

## 노즐 배치에 따른 와류 세척기 내부 유동 비교

정남균\*

\*인하공업전문대학

e-mail:nkjung@inhatc.ac.kr

### Comparison of Internal Flow in a Vortex Cleaner Based on Nozzle Arrangement

Nam-Gyun Jeong\*

\*Dept. of Mechanical Engineering, Inha Technical College

#### 요약

세척 공정은 다양한 산업 분야에서 활용되고 있는데, 식품 제조 및 가공 공정에서도 곡물, 과일, 채소 등과 같은 식자재의 세척을 위하여 사용되고 있다. 세척 공정은 다양한 물리적, 화학적 방식이 존재하나 최근 식자재 세척에 와류 유동을 이용한 방식이 널리 활용되고 있다. 와류 생성은 분사 노즐의 유량, 분사 각도, 위치에 따라 크게 영향을 받는데, 본 연구에서는 두 가지 노즐 배치 방법을 세척기 설계에 반영하고 유동해석을 통하여 와류 생성 정도를 비교하였다.

### 1. 서론

산업용 세척 공정은 정밀 부품, 의료기기, 반도체 소자 등 청정도가 요구되는 다양한 분야에서 필수 공정으로 활용되고 있다. 세척 공정은 처리 대상에 따라 물리적 방식이나 화학적 방식이 적용될 수 있는데, 물리적 세척 방식으로는 고압수 분사, 브러시 마찰, 초음파 진동 등이 활용되며 이러한 방식은 구조가 비교적 단순하고 반복성이 높다는 장점이 있다. 또한, 화학적 세척 방식은 산 또는 알カリ 용액, 유기용제 등을 활용하여 높은 세정력을 보이지만 환경오염 및 안전 문제 등의 단점이 존재한다.

식품 제조 및 가공 공정에서도 위생과 품질 관리를 위한 세척 기술이 활용되고 있는데, 곡물, 과일, 채소 등과 같은 신선 식자재의 경우 표면에 부착된 흙, 잔류 농약, 미생물 등을 효과적으로 제거하기 위한 세척 방법이 요구되며, 최근에 이러한 식자재 세척에 있어 기존 물리적 세척 방식의 세척 한계와 화학적 방식의 환경오염 및 안전 문제 등의 단점을 극복하기 위해 와류(Vortex) 유동을 이용한 방식이 대안으로 널리 활용되고 있다.

와류를 이용한 세척 방식은 유체의 회전 운동을 기반으로 세정 대상의 표면에 전단력을 증가시킴으로써 오염물을 제거하게 되고, 이러한 와류 생성은 노즐의 유량, 분사 각도, 위치

에 따라 크게 영향을 받기 때문에 와류를 이용한 세척기 개발을 위해서는 세척 노즐의 공간배치, 작동 조건에 따른 세척기 내부 유동에 대한 분석이 우선적으로 요구된다[1].

본 연구에서는 세척기 내부에 설치되는 노즐의 배치에 따라 노즐로부터 분사되는 제트류가 세척조 전체 유동 및 와류 생성에 미치는 영향을 전산유체해석을 통해 알아보았다.

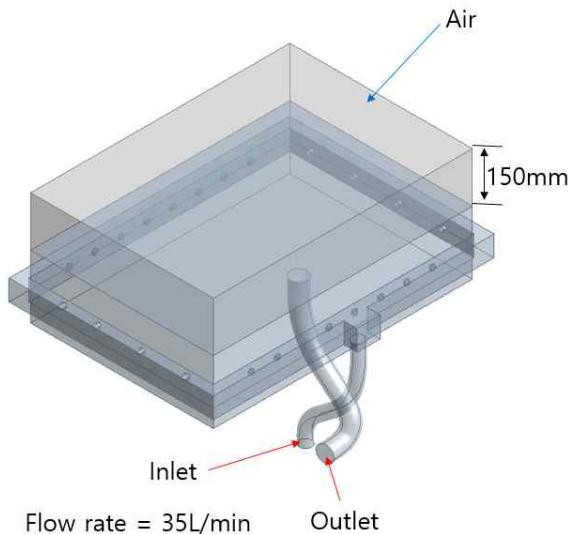
### 2. 본론

#### 2.1 해석형상 및 격자

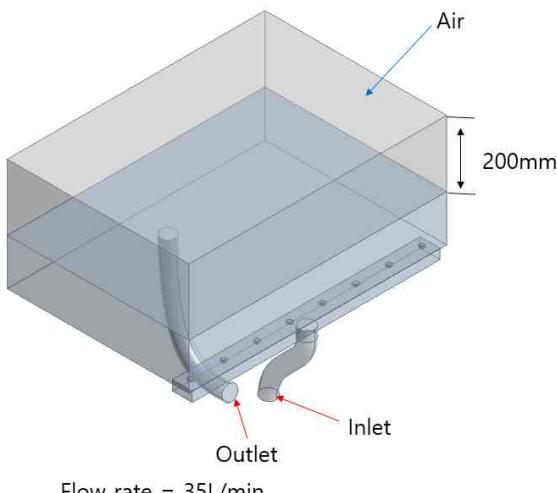
해석에 사용된 형상은 그림 1과 같다. 펌프로부터 토출되어 세척기로 유입되는 배관에 매니폴드(Manifold)를 설치하고 다수의 노즐을 통하여 세척조로 물이 분사될 수 있도록 구조물을 설계하였다. 노즐 배치를 두 가지로 하여 내부 유동을 비교하였는데, 첫 번째 설계 안에서는 노즐을 매니폴드의 4 면에서 수평으로 물이 분사될 수 있도록 배치하였고, 두 번째 설계 안에서는 한 쪽에서 수직으로 분사될 수 있도록 노즐을 배치하였다. 세척조 하부는 물로 채워져 있고 상부는 외부 공기에 노출되어 있으므로, 초기에 물로 채워진 부분과 공기로 채워진 부분을 쉽게 구분하기 위하여 세척조의 해석 영역을 두 공간으로 분리하였다.

그림 2에는 첫 번째 설계 안에 대한 격자를 나타내었다. 전체적으로 Tetrahedral 격자를 사용하여 격자계를 구성하였

고, 벽면에서 점성에 의한 영향을 제대로 반영하기 위하여 벽 근처에서는 경계층 격자를 사용하여 격자를 생성하였으며, 두 번째 안에 대한 격자계도 첫 번째 설계 안의 경우와 동일한 방법으로 격자를 생성하였다.

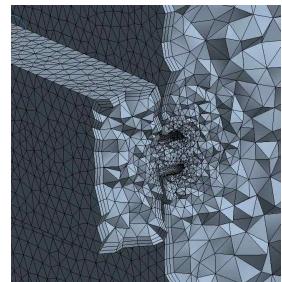


(a) 노즐 배치 1안



(b) 노즐 배치 2안

[그림 1] 해석에 사용된 형상



[그림 2] 해석용 격자

## 2.2 해석결과

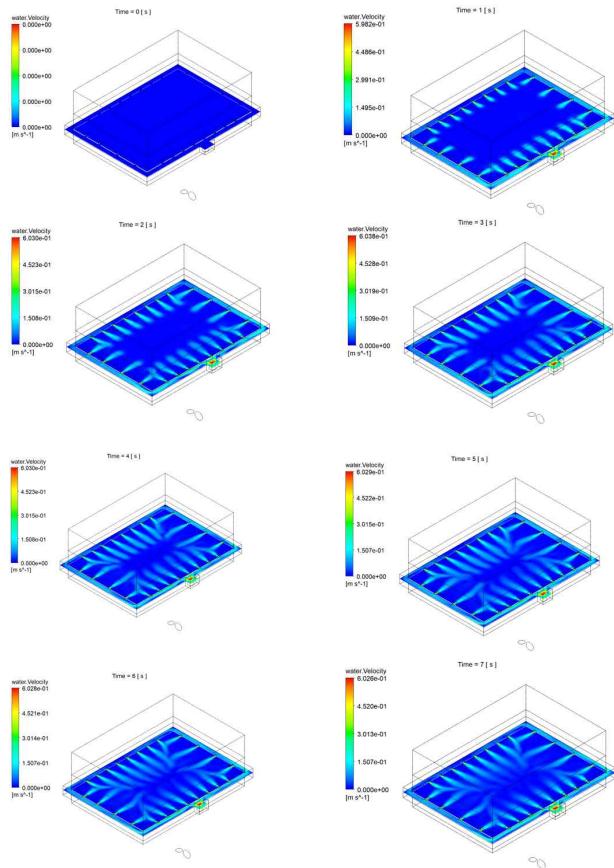
해석을 위한 프로그램으로는 일반적으로 전산유체해석에 널리 사용되는 상용프로그램인 ANSYS CFX를 사용하였다. 노즐을 통하여 세척기 내부로 유입되는 물의 총 유량은 35 L/min이라고 가정하였고, 외기 압력은 대기압으로 설정하였다. 전체 해석은 Transient 해석으로 진행하였으며, 시간 간격 0.1 sec, 총 계산 시간 30 sec에 대해서 계산을 수행하였다.

그림 3에 첫 번째 설계 안에 대한 유동 해석 결과를 나타내었는데, 노즐을 통해 물이 분사되기 시작한 후 6초 이후부터는 세척기 내부 유동흐름에 큰 변화가 없는 것을 알 수 있다. 30초 후의 유선분포 결과를 보면 노즐 배치 1안의 경우는 세척조 내부에 와류가 거의 생성되지 않고 있어, 첫 번째 설계 안의 경우는 노즐의 배치가 와류 발생 세척기에 적합하지 않음을 알 수 있다.

그림 4에는 두 번째 설계 안에 대한 해석 결과를 유선분포를 통하여 나타내었는데, 노즐 배치 1안과는 달리 세척조 내부에 와류가 형성되고 있음을 알 수 있다.

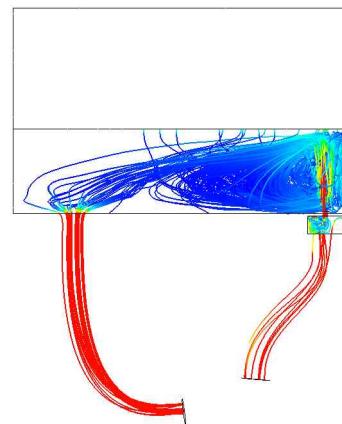
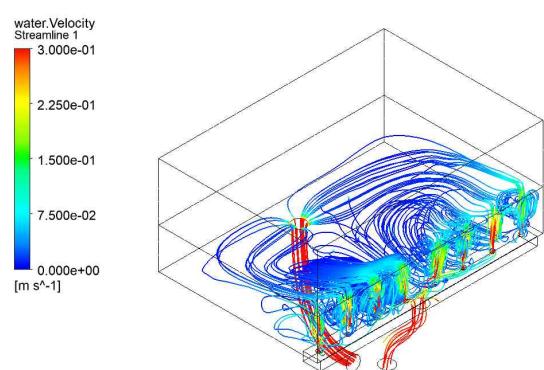
본 연구에서는 두 가지 노즐 배치에 대한 해석을 수행하였고, 두 해석 결과를 통하여 와류를 이용한 세척기를 개발함에

있어 노즐을 배치하는 방법이 기기의 성능에 매우 큰 영향을 미칠 수 있다는 것을 확인하였다.

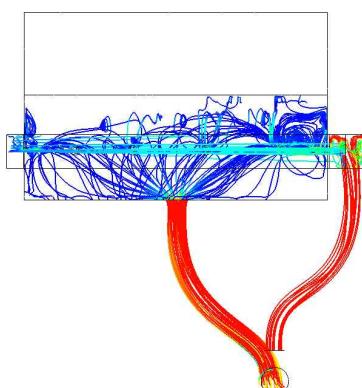
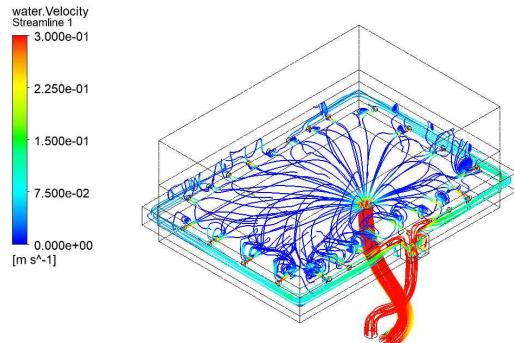


(a) 유동장 결과

(b) 유선 분포 결과  
[그림 3] 노즐 배치 1안 해석 결과



[그림 3] 노즐 배치 1안 해석 결과



## 참고문헌

- [1] 김진영, 송치성, 김병덕, 이영호, “PIV에 의한 인삼세척기의 특성연구”, 한국마린엔지니어링학회, 2000년도 춘계 학술대회 논문집, pp. 140–145