

기술노트

수질기준 법제화에 따른 물놀이형 수경시설의 수질관리방안 연구

나경호[†] · 정주용 · 김지수 · 변주형

경기도보건환경연구원

A Study on Water Quality Management Methods of Waterscape Facilities in Accordance Legislation of Water Quality Criteria

Kyung-Ho Na[†] · Jeong-Ju Yong · Ji-Soo Kim · Ju-Young Byeon

Gyeonggi Province Institute of Health and Environment

(Received 25 May 2017, Revised 13 July 2017, Accepted 21 July 2017)

Abstract

This study was conducted to propose measures of water quality management as the water criteria for waterscape facilities which have been highlighted as alternatives to wading pools in summer season was legislated. The number of public waterscape facilities has reached 290 sites in Gyeonggi province and 971 sites in South Korea in 2017. The water tank capacity of 80.3 % public waterscape facilities was less than 100 m³. Facilities with disinfection system were only 6.5 % and facilities with filtration function were also very low at 6.9 %. Most of the waterscape facilities, about 93%, are expected to be vulnerable to complying with revised water quality criteria because they have to be disinfected by handling. Chlorine disinfectants, which are more persistent than ozone or ultraviolet sterilization methods, are more preferred. However, care should be taken when adding disinfectants because hypochlorous acid, which is an effective component of chlorine disinfectant, remains after the disinfection, but it is easily decomposed with time. For this study, OO park floor fountain with a capacity of 63 m³ was selected and the amount of free residual chlorine concentration was measured by injecting a certain amount of chlorine bleach. As a result, it took 5 hours to decrease from the water quality standard of 4 mg/L to 0.04 mg/L. If the waterscape facility is operated for 7 to 8 hours, the chlorine bleach should be re-injected after 5 hours. In addition, the problem of pH increase due to the input of chlorine disinfectant is expected, and the neutralization method using vinegar was proposed.

Key words : Chlorine bleach, Disinfection facilities, Free residual chlorine, Vinegar, Waterscape facilities

1. Introduction

물놀이형 수경시설의 수는 2011년 환경부 조사결과에 의하면 전국 1,396개소에 이르고 있다. 공공 물놀이형 수경시설이 연평균 12 % 씩 상승하고 있는 것(MOE, 2016)을 고려할 때 2017년 전국 물놀이형 수경시설의 수는 2,000개소를 넘어설 것으로 추정된다.

물놀이형 수경시설은 흔히 분수로 알려져 있으나 수영장 및 물놀이형 유원시설과 혼용되어 사용되는 측면이 있다. 수영장은 “체육시설의 설치 및 이용에 관한 법률”에서 정하는 일종의 체육시설이다. 물놀이형 유원시설은 “관광진흥법”에서 물놀이형 유기기설이나 유기기구를 갖추어 관광객에게 이용하게 하는 관광시설이다. 이에 반해 물놀이형 수

경시설은 환경부의 “물놀이형 수경시설의 수질관리지침”에 의하여 공원 등지에 분수를 포함한 소형 물놀이 기구를 설치하여 주로 어린이들이 이용할 수 있도록 한 시설을 일컫는다.

그럼에도 불구하고 이들의 공통점은 물놀이 공간과 일정한 놀이시설을 가지고 있는 점이다. 대체로 수영장의 경우는 유아들을 위한 물놀이 기구를 두고 운영하고 있으며, 워터파크로 알려져 있는 유원시설은 다양한 물놀이 기구를 설치하여 성인과 아동이 함께 이용하게 하고 있다. 물놀이형 수경시설은 분수나 놀이기구를 혼합한 형태의 물놀이시설로 구성되어 있다. 관계 법령이 다른데도 불구하고 이렇듯 혼선을 일으키는 것은 물놀이라는 동일한 용도 때문으로 보인다.

2010년 이전 만해도 물놀이형 수경시설은 단순히 조경용으로 이용되어 왔다. 그러나 이후 수경시설이 직접 물 접촉이 가능한 형태로 다양화하게 되었다. 특히, 주거지역과의 접근성이 좋고 무료로 이용할 수 있다는 점에서 여름철 어린이들의 여가공간으로 빠르게 자리 잡아가고 있다.

그런데, 관련 법령이 마련되어 있는 수영장과 유원시설과

[†] To whom correspondence should be addressed.
chnkh@gg.go.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

달리 물놀이형 수경시설은 법령이 미흡한 상태였다. 공공 수경시설은 환경부의 “물놀이형 수경시설의 수질관리지침”에 의거하여 관리하고 있으나, 민간 수경시설은 법령이 마련되어 있지 않아 관리 사각지대에 놓여있는 측면이 있다. 최근, 수경시설에서 어린이 집단발병사태가 발생하는 등 일부 제도적 허점이 발견되고 있는 것은 이와 무관치 않아 보인다(Na, K. H., 2016).

환경부는 2016년 “수질 및 수생태계 보전에 관한 법률”에 물놀이형 수경시설을 도입하는 한편, 시설 신고의무를 부여하고 소독 등 수질관리기준 제정을 위한 제도적 보완 방안을 준비하여 왔으며(MOE, 2017) 2017년 1월 수질기준을 공포하기에 이르렀다. 그런데 현행 수경시설은 대부분 소독이나 여과시설을 갖추고 있지 않으며 저수량 규모 또한 소형이 많은 실정이다. 그래서 시설 설치 예산마련 및 관리를 위한 직원 배치 등 현실적인 어려움이 예상되고 있다. 물놀이형 수경시설의 법제화 취지의 주요골자는 시설 이용에 따른 어린이의 집단발병을 막고 안전한 위락 공간 확보에 있다고 할 수 있다. 따라서 비용효과적인 측면에서 목표달성을 위한 방안도 함께 강구할 필요가 있다고 본다.

본 연구를 통해 이러한 물놀이형 수경시설의 현주소와 최근 발생한 집단발병의 사례를 통해 그 원인과 해결방안을 시도하였다. 또한, 적용 가능한 물놀이형 수경시설의 소독이나 여과기술 등을 살펴보고 중소 규모의 수경시설을 위한 간편한 소독방안을 제시해 보고자 하였다. 이 논문이 물놀이형 수경시설의 수질관리 종사자들에게 자신감을 가지고 업무에 임하도록 하는 한편, 지역주민들에게 안전하고 위생적인 위락공간을 제공하는 데 작으나마 기여하였으면 한다.

2. Materials and Methods

2.1 적용 대상

물놀이형 수경시설에는 공공 및 민간 물놀이형 수경시설이 있다. 본 연구에서는 전국 및 경기도의 공공 수경시설 자료를 주로 활용하였다. 법제화 되지 않아 자료가 미비한 민간 수경시설은 제외하였다. 이들 자료를 토대로 운영 중인 분수시설 규모 및 저수량, 분수 종류와 소독시설 및 여과시설 유무 등을 파악하였다. 분수에 대한 수질검사 자료는 2013년 이후 2016년까지 당 연구원에 의뢰된 4년간의 검사 자료를 활용하였다.

2.2 집단발병사례 진단

물놀이형 수경시설(이하 수경시설)의 집단발병사례를 파악하여 그 원인을 진단하고 해결방안을 찾아보고자 하였다. 해결방안으로 염소소독에 따른 미생물 내성수준에 대한 사례를 검토하였다.

2.3 소독시설 및 여과시설 검토

경기도 소재 수경시설에서 사용하고 있는 소독 및 여과 시설 내역을 파악하였다. 이는 현재 사용하고 있는 소독

및 여과 시설 사용여부 및 시설 유형에 대한 현주소를 나타내 준다. 더불어 물놀이형 수경시설에서 사용이 가능한 소독 및 여과 기술유형을 조사하고 해당 기술유형의 특성 및 장단점을 제시하였다.

2.4 수작업에 의한 소독방법 검토

수작업에 의한 소독을 위해 염소소독제로 취급과 구입이 용이한 락스를 선정하였다. 또한 수원에 소재한 바닥분수를 선정하여 소독제 주입 후 분수가 가동함에 따른 유리잔류 염소 농도의 시간별 잔류량을 측정하였다. 적절한 소독제 사용량 산출식을 제시하였으며 소독제 추가에 따라 증가하는 pH를 중화하기 위한 방안도 제시하였다. 소독잔류 여부를 확인하기 위해 유리잔류염소 측정기(HF scientific, chlorine pocket photometer)를 사용하였으며 중화제 사용에 따른 pH 측정을 위해서는 수소이온농도측정기(Thermo scientific, STAR A2155)를 이용하였다.

3. Results and Discussion

3.1 조사대상 물놀이형 수경시설 현황

Fig. 1에 의하면 2015년 전국 공공 수경시설 수는 971개소(MOE, 2016)로 나타났다. 한편, MOE(2013)의 자료에 의하면 2011년 전국 수경시설 수는 1,396개소였다. 이 중 공공 수경시설 수는 606개소이며 민간 수경시설 수는 790개소였다. 공공 수경시설 수가 2011년 이후 매년 12%의 증가율을 보이고 있는 것을 감안하면 2016년 전국 수경시설 수는 2,000개소를 상회할 것으로 추정된다.

동 자료 중 특징적인 것은 수경시설 유형의 하나인 바닥분수로 2011년에는 54%를 차지하였는데 2015년에는 72%로 증가하였다. 반면, 일반분수는 2011년 29%였는데 2015년에는 9%로 감소하였다. 이는 기존에는 조경용으로 성인들의 취향을 반영하였으나, 근래 들어서는 물과의 직접적인 접촉을 선호하는 어린이들의 욕구를 더욱 반영한 것으로 정책적 변화의 일면을 보여 주고 있는 대목이다.

Table 1은 경기도내에 분포하고 있는 공공 수경시설 290

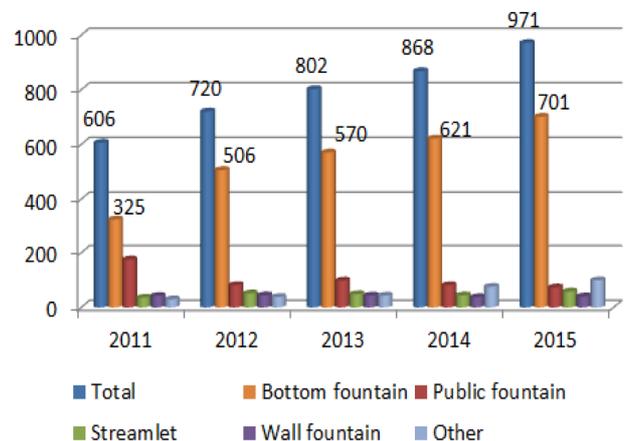


Fig. 1. The public waterscape facilities types installed in South Korea between 2011 and 2015.

개소에 대한 자료를 대상으로 파악한 수경시설별 면적이다. 표에 의하면 수경시설의 약 절반인 45.7%가 100 m² 미만의 소형으로 나타났다.

Table 2는 역시 경기도내 수경시설의 저수용량 자료이다. 표에 의하면 일일 50 m³ 미만의 저수용량을 가진 시설이 55.9%였다. 100 m³ 미만의 저수용량을 가진 시설까지 확대하면 80.3%로 중소형 비율이 높은 것을 알 수 있다.

Table 3은 경기도내 수경시설 용수교체주기 자료이다. 자료에 의하면 용수를 매일 교체하는 곳이 37.6%, 주 2~3

Table 1. Area of the public waterscape facilities in Gyeonggi Province

Area (m ²)	Number	Percentage (%)
16 ~ 50	56	25.3
51 ~ 100	45	20.4
101 ~ 200	37	16.7
201 ~ 500	47	21.3
501 ~ 1000	16	7.2
1001 ~ 3500	20	9.1
Non data	69	-
Total	290	100.0

Table 2. Storage water capacity of the waterscape facilities in Gyeonggi Province

Storage amount (m ³ /d)	Number	Percentage (%)
1 ~ 10	31	14.6
11 ~ 50	88	41.3
51 ~ 100	52	24.4
101 ~ 300	37	17.4
301 ~ 760	5	2.3
Non data	77	-
Total	290	100.0

Table 3. Water replacement period of the waterscape facilities in Gyeonggi Province

Replacement period	Number	Percentage (%)
Every day	109	37.6
Twice or thrice a week	102	35.2
Once a week	64	22.1
Twice or thrice a month	11	3.8
Once a month	4	1.4
Total	290	100.0

Table 4. The number of examinations and incongruence of fountains in Gyeonggi Province Institute Health and Environment

Year	2013	2014	2015	2016
The number of examination	334	641	548	607
Incongruence	9 (2.7%)	7 (1.1%)	9 (1.6%)	19 (3.1%)

회 교체하는 곳은 35.2%, 주 1회 교체하는 곳은 22.1%로 94.8%가 주 1회 이상 용수를 교체하는 것으로 나타났다.

Table 4는 당 연구원에 의뢰된 최근 4년간의 수경시설 용수에 대한 검사결과이다. 이중 수질기준에 부적합한 시료는 평균 2.1%(1.1%~3.1%)였다. 이는 동기간 전국 수경시설 용수의 평균 부적합률 5.1% 보다는 다소 낮은 수치이다(MOE, 2015). 부적합 항목 중 대장균이 차지하는 비중은 82.4%로, 이 역시 동기간 전국 수경시설 부적합 항목 중 대장균 비중이 81.4%와도 유사하였다(MOE, 2015). 동결과는 이화학적 오염보다 생물학적 오염에 의한 부적합 요인이 더 많다는 것을 보여준다. Fig. 2과 3에 의하면 경기도내에서 소독 및 여과시설을 갖춘 곳은 6.5%와 6.9%에 불과한 것으로 나타났다. 이중 소독의 경우 수작업으로 소독하는 곳은 30.0%, 소독을 하지 않는 곳은 63.4%였다. 이와 같은 사실은 경기도 수경시설의 93%가 수작업으로 소독을 실시하여야 하는 상황에 놓여있다는 점을 시사하고 있다.

3.2 집단발병사례 진단

매년 여름철이면 수경시설에서 피부병, 눈병과 같은 집단 발병이 보도되고 있다. 보도에 따르면 2014년 7월 영천소재 수경시설에서 초등학교 70여명의 피부병 집단감염이 발생한 바 있다(Yonhapnews, 2014). 2015년 7월에는 수원 소재 물놀이장에서 어린이 100여명이 피부병에 걸린 사건이 있었다(Incheonilbo, 2015). 또한 2015년 8월 대구소재 물놀이장에서는 어린이 50명이 피부병에 감염된 사례가 있었다

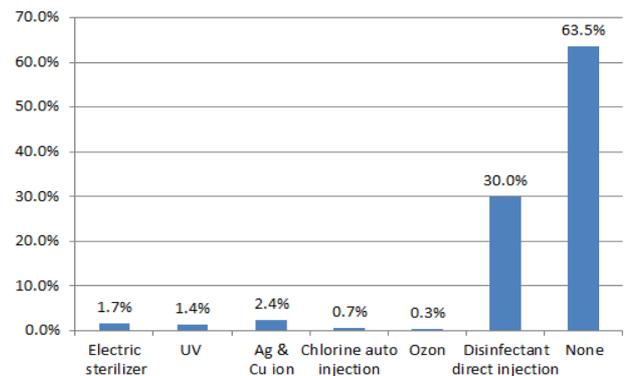


Fig. 2. Fountain disinfection facilities in Gyeonggi Province.

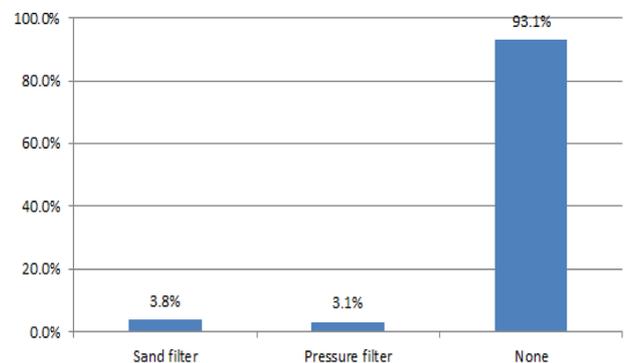


Fig. 3. Fountain filter facilities in Gyeonggi Province.

(Maeil newspaper, 2015). 눈병은 2015년 7월에 일주일동안 전년대비 45%가 증가하였다는 보도가 있었다(Asiatoday, 2015). 이외에 2015년 8월 여주 소재 물놀이장에서 어린이 60여명이 복통을 호소한 사례가 있었다(Gyeonggi News, 2015).

그런데 이러한 수경시설의 집단발병 사고에 대한 원인규명이 명확하게 밝혀진 경우는 드물다. 영천시 물놀이장에서 수행한 역학조사(Park, J. H., Lim, H. S., Lee, K., Ha, G. Y., Jeong, T. J., 2014)에 의하면 해당 물놀이장 수질에서 대장균은 발견되지 않았으나 별도로 수행한 배양검사서 *Aeromonas sobria*와 *Pseudomonas putida* 등이 발견되었다고 발표했다. *P. putida*는 토양에 존재하고 병원성이 높지 않은 기회감염균으로 알려져 있으며 *Aeromonas spp*은 물, 흙, 애완동물, 조류 등에 존재하여 주로 상처감염 등에 의해 위장관염이나 패혈증을 일으킬 수 있는 세균이다. 당시 환자들은 대중요법으로 모두 단기간에 치료되었으며 해당 세균은 염소 소독이후 검출되지 않은 것으로 나타났다. 국외 사례에서는 미끄럼틀이 있는 수영장에서 *P. aeruginosa*에 의한 질병이 발생한 예(CDC, 1983)가 있었으며 간이 수영장에서 *A. hydrophilla*에 의한 노랑염이 발견된 예(Manresa et al., 2009)가 있었다. 이 결과는 수경시설 용수가 수질기준을 만족했다 해서 집단발병으로부터 안전한가 하는데 의문을 던져준다.

기존 수경시설 지침(MOE, 2010)은 대장균을 억제하기 위한 수단이 미흡하다. 예로 수질기준을 초과할 경우 가동을 중단하고 청소 및 용수교체를 실시하는 것을 대안으로 제시하고 있으나, 문제는 시료채취에서부터 분석결과를 통지받을 때까지 약 일주일 동안 상황이 방치된다는 점이다. 여기에서 두가지 해결책을 제시해 볼 수 있다. 용수에 대해 소독과 같은 보다 적극적인 조치를 실시하고 더불어 소독 결과의 현장 확인을 포함한 가이드라인을 제정하는 일이다. 현장 확인은 소독결과를 현장에서 즉시 측정가능하다는 점에서 즉각적인 조치를 취할 수 있는 근거를 제공한다.

3.3 소독시설 및 여과시설 특성

수경시설 수질기준물질인 대장균과 탁도를 제어하기 위

해 필요한 것은 소독과 여과시설이다. 향후 시설을 추가할 경우를 대비해 각 시설별 특징을 조사하였다.

3.3.1 소독시설

현재 도내 수경시설에서 사용하고 있는 소독시설은 6.5%에 불과하지만 소독시설 공법은 Fig. 2에 제시한 바와 같이 전기장, 자외선, 은동이온, 염소자동투입, 오존의 5가지였다. 물놀이형 수경시설에서 자동으로 운용 가능한 소독방법을 조사한 결과(MOE, 2016; Na, 2016)에 의하면 액상염소제, 차염발생장치, 이산화염소 발생기, 자외선, 오존, 은동이온, 전기장 등 7가지에 이르는 것으로 파악되었다(Table 5). 이중 은동이온과 전기장은 환경부 물놀이형 수경시설 가이드라인(MOE, 2016)에서는 사용을 허용하고 있지 않다.

소독공법에는 각각의 장단점이 있어 어떤 공법이 낫다고 단정할 수는 없다. 수경시설의 용수량이나 유지목적, 비용 등을 고려하여 선택하여야 할 것이다. 다만, 개별적인 특징을 정리하면, 염소처리방법은 액상 염소제, 차염발생장치, 이산화염소 발생기가 해당되며 비 염소처리방법은 자외선과 오존, 전기장, 은동이온 방식이 있다.

이외에 시설을 이용하지 않고 수작업으로 염소체를 투입하여 소독하는 방법이 있으며 본 연구에서는 이들 수경시설에 대한 수작업 염소소독방안을 중점적으로 다루었다.

3.3.2 여과시설

여과시설의 목적은 탁도물질 제거에 있다. 탁도는 용액의 탁한 정도를 나타내며 혼탁입자들에 의한 산란도를 광전광도계를 이용해 측정하여 NTU(nephelometric turbidity unit) 단위로 나타낸다. 혼탁입자는 수중에 있는 부유물질을 나타내는데 입자크기는 콜로이드 분산질(0.002 μm ~ 0.1 μm)에서 굵은 분산질(0.1 μm ~ 10 μm)에 이른다. 이를 적절하게 제거하는 방법으로 용수 교체주기 조절방법과 여과시설을 이용하는 방법이 있다.

용수 교체주기 조절방법은 현재 주로 이용하고 있는 방법이나 문제는 용수 교체에 따른 비용을 고려할 필요가 있다. 경기도내 전체 수경시설 중 98%가 상수도를 사용하고 있다. 그리고 213개소의 저수량 합계가 16,000 m³인 점을 고려

Table 5. Features of disinfection facilities

Division	Sources	Advantages	Disadvantages	Installation costs	Maintenance costs
Chlorine	HOCl, OCl ⁻	· Low cost	· Producing chlorine by-products	High	Low
Chlorine dioxide	ClO ₂	· Excellent disinfecting power · Minimum chlorine byproduct	· New toxic substances	High	Average
Ozone	O ₃	· No chlorine byproducts	· Microbial re-growth · Ozone instability	Average	High
UV devices	254 nm	· No chlorine byproducts	· Valid only during the investigation	Average	High
Electric sterilizer	30,000 Volt	· No chlorine byproducts · Excellent descaling · The initial disinfection effect lasts	· Electrical safety problems	Low	Very Low
Ag, Cu ion devices	Ag, Cu	· No chlorine byproducts · Excellent residual effect	· Concentration adjustment difficulties	Low	Very Low

Table 6. Features of the filtration facilities

Division	Sources	Advantages	Disadvantages	Installation costs	Maintenance costs
Sand filter	Sand	· Common style	· Low efficiency of filtration media with obstruction	Average	Low
Multi-layer fiber	Sand	· Common style (20~100 μm)	· Low efficiency of filtration media with obstruction	Average	Low
Microchip fiber	Plastic chip	· Filtration efficiency control by adjusting the amount of compression (0.1 μm ~)	· Frequent changes in the media with obstruction	High	Average
Pressure filter strainer	Multi-layer Fiber	· Filtration efficiency control by adjusting the amount of compression (0.1 μm ~)	· High installation costs	High	Average
Cartridge filters	MF, UF, NF, RO	· Adjustable Filtration efficiency according to the type of filter (0.001 ~ 10 μm)	· Low backwash efficiency · Frequent replacement of filters	High	High

하면 전국적으로는 이의 10배에 이를 것으로 보인다. 이는 상수도 용수 절감이 필요한 이유이기도 하다. 도내 수경시설 중 여과시설을 갖춘 곳은 6.9%였으며 주로 모래필터와 가압방식의 두가지가 사용되었다(Fig. 3). Table 6은 국내 수경시설에 이용 가능한 여과시설의 특성을 정리한 것이다.

여과시설의 종류를 살펴보면 모래여과기, 다층화이버, 가압필터, 마이크로칩, 카트리지 필터의 5가지를 들 수 있다 (Na, 2016; MOE, 2016). 마찬가지로 적절한 여과시설을 선정하고자 할 때는 처리 입경과 수량, 비용 등을 고려할 필요가 있다.

3.4 수작업에 의한 소독방법

3.4.1 유리잔류염소 잔류량 측정

염소소독제를 수작업으로 투입하는 경우 소독제로 클로로칼키(CaOCl₂, 유효염소 70%)와 락스(NaOCl 4%~5%)가 주로 쓰인다. 고체형태의 클로로칼키는 알약일 경우 투입에는 용이하나 용해하는데 4~5시간이 소요되어 알약 자체로는 즉각 소독효과를 나타내지 못한다.

클로로칼키를 사용할 때에는 과립형을 구입 후 용해하여 사용하거나 알약일 경우는 분쇄 후 물에 용해시킨 다음 투입해야 한다. 본 연구에서는 취급과 구입이 상대적으로 용이한 액상 소독제인 락스를 선정하였다. 유리잔류염소는 쉽게 분해하므로 시간변화에 따른 검토가 필요하다. 이를 위해 대상 수경시설은 수원시 소재 A공원의 바닥분수를 선정하였다. 해당 바닥분수는 설계 용수용량이 65 m³로 어린이, 학생 등이 분수에 직접 접촉하곤 하였으며 분수가동이 멈출 때 비들기들이 접근하기도 하였다. 동 저수조에 유리잔류염소가 5 mg/L가 되도록 락스(4% NaOCl) 7.5 L를 골고루 살포하였다. 이 후 1시간 간격으로 측정하여 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 결과에 의하면 유리잔류염소는 4 mg/L에서 0.04 mg/L로 감소하는데 약 5시간이 소요되었다. 여기서 유리잔류염소의 측정구간을 0.04 mg/L에서 4 mg/L로 정한 이유는 개정된 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률의 수경시설 수질기준에 따른 것이다. 동 결과는 초기에는 유리잔류 염소농도를 높게 유지해야 하며 수경시설 가동시간이 7~8시간 인 점을 고려할 때 5시간 후에는 반드시 소독제를 재투입해야 한다는 점을 시사하고 있다. 당시 기온은

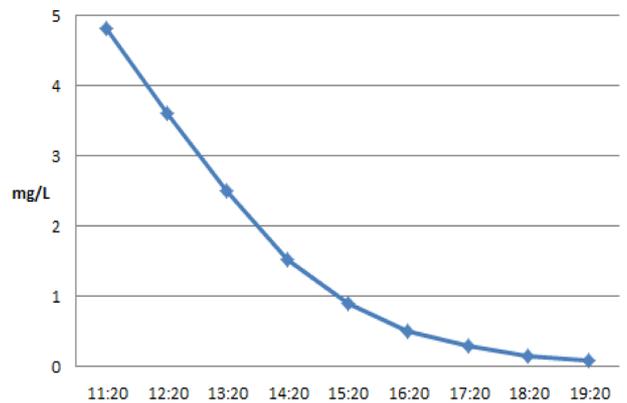


Fig. 4. Free residual chlorine concentration by hour at the fountain.

31 °C~33 °C이였으며 풍속은 1 m/sec 이하였다. 본 연구결과는 A 공원의 바닥분수에 대해 특정일에 검사한 결과로 분수의 유형이나 저수량, 가동조건, 기상요인 등에 따라 그 결과가 달라질 수 있으므로 향후 분수 유형이나 기타 요인 별 추가연구가 필요하다고 본다.

3.4.2 소독효과 검토

추가로 시료를 채취하여 대장균과 총대장균에 대한 미생물 검사를 병행하였다(Table 7). 검사결과 소독전 대장균과 총대장균이 각각 100 mL 당 71 CFU, 10,000 CFU이었던 것이 소독 후 8시간까지 불검출 상태를 지속하였다. 동 결과는 유리잔류염소가 남아있지 않은 상태에서 소독의 잔류효과가 있음을 나타내준다.

락스 사용량 결정을 위한 계산식을 제안하면 다음과 같다.

$$\text{락스 사용량(mL)} = \text{용수량(m}^3\text{)} \times \text{잔류염소 기준농도(mg/L)} \times 100 / (\text{유효염소농도(}\%\text{)} \times \text{비중})$$

용수량 10톤을 기준으로 할 때 락스 1 L(4% NaOCl)를 혼합하면 이론적인 유리잔류염소 농도는 4 mg/L가 된다. 통상 용수는 상수도를 사용하는데 그 자체로서는 0.1 mg/l의 잔류염소를 가지고 있어 추가적인 염소투입이나 소독이 필요하다.

Table 7. Test results of fountain samples

No	Sampling time	Total coliforms (CFU/100mL)	<i>E. coli</i> (CFU/100mL)	pH	Turbidity (mg/L)
1	7.21.11:00	10,000	71	8.5	1.24
2	7.21.11:30	ND	ND	8.5	1.58
3	7.21.15:30	ND	ND	8.6	1.58
4	7.21.19:30	ND	ND	8.7	1.89

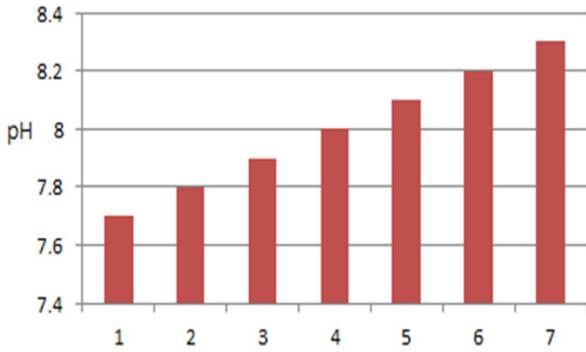


Fig. 5. pH changes in accordance with injection chlorine bleach (4 % of NaOCl).

Table 8. pH of mixing solution of chlorine bleach (4 % NaOCl) and vinegar (6 % ~ 7 % Acetic acid)

Sodium hypochlorite	Vinegar	pH
0.1	0.2	7.1
0.1	0.1	7.3
0.1	0.05	7.4
0.1	0.025	7.5

한편, 염소제를 지속적으로 투입할 경우 pH가 서서히 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 5). 락스의 주성분인 차아염소산나트륨은 물속에서 분해하여 염소와 수산화나트륨을 생성한다. 지속적으로 락스를 추가할 경우 염소는 분해하여 감소되거나 수산화나트륨은 잔류 및 농축하게 되어 pH가 증가하게 된다.

본 연구에서도 pH가 증가하여 기준인 8.6를 초과한 사례 (Table 7)가 있었다. 락스를 투입할 때 pH가 상승하는 문제를 해결하기 위해서는 적절한 중화제 사용이 요구된다. 본 연구에서는 주변에서 쉽게 구할 수 있는 일반식초(6%~7% 초산)를 선택하였다. Table 8은 pH 7.4인 수돗물 1 L에 락스 0.1 mL를 투입하여 유리잔류염소 함량이 약 4 mg/L가 되게 하고, 식초를 추가할 때의 pH 변화량을 측정한 결과이다. 시험결과 락스 2 : 식초 1의 비율을 유지할 때 원래의 수돗물 pH를 회복할 수 있었다. 다만, 잔류염소의 pH 최적조건인 4.5~7.5를 유지하기 위해서는 그이상의 중화제 사용이 요구된다고 할 수 있다.

4. Conclusion

여름철 피서의 대안으로 이용하고 있는 물놀이형 수경시

설에 대한 현주소를 살피고 적절한 소독관리방안에 대한 연구를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 전국 물놀이형 수경시설은 2011년 1,396개소 이후 매년 12 %의 증가현상을 보이고 있는 것으로 나타났으며 이중 바닥분수의 비중이 71 %로 가장 높았다. 이러한 경향은 물 접촉을 선호하는 어린이들의 취향을 반영하고 있는 것으로 보인다.

2) 경기도내 물놀이형 수경시설 290개소의 80.3 %가 일일 100 m³ 미만의 용수량을 사용하는 것으로 나타났다. 또한 용수교체주기는 매일 37.6 %, 주 2,3회 35.2 %, 주1회 22.1 %로 수경시설별로 상당한 차이를 보였다. 이는 소독시설이 없는 시설 비중이 93.4 %인 점을 고려할 때 용수교체에 의한 수질관리를 선호하고 있는 것을 알 수 있다.

3) 경기도내 공공 물놀이형 수경시설 중 소독시설을 갖춘 시설은 전체의 6.6 %에 불과하였으며 수작업으로 소독하는 경우는 30.0 %, 소독을 실시하지 않는 곳은 63.4 %였다. 여과시설을 갖춘 곳 또한 6.9 %에 불과하여 전체적으로 시설에 의한 관리가 미온적이어서 제도적 개선이 요구된다.

4) 국내 한 물놀이형 수경시설에서 발생한 어린이 집단 발병 역학조사에서 토양이나 물에서 서식하는 *Aeromonas* spp나 *Pseudomonas* spp이 발견되어 대장균이 아닌 다른 세균에 의해서도 집단발병이 가능하다는 것이 확인되었다. 따라서 대장균을 포함한 세균을 종합적으로 관리하기 위해서 소독과 같은 조치가 필요한 것으로 판단된다.

5) 물놀이형 수경시설에 적용가능한 소독방법은 염소제 투입방식, 차염발생장치, 이산화염소 발생기, 자외선 살균기, 오존발생장치 등이 있으며 여과방법은 다층여과기, 마이크로칩 필터, 가압필터, 카트리지 여과, 백필터 방식 등이 있는 것으로 파악되었다.

6) 수경시설의 93%는 수작업을 통해 소독을 실시해야 하는 상황이다. 이에 적용가능한 염소 소독제로 액상인 락스나 과립형태의 크로로칼기를 사용할 것을 추천한다.

7) 바닥분수의 저수조에 락스를 주입하고 분수를 가동한 결과 유리잔류염소 농도가 4 mg/L에서 0.4 mg/L까지 감소하는데 5시간이 소요되었다. 이는 수경시설을 7~8시간 가동할 경우 5시간 후에는 소독제를 재 투입해야 하는 것을 시사한다. 이 결과는 분수의 유형이나 저수량, 가동조건 등에 따라 변수는 있을 것이다. 또한 소독제를 사용할 경우 pH가 증가하는 것으로 나타나 중화제 살포가 요구되며 이를 위해 식초를 사용하였다. 해당 분수는 별도로 수행한 실험에서 소독 후 8시간이 지나서 까지도 총대장균군 및 대장균의 멸균상태가 지속되어 락스에 의한 염소소독의 안정성을 확인할 수 있었다.

References

Asiatoday. (2015). <http://www.asiatoday.co.kr/view.php?key=20150727010016274> (accessed 1 Aug. 2015).
 Gyeonggi Province. (2016). *Water-type Waterscape Facilities Status Data*, Gyeonggi Province Internal Data.

- Gyeonggi Province. (2016). *Water-type Waterscape Facilities Status Data*, Gyeonggi Province Internal Data.
- Incheonilbo. (2015). <https://news.itimes.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=607865&page=1&total=879> (accessed 22 July, 2015)
- Jo, Y. K. (2012), Risk Assessment of Escherichia coli Infection from Use of Interactive Waterscape Facilities, *Korea Journal of Environmental Health*, 38(1), 73-81.
- Maeil newspaper. (2015). http://www.imaeil.com/sub_news/sub_news_view.php?news_id=44175&yy=2015 (accessed 7 Aug. 2015)
- Manresa, M. J., Villa, A. V., Giralt, A. G., Gonzalez-Ensenat, M. A. (2009), Aeromonas Hydrophilla Folliculitis Associated with an Inflatable Swimming Pool, *Pediatric Dermatology*, 26(5), 601-603.
- Ministry of Environment (MOE). (2010), *A Guideline for water-quality control of Waterscape Facilities*. Ministry of Environment, 2.
- Ministry of Environment (MOE). (2013). *A Study on the Systematic Management of Water-type Waterscape Facilities*, Ministry of Environment, 125-135, 164.
- Ministry of Environment (MOE). (2010a). *A Study on the Water Quality Management of Water-type Waterscape Facilities*, Ministry of Environment, 10.
- Ministry of Environment (MOE). (2005). *Sewage Effluent Disinfection Using an Effective Electric Field System*, Ministry of Environment, 26-28.
- Ministry of Environment (MOE). (2016). *A Guideline for Operation and Management of Water-type Waterscape facilities*. Ministry of Environment, 11-16.
- Ministry of Environment (MOE). (2017). *The law about water quality and aquatic ecosystem preservation*, Ministry of Environment, 61-62.
- Na, K. H. (2016). Water Quality Management Education of Water-type Waterscape facilities, *Gyeonggi Province*, 15-19.
- Park, J. H., Lim, H. S., Lee, K., Ha, G. Y., Jeong, T. J. (2014). Epidemiologic Investigation of Risk Analysis of E. coli Infection in Accordance Water-type Waterscape Facilities an Outbreak of Skin Rash Illness at a Water Park in Yeongcheon-si, *Korean Public Health Research*, 41(2), 69-76.
- Yonhapnews. (2014). <http://www.yonhapnews.co.kr/local/0899000000.html?cid=MYH20140709015600038&from=search> (accessed 9 July, 2014)