

# CT4) 2단식 전기집진기 내에서 블록의 영향에 따른 입자의 집진효율 Collection Efficiency of Particles with Effect of Blocks in the Two-Stage Electrostatic Precipitator

박성호 · 박청연<sup>1)</sup>

경일대학교 기계공학부, <sup>1)</sup>경일대학교 환경열공학연구소

## 1. 서론

유해입자 배출 저감을 위한 대기오염 제어장치로는 필터(filter), 관성장치(inertial devices), 침전조(settling), 스크러머(scrubber), 전기집진기(ElectroStatic Precipitator, ESP) 등이 있다. 이 중, 정전기력을 이용한 전기집진기는 대전과정과 집진과정이 동일한 곳에서 이루어지는 1단식(one-stage)과 독립적으로 이루어지는 2단식(two-stage)으로 분류되며, 2단식의 경우, 대전부(charging section)와 집진부(collecting section)는 몇 개의 대전셀(charging cell)과 집진셀(collecting cell)들로 구성되어 있다. 본 연구에서는 2단식 전기집진기의 집진부의 해석을 위하여 그림 1에서 보는 바와 같이 집진부 영역을 지정하고, 입자가 집진부 내에서 상류블록과 하류블록의 영향을 함께 받는 경우와 상류블록의 영향만 받는 경우로 나누어, 이 두 경우에 따른 입자의 이동 및 집진효율을, 수치 해석적 연구를 통해 비교, 분석하였다.

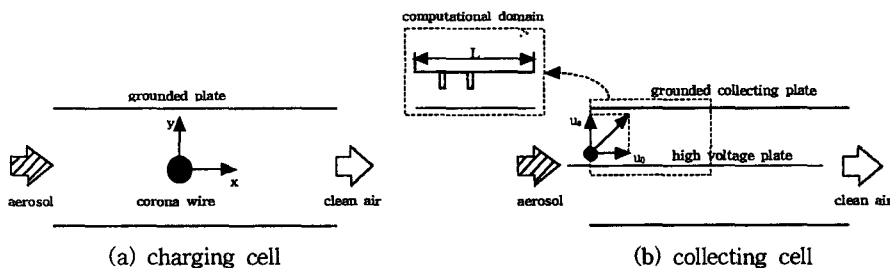


Fig. 1. Two-Stage electrostatic precipitator.

## 2. 본론

전류발생의 원인이 되는 공간전하는 입자가 가지고 있는 전하와 기체중의 이온에 의해 형성된다. 단분산(monodisperse) 입자의 경우, 한 입자의 전하량과 수농도(number concentration)에 비례하며 이는 유동장과 전기장에 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 집진부에 대하여 낮은 입자 수농도를 가정함으로써 일방연계(one-way coupling)가 적용되며, 전기장하에서 입자전하의 영향은 무시한다. 또한 이온은 코로나 방전이 없는 경우에는 존재하지 않는다고 가정함으로써 전기장에 대한 방정식은 Laplace방정식으로 간단히 표현할 수 있다. 유동장에 대해서는 레이놀즈 용력을 계산하기 위하여 본 연구에서는 유동해석의 수렴성이 우수한 표준  $k-\epsilon$  모델을 적용하였다. 입자의 궤적을 계산하기 위한 무차원화된 입자의 운동방정식은 아래와 같다.

$$\frac{du_i^p}{dt} = \frac{C_D Re_p}{24Stk} (u_i - u_i^p) + \frac{Es}{Stk} qE;$$

경계조건으로 입구와 출구에서 Neumann조건, 벽에서 비활(no-slip)조건, 그리고 벽에서 가장 가까운 격자(grid)에 대해서는 벽함수(wall function)를 적용하였으며, SIMPLER 알고리즘에 의해 차분화된 방정식은 직교좌표계에서 비균일화된 각 격자점에 대한 질량 생성항의 오차에 대한 만족도가  $10^{-6}$ 보다 작으면 수렴한 것으로 간주하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 입자가 상류블록의 영향만 받는 Case 1의 경우와 상류블록과 하류블록의 영향을 함께 받는 Case 2의 경우에 대한 입자부착량을 예상하기 위한 그림이다.

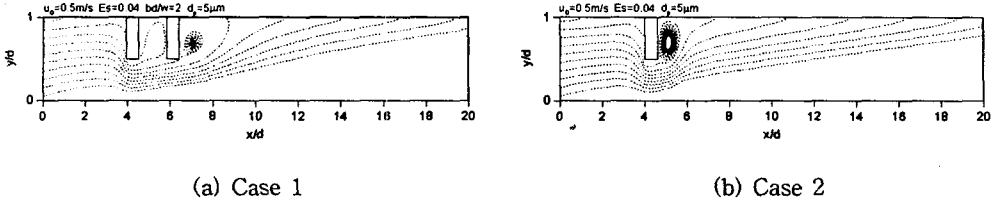


Fig. 2. Particle trajectories according to one block case(Case1) and two blocks case(Case 2).

두 경우 모두 전기력과 관성력의 영향, 어느 쪽도 연속적으로 우세하지 못하여 재순환영역에 머물며 계속적으로 회전하는 입자를 볼 수 있다. 입경이 비교적 작은 입자는 관성력의 영향이 작고 정지거리가 짧기 때문에 쉽게 기류의 변화에 적응하며 재순환영역으로의 유입이 쉬워진다. 또한 재순환영역으로 유입된 입자는 대부분 부착이 이루어지고 덕트의 벽 부근에서도 입자의 부착이 쉬워지게 되는데 이는 벽 부근을 지나는 속도벡터와 재순환영역에서의 속도벡터의 크기가 감소하여 상대적으로 강한 전기력의 영향을 받기 때문이다.

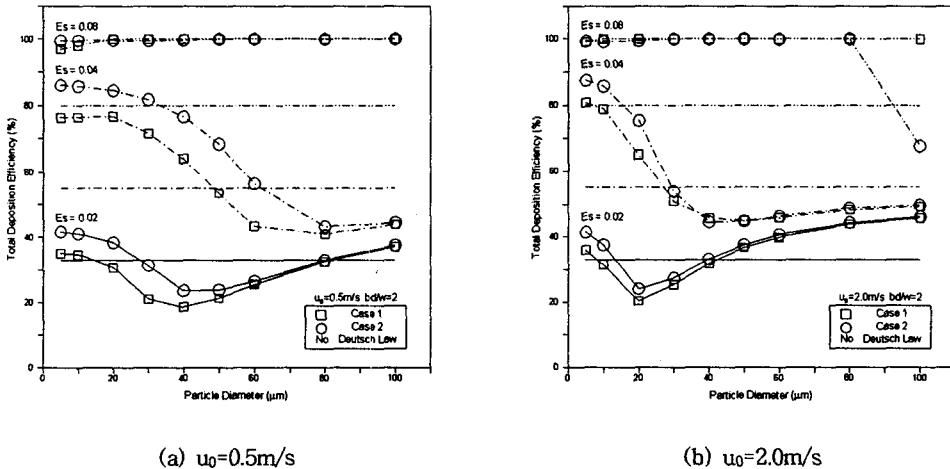


Fig. 3. Total deposition efficiency according to one block case(Case 1), two block case(Case 2) and Deutsch law.

그림 3은 Case 1과 Case 2에 대한 총 집진효율을 Deutsch 효율식과 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이, 정전수가 비교적 낮은  $Es=0.02$ 와  $Es=0.04$ 에서 입경이 작을수록 Case 2인 경우가 집진효율이 높게 나타나며, 입구 평균 유입속도가 증가함에 따라 Case 2의 경우, 최소효율입경에 근접하는 입경의 집진효율이 큰 폭으로 감소하고 있음을 볼 수 있다. 또한 입경이 비교적 작을 때, 두 경우에 대한 집진효율은 언제나 Deutsch 효율식보다 집진효율이 높다.

### 참고 문헌

1. Suh, Y.J. and S.S. Kim (1996) The Effect of Obstructions on the Particle Collection Efficiency in a Two-Stage Electrostatic Precipitator, J. Aerosol Science, Vol 27, 61~74.
2. Yamamoto, T. and H.R. Velkoff (1981) Electrohydrodynamics in an Electrostatic Precipitator, J. Fluid Mech, Vol 108, 1~18.