



물안전계획(Water Safety Plan)의 국내 도입방안

Introduction of Water Safety Plan in Korea

김진근*

Jinkeun Kim*

제주대학교 환경공학과

(2012년 5월11일 접수; 2012년 8월10일 수정; 2012년 8월13일 채택)

Abstract

Recently, drinking water quality has significantly improved with the progress of water treatment technologies, however, customer's trust on tap water is still relatively low. Low trust on water quality is mainly due to vague anxiety. Therefore, to improve customer's trust on drinking water quality new strategy such as water safety plan(WSP) which recommended by WHO and IWA should be introduced. WSP can be defined as an approach which uses comprehensive risk assessment and risk management approach that encompasses all steps in water supply from catchment to consumer to ensure the safety of a drinking water supply. In this study, cases on WSP introduction in other countries as well as strategy for the introduction of WSP in Korea were investigated. In addition, recommendations on the improvement of the current water contamination response manual was suggested based on the analysis of the existing manual at a full scale water treatment plant.

Key words : water supply system, water safety plan, hazard, risk assessment, HACCP

주제어: 상수도시스템, 물안전계획, 유해물, 위해성평가, HACCP

1. 서론

깨끗하고 안전한 수돗물을 중단 없이 공급하기 위한 상수도 시스템은 사회구성원이 인간다운 삶을 영위하기 위한 사회간접시설 중에서도 가장 필수적인 요소 중의 하나일 것이다. 산업화, 도시화가 시작되기 전에는 대부분의 상수원 수질은 수인성 질병, 용존유기물질 등으로부터 안전하였으며, 간단한 수처리를 통해 입자물질을 제거한 후 안전한 수돗물을 생산할 수 있었다. 그러나 최근

산업화, 도시화와 더불어 많은 신규 오염물질이 출현하였으며, 이러한 오염물질의 출현은 95% 이상의 수원을 지표수에 의존하는 국내 수도시스템 현실을 고려할 때 수돗물의 안전성을 심각하게 위협하고 있는 실정이다.

국내에서는 1908년 근대적인 수도시스템이 독도정수장에 최초로 도입된 이래 비약적인 발전을 거듭하여 왔다. 한편, 1970년대 이후 급격한 공업화 및 도시화를 겪으면서 많은 수질사고도 발생하였다. 특히 낙동강 유역에서 1991, 2008년 발생

*Corresponding author : Tel.: +82-64-754-3448, Fax : +82-64-725-2483, E-mail : kjinkeun@jejunu.ac.kr(J.K. Kim)

한 폐놀유입 사고는 불충분한 오염물질 처리로 인하여 일부 지역에서 수돗물이 공급되지 않는 단수사고가 발생하였으며, 해당 지역에서는 수질사고의 발생을 최소화하고 수돗물에 대한 신뢰도 향상을 위하여 상수원 이전을 심각하게 고민하는 상황까지 이르렀다.

최근의 수돗물 수질은 기존 정수처리공정의 운영관리 최적화와 더불어, 오존산화, 활성탄흡착, 막여과 등과 같은 고도정수처리 공정을 도입하여 선진국에 견주어도 손색이 없을 정도로 일정규모 이상의 정수장에서는 고품질의 수돗물을 생산하고 있다(김 등, 2010). 그럼에도 불구하고 수돗물에 대한 신뢰도는 매우 낮아 수돗물의 직접 음용률은 2% 내외에 머무르는 수준이다. 수돗물에 대한 불신의 원인에는 여러 가지가 있지만 가장 큰 것은 심리적 불안감으로 조사되었다(환경부, 2011). 즉 수돗물 수질이 과학적으로 안전하다고 할지라도 수돗물을 음용하는 고객은 막연한 불안감을 갖고 있는데, 이러한 불안감의 기원은 과거의 크고 작은 수질오염사고 등에 기인하는 바가 크다고 할 수 있다.

낙동강 수계의 최근 5년간 주요 상수원 수질 오염 사례를 살펴보면 2006년 퍼클로레이트 검출, 2008년 폐놀오염사고, 2009년 1,4-다이옥산 검출 등 대형 수질오염사고가 수차례 발생하였다. 특히, 2008년 폐놀 오염사고 발생 시에는 일부 지역에서 수돗물 공급이 중단되는 단수 사태가 발생하였으며, 2009년 1,4-다이옥산 검출 시에는 오존+입상활성탄 시설이 포함된 고도정수처리 시설이 도입되어 있음에도 불구하고 낙동강 수계의 일부 취수장과 정수장에서는 취수 및 정수 중단사태가 발생하기도 하여 국내 수도시스템이 여전히 수돗물 안전성 측면에서 취약한 것으로 나타났다.

한편, 2012.4월에는 충남 홍성군의 간이상수도 상수원에 농약 등 독극물 투기 사건이 발생하였는데, 당시 집수조 청소를 위해 현장을 방문한 관계자에 의해 농약 투기사실이 확인되었다. 또한 2012.5월에는 광주광역시 모 정수장에서 응

집제가 과량으로 정수장에 유입되어 80만명에게 수돗물 공급이 중단되는 사고도 발생하였다. 이러한 사고의 예는 아직까지도 국내 수도시스템이 위해요소에 얼마나 쉽게 노출되어 있으며, 얼마나 큰 수질사고로 이어질 수 있는지를 보여주는 사례라고 할 수 있다(동아일보, 2012; 매일경제, 2012).

수질오염사고는 특성상 수원유역에서부터 수도꼭지(catchment to tap)까지 전과정에서 발생할 수 있다. 이러한 수질오염사고 발생 시 체계적인 방법에 의한 효과적이고 즉각적인 대응이 미흡할 경우 수돗물 생산 및 공급 중단사태가 발생할 수 있다. 또한 이와 관련한 일련의 언론보도는 수돗물에 대한 심각한 불신을 야기하여 원수 또는 정수의 수질이 회복된 이후에도 시민들이 지속적으로 수돗물 음용을 기피하는 악순환을 초래할 수 있다. 따라서, 수도사업자는 수도시스템 전반에 대한 유해(hazard) 요소 파악 및 리스크 평가, 이에 근거한 개선대책을 수립하고, 더불어 예방조치의 적정성 검토에 근거한 물안전계획(WSP, Water Safety Plan) 수립 및 지원프로그램을 개발하는 것이 매우 필요한 실정이다.

현재 일본, 영국 등 일부 선진국 및 세계보건기구(WHO), 세계물협회(IWA) 등 국제 기구에서는 WSP 수립에 대한 가이드라인을 제정하고 국가별 실정에 맞는 WSP를 수립했거나 수립을 권고하고 있으나, 국내에서는 이에 대한 연구 및 계획 수립이 미흡한 실정이다. WHO 및 IWA에서는 공동으로 WSP에 대한 가이드라인을 설정하여 운영하고 있으며, 이를 토대로 수도사업자가 수도시설별 실정에 맞춰 수돗물 안전계획을 수립할 것을 권고하고 있다(WHO and IWA, 2009).

본 논문에서는 국내외 WSP의 도입사례분석, 국내 정수장의 수질사고 대응 매뉴얼 분석 및 WSP manual에 근거하여 국내 실정에 적합한 WSP 도입방안을 제시하였다.

2. 연구대상 및 방법

WHO는 안전한 수돗물 공급을 위한 실질적인 방안 수립을 위하여 Water Safety Plans, Guidelines for Drinking-water Quality 3판을 통해 식품 제조 분야에서 확립되어 있는 위해요소중점관리기준(HACCP, Hazard Analysis and Critical Control Point)의 개념을 도입하여 유역부터 수도꼭지까지 모든 단계에서 위해평가와 위해성 관리를 실시해, 안전한 물의 공급을 확실히 하는 수도 시스템을 구축하는 물안전계획 수립의 필요성 기술하였다(WHO, 2005; WHO, 2008). 이러한 필요성을 토대로 WHO와 IWA가 공동으로 Water Safety Plan Manual(부제 : step-by-step risk management for drinking-water suppliers)을 2009년에 제정하였다(WHO and IWA, 2009).

WSP 수립 및 실행의 목표는 수원부터 수도꼭지까지 존재하고 있는 그리고 존재할 수 있는 유해성을 파악하고 발생빈도 혹은 노출빈도를 평가하여 개별 오염물질의 위해성을 산정하고 대응방안을 수립하는 것이다. 이를 토대로 위해성을 최소화할 수 있는 방안을 수립하여 먹는물에서의 수질안전성을 극대화하는 것이다.

본 연구에서는 2009년 수립된 IWA, WHO의 매뉴얼을 바탕으로 국내 수도시스템에 WSP 도입방안을 검토하였다. Fig. 1은 WSP 작성 매뉴얼의 표지를 나타내며, WSP 매뉴얼은 Table 1에 나타낸 바와 같이 총 11개의 모듈로 구성되어 있다. 본 논문에서는 WSP의 제정 배경, WSP 수행 절차를 WHO·IWA의 WSP manual에 근거하여 고찰하고, 국내 정수장의 수질사고 대응 매뉴얼의 분석결과를 토대로 국내 실정에 적합한 WSP 도입방안을 제시하였다.

실제 정수장에 대한 WSP 수립방안 제시를 위해 낙동강 수계에서 취수하여 정수처리를 실시하고 있는 A 정수장의 수도수질사고 대응 매뉴얼의 체계를 분석하고 WSP 측면에서 개선방안을 제시하였다.



Fig. 1. Cover of a WSP manual(WHO and IWA, 2009)

Table 1. Contents of a WSP manual(WHO and IWA, 2009)

Classification	Module
Preparation	Module 1. Assemble the WSP team
System Assessment	Module 2. Describe the water supply system
	Module 3. Identify hazards and hazardous events and assess the risks
	Module 4. Determine and validate control measures, reassess and prioritize the risks
	Module 5. Develop, implement and maintain an improvement/upgrade plan
	Module 6. Define monitoring of the control measures
Management and communication	Module 7. Verify the effectiveness of the WSP
	Module 8. Prepare management procedures
Feedback and Improvement	Module 9. Develop supporting programmes
	Module 10. Plan and carry out periodic review of the WSP
	Module 11. Revise the WSP following an accident

3. 연구결과 및 고찰

3.1 WSP 국내외 도입 현황

미국의 경우 2001년 9.11 테러 이후 국가안보 차원에서 물안보(Water Security)에 대한 취약성 분석 및 이에 대한 대응 방안 수립을 대대적으로 실시한 바가 있다. 특히, 물안보와 관련한 핸드북(A Water Security Handbook)에서 구체적으로 수질오염사고 발생과 관련한 계획과 대

응에 대해 상술하고 있다. 이 핸드북은 크게 6개의 장으로 구성되어 있으며, 각각에서는 ① 수도 시설 계획 가이드 ② 오염위협관리 가이드 ③ 지역특성화 및 샘플링 가이드 ④ 분석 가이드 ⑤ 공중보건 대응 가이드 ⑥ 복원과 회복 가이드에 대해 구체적으로 기술을 하고 있다(USEPA, 2012).

캐나다 보건부(Ministry of Health)에서는 상수도공급시스템 전반에 대한 안전성 확보를 위해 2005년에 음용수에 대한 부서간 실무위원회에서 Guidance for providing safe drinking water in areas of federal jurisdiction을 제정한 바 있다. 또한 2004년 캐나다 환경부장관 위원회에서는 상수도시스템 전반에 대한 안전성 확보를 위해 안전한 음용수를 향한 다중 방어 가이드(Guidance on the Multi-Barrier to Safe Drinking Water)를 제정하기도 했다.

일본에서는 2008년 5월 30일에 후생노동성에서 「水安全計畫策定ガイドライン」을 공표하여 물안전계획의 책정 또는 이에 준한 위해관리를 철저히 하여 양질의 안전한 수도수의 공급 확보에 노력 중이다(일본 후생노동성, 2008). 일본의 물안전계획은 HACCP의 관리방법을 기초로 하여 용수공급시스템의 안정성 향상, 유지관리의 향상·효율화를 목적으로 하며, 수원관리, 정수관리, 급배수관리, 수질관리 등의 수원에서 수도꼭지까지의 관리 전체를 계통화한 종합적인 품질관리 시스템으로 평가된다.

일본 동경도에서는 후생노동성의 물안전계획 책정 가이드라인에 따라 2010년 9월에 동경도 물안전계획을 개정 공표하였다(일본 동경도, 2010). 동경도의 물안전계획은 총 5장으로 구성되어 있으며, 각각은 (1) 동경도 수도국의 수질 관리의 개요, (2) 동경도 수도국의 수질 관리에 있어서의 과제, (3) 동경도 고도 품질 프로그램의 책정, (4) 고도 품질 프로그램의 관리운영,

(5) 수질 관리의 한층 더 레벨업을 향해서로 구성되어 있다.

국내에서는 물안전계획 수립과 관련하여 WHO와 IWA에서 제정한 WSP manual에 근거한 표준화된 Global 체계에 상응하는 대응체계가 구축되어 있지는 않다. 그러나 국가적 차원에서 식용수 분야 위기대응 매뉴얼이 수립되어 있으며, 개별 수도사업자별로 현장 여건에 맞는 수질사고 대응 매뉴얼을 작성하여 비치하고 있다. 일부 대형 수도사업자의 경우에는 IT 기반의 수질사고감시 시스템도 구축하여 운영하고 있으나, 수도사업장별 유해 요소 발굴 및 이에 상응하는 위해성 평가, 수도사업장별 맞춤형 수질사고 대응방안 수립은 현재까지 미흡한 실정으로 평가된다.

3.2 국내 수도사업장의 WSP 적용방안(WHO, IWA 매뉴얼을 중심으로)

개요

상수도 시스템은 원수의 수질 상황에 따라 정비된 정수 시설과 적절한 운전 관리 및 정기적인 수질검사 등에 의해서 안전한 수돗물의 생산 공급 체계를 갖추고 있다. 그러나, 현재까지 수돗물의 수질 기준 항목수에 비해 상시 감시 가능한 것은 적고, 정기검사 등의 실험실 분석을 통해 얻는 수질검사 결과는 상당한 시간이 소요되고 있는 실정이다. 따라서, 매일 공급하고 있는 수돗물의 안전성을 한층 높은 수준으로 확보하기 위해서는 주기적인 수질검사 이외의 조치를 강구할 필요성이 있다.

Table 1은 WHO, IWA 매뉴얼에서 기술된 내용으로 WSP를 수립하고 실행하는 체계도를 나타내고 있다. 체계도는 크게 4단계로 구성되어 있다. 1단계는 준비단계로서 WSP 전담팀을 구성하는 단계이다. 2단계는 다시 시스템 평가와 운영감시 부분으로 구분되는데, 시스템 평가에

서는 수도시스템의 묘사, 유해요소 확인 및 평가, 대응 방안 수립으로 구성되어 있으며, 운영 감시 부분에서는 이전 단계에서 수립한 내용이 감시제어 방안을 정의하고 해당 WSP의 유효성을 검증하게 된다. 3단계는 관리와 의사소통 부분으로 전체적인 관리절차를 준비하고 지원프로그램을 개발하는 것이다. 마지막 4단계는 지속적인 갱신과 환류로 구성되어 있다.

식품 업계에서는 HACCP 기법에 따르는 관리가 도입되어 안전성의 향상을 도모하고 있다. 이 기법(Fig. 2 참조)은 원료 입고부터 제품 출하까지의 전공정에 대하여 무엇이 위해의 원인이 되는 것인가를 명확하게 하고, 위해의 원인을 배제하기 위해 중요 관리포인트의 중점적, 지속적 감시를 통해 위생관리를 실시하는 것이다. 즉, HACCP은 위해의 원인 파악을 위하여 먼저 위해분석을 실시하고 이를 토대로 가장 중요한 관리포인트를 선정하며 이를 시스템으로 관리하여 실제 리스크가 발생하는 경우를 최소화하는 접근법이다. WHO, WSP 매뉴얼에서도 HACCP의 기본 개념을 적용하였다고 볼 수 있다.



Fig. 2. Concept of HACCP

한편, 국내의 WSP 도입은 Global Standards에 준해서 수립하는 것이 목표이므로 WHO, IWA의 매뉴얼에 근거하여 수립추진 되는 것이 바람직한 것으로 보인다. Fig. 3은 단계별로 WSP의 세부 추진 방안을 나타낸다.

WSP 수립 전담팀 구성 및 수도시스템 파악

WSP 전담팀의 경우 기존 업무외에 본 업무에 집중할 수 있도록 집중적인 지원이 필요하다.

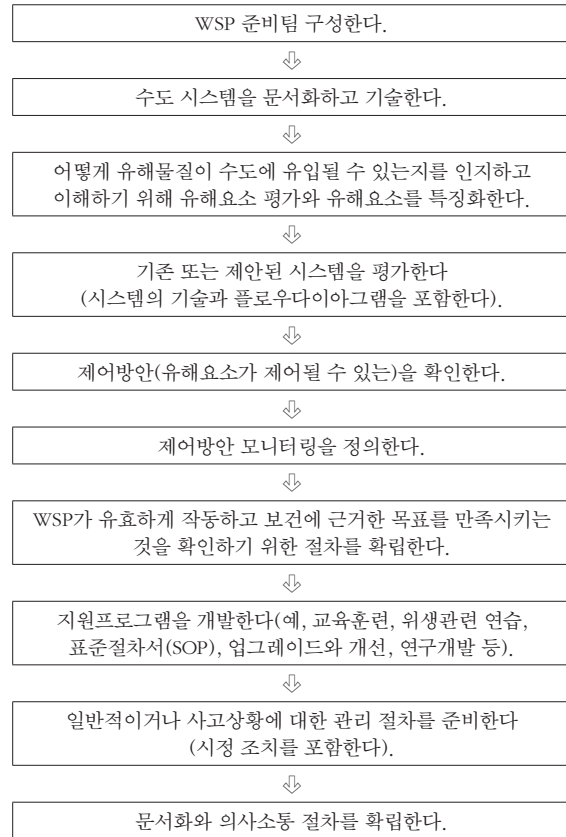


Fig. 3. Key steps in developing a WSP(WHO, 2008)

특히 글로벌 기준에 맞는 고품질 수돗물의 안정적인 공급을 공고히 하기 위해 WSP 수립은 매우 중요하며, WSP에 근거하여 향후 중장기적인 시설 개대체를 포함한 자원 분배 계획이 병행되어야 한다. 전담팀은 해당분야의 전문가를 중심으로 구성한다.

수도시스템 전반에 대한 유해요소 평가를 위해서는 반드시 현장 방문을 통한 유해요소의 정확한 파악이 중요하다. 한편 오염원이 될 수 있는 점오염원 및 비점오염원의 경우 관련 지자체 및 부서에서 세부적인 자료를 보유하고 있는 경우가 많으므로 현장 조사와 함께 유관부서 방문을 통해 해당 자료를 취득하여야 한다. 수도시스템의 파악은 크게 3단계로 구분할 수 있는데, 1단계에서는 수도시스템의 개요정리, 2단계에서는 용수공급 흐름도 작성, 3단계는 수원부터 수도꼭지까지 각종 정보를 취득하는 것이다.

유해요소의 확인 및 위해성 평가

유역부터 수도꼭지까지 전과정에서 대해 도출된 자료에 대한 분석을 통해 유해요소를 추출하고 해당 유해요소의 평가를 통해 전체적인 리스크를 평가한다. Table 2는 국내 실정을 고려한 위해(유해)물 pool 중 상수원의 수질과 관련된 위해물의 예를 나타낸다. 전체 유해요소는 150항목으로 분류되었으며 세부 구분은 상수원(수질, 시설 및 설비, 운영관리), 정수처리(수질, 시설 및 설비, 운영관리), 공급과정(수질, 시설 및 설비)로 세분화하여 도출하였다(K-water, 2012a).

도출된 유해요소에 대해 발생빈도 및 영향 정도를 검토해, 리스크 레벨을 설정한다. 1단계로 리스크를 도출하고, 2단계로 도출된 리스크에 영향 정도를 평가하고, 3단계로 리스크 레벨을 잠정적으로 설정하며, 마지막 단계로서 리스크 수준의 비교 검증·확정을 통해 최종적으로 리스크 레벨을 설정하게 된다.

유해요소별 리스크 수준이 확정되면 수도시스템별로 해당 유해요소에 대해 기운영중인 제어방안의 실효성을 평가하고 미흡할 경우 기존 제어방안의 개선 및 새로운 제어방안의 강구 등 개선대책을 수립하여야 한다.

관리 조치의 설정

관리 조치는 유해 원인에 의한 위해 발생을 방지 또는 저감하는 것을 목적으로 한다. 예를 들면 침전, 여과 등의 정수 처리나 배수시설에서의 추가 염소 주입 등이 포함된다. 관리 조치는 수도를 구성하는 수원, 정수장, 급배수 등의 모든 단계에서 설정할 수 있다. 관리 조치에는 유해를 직접적으로 제거 또는 경감하는 처리 외에, 위해 원인 사상의 발생을 미연에 방지하거나 발생의 징후를 파악하는 예방이 포함된다. Table 3은 관리조치의 예를 나타내고 있다.

Table 2. Example of hazards(K-water, 2012a)

위해(유해)요소 형태	위해(유해)요소 및 사건
기상	- 홍수 - 가뭄
오염원	- 상수원 인근에 하수, 가축분뇨, 공장배수 위치 • 하천수, 호소수, 복류수 : 4 km 이내 • 강변 여과수 : 2 km 이내 • 지하수 : 반경 200 m 이내 - 강우시 오염물질(탁도, 쓰레기 등) 유입 - 갈수시 상수원 수질악화
물리적	- pH - 탁도 - 철, 망간 - 비소 - 유기물 : BOD, COD, TOC
화학적	- 유류 - 암모니아성질소, 질산성질소 - 불소 - 염소이온 - 기타 : 농약, 1,4-다이옥산, 페놀, 퍼클로레이트 등
생물학적	- 일반세균 - 대장균 또는 대장균군 - 원생동물 - 바이러스
심미적	- Geosmin - 2-MIB
조류	- 조류 개체수 - 조류 우점종 - 조류 독소(Anatoxin, Microcystin 등) - 클로로필-a 농도

Table 3. Example of control measures

구분	예방	처리
수원	상수원 보호구역의 설정, 수원 보전계도 활동, 배수 경로의 변경, 수원 수질 조사, 배수의 수질 시험, 오염원 조사	수중폭기, 조류관리 방안 시행
정수장	침입 경보 장치, 설비의 예방 보전(점검·보수등), 정수용 약품의 품질확인, 위해로서 추출된 수질항목의 수질 시험	응집, 침전, 여과, 입상 활성탄처리, 자외선 조사, 오존 처리, 분말 활성탄 처리, pH 조정
급배수	환기통 등에 방충망 설치 및 침입 방지 펜스 설치, 수도관의 품질 규격 도입	추가 염소 처리
저수조	정기 검사, 정보 제공(뚜껑의 시정, 정기 청소의 지도)	

대응방법 설정

① 관리 기준 일탈 시 대응

감시에 의해서 프로세스가 관리 기준을 일탈하고 있는 것이 판명되었을 경우, 일탈의 원인을 규명하고 시정한다. 또, 일탈에 의한 영향을 회피, 저감하는 조치의 실시도 필요하다. 따라서, 감시 결과가 관리 기준으로부터 일탈했을 경우에 대해서 미리 대응 방안을 설정해 둔다. 관리 기준을 일탈했을 경우의 대응 방안으로서는,

- 시설·설비의 확인 점검 : 시설 상태 확인, 약품 주입 설비의 작동 확인, 감시 장치의 점검 등
- 정수 처리의 강화 : 침전 시간 증가, 여과 속도 완화, 정수 약품 주입 강화 등
- 복구·개선 : 배수, 관의 청소·교환, 기기·설비의 보수 등
- 취수 정지 : 고농도 오염물질 유입시의 취수 정지 등
- 유관기관 비상연락 체계 유지 : 원수 수질 악화시 유역 관계자와 연락 등을 생각할 수 있으므로, 실정에 맞추어 구체적으로 설정해 두는 것이 중요하다.

Table 4는 잔류 염소가 관리기준을 일탈했을 경우의 대응 예를 나타내고 있다.

② 긴급시의 대응

관리 기준으로부터의 대폭적인 일탈이나 예측할 수 없는 사고 등에 의한 긴급사태가 일어났을 경우의 대응방안도 설정해 둘 필요가 있다. 다음과 같은 내용을 포함한다.

- 긴급사태 대응방침, 순서, 행동 계획
- 긴급 조치에 대한 책임 및 권한
- 긴급시의 연락 체계
- 긴급시의 물 공급 방법

긴급시의 대응에 대해서는, 다양한 사태를 상정하고, 정기적으로 훈련을 실시할 필요가 있다. 또, 연락 체계에 대해서는, 휴일이나 야간 등 연락을 취하기 어려운 상황을 상정할 필요도 있다.

③ 운전 관리 매뉴얼의 작성

설정된 관리 조치, 감시 방법 및 관리 기준, 관리 기준을 일탈했을 경우의 대응, 긴급시 대응의 요점을 정리해 운전 관리 매뉴얼에 반영시킨다. 이러한 물안전계획에 대해 정한 운전 관리 등의 요점을 운전 관리 매뉴얼에 반영시켜, 일상의 운전 관리시에 참조할 수 있도록 해두어야 한다. 또한 운전관리 매뉴얼도 물안전계획에 근거하여 새롭게 작성하는 것이 바람직하다.

Table 4. Control measures associated with residual chlorine

감시 항목	감시 지점	감시 방법	관리기준 (예)	관리 기준 일탈시의 대응
침전수	침전수거	잔류 염소계 (연속)	0.5 ~ 1.0 mg/L	① 염소주입량 설정치의 확인 → · 주입량 설정치의 수정 ② 잔류 염소 감시 장치의 점검 → · 감시 장치의 조정 ③ 염소 주입 설비의 점검 → · 대체 설비로 전환 · 주입 설비의 보수 ④ 유효 염소 농도의 확인 → · 주입량의 증량 · 처리 수량의 감량 · 약품 저장 방법의 개선
여과수	여과수거		0.1 ~ 0.5 mg/L	
정수	정수지 출구		0.4 ~ 1.0 mg/L	
수도꼭지	수도꼭지	매일 검사	1.0 mg/L 이상	

문서와 기록의 관리

문서화와 기록은 물안전계획의 일상적인 관리와 내용의 재검토 양면에서 필요하다. 또, 수도시스템의 전체를 정리해, 운전 관리, 감시 등에 대해 문서화하는 것으로 안전성 확보를 확실하게 하는 동시에, 기술 계승이 가능해진다. 운전 관리, 감시 등에 관한 기록은 수질검사 결과와 함께 항상 안전한 물이 공급된다는 것에 대한 증명하는 근거가 된다.

물안전계획의 타당성 확인과 실시 상황의 검증

물안전계획 각 요소의 기술적 타당성에 대해 확인하는 것과 동시에, 수도시스템이 물안전계획에 근거해 운용되어 안전한 물이 안정적으로 공급되었는지를 검증하는 절차의 규정이 필요하다. 타당성 확인과 실시 상황의 검증은, 물안전계획이 안전한 물을 공급하는데 있어서 타당한 것인가의 확인은 물론, 수도 사업자가 계획에 따라서 항상 안전한 물을 공급해 왔다는 것을 입증하기 위해서 중요하다.

재검토(리뷰)

물안전계획이 항상 안전한 물의 공급에 충분함을 확인하고 필요에 따라서 개선을 실시한다. 수도 시설을 변경했을 경우나, 물안전계획대로 관리했음에도 불구하고 수도 기능 등이 저하된 경우에는 반드시 물안전계획의 리뷰를 실시한다. 또한, 시간 경과에 따른 수도시설의 노후화 관련 신기술 도입 등을 고려하여 매년 1회 정도 주기적으로 물안전계획을 재검토하는 것이 필요하다.

3.3. 국내 정수장 수질사고 대응 매뉴얼 운영 현황 및 개선방안

수질사고 대응 시스템 운영 현황

수도시스템에서 WSP를 수립하고 실행하는 궁극적 목적은 실제 수돗물의 생산과 공급에 관

III 목 차 III

I. 일반사항	3
II. 현황	4
III. 위기대응 체계	6
IV. 위기대응 활동	14
<붙임>	23

III 붙임 III

1. 위기수준 판단기준	24
2. 수돗물 수질항목별 건강위해성 및 처리방법	26
3. 오염물질 별 경수처리 대응 시나리오	31
4. 비상연락망도	64
5. 긴급복구업체 현황 및 비상연락망	67
6. 방제장비 보유현황	70
7. 수용가별 급수인구 및 배수지 현황	74
8. 급수량 및 병물 사용현황	75
9. 언론보도자료 양식	76
10. 주민공지 양식	77
11. 관계기관 협조요청 공문 양식	78
12. 관망도 및 용수공급 계통도	82
13. 정수장 수질사고 사례	85
14. 어류관찰을 통한 독성물질 추정	87
15. 수질 및 폐사어 상태에 따른 오염판정	88
16. 어류관찰수조 운영요령	89
17. 수질사고대응시스템(SafeWater) 사용매뉴얼	90

Fig. 4. Contents of a water contamination response manual of A water treatment plant

련되는 상수원부터 수도꼭지 전과정에 대해 유해물질에 대한 대응력을 향상시켜 수질사고 발생을 미연에 방지하고 유해물질이 유역, 정수장 또는 급수과정에 유입되었을 경우 사전에 준비된 SOP에 의해 적절히 대응함으로써 2차적인 피해를 최소화하는 것이다.

이미 국내의 일정 규모 이상의 대부분의 수도사업자는 수질사고 대응 매뉴얼을 구비하고 있

다. WSP는 기존의 수질사고 대응 매뉴얼을 완전히 폐기하고 새롭게 계획을 수립하는 것이 아니고 기존의 매뉴얼을 바탕으로 새로운 WSP라는 tool을 이용하여 한단계 upgrade된 물안전 계획을 수립하는 것이다.

사례 검토를 위하여 낙동강 수계에 위치하고 있으며 많은 수질사고를 경험해서 매뉴얼이 가장 잘 정비된 곳으로 평가받는 A 정수장의 기존 매뉴얼(K-water, 2012b)을 평가하고 WSP 측면에서 보완해야 할 사항을 분석하였다. Fig. 4는 A 정수장의 수도수질사고 대응 매뉴얼의 주요 목차를 나타낸다.

A 정수장에서 구축한 수도수질사고 대응 매뉴얼은 2년에 1~2회 정도 업데이트를 실시하고 있으며, 수질사고 위기관리를 위해 IT 기술과 접목한 시스템을 구축하고 수질사고에 대한 종합적인 관리를 실시하고 있다. 특히 A 정수장의 경우 수도사업장에 설치된 수질자동측정기의 측정된 수질값이 설정된 수질값(경보값)을 초과할 경우 자동으로 경보를 발령하고 사전에 등록된 직원에게 SMS를 전송하는 선진화된 실시간 정보 체계를 구축하여 운영하고 있다.

유해요소의 파악, 위해성 분석 실시 및 사고이력 관리 개선

A 정수장의 매뉴얼에는 집수구역내의 유해요소에 대한 내용이 전혀 포함되어 있지 않다. 일반적으로 집수구역내에 존재하는 점오염원 및 비점오염원에 대한 현황파악을 통해 해당 집수구역으로 유입이 예상되는 오염물질에 대한 위해성을 평가할 수 있다. 따라서 유역부터 정수장 수도꼭지에 이르기까지 전과정에 대한 체계적인 시스템 평가 및 분석을 통해 유해요소를 도출하고 해당 유해요소에 대한 위해성 평가를 실시하여야 한다.

결국 정수장에 유입될 수 있는 오염물질은 테러 등에 의한 인위적인 오염물 투기를 제외하면 대부분 집수구역내에 있는 오염원으로부터 유입

되므로 유역내 오염원 현황 파악이 중요하다. 유역내 오염원에 대한 자료는 대부분 해당 지자체에 DB 형태로 관리하고 있으며 해당자료를 취득하여 활용하도록 한다.

또한 위해성 평가가 이루어지면 해당 유해물질에 대한 위해성 수준이 일정한 것이 아니라 시간이 흐름에 따라 해당 유해물질의 농도 및 발생빈도의 변동이 발생할 수 있으므로 주기적으로 위해성 평가를 실시하고 해당 내용은 WSP에 update하고 문서화하여야 한다.

한편 A 정수장의 수질사고 대응 매뉴얼에 기록된 과거 수질사고는 1983년 정수장 운영을 개시한 이래 단 2건만 기록되어 있는데 취수중단 및 정수탁도가 0.5 NTU 초과한 사례만 열거하고 있다. WSP 매뉴얼에 의하면 위해시 예정농도가 법적 기준치 보다 훨씬 낮을 경우에도 유해요소로 관리하고 있는 상황을 고려하여 수질사고 현황을 법적 기준을 초과하는 것 뿐만아니라 평상 수질의 일정기준을 상회할 경우에는 모두 이상수질 현황 목록으로 분류하여 DB로 관리하도록 해야 한다.

유해요소에 대한 제어방안의 실효성 평가

수도사업자별로 파악된 유해요소에 대해 해당 정수장에서 구비한 제어방안의 실효성을 평가하여 한다. 예를 들면, 폐놀의 유입과 관련해서는 해당 정수장에서 처리 가능한 폐놀의 농도는 얼마이며, 예상 폐놀 유입농도별로 대응 시나리오를 작성하여 SOP를 구비하고 운영할 수 있는 대응체계를 수립하여야 한다.

A 정수장의 수질사고 대응 매뉴얼 내에 1,4-다이옥산 유입 관련 사항을 확인한 결과, 해당 정수처리 대응 시나리오는 환경부에서 수립한 내용을 현장 여건을 고려하여 수정 후 활용하지 않고 수정 없이 그대로 기재하고 있다. A 정수장에서는 AOP 시설이 설치되지 않은 현실을 고려하여 현장 실정에 적합한 매뉴얼로 수정하여야 한다. 즉 기존 시설에서 어떻게 1,4-다이

옥산의 유입을 감지하고 유입시 정수처리를 할 것이며 미흡할 경우 어떻게 대응할 것인가에 대해 해당 정수장 실정을 매뉴얼에 반영하여 문서화해야 한다. 해당 정수장에서는 환경부에서 수립한 매뉴얼을 그대로 적용해서는 안되며, 해당 정수장의 운영 및 시설 현황 등을 고려하여 현장 실정에 적합한 WSP를 개발 적용해야 한다. 또한 제어방안의 실효성 평가를 위하여 현재 설치된 수질자동측정기를 포함한 수도시스템 전체에 대한 제어방안의 유효성에 대한 정밀한 검증이 필요하다.

SOP 개선필요

유해물질이 유역, 정수장, 공급과정에 유입될 경우에 대비하여 해당 물질별로 SOP가 필요하나 A 정수장의 SOP는 정수장에 유입되는 오염물질위주로 되어 있으며, 유역 및 공급과정에서의 수질사고에 대한 SOP는 매우 미흡한 실정으로 이에 대한 보완이 요구된다. 동경도의 WSP에 기술된 SOP 목록은 각각 원수, 침전수, 여과수, 정수로 구분하였으며, 이외에도 원수 또는 정수, 지하수 사용 정수장, 송수 또는 배수, 급수 단계에서의 수질이상에 대한 SOP로 세분화하여 체계적으로 기술하고 있다(일본 동경도, 2010).

기타사항

WSP가 지속적인 생명력을 갖기 위해서는 해당 수도사업장 전체 직원의 전폭적인 참여 및 관심과 주기적인 update가 필요하다. WSP 혹은 수질사고 대응 매뉴얼의 update에 관해서는 update 이력을 반드시 기록하고 주요 변동 사항에 대한 기록도 남기도록 해야 한다.

또한 전문적인 바와 같이 상위 기관에서 수립한 획일적인 내용의 매뉴얼을 작성 보관해서는 안되며, 해당 수도사업장의 여건을 반영한 현장 맞춤형 내용으로 작성하여 운영해야 한다.

4. 결론

현재 국내 정수장에서는 수도사업자별로 취정수장 수질사고 대응 매뉴얼과 같은 대응방안을 수립하여 시행하고 있으나, 대부분 정부의 가이드라인에 근거한 획일적인 내용 위주로 구성되어 실질적인 실효성이 미흡한 상태이다.

수돗물에 대한 신뢰성을 향상시키기 위해서는 유역-정수처리-배급수관망-수도꼭지(catchment to tap)의 전과정에 대해 유입가능한 유해물질 및 유해요소를 파악하고 유입가능농도, 발생빈도 등을 토대로 위해성 평가를 실시하여야 한다. 위해성 평가를 바탕으로 수도시스템에서 해당물질에 대한 제어방안의 실효성을 평가하고 미흡할 경우 개선대책의 수립을 포함하는 물안전계획(WSP, Water Safety Plan)을 수립하여야 한다.

물안전계획 수립시는 국제적 기준을 토대로 하여 Global 수준의 수돗물 안전관리 체계를 수립하여야 한다. WSP의 구체적 활용방안으로는 수도사업자별로 수돗물 안전관리 종합계획 수립 또는 수돗물 안전성 향상을 위한 정수처리 공정 및 시설개선 계획 수립 시 적극적으로 활용할 수 있다. 또한 환경부에서 매년 실시하고 있는 정수장 및 수도시스템의 운영관리 평가에서 수질안전성 대응력 평가 등의 지표를 개발하여 적용하거나 관련 법규를 강화함으로써 국내 수도시스템의 수질안전성 향상에 기여할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국수자원공사가 2011년 시행한 물산업 핵심분야 연구개발비 지원사업(과제번호 : WI11STU03)으로 수행되었습니다.

참고문헌

김진근, 이송희, 김재원 (2010) 급속여과공정에서 여과수질 저하원인 및 개선방안, 상하수도학회지, 24(3), 333-339.

동아일보(2012.4.23).

매일경제(2012.5.13).

일본 동경도 (2010) TOKYO 고품질프로그램.

일본 후생노동성 (2008) 水安全計畫策定ガイドライン.

환경부 (2011) 먹는물관리지침.

K-water (2012a) 물안전관리계획 국내 도입방안 및 실행체계 수립.

K-water (2012b) A 정수장 수도 수질사고 대응 매뉴얼.

USEPA (2012) 홈페이지.

WHO (2008) Guidelines for Drinking-water Quality, 3rd Ed.

WHO (2005) Water Safety Plans.

WHO and IWA (2009) Water Safety Plan Manual.