

# 챔버 내측에 스프링형상을 갖는 유수형 자외선 살균장치 시뮬레이션

논문

59P-4-12

## Simulation for the Flowing Water Purification with Spring Shape Inside Chamber

정병균\* · 정병호<sup>†</sup> · 이진종\*\* · 정병수\*\*\*

(Byung-Gyeon Jung · Byeong-Ho Jeong · Jin-Jong Lee · Byeong-Soo Jung)

**Abstract** - Interest in application of ultraviolet light technology for primary disinfection of potable water in drinking water treatment plants has increased significantly in recent years. The efficacy of disinfection processes in water purification systems is governed by several key factors, including reactor hydraulics, disinfectant chemistry, and microbial inactivation kinetics. The objective of this work was to develop a computational fluid dynamics(CFD) model to predict velocity fields, mass transport, chlorine decay, and microbial inactivation in a continuous flow reactor. In this paper, It describe the how to design optimal UV disinfection device for ground water, BWT and rainwater. Spring shape instrument silver coated located in inner side of disinfection chamber. It make lead the active flowing movement target water and maximize disinfection performance. To search the optimal design method, it was performed computer simulation with 3D-CFD discrete ordinates model and manufactured prototype. Using proposed design method, performed simulation and proved satisfied performance.

**Key Words** : Spring Shape, Flowing Water Purification, 3D-CFD Simulation

### 1. 서 론

수처리분야의 살균방법은 열, 약품, 방사선, 오존, 자외선을 이용한 다양한 방법들이 수행되고 있다. 이중에서 광산화법에 이용되는 빛은 주로 자외선으로서 매우 깨끗하고 매우 높은 에너지를 가지고 있기 때문에 다른 수처리기술로는 처리가 불가능하거나 처리효율이 낮은 유기화합물의 분해·제거를 위해 적용되었다[1].

자외선살균램프를 이용한 수처리 살균기술은 수처리 대상이 되는 물에 광원을 직접 침수하여 살균하는 직접 침수형구조의 수중점등방식이 대부분으로 현재 시판중인 일부 정수기와 일부 수처리분야에서 활용하고 있다. 또한 자외선의 조사방법에 따라 물위점등(외조식), 수중점등(내조식) 및 자외선투과 유리관 또는 석영관 속의 유수를 그 바깥쪽에서 조사하는 등의 방식이 있다. 침수형 살균구조는 설치비가 싸고 보수가 쉬우며, 또 불순물이 있는 물을 살균하는데도 적당하고, 설비를 소형화할 수 있는 장점이 있다[2]. 이에 비해 유수형 살균방식은 처리유량, 장치의 부피, 처리속도등의 측면에서 침수형 살균방식보다 우수한 성능을 가지고 있으나 챔버의 형태나 자외선 조사량에 대한 설계방식에 따른 살균능이 크게 좌우된다. 유수처리용 자외선 살균장치는 자외선

램프의 점등시간, 투과력, 자외선 조사시간, 조사면적 등의 다양한 파라미터에 의해 살균성능자체가 결정되며 이러한 다양한 요소에 대한 해석과 분석이 요구된다[3].

이전의 자외선 살균방식을 도입한 유수처리장치의 설계에 대한 연구는 시뮬레이션 모델의 선정과정이나 효과적인 살균챔버의 설계와 같은 방식을 통해 정확한 살균능력을 확보하고자 하는 목적으로 제안되었다. 이 중 층류흐름방식을 유도하기 위한 U자형 챔버를 적용한 유수형 살균방식은 5W 자외선램프를 U형 챔버의 양단에 설치하여 직경 35mm의 스테레스 관로를 적용한 유수형 챔버를 설계 및 적용하였다[4][5]. 이러한 방식의 챔버 설계를 통해 장염비브리오균(*Vibrio parahaemolyticus*)의 제균에 적용하였으며 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[6]~[12]. 이러한 모델은 CFD, 분산예측, 램프 순시 모델을 이용한 분산된 위상 분자케도에 의해 생성되고 미생물 불활성과 등가조사의 감소의 예측에 도달하기 위한 미생물 불활성 동력학 모델에 의한 생성된다. 이 모델은 챔버의 출력단에서 층류흐름을 갖는 풀스케일, 다중 램프중압 자외선 램프 살균챔버에 적용될 수 있으나 이러한 실제 이 방식을 통한 시뮬레이션 상에서 지하수나 빗물을 살균하는데 적용하기 어려운 점은 프리필터의 적용여부, 탁도, 용존성분의 종류등에 대한 구체적인 해석과 적용이 일반적이지 않아 실질적인 적용이 어렵다는 점이다. 또한 자외선 조사강도를 높이는 적용에서도 유체흐름분석과 실제 살균능에 대한 분석이 이루어졌으나 살균성능을 높이기 위한 유체의 흐름을 제어하는 방식이 제안되지 못하였다[13].

\* 비회원 : 서강정보대학 임상병리과 교수 · 이박

<sup>†</sup> 교신저자, 정회원 : 남부대학교 의료공학과 교수 · 공박

E-mail: enjoypv@gmail.com

\*\* 비회원 : 전남과학대학 작업치료과 교수 · 이박

\*\*\* 비회원 : 남부대학교 컴퓨터전기정보학과 교수 · 이박

접수일자 : 2010년 11월 3일

최종완료 : 2010년 11월 18일

본 논문에서는 살균챔버의 내측에 스프링 형상을 부착하여 유체의 흐름에 역동적인 변화를 인가하여 자외선의 조사량을 극대화 시키는 작업을 통해 구조개선효과를 확립하여 우수처리형 살균장치의 최적의 설계를 위한 모델링을 통한 시뮬레이션 실험을 수행하였다. 챔버내부의 스프링형상을 갖도록 한 우수처리형 살균장치의 설계방식을 3D-CFD를 통한 Discrete Ordinates Model을 정립하고 이를 시뮬레이션을 통해 자외선 조사량을 확보하고 다양한 구성요소를 복합적으로 고려한 살균챔버의 설계기준을 제시하고자 한다. 이러한 실험은 향후 자외선 BWT등과 같은 우수처리분야의 고품질의 안정적인 살균시스템의 성능구현에 일조하고자 한다.

## 2. 자외선 우수살균 챔버의 설계

### 2.1 자외선 조사량과 살균특성

자외선 살균에 대한 메카니즘은 자외선의 조사에 의해 세포안의 핵산(DNA)이 변이하여 신진대사에 장애를 초래함으로써 증식능력을 잃어 숫자가 감소하는 특징이 있다고 알려져 있다. 이러한 자외선의 조사에 따른 살균성능은 cm<sup>2</sup>당 100[μW]의 강도를 가진 자외선을 1분간 조사하면 대장균, 디프테리아균 및 이질균이 99[%]가 사멸된다[8].

광산화법에 적용되는 에너지가 높은 빛에너지인 자외선이 높은 에너지를 방사하여 살균을 목적으로 할 때, 요구되는 에너지는 식 (1)의 자외선 조사량에 대한 정의와 같이 표현된다.

$$E_{\lambda} = \frac{hC}{\lambda_w} A_v \tag{1}$$

여기서  $E_{\lambda}$ 는 주어진 파장  $\lambda_w$ 에서 방사에너지 [KJ/einstein], C는 광속  $3 \times 10^8$  [m/s], h는 플랑크 상수  $6.625 \times 10^{-32}$  [J · s],  $\lambda_w$ 은 파장,  $A_v$ 는 Avogadro의 수  $6.023 \times 10^{23}$  [photons/einstein]이다. 또한 254[nm]의 파장에서 방사에너지가 472[KJ/einstein]으로 광활성에서 1 [einstein]은 1 [mole]로 표기하고 이는 472[KJ/einstein] 또는 472[KJ/mole] 보다 더 큰 에너지가 살균을 위해 공급되어야 함을 의미한다.

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 (220[nm]~280[nm])에서의 램프 출력이다. 이는 램프의 형태와 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 자외선의 효과적인 통과를 억제하므로 투수량계수는 가능한 최소조사량의 경우를 고려하여 설계에 반영하도록 해야 한다. 세 번째로 챔버구조로 유체는 최대 유량이 흐르는 것을 가정하여 계산해야 하며 이는 식 (2)을 통해 계산된다.

$$Dose, D = I \times t [m.J/cm^2] \tag{2}$$

여기서 I는 챔버의 최소조사량의 위치에서 자외선강도, t[sec]는 유체가 살균챔버를 통과하는데 걸리는 정체시간이다.

### 2.2 자외선 살균램프

저압 수은 아크램프는 254[nm]의 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 진극에 전류를 흘려 예열하고 에미터에서 열전자를 방출시키면 알곤가스를 매개로 하여 방전이 일어난다. 방전에 의해 관로에 흐르는 전자는 포화상태의 수은열기와 급격히 충돌하여 수은 공명선인 253.7[nm]을 발생한다. 표 1은 실험에 적용된 75[W]급 자외선 살균램프의 제품사양이다.

표 1 실험에 적용된 75[W] 자외선 살균램프의 사양  
Table 1 75[W] 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) (μW/cm <sup>2</sup> )	220	
Average Useful Life (h)	8,000	

또한 자외선램프는 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 챔버는 STS304소재를 가정한다. STS304의 조성은 18%Cr, 8%Ni, 74%Fe이다. 내식성 및 가공성이 우수하기 때문에 주방기기에서 우수전 등 첨단 분야에 이르기 까지 광범위하게 사용되고 있다. 반사율이 우수한 재료를 사용하는 것은 살균선을 효과적으로 이용하는 하나의 수단으로 전해연마된 STS304의 반사율은 60[%]이상이다. 제작된 STS304의 최대 사용압력 8.62[bar]이다. 입수와 출수의 위치는 초기 수압에 의해 석영관이 영향을 받을 수 있어 아래에서 위로 우수하도록 하는 구조를 갖도록 하였다. 그림 1은 챔버 내측에 스프링형상의 링을 삽입한 우수형 자외선 살균챔버의 투영을 나타낸다.

석영관은 고순도(99.99%이상)재질의 무수규산(SiO<sub>2</sub>)으로 가스함유량이 적고 화학적으로 안정화되고 있어 고온에서도 안정성을 확보할 수 있으며 연화점이 1,683℃이다. 또한 열팽창 계수가 적어 급냉, 급열에서도 잘 견딘다. 열팽창 계수  $5 \times 10^{-7}$  [cm/°C]이고 빛 투과성이 뛰어나 자외선 파장의 영역은 물론 적외선 파장의 빛도 잘 투과시킨다. 전기절연성이 높고 내산성이 매우 높아 자외선램프의 보호에 적절하다.

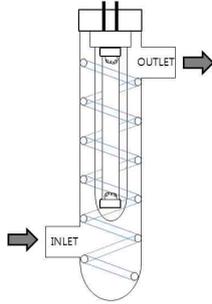


그림 1 실험에 적용된 자외선 살균 챔버의 구조  
Fig. 1 UV disinfection chamber structure

### 3. 시뮬레이션 실험

#### 3.1 시뮬레이션을 위한 해석 모델

본 연구는 자외선램프를 이용한 유수 살균처리장치, 모델의 구성은 입구와 출구 노즐을 포함한 튜브와 자외선을 생성하는 주요 부분인 자외선형광등, 자외선형광등과 유수를 분리 역할 하는 투명 석영 유리관, 자외선 조사량을 늘리기 위한 은으로 제작된 스프링 등으로 구성되어 있다. 자외선 살균 성능 계산을 위한 시뮬레이터는 다양한 CFD(Computational fluid dynamics) 소프트웨어 중에서 자외선 살균성능계산에 최적화되었다고 알려진 FLUENT 6.3을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였고 총 900,000~1,500,000여개의 유체 유동 격자를 구성하여 계산을 수행하였다.

#### 3.2 지배방정식 및 경계조건

연속 방정식은 식 (3)과 같다.

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_k} = 0 \quad (3)$$

운동량 방정식은 식 (4)과 같다.

$$U_k \frac{\partial U_i}{\partial x_k} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_k} \left( v \frac{\partial U_i}{\partial x_k} - u_i u_k \right) \quad (4)$$

난류모델은  $k-\epsilon$  모델을 사용하였으며 난류 운동에너지  $k$  와 난류 운동에너지 소멸율  $\epsilon$ 에 대한 방정식은 각각 식 (5), 식(6)과 같다.

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

$$U_k \frac{\partial \epsilon}{\partial x_k} = \frac{\partial}{\partial x_k} \left[ \left( v + \frac{v_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_k} \right] + \frac{\epsilon}{k} (C_1(P + G) - C_2\epsilon) \quad (6)$$

지배방정식과 난류방정식을 일반형으로 표시하면 식 (7)과 같다.

$$\frac{\partial}{\partial x_k} (\rho U_k \phi) = \frac{\partial}{\partial x_k} \left( \Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x_k} \right) + S_\phi \quad (7)$$

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.

시뮬레이션을 위한 자외선방사는 Discrete Ordinates Model을 사용하였으며 식 (8)과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial I_{si}}{\partial x_i} + (a + \sigma_s) I(r, s) \\ = an^2 \frac{\sigma T^4}{\pi} + \frac{\sigma_s}{4\pi} \int_0^{4\pi} I(r, s') \Phi(s, s') d\Omega' \end{aligned} \quad (8)$$

좌변의 두번째항은 흡수률, 우변의 초항은 자외선 방사률, 둘째항은 자외선의 산란을 나타내고 속도와 온도에 대한 경계 조건은 입구와 벽면에서 작업유체의 조건은 물, 작업유체의 압력이  $2.5[kg/cm^2]$ 이고 입구에서의 경계조건은 식 (9)과 같고 이에 따른 질량 유동율은  $0.1767[kg/s]$ , 입구온도  $288[K]$ 이다.

$$u = 1m/s, v = 0, k = 0.5\% \quad (9)$$

벽면에서의 경계조건은 식 (9)과 같다.

$$u = v = 0 \quad ; \quad \text{wall function} \quad (10)$$

자외선 램프의 열유속 조건  $q = 75[W]$  이다. 유한체적법(FVM, Finite Volume Method)을 사용하여 검사체에 대한 지배방정식 (7)의 차분방정식을 구하면 식 (11)과 같다.

$$\phi_p \sum_i (A_i - S_p) = \sum_i A_i \phi_i + S_c \quad (11)$$

좌표계는 일반 X-Y 좌표계를 사용하고, 대류항 계산은 Power-law scheme을 사용하여 해석을 수행하였다.

$$\bar{R} = \frac{\sum_{nodesP} | [A_E \phi_E + A_W \phi_W + A_N \phi_N + A_S \phi_S + S_C - A_P \phi_P] |}{\sum_{nodesP} | (A_P \phi_P) |} \leq 10^{-6} \quad (12)$$

대략 900,000~1,500,00개의 계산격자는 하였고, 해의 수렴판정은 식(10)의 속도, 압력 각각에 대하여 계산 영역 전체의 잔류항의 총합이  $10^{-6}$ 이하가 되는 시점으로 하였으며, 수렴조건에 이르기까지는 6,000~7,000회의 반복 계산이 필요하였다.

## 4. 실험결과

#### 4.1 계산영역 및 계산계자

그림 2는 스프링을 포함하지 않는 경우의 계산영역과 격자계산영역이 나타낸다. 계산영역의 전체 길이는  $1[m]$ 이며, 구성은 입구 노즐직경  $15[mm]$ , 출구 노즐직경  $15[mm]$  이고, 튜브와 자외선을 생성하는 주요 부분인 형광등의 직경은  $25[mm]$ , 길이  $1000[mm]$ 이고, 자외선램프를 보호하기 위한 석영관은 직경이  $30[mm]$ 로 구성된다. 스프링이 포함된 계산영역과 계산격자는 그림 3에 나타나 있으며 전체 계산격자수는  $900,000 \sim 1,500,000$  셀로 구성하였다.

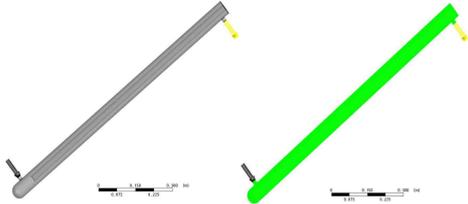


그림 2 스프링이 없는 경우 계산영역과 계산격자  
Fig. 2 Calculation area and lattice without spring

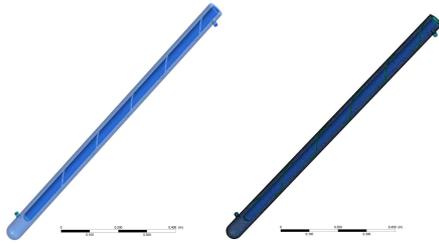


그림 3 스프링이 포함된 계산영역과 계산격자  
Fig. 3 Calculation area and lattice with spring

4.2 스트림라인

그림 4는 입구로부터 출발한 유체의 스트림라인(streamline)을 보여주고 있다. 챔버의 입구부터 1[m/s]의 속도로 출발한 유체는 외벽에 부딪쳐, 일부는 SUS304 외벽을 타고 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.

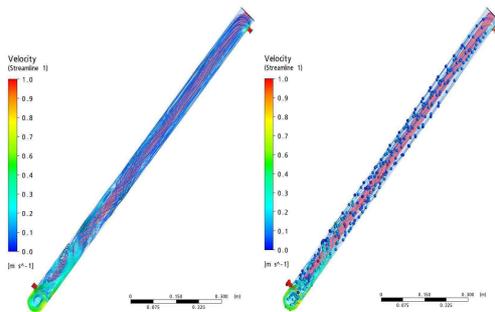
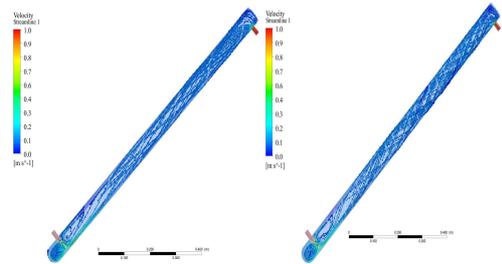


그림 4 내측 스프링이 없는 챔버의 스트림선  
Fig. 4 Stream line without spring at inner side

회전력이 떨어진 유체는 점차 안정화되어 Fully developed된 유체 흐름을 나타내게 되며, 이때 유속은 0.09 - 0.15[m/s] 정도이다. 질량 유동율을 토대를 고려한 유체 흐름을 고찰하면, 입구측 속도가 1[m/s]이면 입구에서의 질량 유동율은 0.1767[kg/s]이며, 석영관과 SUS304 실린더 사이에 흐르는 유속은 연속방정식( $\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2$ )으로부터 구하면 0.1[m/s] 정도이며, 유체가 입구로부터 출구로 빠져나가는 시간은 대략 9[sec] 정도 될 것으로 판단되며, 이는 전산해석 결과와도 잘 부합한다.

그림 5는 살균챔버 내측에 스프링 형상을 삽입한 경우로 그림 5(a)는 권선수가 5회전, 그림 5(b)는 권선수가 22회전으로

유체가 스프링의 영향으로 회전하면서 유동하는 것을 관찰할 수 있다. 또한 스프링의 권선수가 많아질수록 유체가 더 많이 회전하는 것을 볼 수 있는데 이는 유체가 나아가야할 거리의 증가로 나타나며, 즉 이는 자외선이 조사되는 시간의 증가를 의미한다.



(a) 권선수=5 (b) 권선수 =22  
(a) Turns number=5 (b) Turns number=22

그림 5 챔버 내측 스프링형상을 갖는 스프링구조의 자외선 살균 챔버

Fig. 5 Stream line without spring at inner side

그림 6은 전체 유동장에 대한 속도분포를 나타낸다. 그림 6에서 유추하여 보면, 자외선이 유수에 조사되면 와류가 발생하는 영역에서 좀 더 많은 양의 자외선이 조사될 수 있을 것으로 판단된다.

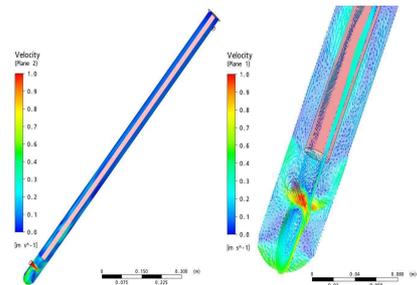


그림 6 속도분포  
Fig. 6 Velocity distribution

그림 7은 스프링의 권선수에 따른 속도분포를 나타내었고 관의 길이와 방향(Z=0.5)에서의 속도분포이다. 그림 8에서

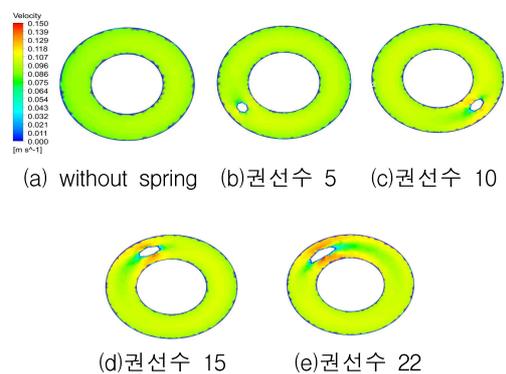


그림 7 살균챔버 중앙에서의 권선수에 따른 속도분포  
Fig. 7 Velocity distribution in regard to turns number of spring at chamber center

시물레이션한 결과와 같이 권선수가 증가할수록 유속이 증가하는데 이는 스프링 단면적을 줄여 속도증가를 유발하는 것으로 파악된다. 또한 유속의 증가는 유수에 의한 압력강하를 유발한다.

### 4.3 온도분포

UV 살균장치에 대한 온도분포가 그림 8에 나타나 있다. 특히 75W UV 형광등이 석영 유리관에 채워져 있는 공기를 가열하여 최대 온도가 291.7K 까지 올라가지만, 물의 온도를 상승 시키지는 못한다.

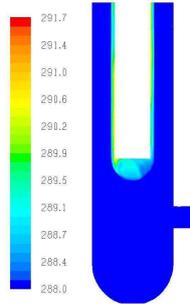


그림 8 온도분포  
Fig. 8 Temperature distribution

살균챔버의 온도상승의 어려움은 에너지 balance를 고려하여 볼 때, 형광등으로부터 방열되는 총 열에너지 50W가 물의 온도를 높이는데 사용하면, 에너지 balance 식  $Q = m\dot{C}\Delta T$ 로부터 계산 하면, 물의 상승온도는 0.1K도 되지 않기 때문이다.

### 4.4 자외선 조사량

자외선의 복사에너지 조사량이 그림 9에 나타나있다. 형광등 표면에서 UV 량은  $1675 W/m^2$ 이며, 이를 단위환산하면  $167.5 mW/cm^2$ 가 된다. 형광등과 석영 보호관 사이의 공기 중에서 조사 강도가 약간감소 하지만 전반적으로  $160 mW/cm^2$ 를 균일하게 유지하는 것을 알 수 있다. 따라서 유체가 입구로부터 출구까지 걸리는 시간이 9~10초이고, 자외선 조사강도가  $160 mW/cm^2$  라면, 이 시간동안 총 조사량은  $1.1\sim 1.28 W/cm^2$ 임을 알 수 있다.

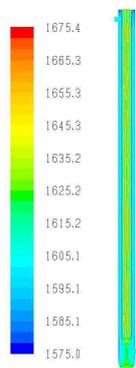


그림 9 자외선의 복사에너지 조사량  
Fig. 9 UV radiation intensity

### 4.5 실험결과 고찰

자외선 살균챔버에 스프링이 있는 경우와 없는 경우에 대한 압력강화, 평균유속, 자외선 조사시간이 표 2에 정리하여 나타냈다.

스프링의 권선수가 증가할수록 압력강하는 증가하며, 평균유속은 또한 증가한다, 하지만 권선수의 증가는 유체 유동을 회전시키는 와류를 발생시켜 유체의 살균챔버내의 체류 시간을 증가하여 자외선 조사시간을 증가시킨다

표 2 스프링 회전수에 따른 압력강하 및 통과시간

Table 2 Pressure drop and passing time in regard to spring turns number

	No Spring	With spring (5T)	With spring (10T)	With spring (15T)	With spring (22T)
압력강하 (Pa)	1,760	1,890	1896	1912	1915
평균속도 (m/s) Z=0.5m	0.092	0.096	0.099	0.102	0.104
평균통과 시간(s)	9	10	10.5	11	12

## 5. 결 론

자외선 살균장치는 광활성의 특성으로 인해 최대한 많은 양의 자외선을 처리대상에 끌고루 조사시키는 과정이 반드시 필요하다. 본 논문에서는 스프링구조의 형상을 갖는 온도체를 자외선 살균챔버 내측벽에 설치하여 유수의 흐름에 영향을 최소화하면서 살균챔버 내에서 은소재의 스프링구조에 의한 와류를 발생시켜 자외선의 조사시간을 확보하고 대상체에 대한 조사면적을 확장시키는 구조의 자외선 유수처리형 챔버에 설계에 대한 연구를 수행하였다.

실험을 수행한 결과 스프링구조를 갖는 챔버는 챔버내에서 와류를 형성하여 자외선 조사량을 충분히 확보하여 유수에 대한 살균성능을 극대화한 최적화 설계가 가능할 것으로 사료되며 상수도, BWT, 가정용정수기, 빗물처리장치 등에 적용되어 보다 우수한 자외선 살균챔버의 설계기술을 제공할 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Eugen Nisipeanu and Muhammad Sami, "Computer Simulation Optimizes Design of 자외선 Disinfection Reactors", Water Conditioning & Purification, February 2004 62-64
- [2] NWRI. 2000. Ultraviolet Disinfection Guidelines for Drinking Water and Water Reuse, National Water Research Institute and American Water Works Association, Research Foundation, Fountain Valley, CA.
- [3] C Shan, Assessment of Deficiency of Fish Tank Water 자외선 Disinfection and Remedial Measures, Research Fund for the Control of Infectious Diseases, 06 2007
- [4] 임현수, 김승모, 최명락, 최춘순, 공홍진, 김정희, "수조수

- 살균을 위한 고성능 관형 자외선 살균장치”, Food Engineering progress. Vol.3, No. 3, pp. 164-169, 1999
- [5] 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
- [6] 정병호, 이강연, “자외선램프를 이용한 우수처리장치 설계 시뮬레이션”, 조명전기설비학회 논문지, Vol. 23, No. 9, 2009, pp. 17-23.
- [7] Dennis J. Greene, Charles N. Haas, Bakhtier Farouk, Computational Fluid Dynamics Analysis of the Effects of Reactor Configuration on Disinfection Efficiency, Drexel E-Repository and Archive (iDEA) September 2006 909-919
- [8] Christoph Reichl, Christoph Buchner, Georg Hirschmann, Regina Sommer, Alexander Cabaj, “Development of a simulation method to comparison to biosimetric measurements”, Conference on Modelling Fluid Flow (CMFF’06) The 13th International Conference on Fluid Flow Technologies Budapest, Hungary, September 6-9, 2006
- [9] Guo Liu, An investigation of 자외선 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
- [10] 박영규, “수돗물 소독방법의 최근 동향”, 제 22차 국제 환경문제 심포지움, Vol. 19, No. 2, 2002pp. 153-170.
- [11] 신동호, 김진현, 김정민, 고승민, 모효원, 이용택, “하수방류수의 자외선 살균을 위한 설계인자 최적화에 관한 연구”, 응용화학, Vol. 8. No. 2, Oct. 2004, 697-700.
- [12] Bolton, James R. “Advanced Oxidation 자외선 Treatment of Organic Pollutants in Drinking Water” “International Ultraviolet Association (I자외선A) News. Vol.4/No.3 2002. P. 16-17.
- [13] 정병균, 이진중, 정병호 “UV램프를 이용한 우수처리형 살균장치의 설계방법” 대한전기학회 논문집 P권. Dec. 30, 2009.

## 저 자 소 개



### 정병균 (鄭炳均)

1993년 전남대학교 생물학과(이학석사).  
1996년 전남대학교 생물학과(이학박사).  
1995-현재 서강정보대학 임상병리과 교수  
Tel : 062) 520-5173  
E-mail : hi-jbk@hanmail.net



### 정병호 (鄭炳湖)

1999년 조선대학교 전기공학과(공학석사).  
2006년 조선대학교 전기공학과(공학박사)  
2009~현재 남부대학교 의료공학과 교수  
Tel : 062) 970-0254  
E-mail : energy@nambu.ac.kr



### 이진중 (李辰鍾)

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



### 정병수 (鄭炳洙)

1988년 전남대학교 전산통계학과(이학석사).  
2005년 전남대학교 컴퓨터공학과(이학박사).  
1991~1999 전남과학대학 교수  
2000~현재 남부대학교 컴퓨터전기정보학과 교수  
Tel : 062) 970-0122  
E-mail : bsjung@nambu.ac.kr