관리, 채수방식 등 여러 가지 운영관리상의 문제점으로 인하여 대다수의 측정소에서 내부에 측정기기를 설치하여 운영하고 있는 실정이다. 조사결과 다른 일반항목에서는 내부와 외부의 측정값이 유사하였으나, DO 항목에 대해서는 정확한 측정값을 얻기 위한 원인 분석 및 차이를 감소시키기 위한 방안 마련이 필요하였다.

내·외부 측정값의 차이는 N-1 측정소가 4.3 mg L⁻¹로 가장 큰 폭의 차이를 보였고 N-2 및 K-1 측정소에서도 2.1 mg L⁻¹, 2.6 mg L⁻¹로 비교적 큰 차이를 나타내고 있다 (Table 4). 이들 측정소는 채수위치에서 측정소까지의 채

**Fig. 1.** The increasing rate of DO after backwash on the sampling pipeline.

수관의 길이가 100 m 이상으로 거리가 멀고, 설치 된지가 10년 이상 오래된 특징이 있다. Y-1 측정소는 170m의 긴 관로 길이에도 내·외부 측정값의 차이가 작은 것은 비교적 신규측정소(2004년 설치)로 관내의 생물막의 영향이 적었던 것으로 판단된다. 이러한 문제점의 해결방안을 마련하기 위해, 역세척하여 용존산소의 내기와 외기의 측정 결과를 비교해 본 결과 (Fig. 1) N-1 측정소에서 최고 53%의 상승효과를 나타냈다. 따라서 채수지점이 멀고 채수관 설치시기가 오래된 측정소에 대해서는 채수관로의 정기적인 점검 및 역세척 등으로 측정결과의 정확성 제고가 필요할 것으로 사료된다.

Table 5. The measuring method and response time of TOC analyzers.

Site	Manufacturer	Measuring method	Filter size (μm)	Response time (min)
H-1	P	UV-NDIR	10	20
N-1	S	Combustion catalytic oxidation-NDIR	100	10
N-2	P	UV-NDIR	10	30
K-1	S	Combustion catalytic oxidation-NDIR	10	10
K-2	P	UV-NDIR	10	15
Y-1	S	Combustion catalytic oxidation-NDIR	10	10
Y-2	SK	UV-NDIR	10	15

Table 6. The relative accuracy, precision and bias of TOC.

Site	Sample	Manual instrument	Automatic instrument		Bias (%)	Relative accuracy (%)
		Mean (mg L^{-1})	Mean (mg L^{-1})	Precision (%)		
H-1	Filtered water	3.9	3.7	2.0	5.1	5.1
	Spike 1	6.7	6.7	3.9	0.0	
	Spike 2	9.6	9.4	0.3	2.2	
N-1	Filtered water	6.3	5.5	3.1	12.1	6.4
	Spike 1	11.4	10.8	2.6	5.7	
	Spike 2	15.6	15.4	2.6	1.3	
K-1	Filtered water	3.5	3.4	2.2	2.7	5.4
	Spike 1	6.4	6.3	0.5	1.7	
	Spike 2	9.3	8.7	0.7	6.5	
K-2	Filtered water	3.0	3.1	1.1	3.5	3.9
	Spike 1	6.1	6.4	1.7	4.2	
	Spike 2	8.7	9.0	0.8	2.7	
Y-1	Filtered water	3.5	2.3	4.1	33.2	22.2
	Spike 1	5.5	4.4	2.3	20.5	
	Spike 2	7.3	6.1	0.2	16.6	
Y-2	Filtered water	3.0	1.4	1.6	52.5	39.0
	Spike 1	6.1	3.1	0.4	49.7	
	Spike 2	8.7	4.9	0.2	44.3	

2. 표준품 첨가 방법에 따른 TOC 정도평가

수질자동측정소의 TOC 측정기기는 유기물을 UV (ultra-violet)로 산화시켜 분해된 CO_2 를 비분산적외선검출기 (Non-Dispersive InfraRed, NDIR)로 검출하는 UV-NDIR 측정법을 이용하는 P, SK 제조사의 측정기기와 680°C 로 촉매작용 하에 연소시켜 발생한 CO_2 를 NDIR로 검출하는 연소촉매산화-NDIR 측정법을 이용하는 S제조사의 측정기기 등 총 3종이 설치·운영중이다.

TOC 항목 정도검사의 첫 번째 단계로 수행된 제로드리프트 평가, 즉 TOC 측정기기의 원수 및 여과수조에 연결되어 있는 유입관을 증류수에 담가 측정치가 제로로 도달하는 반응성(응답시간)에 대한 검토 결과를 Table 5에 나타내었다. 연소촉매산화방식은 10분으로 일정하나 UV 산

화방식은 15~30분으로 측정시간의 변화차가 크므로, 기기의 특성 등을 고려한 최적의 측정시간 도출이 필요할 것으로 사료된다.

Table 6은 TOC 항목을 표준품 첨가방법에 적용한 실험 결과를 나타낸 것으로, H-1, N-1, K-1, K-2 측정소는 정밀도 0.3~3.9%, 편의 0.0~12.1%, 상대정확도 3.9~6.4%를 나타내며 대체로 '수질자동측정망 정도평가 및 정도검사 목표'로 정한 정밀도 5%, 편의 10%, 상대정확도 20% 이내를 만족하였다. 반면 영산강 수계의 Y-1 및 Y-2 측정소의 경우는 0.2~4.1%의 범위를 보인 정밀도를 제외하고 편의 (16.6~52.5%) 및 상대정확도 (22.2~39.0%)는 목표를 벗어난 결과를 나타내었다. 이들 측정소는 TOC 자동측정기기를 교정할 때 증류수 측정값을 0으로 가정하여 검량선을 작성하고 있었다. 이런 경우 실제 증류수는 0을 나타내

지 않으므로, 시료에서 증류수($0.2 \sim 0.3 \text{ mg L}^{-1}$)에 해당되는 농도가 검출되었을 경우 이 농도는 무시되는 결과를 나타내며, 검량선 작성 방법에 따라 동일한 표준시료에 대하여 상이한 측정값을 나타낼 수 있다. 따라서 TOC 교정시 증류수 농도값을 반영하여 검량선을 작성할 필요가 있다.

입자성 물질이 TOC 측정값에 미치는 영향을 알아보기 위해 일정량의 원수를 병에 담아 5분 간격으로 3회 측정된 결과 10.2 mg L^{-1} , 8.0 mg L^{-1} , 7.7 mg L^{-1} 로 점차 감소되는 측정값을 나타내었으며, 이는 부유물의 침전에 따른 측정값 감소로 보여진다. 또한 8.7 mg L^{-1} 의 원수가 병을 흔들 후 15.6 mg L^{-1} 로 측정값이 두배 이상 차이를 나타낸 반면, $50 \mu\text{m}$ 필터를 통과한 여과수의 측정에서는 흔들기 전후가 각각 5.4 mg L^{-1} 과 6.3 mg L^{-1} 로서 비교적 작은 차이를 보였다. 따라서 TOC는 입자에 대한 영향이 크게 나므로, 전 측정소에 동일한 여과과정이나 전처리가 필요한 것으로 보여진다. 이와 더불어 원수 주입시 입자에 대한 영향을 줄이기 위해서는 시료주입 전 약 5 mL 정도 분취 후 일정시간 sonicator 또는 고속믹서기를 이용하여 입자를 잘게 부순 후 주입하는 방안도 검토할 필요가 있다.

3. 수질 자동측정 자료 품질 향상을 위한 정도관리 방향

현행의 수질자동측정망 정도관리는 운영담당자가 주기적(1회/분기)으로 정밀도와 편의를 산정하는 정도평가와 전문 교정기관에 의뢰하여 1회/1~2년 실시하는 정도검사에 국한되어 있다. 따라서 정도평가 이외에 기존 정도검사를 내부정도검사(정도관리)와 외부정도검사로 세분화하여 정도관리 강화가 필요하며, 내부정도검사 항목에는 Table 1의 항목 이외에 측정기기별 반응성(응답시간)을 추가하고 외부정도검사는 현행과 같이 공인 교정기관에 의뢰해 검증하는 방안이 필요하다. 또한 Table 1의 측정기기별 정도평가 및 정도검사 목표 값이 「환경측정기기의 형식승인·정도검사 등에 관한 고시(2008.9)」규정에 적합하지만, 일반항목 및 TOC의 수동과 자동기기의 상대정확도 검토결과에서 대부분이 평균 10% 이내로 나타나 측정항목의 특성을 고려하여 기준 강화가 필요하다.

측정소 내부의 저류조가 클 경우 체류시간 증대로 인한 측정결과 오차발생이 우려된다. 전반적으로 저류수조 크기가 측정소별로 상이하고 비교적 큰 것으로 판단되어, 작은 수조로의 교체 또는 유속을 빠르게 하여 배수구를 늘리는 방안 마련이 필요하다. 또한 채수지점부터 측정소 내부까지 설치된 채수관에서 유기물 및 미생물 등 생물막에 대한 영향을 감소시키기 위한 정기적인 점검 및 역

세척이 필요하며, 일반항목 측정기기의 수시 정도관리를 위한 각 측정소별로 휴대용 측정기기 비치도 요구된다.

적 요

상수원 및 수계의 수질관리 업무를 효율적이고 능동적으로 수행하고, 수질오염사고 발생시 신속한 대응조치를 할 수 있는 조기경보체계 구축을 위하여 주요 상수원 및 하천 등에 수질자동측정망을 설치하여 운영하고 있다. 수온, pH, EC, DO, TOC 항목에 대한 정도평가를 실시하여, 수질자동 측정 자료에 대한 정확도를 확보하여 신뢰도를 제고하고자 하였다. 수질자동측정기기와 수동측정기기에 대한 측정값을 비교한 결과, 대체로 일반항목(수온, pH, EC, DO) 및 TOC의 상대정확도가 20% 이내의 목표를 만족하였다. 그러나 수질자동측정소의 저류수조의 측정기기(내부)와 채수지점의 측정기기(외부)의 측정값 차이를 분석한 결과, 채수거리가 먼 측정소의 DO에 대한 내부-외부의 상대정확도는 목표값을 다소 벗어나는 것으로 나타났다. 채수관로에 조류 및 미생물 부착에 의한 오염이 원인으로 판단되어 역세척하여 측정된 결과, 측정된 DO 농도는 최대 53%까지 상승하는 효과를 나타냈다. 따라서 채수관로 관리가 수질자동측정 자료의 신뢰성을 확보하는데 중요함을 알 수 있었다.

인 용 문 헌

- 국립환경과학원. 2005. 환경시험·검사 QA/QC 핸드북. p. 1-303.
 김창수, 임병진, 이재관, 이준배, 최광수, 김재령, 이재운. 2005. 담수중의 총유기탄소 분석법 연구. 국립환경과학원보 27: 55-64.
 김현호, 우진춘, 이정순, 이재용, 박중보, 류성윤. 2005. 수질자동 측정망 정도관리체계 개발. 국립환경과학원. p. 1-211.
 노동혁. 2008. 수질 자동측정망 정도관리 연구. 금오공과대학교 공학석사학위 논문.
 박제철, 백기태, 배상득, 장재용, 홍석연, 노동혁, 김도형, 이경화. 2006. 수질자동측정망 정도관리체계 연구(II). 국립환경과학원. p. 1-461.
 임병진, 홍은영, 정은숙, 연인성, 홍지영, 공학양, 허인에, 양형재, 정동일. 2009. 수질자동측정망 수질평가지수 산정방법 연구(II). 국립환경과학원(NIER NO. 2009-56-1112). p. 21-39.
 환경관리공단. 2008. 수질분야 연속 자동 측정기기 정도검사제도 개선방안 연구. p. 57-65.
 환경관리공단. 2009. 수질자동측정망 정도보증 사업계획. p. 1-72.

- 환경관리공단. 2009. 수질자동측정망 정보보증 사업계획 표준절차서. p. 17-122.
- 환경부. 2008. 수질오염 공정시험 기준. 환경부고시 제2008-99호.
- 환경부. 2010. 수질자동측정망 운영계획중 부록 「수질자동측정망 정도관리 지침」. p. 1-39.
- Environment Agency. 2004. Continuous Water Monitoring Equipment, Part 2: Procedures for conformity testing of on-line analysis.
- Environment Agency. 2006. Performance standards and test procedures for continuous water monitoring equipment. p. 1-32.
- Environment Agency. 2006. Performance standards for organizations undertaking sampling and chemical testing of water. p. 1-32.
- ISBN 92-67-10175-1. 1993. International vocabulary of basic and general terms in metrology. ISO, Geneva.
- ISO/IEC 17025. 1999. General requirement for the competence of calibration and testing laboratories. ISO, Geneva.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2002. Guidance on Environmental Data Verification and Data Validation. EPA/240/R-02/004.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2005. Environmental Technology Verification Report; Shimadzu Scientific Instruments, Inc. TNPC-4110(C) On-line Water Quality Analyzer for Nutrient Monitoring. p. 1-64.
- USGS. 2006. Guidelines and standard procedures for continuous water-quality monitors; Station, Operation, Record computation and data reporting. p. 1-51.

(Manuscript received 10 May 2010,
Revision accepted 11 June 2010)