

## Design Method for Flowing Water Purification with UV Lamp

정병균\* · 이진종\*\* · 정병호†  
(Byung-kyun Jung · Jin-Jong Lee · Byeong-Ho Jeong)

**Abstract** - A number of factors combine to make ultraviolet radiation a superior means of water purification for ground water, rainwater harvesting systems and so on. Ultraviolet radiation is capable of destroying all types of bacteria. Additionally, ultraviolet radiation disinfects rapidly without the use of heat or chemical additives which may undesirably alter the composition of water.

In a typical operation, water enters the inlet of a UV lamp and flows through the annular space between the quartz sleeve and the outside chamber wall. The irradiated water leaves through the outlet nozzle.

Several design features are combined to determine the dosage delivered. The first is Wavelength output of the lamp, the Second is Length of the lamp - when the lamp is mounted parallel to the direction of water flow, the exposure time is proportional to the length of the lamp, the third is Design water flow rate - exposure time is inversely related to the linear flow rate, the fourth is Diameter of the purification chamber - since the water itself absorbs UV energy, the delivered dosage diminishes logarithmically with the distance from the lamp.

In this paper, It describe the how to design optimal UV disinfection device for ground water and rainwater. To search the optimal design method, it was performed computer simulation with 3D-CFD discrete ordinates model and manufactured prototype. Using proposed design method manufactured prototype applied to disinfection test and proved satisfied performance.

**Key Words** : Flowing Water Purification, UV Disinfection, 3D-CFD Simulation, Disinfection Chamber Design

### 1. 서론

광산화법에 이용되는 빛은 주로 자외선으로서 매우 깨끗하고 매우 높은 에너지를 가지고 있기 때문에 다른 수처리기술로는 처리가 불가능하거나 처리효율이 낮은 유기화합물의 분해·제거를 위해 적용되었다. 최근 들어 화학살균방식에 의한 난분해성이면서 유해한 화합물의 배출이 증가함에 따라 환경오염문제가 발생하고 있으며 특히 염소계 유기용제, 질소화합물 등의 문제가 대두되고 있어 광산화 방법에 대한 기대가 높아지고 있으며 최근에는 다양한 실용화기술이 보급되고 있다[1].

종래의 자외선살균램프를 이용한 수처리 살균기술은 대상이 되는 물에 직접 침수하여 살균하는 광원의 직접 침수형구조의 수중점등방식이 대부분으로 현재 시판중인 일부 정수기와 일부 수처리분야에서 활용하고 있다. 자외선에 의한 물의 살균은 조사방법에 따라 물위점등(외조식), 수중점등(내조식) 및 자외선투과 유리관 또는 석영관 속의 유수를 그 바깥쪽에

서 조사하는 등의 다양한 방식이 있다. 침수형 살균구조는 설치비가 싸고 보수가 쉬우며, 또 불순물이 있는 물을 살균하는데도 적합하고, 설비를 소형화할 수 있다[2][3]. 이에 비해 유수형 살균방식은 처리유량, 장치의 부피, 처리속도 등의 측면에서 침수형 살균방식보다 우수한 성능을 가지고 있으나 챔버의 형태나 자외선 조사량에 대한 설계방식에 따른 살균 성능이 크게 좌우된다. 유수처리용 자외선 살균장치는 UV램프의 점등시간, 투과력, UV 조사시간, 조사면적 등의 다양한 파라미터에 의해 살균능력이 결정되며 이러한 다양한 요소에 대한 해석과 분석이 요구된다[4][5].

기존의 UV를 이용한 유수처리장치의 설계에 대한 연구는 시뮬레이션 모델의 선정과정이나 효과적인 살균챔버설계와 같은 다양한 방식을 통해 정확한 살균능력을 확보하고자 목적으로 제안되었다. 이 중 층류흐름방식을 유도하기 위한 U자형 챔버를 적용한 유수형 살균방식은 5W UV램프를 U형 챔버의 양단에 설치하여 직경 35mm의 스텐레스 관로를 적용한 유수형 챔버를 설계 및 적용하였다[6]. 이러한 변형된 살균챔버의 설계방식은 흐름율(Flow rate)에 대한 의존도가 높고 특정 균종에 대한 살균을 목적으로 하는 등의 설계상의 단점을 갖는다. 3D-CFD모델을 이용하여 유수형 살균 챔버를 설계하는 방식은 식수에 대한 유수형살균장치를 목적으로 한다[7][8]. 이 모델은 CFD, 분산예측, 램덤 순서 모델을 이용한 분산된 위상 분자궤도에 의해 생성되고 미생물 불활성과 등가조사의 감소의 예측에 도달하기 위한 미생물 불활성 등

† 교신저자, 정회원 : 남부대학교 의료공학과 교수 · 공박  
E-mail: enjoypv@gmail.com

\* 비회원 : 서강정보대학 임상병리과 교수 · 이박

\*\* 비회원 : 전남과학대학 작업치료과 교수 · 이박

접수일자 : 2009년 11월 3일

완료일자 : 2009년 11월 11일

력학 모델에 의한 생성된다. 이 모델은 챔버의 출력단에서 충류흐름을 갖는 폴스케일, 다중 램프중압 UV 램프 살균챔버에 적용될 수 있으나 이러한 실제 이 방식을 통한 시물레이션 상에서 지하수나 빗물을 살균하는데 적용하기 어려운 점은 프리필터의 적용여부, 탁도, 용존성분의 종류 등에 대한 구체적인 해석과 적용이 일반적이지 않아 실질적인 적용이 용이하지 않다[9]-[11].

본 논문에서는 자외선을 이용한 유수처리형 살균장치의 설계방식에 있어서 3D-CFD를 통한 Discrete Ordinates Model을 정립하고 이를 시물레이션과 실험을 통해 살균을 위한 최적의 자외선 조사량을 확보하고 다양한 구성요소를 복합적으로 고려한 살균챔버의 설계기준을 제시하고자 한다. 이를 위해 자외선을 이용한 유수처리형 살균장치의 최적의 설계를 위한 모델링을 통해 시제품을 제작, 실험하여 정확한 설계데이터를 확보하고 시제품을 제작하여 실증실험을 수행함으로써 향후 자외선 유수처리분야의 고품질의 안정적인 살균시스템의 성능구현에 일조하고자 한다.

## 2. 자외선 유수살균장치의 설계

### 2.1 자외선 조사량과 살균특성

자외선 살균방식의 가장 중요한 핵심은 살균대상물, 피조사물질에 일정 정도이상의 자외선을 조사시켜 살균하는 것을 목표로 한다. 살균장치의 설계 시에 가장 중요한 세 가지 파라미터는 첫 번째는 germicidal wavelengths (220nm to 280nm)에서의 램프 출력이다. 이는 램프의 형태와 어떻게 램프를 작동시키는지(안정기, Ballast)에 따른다. 두 번째로 투수량계수(A measure of the water's ability to transmit UV light at the germicidal wavelengths)이다. 제균하고자하는 물의 임의의 용존성분은 UV의 효과적인 통과를 억제하므로 투수량계수는 가능한한 최소조사량의 경우를 고려하여 설계에 반영하도록 해야한다. 세 번째로 챔버구조로 유체는 최대유량이 흐르는 것을 가정하여 계산해야 하며 이는 식 (1)을 통해 계산된다.

$$Dose, D = I \times t [mJ/cm^2] \quad (1)$$

여기서 I는 챔버의 최소조사량의 위치에서 자외선강도, t는 유체가 살균챔버를 통과하는데 걸리는 정체시간이다.

### 2.2 자외선 살균램프

저압 수은 아크램프는 254nm의 파장대를 방사한다. 자외선살균 램프는 유리관에 자외선을 효율적으로 투과시키는 특수한 재질을 사용하고 램프 양 끝에는 텅스텐 필라멘트코일이 있으며 코일에는 에미터가 장착되어 있다. 내부는 진공으로 한 다음 적당량의 수은과 적당량 압력으로 알곤가스 또는 알곤가스와 다른 불활성 가스와의 혼합가스가 주입되어 있다. 자외선의 발생과 살균 램프 개의 전극에 전류를 흘려 예열하고 에미터에서 열전자를 방출시키면 알곤가스를 매개로 하여 방전이 일어난다. 방전에 의해 관로에 흐르는 전자는 포화상태의 수은열기와 급격히 충돌하여 수은 공명선인 253.7nm을 발생한다. 표 1은 실험에 적용된 75W급 자외선 살균램프의 제품사양이다.

표 1 실험에 적용된 75W 자외선 살균램프의 사양

Table 1 75W UV lamp specification for experiment

Item	Spec.	
Power capacity(W)	75	
Dimension(mm)	Length (L)	1199.4
	Diameter (D)	28
Ultraviolet Output (W)	26.0	
Lamp Current (A)	0.84	
Irradiance values(1m Distant) ( $\mu W/cm^2$ )	220	
Average Useful Life (h)	8,000	

또한 UV램프는 사용시간이 증가 할수록 자외선의 방사량이 줄어들며 열선이 증대한다. 또한 주변 환경, 공조 시스템 및 주변 대기 상태 등 영향을 받으며 ON/OFF의 횟수 및 안정기(Ballaster)에서 안정된 전력의 공급여부에 따라 영향을 받는다. 따라서 살균시스템 설계 시에 이에 적절한 수명을 감안하여 설계하는 것을 원칙으로 한다.

### 2.3 살균챔버 재료 및 규격

자외선 살균을 위한 챔버의 재료는 STS304이다. STS 304의 조성은 18% cr, 8%Ni, 74%Fe이다. 내식성 및 가공성이 우수하기 때문에 주방기기에서 우주선 등 첨단 분야에 이르기까지 광범위하게 적용되고 있으며 전해연마된 STS304의 반사율은 30%이상이다. 제작된 STS304의 최대 사용압력 8.62bar이며 입수와 출수의 위치는 초기 수압에 의해 석영관이 영향을 받을 수 있어 아래에서 위로 유수하도록 하는 구조를 갖도록 하였다. 그림 1은 실험에 적용된 UV 살균 챔버의 구조이다.

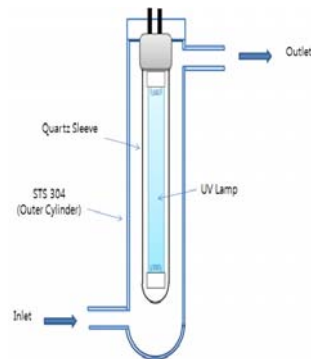


그림 1 실험에 적용된 UV 살균 챔버의 구조

Fig. 1 UV disinfection chamber structure

### 2.4 석영관

석영관은 고순도(99.99% 이상)재질 (무수규산 : SiO<sub>2</sub>)로 가스함유량이 적고 화학적으로 안정화되고 있으며 연화점 1,683°C으로 고온에서도 안정성을 확보할 수 있다. 또한 열팽창 계수가 열팽창 계수  $5 \times 10^{-7} cm/^{\circ}C$ 으로 적은 편이어서 급냉, 급열에서도 잘 견딘다. 석영관은 빛 투과성이 우수하여 자외선 영역대 파장의 빛은 물론 적외선대 파장의 빛도 잘 투과시킨다. 전기절연성이 높고 내산성이 매우 높아 자외선 램프의 보호에 적절하다.

### 2.5 수온 및 수질조건

최적의 설계를 위한 환경조건 중 수온은 2~40℃로 제한하여 적용한다. 또한 자외선 유수살균장치를 통과한 물에 대한 특성은 Iron은 <0.3ppm(0.3mg/L), Hardness < 7 gpg(120mg/L), Turbidity < 1NTU, manganese <0.05 ppm(0.05mg/L), Tannins < 0.1 ppm (0.1mg/L), Tannins < 0.1 ppm (0.1mg/L), UV transmittance > 75% 과 같은 파라미터의 조건을 확보하여야 한다.

### 3. 시뮬레이션 및 실험

UV 살균 성능 계산을 위한 시뮬레이터는 다양한 CFD(Computational fluid dynamics) software 중에서 UV 살균 성능 계산에 최적화되었다고 알려진 Fluent software를 이용하여 시뮬레이션 한다.

#### 3.1 시뮬레이션을 위한 해석 모델

시뮬레이션을 위한 모델의 구성은 입구와 출구 노즐을 포함한 튜브와 UV를 생성하는 주요 부분인 UV램프, UV램프와 유수를 분리역할 하는 투명 석영관 등으로 구성되어 있다. 해석은 총 900,000여개의 유체 유동 격자로 구성하여 계산을 수행하였다. 지배방정식 및 경계조건을 획득하기 위한 연속 방정식은 식(2)과 같다.

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_k} = 0 \tag{2}$$

운동량 방정식 식(3)과 같다.

$$U_k \frac{\partial U_i}{\partial x_k} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_k} \left( v \frac{\partial U_i}{\partial x_k} - u_i u_k \right) \tag{3}$$

난류모델은 k-ε 모델을 사용하였으며 난류 운동에너지 k와 난류 운동에너지 소멸을 ε에 대한 방정식은 각각 식 (4), (5)과 같다.

$$U_k \frac{\partial k}{\partial x_k} = \frac{\partial}{\partial x_k} \left[ \left( v + \frac{v_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_k} \right] + P + G - \mathcal{E} \tag{4}$$

$$U_k \frac{\partial \epsilon}{\partial x_k} = \frac{\partial}{\partial x_k} \left[ \left( v + \frac{v_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_k} \right] + \frac{\epsilon}{k} (C_1(P+G) - C_2\epsilon) \tag{5}$$

지배방정식과 난류방정식을 일반형으로 표시하면 식 (6)과 같다.

$$\frac{\partial}{\partial x_k} (\rho U_k \phi) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left( \Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x_k} \right) + S_\phi \tag{6}$$

여기서 좌변 항은 대류항이고, 우변의 첫 번째 항은 확산항이며,  $S_\phi$ 는 생성항이다.  $\phi=1$ 인 경우는 연속방정식을 나타내고,  $\phi = U_i$ 인 경우는 운동량 방정식,  $\phi = k$  와  $\epsilon$ 인 경우는

난류방정식을 나타낸다. 생성항  $S_\phi$ 는 각각의 지배방정식에 대해서 다른 형태로 표시된다.

UV Radiation은 Discrete Ordinates Model 을 사용하였으며 식 (7)과 같다.

$$\frac{\partial I_{s_i}}{\partial x_i} + (a + \sigma_s) I(r, s) = a n^2 \frac{\sigma T^4}{\pi} + \frac{\sigma_s}{4\pi} \int_0^{4\pi} I(r, s') \Phi(s, s') d\Omega' \tag{7}$$

좌변의 두 번째 항은 흡수률, 우변의 초항은 방사률, 두 번째 항은 산란을 나타낸다. 속도와 온도에 대한 경계조건은 입구와 벽면에서 작업유체의 조건은 물, 작업유체의 압력은 2.5kg/cm<sup>2</sup>, 입구에서의 경계조건은 질량 유동율 0.1767kg/s, 입구온도 288K, 이므로 식 (8)과 같다.

$$u = 1m/s, v = 0, k = 0.5\% \tag{8}$$

벽면에서의 경계조건은 식 (9)과 같다,

$$u = v = 0 \quad ; \quad \text{wall function} \tag{9}$$

UV 형광등에서의 열유속 조건은  $q = 75W$  이다. 유한체적법(FVM ; Finite Volume Method)을 사용하여 검사체적에 대한 지배방정식 (6)의 차분방정식을 구하면 식 (10)과 같다.

$$\phi_p \sum_i (A_i - S_p) = \sum_i A_i \phi_i + S_c \tag{10}$$

좌표계는 일반 X-Y 좌표계를 사용하고, 대류항의 계산은 Power-law scheme을 사용하여 해석을 수행하였다. 계산격자는 대략 800,000개를 사용하였으며, 해의 수렴평정은 속도, 압력 각각에 대하여 계산 영역 전체의 잔류항의 총합이 10<sup>-6</sup> 이하가 되는 시점으로 하였으며, 수렴조건에 이르기까지 6,000~7,000회의 반복 계산이 필요하였다.

#### 3.2 계산결과

시뮬레이션을 위해 계산영역 및 계산계자에 대한 설정이 필요하다. 계산영역의 전체 길이는 1000mm이며, 구성은 입구 노즐직경 15mm, 출구 노즐직경 15mm 이고, 튜브와 UV를 생성하는 주요 부분인 형광등의 직경은 25mm, 길이 1000mm 이고, UV 형광등을 보호하기 위한 석영관은 직경이 30mm 로 구성된다. 전체 계산격자수는 800,000Cell로 구성하였다.

그림 3은 살균챔버의 입구로부터 출발한 유체의 스트림라인을 보여주고 있다. 입구로부터 1m/s의 속도로 출발한 유체는 외벽에 부딪쳐, 일부는 SUS304 내벽을 거쳐 아래쪽으로 흐르고, 일부는 출구방향으로 빠져나간다. 특히 아래쪽 방향으로 향한 유체는 와류를 형성하여 회전하는 유동을 만들며, 이 유체가 출구방향으로 향할 때 유체가 외벽을 타고 회전하는 흐름을 형성하게 된다. 회전력이 떨어진 유체는 점차 안정화되어 Fully developed된 유체 흐름을 나타내게 되며, 이때 유속은 1.1~1.2m/s 정도이다. 질량 유동율을 토대를 고려한 유체 흐름을 고찰하면, 입구측 속도가 1m/s면 입구에서의 질량 유동율은 0.1767kg/s이며, 석영관과 SUS304 실린더 사이에 흐르는 유속은 연속방정식( $\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2$ ) 으로부터 구하면 1.15 m/s 정도이다.

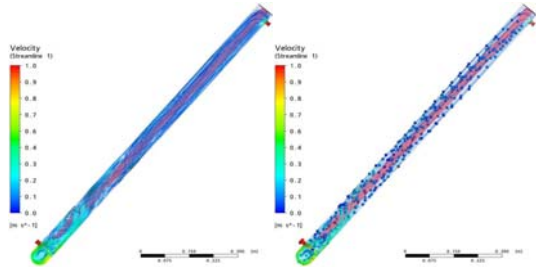


그림 2 시뮬레이션의 스트림 라인  
Fig. 2 Stream line of Simulation

그림 3은 전체 유동장에 대한 속도분포를 나타낸다. 특히, 와류가 발생한 지역에서 조사량이 증가함을 확인할 수 있다.

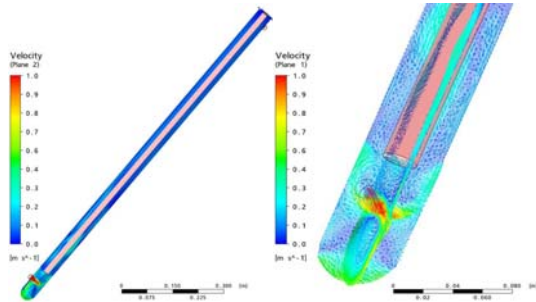


그림 3 속도분포  
Fig. 3 Velocity distribution

UV 복사에너지 조사량이 그림 4와 같다. 형광등 표면에서 UV 량은  $1,675 W/m^2$  이다. 형광등과 석영 보호관 사이의 공기 중에서 조사 강도가 약간 감소 하지만 전반적으로  $160 mW/cm^2$  를 균일하게 유지하는 것을 알 수 있다.

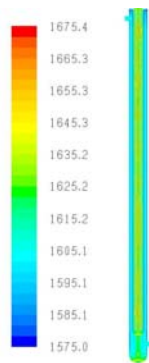


그림 4 챔버내의 자외선 조사강도  
Fig. 4 Radiation intensity at inside of chamber

유체가 입구로부터 출구까지 걸리는 시간이 0.7~0.8sec이고, UV조사강도가  $160 mW/cm^2$  라면, 이 시간동안 총 조사량은  $1.1-1.28 mW/cm^2$  임을 알 수 있다.

### 3.3 결과 및 고찰

본 실험에 사용된 시제품의 동작회로는 그림 5와 같이 압력센서를 통해 유수의 발생을 감지하고 접점에 전원을 인가하는 방식의 센서를 이용하였다.

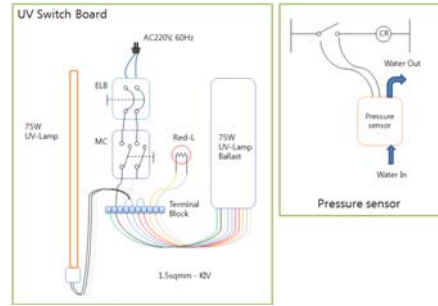


그림 5 UV 살균램프의 동작회로  
Fig. 5 UV disinfection Lamp operating circuit

UV램프를 이용한 유수형 살균장치의 운영 조건은 유수 (1m/sec), 그리고 정치상 UV조사시간 30sec, 60sec, 120sec으로 구분하여 실험하였다. UV살균효과를 조사하기 위해 그램음성균 *Escherichia coli* ATCC 25922과 그램음성균 *Staphylococcus aureus* ATCC 25923를 혼합하여 사용하였으며 각각의 균주는  $-70^{\circ}C$  deep freezer에 stock 보관된 균주를 nutrient agar 배지에 접종하여 활성화 시킨 후 동일한 액체배지에서  $37^{\circ}C$ 로 24시간 배양하여 사용하였다. 실험용수는 멸균된 증류수에 100ml당 *E. coli* 는  $4.16 \times 10^6$  CFU, *S. aureus*는  $2.36 \times 10^4$  CFU되게 희석하여 조제하였으며 UV장치 내 펌프 및 chamber는 사용 전 멸균수로 3회(18L/회) 세척한 후 사용하였다. 두 균주가 혼합된 실험용수는 UV chamber에 펌핑하고 유수상태(flow) 0.1m/sec 및 정치상태의 UV조사시간 30sec, 60sec, 120sec를 처리하였다. 채취한 시료는 동일한 nutrient agar배지에 접종하고  $37^{\circ}C$ 로 24시간 배양한 다음 형성된 colony를 계수하였다.

그림 6과 그림 7은 대장균과 황색포도알균에 대한 각각의 살균성능에 대한 그래프이다.

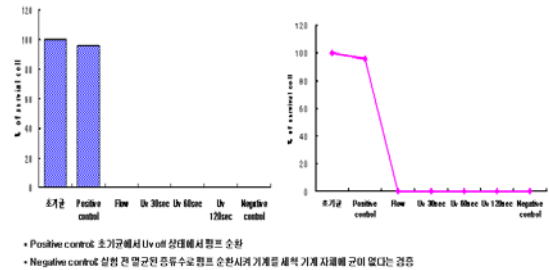


그림 6 대장균 살균시험결과 그래프  
Fig. 6 Graph of *E-coli* disinfection performance under UV system

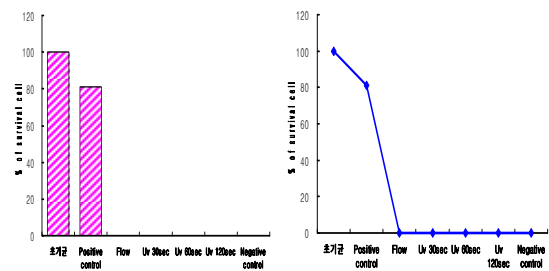


그림 7 황색포도알균 살균시험결과 그래프  
Fig. 7 Graph of *Staphylococcus aureus* disinfection performance under UV system

그림 8과 그림 9는 시험결과에 따른 실험사진이다.

**E. coli: UV 장치를 활용한 지하수 소독 효과 검증 실험**

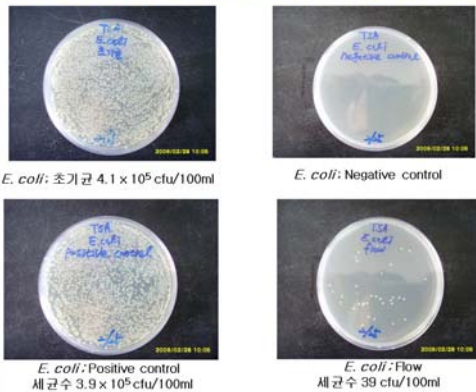


그림 8 대장균 살균시험결과와 사진

Fig. 8 Photo of image analyzer for *E-coli* disinfection under UV system

**S. aureus: UV 장치를 활용한 지하수 소독 효과 검증 실험**

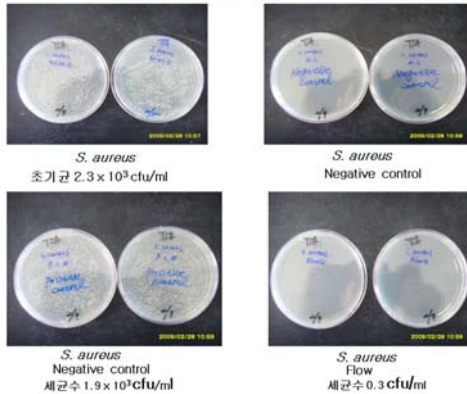


그림 9 황색포도알균 살균시험결과와 사진

Fig. 9 Photo of image analyzer for *Staphylococcus aureus* disinfection under UV system

UV chamber를 통과한 UV 무처리균의 혼합균주 *E. coli*와 *S. aureus*의 초기 농도는 각각  $3.98 \times 10^6$  CFU,  $1.92 \times 10^4$  CFU이었으며 UV처리균중 *E. coli* 경우 유수, 30sec, 60sec, 120sec는 각각  $38.6 \pm 1.5$ ,  $34.6 \pm 3.1$ ,  $7.3 \pm 1.2$ ,  $6.6 \pm 2.1$ 이었고 *S. aureus* 경우는 유수에서  $0.6 \pm 0.3$ , 그리고 나머지 처리구에서는 모두 검출되지 않았다. UV살균장치의 살균효과를 조사한 결과는 대장균과 황색포도알균에 대해서 각각 표2와 표3에 나타났다. 유수살균과 30S, 60S, 120S 간격의 자외선 조사시간 설정에 따른 살균효과는 유수상 및 30-120초 조사에서 대장균과 황색포도알균 모두 99.9%의 살균효과를 보였다. 이러한 결과는 이인화 등(2001)의 광 투과율에 따른 세균의 살균 효과에서 볼 수 있듯이 254nm, 70% 투과율에서 99.68% 살균효과가 그리고 30% 투과율의 경우는 95.24%로 떨어진다는 연구결과에 비추어 볼 때 UV 램프를 지나는 수막의 두께에 따라 살균효과가 달라진다고 사료되며 시간적인 부분에서 보완 실험을 통해 30초 이내 보다 더 짧은 조사시간에도 동일한 효과를 볼 수 있을 것으로 보인다. 따라서 본 실험장치는

조사되는 수막의 두께를 최소화시킴으로써 자외선 살균효과를 극대화 시킬 수 있었던 것으로 보이며 임현수 등(1999)의 대용량수조(100L) 살균시 두 개의 UV램프를 사용했음에도 불구하고 비브리오패를 50%제거하는 데 약 60분이 걸린 점 등은 자외선의 투과도에 한계가 있었던 것으로 사료된다. 또한 이인화 등의 TiO<sub>2</sub>가 증착된 석영관을 사용한 실험결과 1min동안의 조사(97.1%의 대장균사멸율)보다 절반의 시간인 30초의 조사에도 훨씬 높은 사멸율을 보여 본 연구에 의한 살균장치의 효율이 높은 것으로 나타났다.

표 2 대장균에 대한 살균시험 결과

Table 2 Result of disinfection test for *E-coli* under UV system

<i>E. Coli</i>	Average (cfu/100ml)	STD	%of dead cell
초기균	$4.16 \times 10^6$	$4.91 \times 10^4$	-
Positive control	$3.98 \times 10^6$	$2.0 \times 10^4$	4.19
Flow	38.6	1.5	99.99
Uv 30sec	34.6	3.1	99.99
Uv 60sec	7.3	1.2	99.99
Uv 120sec	6.6	2.1	99.99
Negative control	0.0	0.0	-

표 3 황색포도알균에 대한 살균시험 결과

Table 3 Result of disinfection test for *Staphylococcus aureus* under UV system

<i>S. aureus</i>	Average (cfu/ml)	STD	%of dead cell
초기균	$2.36 \times 10^4$	404.15	0.00
Positive control	$1.92 \times 10^4$	529.15	18.76
Flow	0.3	0.6	100.00
Uv 30sec	0	0	100.00
Uv 60sec	0	0	100.00
Uv 120sec	0	0	100.00
Negative control	0	0	0.0

4. 결 론

자외선 살균방식은 내염소성 세균에 대한 대안과 물부족현상으로 인해 지하수나 빗물의 사용의 증가는 수인성 세균에 대한 대책으로 자외선 살균방식을 요구되고 있다.

본 논문에서는 자외선 살균램프를 적용한 유수처리를 위한 최적의 설계방식을 제안하기 위해 시뮬레이션과 실험을 각각 수행하였다. 실험방식은 유수형 챔버를 제작하여 설정된 자외선량을 조사시키면서 살균특성을 분석하는 동시에 광활성에 대한 대응을 위해 자외선 조사시간을 일정시간 유지시키면서 조사하는 방식을 통해 살균성능에 대한 시험을 수행하였고 유수형 살균챔버의 설계방식을 제안하였다. 실험 결과 자외선 유수처리장치의 살균성능은 대장균의 경우 99.99%의 살균력을 확인하였고, 포도알균의 경우는 100%의 살균성능을 확인하였다. 이를 통해 향후 자외선살균램프를 적용한 수처

리분야에 적용이 용이할 것으로 생각된다.

향후 UV 램프 조사량 모니터, 또는 타이머를 이용한 교체 알람, UV 살균진행 알람, 내부세정, 물온도 표시장치등의 부가기능을 갖춘 수처리장치를 통해 보다 안정된 성능의 살균 처리장치를 고안하고자 한다.

### 참 고 문 헌

[1] Eugen Nisipeanu and Muhammad Sami, "Computer Simulation Optimizes Design of UV Disinfection Reactors", Water Conditioning & Purification, pp. 62-64, 2004.

[2] C Shan, Assessment of Deficiency of Fish Tank Water UV Disinfection and Remedial Measures, Research Fund for the Control of Infectious Diseases, 2007.

[3] 정병호, 이강연, "자외선램프를 이용한 유수처리장치 설계 시뮬레이션", 조명·전기설비학회논문지. vol.23, no. 9, pp. 17-23, 2009

[4] Alex Munoz, Stephen Craik, and Suzanne Kresta, "Computational fluid dynamics for predicting performance of ultraviolet disinfection sensitivity to particle tracking inputs", Journal of Environ. Eng. Sci. 6, pp 285-301, 2007.

[5] Christoph Reichl, Christoph Buchner, Georg Hirschmann, Regina Sommer, Alexander Cabaj, "Development of a simulation method to comparison to biodosimetric measurements ", Conference on Modelling Fluid Flow (CMFF'06) The 13th International Conference on Fluid Flow Technologies Budapest, Hungary, pp. 6-9, 2006.

[6] Guo Liu, An investigation of UV disinfection performance under the influence of turbidity & particulates for drinking water applications, A thesis presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis requirement for the degree of Master of Applied Science in Civil Engineering, Waterloo, Ontario, Canada, 2005.

[7] 박영규, "수돗물 소독방법의 최근 동향", 제 22차 국제 환경문제 심포지움, vol. 19, No. 2, 2, pp. 153-170, 2002.

[8] 신동호, 김진현, 김정민, 고승민, 모효원, 이용택, "하수방류수의 자외선 살균을 위한 설계인자 최적화에 관한 연구", 응용화학, Vol. 8. No. 2, pp. 697-700, Oct. 2004.

[9] 황인아, 이현수, 박재운, "자외선.오존 살균 소독장치 제작을 위한 시뮬레이션 및 대장균 제거 특성" 대한전기학회논문지P, vol.54, no.4, pp.198-202, 2005.

[10] 이인화, 박종순, 김시욱, 차진명, 최경주, 이법규, "자외선-광촉매효과를 이용한 대장균, 곰팡이 및 병충해 유발균의 살균" 대한환경공학회지. Vol.23(3). 473-483, 2001.

[11] 임현수, 김승모, 최명락, 최춘순, 공홍진, 김정희, "수조수 살균을 위한 고성능 자외선 살균장치" 산업식품공학 Vol..3(3), 164-169. 1999.

### 저 자 소 개



#### 정 병 균 (鄭炳均)

1989년 전남대학교 자연과학대학 생물학과(학사). 1993년 전남대학교 생물학과(석사). 1996년 전남대학교 생물학과(박사). 1995-현재 서강정보대학 임상병리과 교수  
Tel : 062-520-5173  
E-mail : hi-jbk@hanmail.net



#### 이 진 종 (李辰鍾)

1982년 전남대학교 생물학과 졸업. 1986년 전남대학교 대학원생물학과(이학석사). 1995년 전남대학교 대학원생물학과(이학박사). 1994-현재 전남과학대학 작업치료과 교수  
Tel : 061-360-5352  
E-mail : aromaheal@hanmail.net



#### 정 병 호 (鄭炳湖)

1997년 전남대학교(여수) 기관공학과 졸업. 1999년 조선대학교 전기공학과(석사). 2006년 조선대학교 전기공학과(박사). 2006~2009년 (주)기영미다스 선임연구원. 2009~현재 남부대학교 의료공학과 교수  
Tel : 062-970-0254  
E-mail : energy@nambu.ac.kr