韓國産業應用學會論文集, 제16권, 제2호, 41-46, 2013.05
J. Korean Society of Industrial Application, Vol.16, No.2, 41-46, May, 2013

간이상수도 자동소독 정수기의 개발 및 성능에 관한 연구
Development and Performance of Water Purifier with the Auto-Disinfected on a simple Drinking Water

조병락[1], 이배복[2], 최명부[3*]
Byeung-Rak Cho[1], Bae-Bok Lee[2], Myeung-Bu Choi[3*]

<Abstract>

On the purpose of helping the inhabitants living in farming, fishing villages, and islands for more safe and hygienic water from simple waterworks, experimental investigations were performed concerning the development of a water purifier with silver nanomaterial packed, having a function of the auto-disinfection. The results show as follows through such filteration and auto-disinfection processes. It is possible to get hygienic and safe water, for example, more than 95% of general bacteria, total coliforms, and fecal coliforms were removed. It is also possible to get good-quality water, for 49.4% of spent potassium permanganate and 85% and 63% of turbidity and conductivity were removed respectively. It is a very effective equipment, for 100% cost reduction of used chemicals was achieved by no-chemical disinfection process and THM was not generated.

Keywords : Water Purifier, Auto-Disinfected, Simple drinking water, General bacteria E. Coli group

1. 서 론

인간의 몸은 60-70% 정도가 물로 구성되어 있으며[1~3] 건강한 삶을 위하여 하루에 2-2.5ℓ 이상의 물을 마시도록 권장하고 있다[1,4,5]. 그러나 안타깝게도 대구의 페놀 사태, 노후 상수도관 누수, 물탱크 사고, 생수의 안전성, 약수터의 오염 등 크고 작은 먹는 물과 관련된 사고들이 가끔 발생하여 보다 안전한 먹는 물 공급에 있어 많은 사람들이 불안해하고 불신하고 있는 것도 사실이다.

더욱이 농어촌 지역이나 도서벽지에서의 먹는 물은 대도시와 같이 현대식 정수처리 공정으로 처리되지 못하고, 저수지 혹은 지하수를 자연유하식이나 펌프로 펌핑한 후 침전지와 모래여과를 거쳐 고형물을 제거 하고, 간헐적으로 염소화합물을 주입하여 소독하는[6~8] 이른바 간이정수처리 공정으로 처리한 후 공급하고 있어 일부 오염물질이 보다 완전하게 제거되지 못하고 안전살균 조작이 미흡하여 다양한 형태의 먹는 물 사고가 일어날 수 있는 위험성을 항상 내포하고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 정부에서는 상수도 확충사업으로 2005년부터 2014년까

[1]정회원, 영남이공대학교, 보건과학계열, 교수, 工博, E-mail:brcho@ync.ac.kr
[2]정회원, 경일건설(주) 기술이사, 工博,
[3]정회원, ㈜크레테크바이오, 고문

[1]Prof., Div of Health & Science Yeungnam College of Science & Technology, Ph.D.
[2]Kyungil Engineering & Construction Co.,Ltd. ,General Director of Technology
[3]Creotech & Bio Co., Ltd., Councilor

지 총 1조 9,091억원을 투자하여 농어촌지역에 356개, 도서지역에 109개의 상수도시설을 설치하고, 상수도 보급률도 농어촌지역은 70%, 도서지역은 75%까지 끌어올릴 계획을 추진하고 있으나 주민들의 욕구를 해소하기에는 역부족인 셈이다.

한편, 필자 등[9]은 무기금속으로 인체에 특별한 해를 주지 않고 모든 병균을 살균 및 항균시키는 무기 항균제로 높이 평가되고 있는 은에 나노기술을 응용하여 나노 은을 제조하고 여과공정에 활용할 수 있는 여러 가지의 은나노 여재 제조법을 개발한 바 있다. 그러므로 본 연구에서는 농어촌과 도서벽지 지역의 상수원수 중에 포함되어 있는 일반세균, 총 대장균군, 유기물, 중금속, 탁도 유발물질 등의 오염물질을 효과적으로 제거하고 보다 양질의 안전한 먹는 물을 확보하는 처리 기술을 개발하기 위하여 필자 등이 제조한 여재를 사용하여 자동소독 정수기를 개발하고 그 성능을 평가하여 제시함으로써 전국에 산재해 있는 간이상수도나 다중간이급수시설의 먹는 물 처리 문제를 해결하는데 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 실험

2.1 자동소독 정수기의 제조

농어촌과 도서벽지 지역의 간이상수도에 부착하여 사용할 수 있는 자동소독 정수기는 3단계의 연속 흐름 칼럼으로 만들었으며 각 칼럼에 충진한 물질과 충진방법 및 자동소독 공정의 흐름도는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1. Filter media and flow diagram of auto disinfected water purifier.

Fig. 1에서 보면 정수기의 자동소독 공정은 3단계의 칼럼으로 이루어져 있으며, 각 칼럼에는 필자 등이 특허공법으로 제조한 은나노 여재를 아래와 같은 방법으로 충진하였다.

즉, 제1칼럼에는 은나노모래 5kg을 하부 에 채우고 은나노하이드로볼 3kg을 넣은 후 은나노백탄 10kg을 최상부에 충진하였다.

제2칼럼에는 은나노하이드로볼 5kg을 하 부에 채우고 은나노백탄 10kg을 상부에 충 진하였으며, 마지막 제 3칼럼에는 은나노하 이드로볼 5kg을 하부에 넣고 은나노모래 20 kg을 상부에 충진하였다.

2.2 시료수와 실험장치

시료수는 경산시 점촌동의 간이상수도 관말 유출수를 사용하였으며, 평균 수질은 일반세균 4,300CFU, 총 대장균군 105CFU, 분원성 대장균군 107CFU, 암모니아성 질소 불검출, 경도 181mg/l, 과망간산칼륨 소비량 7.9mg/l, pH 7.5, 탁도 2.25NTU, 전도도 7.8㎲/㎝ 등으로 나타났다. 또 자동소독 정수기의 실험장치 모식도는 Fig. 2와 같고 실험에 사용한 pliot plant는 Photo. 1과 같다.

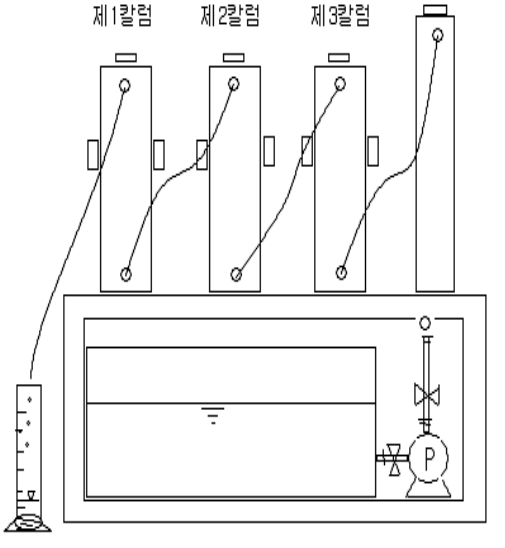

Fig. 2. Sketch of experimental apparatus on auto disinfected water purifier.

Photo. 1. Photograph of pliot plant on auto disinfected water purifier.

2.3 실험 및 분석방법

실험은 시료수를 원수로 하여 원수 - 제1칼럼 - 제2칼럼 - 제3칼럼의 연속흐름으로 진행하였으며, pilot-plant 실험에서 선속도는 5~12m/h로 설계하였으나 예비실험 결과 9m/hr가 적합하여 이후로는 9m/hr에서 실험하였으며 이 경우 유량은 0.2826m^3/hr였다.

또 수질분석에서 전기전도도는 Denver Instrument사의 Model No. 15(USA)를, 탁도는 HACH사의 Model No. 2100N(USA)를 이용하여 측정하였으며 그 외의 항목은 먹는 물 수질공정시험방법과[10] 표준법[11]에 따라서 분석하였다[7].

3. 결과 및 고찰

3.1 일반세균, 총 대장균군, 분원성 대장균군의 제거 효과

Fig. 3은 photo. 1의 pliot plant 실험장치로 일반세균수가 4,300CFU인 시료수를 선속도 9, 10, 11 및 12m/hr에서 여과, 자동소독하였을 때 최종 유출수 중의 일반세균수 변화를 조사한 것이다.

선속도가 9m/hr일 때는 일반세균수가 43CFU, 10m/hr일 때는 240CFU로 99.0 - 94.4% 제거되어 위생적으로 안전한 먹는 물을 확보할 수 있으나 11m/hr로 선속도가 증가하면 일반세균수가 3,700CFU, 12일m/hr에서는 4,300CFU로 급격하게 증가하여 제거 효과가 많이 떨어지고 있음을 알 수 있고, 이 결과는 일반적인 여과공정에서 선속도를 9m/hr로 많이 채택하는 것과 동일한 경향을 보이고 있다.

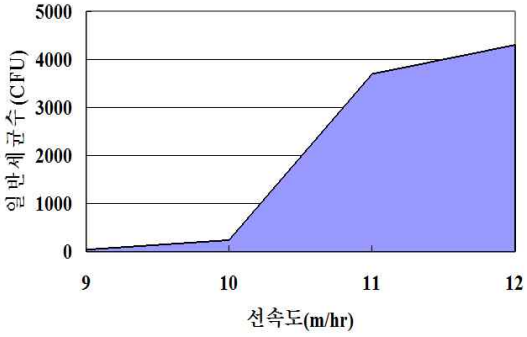

Fig. 3. Removal effect of general bacteria at the various line velocity.

자동소독 정수공정을 선속도 9m/hr로 하고 유입원수를 각 단위공정별 순차적으로 연속 처리하였을 경우 일반세균의 감소 효과를 조사하여 Fig. 4에 나타내었다. 제1공정에서는 일반세균이 4,300CFU에서 180CFU로 가장 많이 제거되어 제거효율 95.8%를 나타내고 있으며 제2, 3의 공정으로 진행될수록 서서히 감소되어 최종 처리수는 잔류 일반세균수가 112 CFU로 매우 양호한 수질을 확보할 수 있었다.

또 오랜 실험기간 동안 많은 시료수의 분석에서 총 대장균군과 분원성 대장균군은 각각 105 CFU, 107 CFU 까지 검출되기도 하였다.

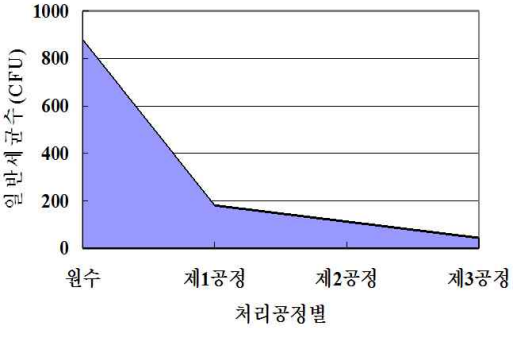

Fig. 4. Removal effect of general bacteria at the various treatment process.

. 이 경우의 시료수에 대하여 Fig. 4와 동일한 방법으로 실험하여 총 대장균군과 분원성 대장균군의 제거 효과를 조사한 결과는 Fig. 5와 같

다. Fig. 5에서 보면 총 대장균군과 분원성 대장균군은 제1공정의 1단계 여과, 소독에서 거의 완벽하게 제거됨을 알 수 있다.

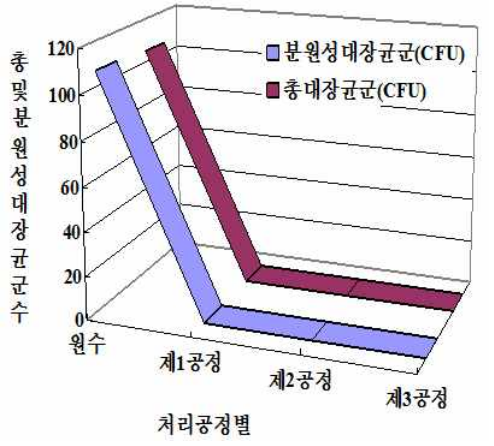

Fig. 5. Removal effect of E. coli group at the various treatment process.

3.2 유기물 제거 효과

자동소독 정수공정에서 유기물이 얼마나 제거되는지 그 효과를 조사하기 위하여 과망간산칼륨 소비량을 측정하여 보았다. Fig. 6에서 보면 시료수도 먹는 물 수질기준[12] 10mg/l 이하로 적합하게 나타났고 있으나 1공정을 거치면 7.9mg/l에서 4.9mg/l로 약 38% 정도의 유기물이 제거되고 제2, 3의 공정으로 진행되면 서서히 감소하여 최종 유출수는 4.0mg/l으로 49.4%의 제거효과를 보이고 있다.

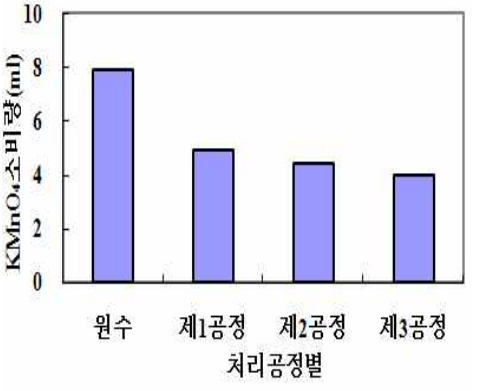

Fig. 6. Change of potassium permanganate consumption at the various treatment process.

3.3 무기물 제거 효과

Fig. 7과 Fig. 8은 무기물의 전반적인 오염상태를 나타내는 전기전도도와 탁도의 농도 변화를 조사하여 나타낸 것이다.

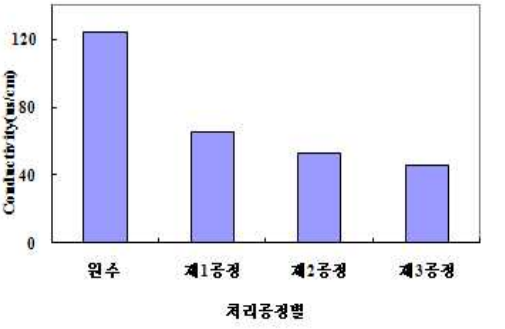

Fig. 7. Change of conductivity at the various treatment process.

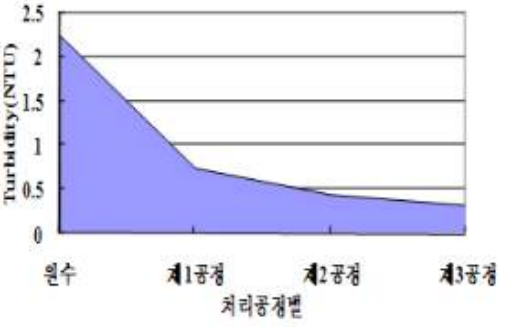

Fig. 8. Removal effect of turbidity at the various treatment process.

Fig. 7을 보면 시료수의 전기전도도는 1단계에서 47.5%, 2단계에서 18.5%, 3단계에서 13.2% 제거되어 전체로는 63% 제거되고 있으며, 탁도는 Fig. 8에서 제1공정에서

47.6%, 제2, 3의 공정을 거치면서 최종 처리수는 62.9% 정도 제거되어 자동소독 정수공정이 무기물의 제거에도 상당한 효과가 있음을 알 수 있다.

3.4 자동소독 정수기의 성능 분석

농어촌과 도서벽지 지역의 간이상수도에 활용할 수 있는 자동소독 정수기를 개발하고 여과, 소독 공정으로 처리하였을 때 시료수와 최

종 처리수의 평균 수질을 먹는 물 수질기준과 비교하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Water quality of raw and final treated water on the auto disinfected water purifier

번호	항목	단위	시료수	최종 처리수	수질 기준
1	일반 세균	CFU/mL	4,300	43	100 이하
2	총 대장균군	/100 ml	105	불검출	불검출
3	분원성 대장균군	/100 ml	107	불검출	불검출
4	납	mg/L	0.02	불검출	0.005 이하?
5	불소	mg/L	1.26	불검출	1.5 이하
6	암모니아성 질소	mg/L	불검출	불검출	0.5 이하
7	질산성 질소	mg/L	9	0.8	10 이하
8	유리잔류 염소	mg/L	불검출	불검출	4 이하
9	총트리 할로메탄	mg/L	불검출	불검출	0.1 이하
10	경도	mg/L	181	81	300 이하
11	색도	도	2	1	5도 이하
12	과망간산 칼륨소비량	mg/L	7.9	4.0	10 이하
13	냄새, 맛	-	적합	적합	이취가 없을것
14	동	mg/L	불검출	불검출	1 이하
15	음이온계면 활성제	mg/L	불검출	불검출	0.5 이하
16	수소이온 농도	-	7.5	7.5	5.8 - 8.5
17	염소이온	mg/L	240	4	250 이하
18	철	mg/L	0.27	0.01	0.3 이하
19	탁도	NTU	2.25	0.33	1 이하
20	황산이온	mg/L	185	15	200 이하
21	알루미늄	mg/L	불검출	불검출	0.2 이하

Table 1에 있는 항목들은 먹는 물 수질기준 항목 중 시료수 중에 미량으로 검출되거나 먹는 물에서 검출될 우려가 있는 항목들만 체크하여 제시한 것으로 시료수 중에는 번호 1-3의 미생물, 번호 4-7의 건강상 유해영향 무기물질, 번호 10-21의 심미적 영향물질 등이 대부분 항목에서 다소나마 검출되었는데 최종 처리수에는 먹는 물 수질기준 이하로 많이 제거되어 매우 양질의 먹는 물이 확보될 수 있었다.

4. 결론

간이상수도를 먹는 물로 이용하는 농어촌, 도서벽지 지역에 보다 안전하고 위생적 인 양질의 먹는 물을 확보하가 위하여 은나노 여재들을 충진한 자동소독 정수기를 개발하고 여과, 소독 공정으로 처리한 결과
다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 일반세균, 총 대장균군, 분원성 대장균군은 95% 이상 제거되므로 위생적으 로 안전한 먹는 물을 확보할 수 있다.

(2) 과망간산칼륨 소비량은 49.4%, 탁도와 전기전도도는 각각 85%, 63% 제거되어 보다 양질의 먹는 물을 확보할 수 있다.

(3) 무약품 소독공정으로 약품비용이 100% 절감되고 THM 생성이 없어 매우 효과적이다.

사 사

본 연구는 산학연공동기술개발사업의 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1) 조병락 : 환경위생학. 영남이공대학교, pp.16.(2012)
2) 장부규 외 : 환경위생학. 지구문화사, pp.76, (2007)
3) 김좌관 : 수질오염개론. 도서출판 동화기술, pp.15.(1993)
4) 신호상 외 : 환경위생학, 도서출판 동화 기술, pp.106.(2009)
5) 이 규성 외 : 수질오염개론. 형설출판사, pp.11.(1987)
6) Casey, T. J., Unit Treatment Processes in

Water andastewater Engineering, John Wiley Pub., 241, (1997)
7) AWWA Water Chlorination, Principles and practices, Amercian Water Works Association, Denver, USA. (1986)
8) 곽종운, 물리·화학 수처리 원리와 응용, 지샘 출판사, pp.83~97. (2000)
9) 최명부 외 : 간이상수도 정수장치 및 그 제조방법. 특허 제 10-06294 2호, 특허청
10) 환경부 : 먹는 물 수질공정시험방법. 환경부, (2012)
11) APHA, AWWA and WPCF. : "Standard method for the examination of water and wastewater." 15th, ed., (1981)
12) 환경부 : 먹는 물 수질기준. 환경부, (2012)

(접수:2013.03.12, 수정:2013.04.16, 게재확정:2013.05.24)