

주방환기용 그리스 필터의 입자포집 특성에 관한 수치해석

김 기 정, 배 귀 남^{*†}, 김 영 일^{**}, 허 남 건^{***}

서강대학교 대학원, ^{*}한국과학기술연구원 지구환경연구센터,
^{**}한국과학기술연구원 열유동제어연구센터, ^{***}서강대학교 기계공학과

A Numerical Study on the Particle Collection Characteristics of a Grease Filter for Kitchen Ventilation

Ki-Jung Kim, Gwi-Nam Bae^{*†}, Youngil Kim^{**}, Nahmkeon Hur^{***}

Graduate School, Sogang University, Seoul 120-700, Korea

^{*}Global Environment Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Korea

^{**}Thermal/Flow Control Research Center, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Korea

^{***}Department of Mechanical Engineering, Sogang University, Seoul 120-700, Korea

(Received April 12, 2002; revision received August 22, 2002)

ABSTRACT: A grease filter is used to remove grease generated from a cooking appliance in a kitchen. This numerical study has been conducted to investigate the particle collection characteristics of a grease filter having nominal flowrate of 100 m³/h. The flow field and particle trajectories in the grease filter with a flow chamber were simulated by using the commercial code of STAR-CD. The air velocity and pressure distributions were discussed in detail. The pressure drop of a grease filter rapidly increases with increasing the air flowrate. The numerical values of the pressure drop are slightly lower than the experimental values when the air flowrates are 50, 75, and 100 m³/h. The particle collection efficiency of a grease filter increases with increasing the particle diameter, the particle density, and the air flowrate, which means that the inertial impaction is a dominant particle removal mechanism in a grease filter. The cut-off diameter of the tested grease filter representing 50-% collection efficiency is about 11.6 μm for water droplets at 100 m³/h.

Key words: Grease filter(그리스 필터), Particle(입자), Collection efficiency(포집효율), Pressure drop(압력강하), Inertial impaction(관성충돌), Kitchen ventilation(주방환기)

1. 서 론

실내공기는 외기의 실내유입이나 건축자재, 건물의 부대설비, 재실자, 인간의 활동 등에 의해 실내에서 발생하는 입자상 또는 가스상 물질로

오염된다. 실내의 대표적인 오염원이 주방의 조리용 연소기구인데, 대부분의 주방이 폐쇄된 공간이 아니므로, 조리시 주방에서 발생된 오염물질이 거실이나 방으로 확산되어 실내 공기질을 악화시킨다. 조리과정에서 발생하는 유해가스 또는 그리스 입자를 신속히 제거하기 위하여 후드와 같은 주방환기설비가 널리 사용되고 있다.

최근 국내에서도 주택의 주방환기에 대한 연구가 활발하게 수행되고 있다. Jung and Han⁽¹⁾은 보급공기가 주방 배기시스템의 성능에 미치는 영

† Corresponding author

Tel.: +82-2-958-5676; fax: +82-2-958-5805

E-mail address: gnbae@kist.re.kr

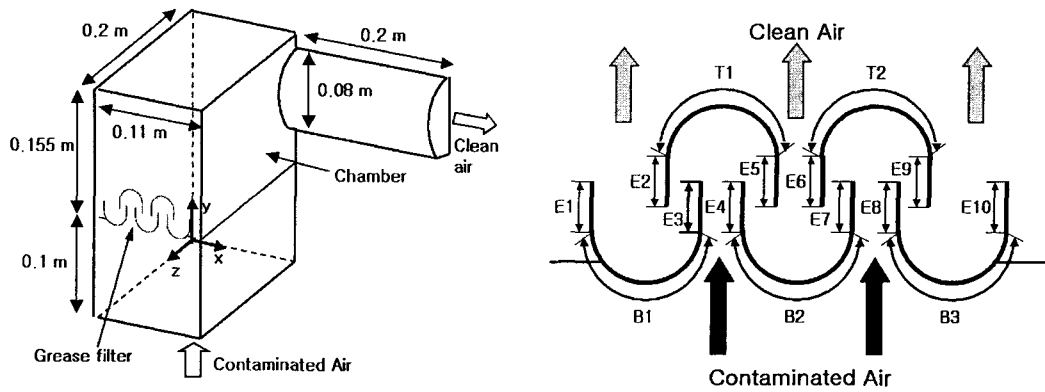


Fig. 1 Schematic diagram of the grease filter with a flow chamber.

향에 관한 실험을 수행하여 보급공기를 급기할 경우 열이나 가스의 포집효율이 증가함을 알아냈다. Kim et al.⁽²⁾은 가스 레인지와 창문의 위치에 따른 주방의 배기성능을 수치해석적 방법으로 연구하였다. 현재 주방환기설비로 레인지 후드가 보편화되어 있고, 최근에는 레인지 후드에 추가로 에어제트 노즐, 그리스 필터 등을 결합한 주방환기설비가 개발되어 시판되고 있다.

보통 수 μm 이상의 큰 입자는 관성이 크고, 중력의 영향을 상대적으로 많이 받는다. 주방에서 발생하는 그리스 기름방울은 수 μm 이상이므로, 그리스 필터는 입자의 관성과 중력의 영향이 크게 나타나도록 유로의 형상을 설계하여 그리스 기름방울을 제거시킨다. 에어필터의 대표적인 성능은 입자 포집효율과 압력강하이고, 이 둘은 서로 상반된 경향을 나타낸다. 즉, 일반적으로 포집효율이 증가하면 압력강하도 증가하여 에너지가 더 소모된다. 따라서, 그리스 필터를 설계하기 위해서는 기본적으로 유량에 따른 포집효율과 압력강하 특성을 파악하여야 한다.

압력강하가 낮으면서 고효율로 입자를 포집할 수 있는 그리스 필터를 설계하기 위해서는 입자 크기에 따른 그리스 필터내 입자의 궤적을 추적하여 포집되는 위치를 파악함으로써 입자포집 메커니즘을 규명할 필요가 있다. 실험적인 방법으로 입자의 궤적을 추적하는 것은 매우 어려우므로 수치해석적인 방법이 많이 사용되고 있다.⁽³⁻⁵⁾

Fig. 1은 현재 시판되고 있는 그리스 필터의 형상을 개략적으로 나타낸 것인데, 그리스 필터는 충돌면과 유동 챔버로 구성되어 있다. Fig. 1의 오른쪽 그림은 그리스 필터의 충돌면을 상세

하게 나타낸 것인데, 충돌면은 좌우 대칭이고 입구(E3-E4)의 간격은 10 mm, 출구의 간격(E2-E3, E4-E5)은 7.5 mm이며, 수직격막(E2, E3, E4, E5)의 높이는 모두 10 mm이다. 또한, 상부 충돌면(T1, T2)과 바닥면(B1, B2, B3)의 반경은 모두 12.5 mm이다. 그리스 필터는 주방의 천장에 설치되므로, 그리스를 포함하고 있는 공기는 수직으로 유입되어 충돌면으로 형성된 유로를 거쳐 유동 챔버의 오른쪽 중앙에 설치된 원형 덕트를 통하여 빠져나간다. 이때 공기에 포함된 그리스가 필터의 충돌면 또는 챔버 벽면에 부착되어 제거되도록 설계되어 있다.

본 연구에서는 Fig. 1에 나타낸 바와 같은 형상을 갖는 그리스 필터의 입자포집 특성을 밝혀내기 위하여 수치해석적인 방법을 사용하였다. 즉, 상용 열유동 해석코드인 STAR-CD V3.1을 사용하여 유량에 따른 그리스 필터내 유속분포 및 압력분포를 상세하게 파악하여 압력강하 곡선을 구하였다.⁽⁶⁾ 5~20 μm 범위의 입자를 대상으로 유량에 따른 입경별 포집효율을 구하였고, 각 입자의 포집위치를 추적하여 그리스 필터의 유로 형상과 포집효율의 관계를 밝혀냈다. 또한, 입자의 밀도가 포집효율에 미치는 영향도 고찰하였다.

2. 수치해석방법

2.1 입자의 운동방정식

입자에 작용하는 힘은 크게 유체에 의한 항력(\vec{F}_{dr}), 중력(\vec{F}_b), 그리고 유체 내부의 압력차에 의한 힘(\vec{F}_p)으로 구분되고, 이 중에서 항력이 입

자의 운동에 가장 큰 영향을 미친다. 흐르는 유체 속에서 입자는 유동을 따라 이동하며, 유선이 급격하게 변하지 않는 한 입자는 유선과 같은 경로로 움직이게 된다. 입자의 질량을 m_p , 입자의 속도를 \vec{u}_p 라고 하면, 입자의 운동방정식은 식(1)과 같이 표현된다.⁽⁶⁾

$$m_p \frac{d\vec{u}_p}{dt} = \vec{F}_{dr} + \vec{F}_p + \vec{F}_b \quad (1)$$

이때 우변의 각 항은 식(2), (4) 및 (5)와 같이 표현된다.

$$\vec{F}_{dr} = \frac{1}{2} C_d \rho A_p |\vec{u} - \vec{u}_p| (\vec{u} - \vec{u}_p) \quad (2)$$

여기서, \vec{u} 는 유체속도, ρ 는 유체밀도, A_p 는 입자의 단면적이며, C_d 는 항력계수로 다음과 같이 구할 수 있다.⁽⁶⁾ 이때 Re_p 는 입자의 레이놀즈수이다.

$$C_d = \frac{24(1 + 0.15Re_p^{0.687})}{Re_p}, \quad \begin{matrix} Re_p \leq 10^3 \\ Re_p \geq 10^3 \end{matrix} \quad (3)$$

$$\vec{F}_p = -V_p \nabla P \quad (4)$$

$$\vec{F}_b = m_p \vec{g} \quad (5)$$

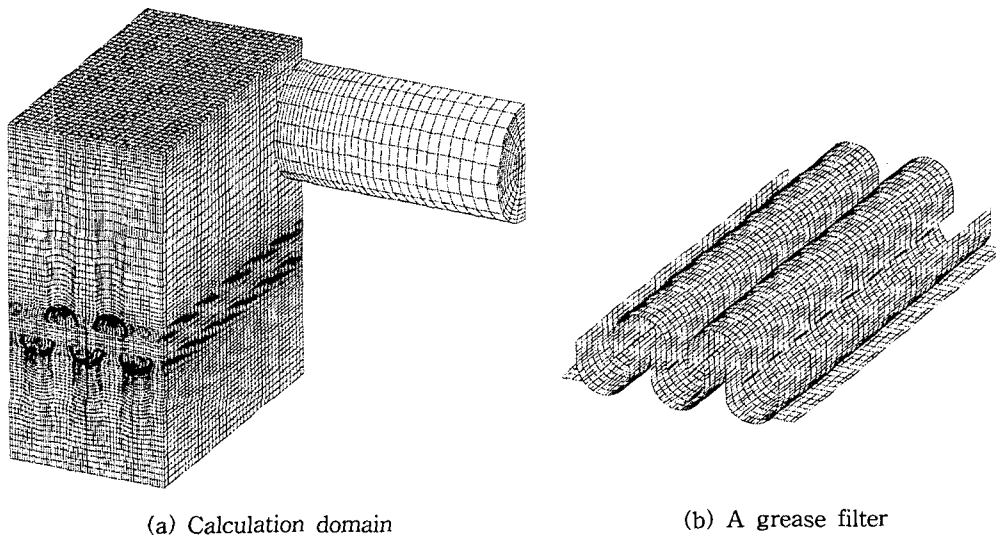
여기서, V_p 는 입자의 체적이고, ∇P 는 유체의 압력구배이며, \vec{g} 는 중력가속도이다. 식(1)로부터 \vec{u}_p 를 구한 뒤 입자의 순간 위치를 \vec{x}_p 라고 하면,

$$\frac{d\vec{x}_p}{dt} = \vec{u}_p \quad (6)$$

로 나타낼 수 있으며, 양변을 적분하면 각 입자의 위치를 구할 수 있다. 본 연구에서는 입자의 운동은 유체에 의해 받는 힘에 따라 결정되며, 시간당 발생하는 입자의 총 체적이 유량에 비해 매우 적으므로 입자가 유체에 영향을 미치지 않는다고 가정하였다.

2.2 격자의 형상

본 연구에서는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 폭 0.11 m, 길이 0.4 m, 높이 0.155 m인 그리스 필터를 대상으로 수치해석을 수행하였다. 이것은 정격유량이 300 m³/h인 그리스 필터의 길이만 1/3로 줄인 것이다. 이때 유동 챔버의 형상이 원형 덕트를 중심으로 대칭이므로, 그리스 필터를 포함하는 챔버의 1/2만 모델링하였다. 그리스 필터의 입구로부터 수직 방향으로 0.1 m, 출구로부터 수평 방향으로 원형 덕트의 길이가 0.2 m인 영역을 계산영역으로 간주하였다.



(a) Calculation domain

(b) A grease filter

Fig. 2 Numerical grids of the grease filter with a flow chamber.

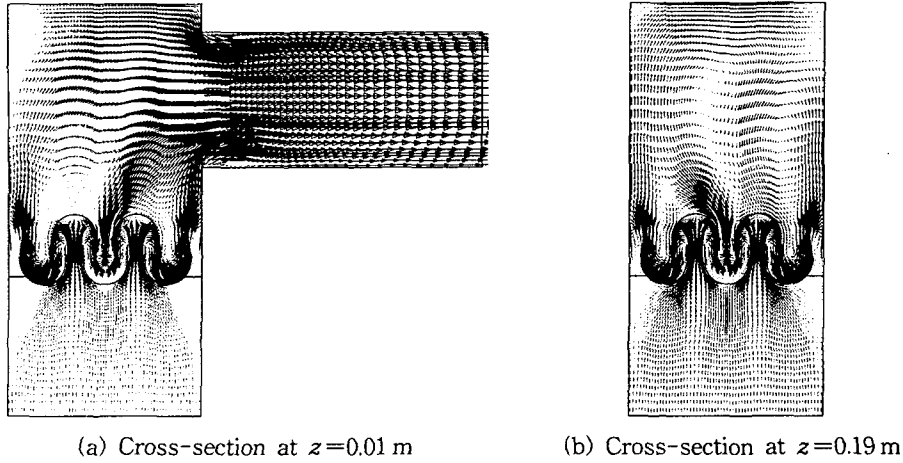


Fig. 3 Velocity distributions in a grease filter at 100 m³/h.

Fig. 2는 본 연구에서 생성한 수치해석용 격자의 형상을 나타낸 것이며, 그리스 필터의 형상은 두께가 없는 배플을 사용하여 묘사하였다. 계산에 사용된 전체 격자의 개수는 약 23만개였다.

2.3 수치해석방법

본 연구에서는 상용 열유동 해석코드인 STAR-CD V3.1을 사용하여 유동장 및 입자의 궤적을 계산하였다. 난류 모델로는 고 Reynolds $k-\epsilon$ 모델을 사용하였으며, 입구조건(uniform flow), 출구조건(fully developed flow) 및 대칭조건을 경계조건으로 사용하였다. Alpha 466 MHz CPU 1대를 사용하여 계산하였는데, 각 경우에 약 20시간이 걸렸다.

입자의 궤적을 추적하여 입경별 포집효율을 구하기 위하여 입구단면($y=0$ m)에 균일하게 배치된 모든 격자의 중심($63 \times 39 = 2457$)에서 동일한 크기의 입자를 발생시켰다. 입자의 초기속도는 입구에서의 유속과 동일하게 설정하여 입자가 상류로부터 실려오는 것으로 가정하였다. 챔버 내부에서 유속에 따른 입자의 위치는 먼저 구한 속도장을 이용하여 계산하였다. 입자의 경우 유동을 따라 이동하다가 벽과 충돌할 경우 벽에 부착되어 재비산되지 않고 포집되도록 벽의 경계조건을 설정하여 계산하였다. 입자의 형태는 완전 구형으로 가정하였으며, 그리스 필터와 유동 챔버를 거쳐 출구 부분에 도달한 입자의 수를 구하여 그리스 필터의 포집효율을 계산하였다.

3. 수치해석결과 및 고찰

3.1 유속분포

먼저 그리스 필터 및 유동 챔버 내부의 유속분포를 살펴보았다. 그리스 필터의 정격유량인 100 m³/h일 때 수직단면(xy 평면)에서 유속분포를 Fig. 3에 나타냈다. 대칭면 근처($z=0.01$ m)에서 전체 유속분포를 나타낸 Fig. 3(a)와 그리스 필터 내부의 유속분포를 확대하여 나타낸 Fig. 4를 보면, 상류에서 균일한 유동이 그리스 필터의 2개의 입구로 유입되어 거의 대칭적으로 그리스 필터를 빠져 나온 후 유동 챔버에서는 오른쪽 출구로 향한다. 챔버 출구로부터 약 0.15 m 이후에서는 유속분포가 거의 일정하게 된다. Fig. 3(b)는 대칭면으로부터 멀리 떨어진 벽면 근처($z=0.19$ m)에서 유속분포를 나타낸 것인데, 그리스 필터 내부 유속분포는 대칭면의 유동과 거의 비슷하지만,

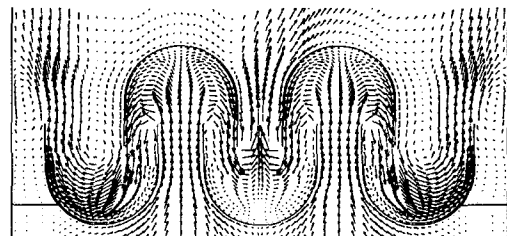


Fig. 4 Velocity distribution near the impaction surfaces at 100 m³/h.

원형 덕트로부터 멀리 떨어져 있으므로 챔버 내부의 유속분포는 매우 다르다.

Fig. 4에 나타낸 그리스 필터 내부의 유속분포를 보면, 상류에서 균일한 유속(0.63 m/s)은 그리스 필터의 좁은 2개의 입구(E3-E4, E7-E8)를 통과하면서 약 3.5 m/s로 빨라진다. 1차 충돌면(T1, T2)의 형상이 곡면이어서 유동이 서서히 좌우로 이동하다가 유로가 급격히 변하는 수직 격막(E2, E5, E6, E9) 근처에서 빠른 유속분포를 나타낸다. 이때 안쪽 격막(E5, E6) 근처의 유동은 대체로 격막에 평행하지만, 바깥쪽 격막(E2, E9) 근처의 유동은 격막에 일정한 각을 갖고 충돌한다. 이러한 유동패턴으로 보면, 1차 충돌면에서는 입자의 관성효과가 적게 나타나고, 바깥쪽 격막(E2, E9)이 관성효과를 나타내는 주된 충돌면의 역할을 할 것으로 판단된다.

안쪽 유로(E4-E5, E6-E7)를 따라 가운데로 빠져나온 유동은 대칭면에서 서로 충돌하여 상부로 빠르게 빠져나가고, 바닥면(B2) 근처의 유속은 매우 느려 정체영역이 형성된다. 바깥쪽 유로(E2-E3, E8-E9)를 따라 빠져나온 유동은 바닥면(B1, B3)의 바깥쪽으로 향하다가 수직 격막(E1, E10)을 따라 상부로 빠져나간다.

안쪽(E4-E5, E6-E7)과 바깥쪽(E2-E3, E8-E9) 유로의 폭은 같지만 하류의 형상과 유동 패턴이 달라 2개의 입구(E3-E4, E7-E8)를 통하여 유입된 공기의 안쪽과 바깥쪽 유로로 빠져나가는 유

량이 서로 다르다. 입구, 안쪽 및 바깥쪽 유로를 통과하는 공기의 길이방향(z 축) 격자간격(5 mm)당 유량을 구하여 Fig. 5에 나타냈다. 즉, 폭방향(x 축)으로 각 격자의 수직방향 속도에 격자면적을 곱한 후 모두 합하여 유량을 구하였다. 그림을 보면, 벽($z=0.2$ m) 근처를 제외하면 유량은 길이방향으로 거의 일정하고, 안쪽과 바깥쪽 유로로 빠져나가는 유량의 비는 약 2:3이다.

3.2 압력강하

유량이 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 일 때 대칭면 근처($z=0.01$ m)의 수직 단면(xy 평면)에서 압력분포를 Fig. 6에 나타냈다. 그림을 보면, 그리스 필터 내부에서 1차 충돌면 근처의 압력이 매우 높고, 안쪽 유로와 가운데 바닥면(B2) 근처의 압력도 높다. 그러나, 바깥쪽 유로와 바깥쪽 바닥면(B1, B3) 근처의 압력은 낮다. 앞에서 언급한 바와 같이 이러한 압력 차이로 인하여 입구로 유입된 공기가 안쪽과 바깥쪽 유로로 빠져나가는 유량이 달라진다. 유동 챔버를 보면 왼쪽 상부에 압력이 높은 정체영역이 크게 자리잡고 있다. 원형 덕트를 보면 유동 챔버의 출구에서 불균일한 압력분포를 보이다가 약 0.05 m 이후에는 원형 단면에서 거의 균일한 압력분포를 나타낸다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 그리스 필터의 상

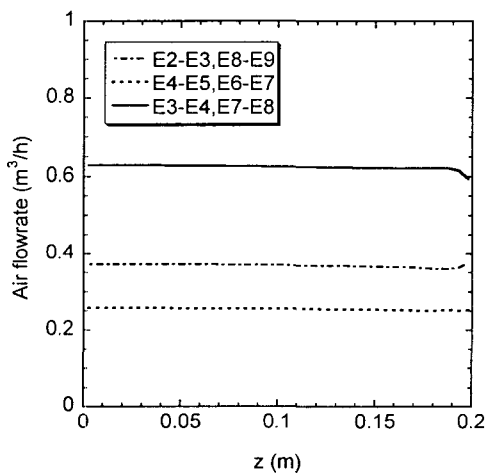


Fig. 5 Comparison of air flowrates passing through the air passages near the impaction surfaces.

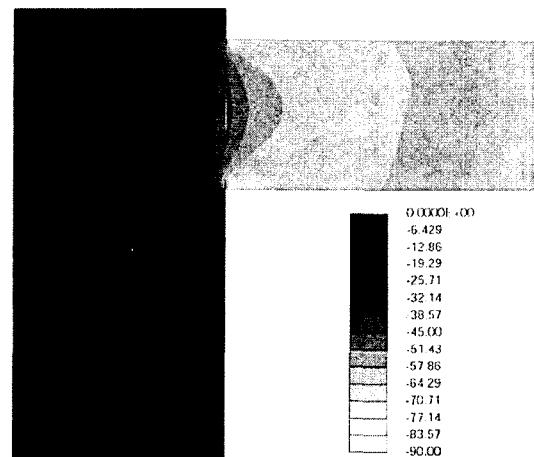


Fig. 6 Pressure distribution in the cross-section of a grease filter at $z=0.01$ m (unit: Pa).

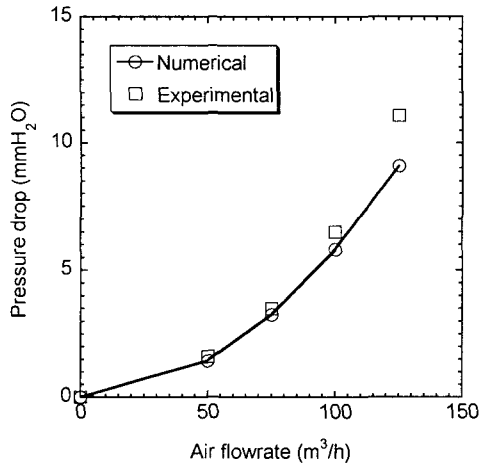


Fig. 7 Comparison of numerical and experimental pressure drops.

류에서 압력은 매우 균일하므로, $y=0$ m인 단면에서 평균 압력과 하류인 원형 덕트의 단면($x=0.16$ m)에서 평균 압력의 차이를 구하여 그리스 필터의 압력강하를 구하였다. 정격유량의 50%, 75%, 100%, 125%인 4가지 유량(50, 75, 100, 125 m³/h)에서 그리스 필터의 압력강하를 구하여 Fig. 7에 나타냈다. 또한, 동일한 형상의 그리스 필터에 대한 실험결과⁽⁷⁾를 함께 나타냈다. 실험에서 압력강하의 측정위치는 수치해석에서 압력을 구한 위치와 동일하다.

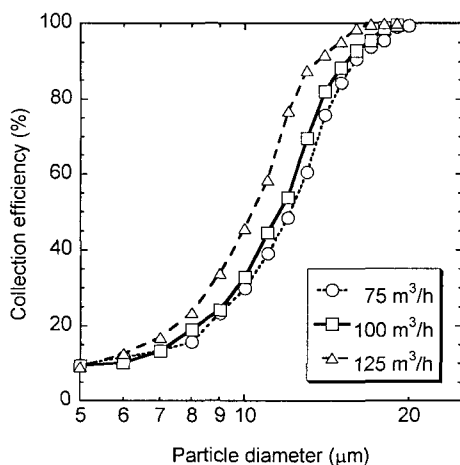


Fig. 8 Particle collection efficiency curves of a grease filter for water droplets.

Fig. 7을 보면, 그리스 필터의 압력강하는 유량이 증가함에 따라 급격히 증가하고, 계산값이 측정값보다 약간 낮으며 유량이 증가할수록 차이가 커진다. 정격유량인 100 m³/h에서 압력강하의 계산값과 측정값은 각각 약 5.8, 6.5 mmH₂O로 계산값이 측정값보다 약 11% 낮다. 유량이 50, 75, 100 m³/h인 경우 압력강하의 차이가 11% 이내로 수치해석결과와 실험결과가 잘 일치함을 알 수 있다. 그런데, 유량이 125 m³/h인 경우 압력강하의 측정값은 약 11 mmH₂O(110 Pa)이나 계산값은 약 9 mmH₂O(90 Pa)로 측정값보다 18% 정도 낮다. 이것은 압력강하 측정시 다른 유량에 비하여 압력변동이 커서 측정오차가 크게 나타났기 때문인 것으로 추정된다.

3.3 포집효율

그리스 필터의 입경별 포집효율을 구하기 위하여 2457개 입자를 사용하여 개개 입자의 궤적을 추적하였다. 주방에서 발생하는 그리스는 점성이 있는 액체이고, 밀도가 0.9~1.1 g/cm³으로 물의 밀도(1 g/cm³)와 비슷하다.

스톡스수(Stokes number, Stk)는 입자의 관성을 나타내는 무차원수로 식(7)에 나타낸 바와 같이 입경(d_p)의 제곱에 비례하고, 입자의 밀도(ρ_p)와 유체속도(u_o)에 비례한다.^(8,9)

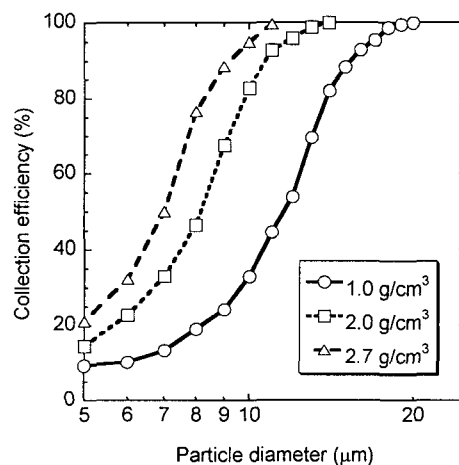


Fig. 9 Effect of particle density on the particle collection efficiency curve of a grease filter at 100 m³/h.

$$Stk = \frac{1}{18} \frac{d_p^2 \rho_p}{\mu} \frac{u_o}{d} \quad (7)$$

여기서, μ 는 공기의 점성계수, d 는 물체의 특성 길이이다.

유량이 75, 100, 125 m³/h일 때 입자를 밀도가 1 g/cm³인 구형의 액적으로 가정하여 5~20 μ m 범위인 입자를 대상으로 그리스 필터의 포집효율을 구하여 Fig. 8에 나타냈다. Fig. 8을 보면, 포집효율은 입경이 증가함에 따라 서서히 증가하다가 50% 포집효율을 나타내는 입경 근처에서 급격히 증가한 후 다시 서서히 증가한다. 즉, 그리스 필터는 입자의 관성을 이용하여 입자를 포집하므로, 포집효율 곡선이 식(7)에서 보는 바와 같이 입경의 제곱에 비례하는 S 형태를 나타내는데, 이것은 임팩트나 사이클론의 포집효율 곡선⁽⁹⁾과 유사하다.

정격유량인 100 m³/h에서 포집효율이 50%인 입경은 약 11.6 μ m이며, 입경이 8 μ m 이하로 작으면 포집효율이 20% 이하로 낮고, 입경이 14 μ m 이상으로 크면 포집효율이 80% 이상이 된다. 유량이 75 m³/h로 25% 감소하여도 포집효율 곡선은 100 m³/h일 때의 포집효율 곡선과 거의 비슷하지만, 유량이 125 m³/h로 25% 증가하면 포집효율은 100 m³/h일 때의 포집효율보다 약간 높아진다. 유량이 정격유량의 $\pm 25\%$ 이내이면 50% 포집효율을 나타내는 입경은 10~13 μ m 범위이다. 식(7)을 보면, 입자의 관성은 유체속도에 비례하는데, 75 m³/h의 경우 100 m³/h와 유량의 차이가 적으므로 다른 요인이 복합적으로 작용하여 유체속도가 포집효율에 미치는 영향이 뚜렷하게 나타나지 않는 것으로 생각된다.

일반적으로 에어필터의 성능시험에 미국 ASHRAE 혼합시험입자(밀도=2.7 g/cm³)가 널리 사용되고 있으므로,^(7,10) 본 연구에서도 입자의 밀도가 포집효율에 미치는 영향을 살펴보았다. 유량이 100 m³/h일 때 입자의 밀도가 1, 2, 2.7 g/cm³인 경우의 포집효율을 구하여 Fig. 9에 나타냈다. 그림을 보면, 입자의 밀도가 1 g/cm³에서 2, 2.7 g/cm³으로 2배, 2.7배 높아지면 포집효율이 크게 증가함을 알 수 있다. 이것은 식(7)에서 보는 바와 같이 입자의 관성이 입자의 밀도에 비례하여 증가하기 때문이다. 입자의 밀도가 2.7 g/cm³인 경우 50% 포집효율을 나타내는 입경은 약 7 μ m이

며, 10 μ m 이상인 입자의 95% 이상이 포집되고, 입경이 5 μ m인 입자의 포집효율은 약 20%이다.

3.4 포집위치

그리스 필터 내 입자의 궤적을 추적하여 포집되는 위치를 알아내면, Fig. 1에 나타낸 그리스 필터를 구성하는 형상의 역할을 파악할 수 있게 된다. 이러한 자료는 압력강하가 낮으면서 고효율로 입자를 포집할 수 있는 그리스 필터의 형상을 설계하는 데 매우 중요하다.

유량이 100 m³/h일 때 20%, 50%, 80% 포집효율 근처의 입경에 해당하는 8, 12, 14 μ m 입자의 포집위치를 비교하여 Fig. 10에 나타냈다. 입경이 12 μ m일 때 포집효율은 약 54%인데, 입자는 주로 격막(E2, E5, E6, E9), 유동 챔버 및 상부 충돌면(T1, T2)에서 포집됨을 알 수 있다. 유속분포에서 언급한 바와 같이 바깥쪽 격막(E2, E9)에서 입자가 가장 많이 포집되고, 안쪽 격막(E5, E6)과 유동 챔버에서 포집되는 입자 수는 비슷하며, 상부 충돌면에서 포집되는 입자 수는 바깥쪽 격막의 절반 정도이다. 입경이 8 μ m로 작아지면 관성이 감소하여 포집효율이 약 20%로 낮아지며, 입자가 유동 챔버에서 가장 많이 포집되고, 바깥쪽 격막, 안쪽 격막 및 상부 충돌면에서 포집되는 입자 수가 비슷하다. 반면에, 입경이 14 μ m로

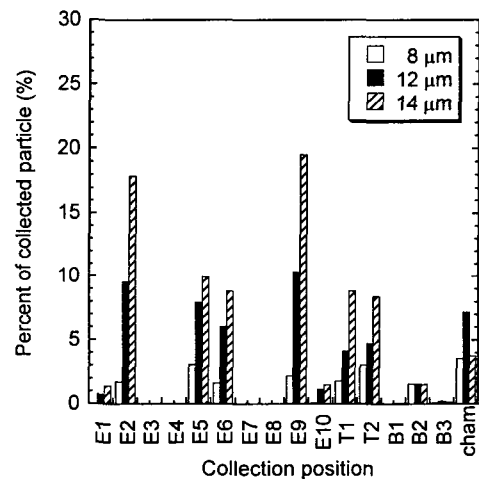


Fig. 10 Effect of particle size on the collection position in a grease filter for water droplets at 100 m³/h.

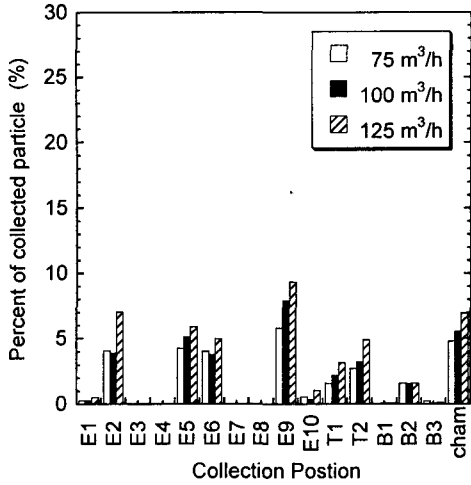


Fig. 11 Effect of air flowrate on collection position in a grease filter for water droplets of 10 μm in diameter.

커지면 관성이 증가하여 포집효율이 약 82%로 높아지며, 바깥쪽 격막과 상부 충돌면에서 입자가 포집되는 비율이 크게 증가한다. 이러한 포집 위치의 비교로부터 입경에 비례하는 입자의 관성 효과는 바깥쪽 격막(E2, E9)에서 가장 두드러지게 나타나고, 상부 충돌면(T1, T2)과 안쪽 격막(E5, E6)에서도 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다.

입경이 10 μm일 때 유량에 따른 입자의 포집 위치를 비교하여 Fig. 11에 나타냈다. 유량이 75, 100 m³/h일 때 바깥쪽 격막인 E9를 제외하면 각 충돌면에서 포집되는 입자 수의 차이가 크지 않아 포집효율은 각각 29%, 33%로 거의 비슷하다. 유량이 125 m³/h일 때 대부분의 충돌면에서 포집되는 입자 수가 증가하여 포집효율이 46%로 높아진다. 이러한 포집위치의 비교로부터 유량에 비례하는 입자의 관성효과는 격막(E5, E9), 상부 충돌면(T1, T2) 및 유동 챔버에서 나타남을 알 수 있다.

입경이 10 μm일 때 입자밀도에 따른 포집 위치를 비교하여 Fig. 12에 나타냈다. 밀도가 1 g/cm³일 때 포집효율은 약 33%인데, 밀도가 2 g/cm³로 2배 증가하면 포집효율이 약 83%로 크게 높아진다. 이것은 바깥쪽 격막(E2, E9), 안쪽 격막(E5, E6) 및 상부 충돌면(T1, T2)에서 포집되는 입자 수가 2배 이상 증가하기 때문이다. 밀도가 2.7 g/cm³로 증가하면 포집효율이 약 95%로 더욱 높

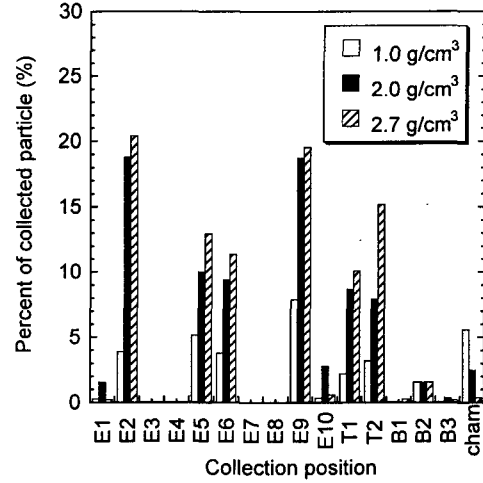


Fig. 12 Effect of particle density on the collection position in a grease filter for 10 μm particles at 100 m³/h.

아진다. 포집효율이 높기 때문에 입자밀도에 비례하여 포집되는 입자 수가 증가하지는 않지만, 위에서 언급한 주요 충돌면에서 포집되는 입자 수가 조금씩 증가하여 전체 포집효율이 증가한다. 입자밀도에 비례하는 관성효과는 입경의 경우와 마찬가지로 바깥쪽 격막(E2, E9), 안쪽 격막(E5, E6) 및 상부 충돌면(T1, T2)에서 두드러지게 나타남을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 주방환기용으로 사용되는 그리스 필터의 성능을 예측하고, 입자포집 메커니즘을 규명하기 위하여 수치해석적 방법을 사용하여 그리스 필터 내 유속분포, 압력분포 및 입자궤적을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 그리스 필터의 충돌면 근처의 유속분포는 길이방향의 변화가 거의 없는 2차원 특성을 나타낸다.
- (2) 그리스 필터에서 2개 유로의 폭이 같더라도 하류의 형상과 유동패턴이 다르면, 빠져나가는 유량은 서로 달라진다. 본 연구에서는 안쪽과 바깥쪽 유로로 빠져나가는 유량의 비가 약 2 : 3이다.
- (3) 그리스 필터의 압력강하는 유량이 증가함에 따라 급격히 증가하며, 계산값이 측정값보다 약간

낮고 유량이 증가할수록 이러한 차이가 커진다.

(4) 그리스 필터의 포집효율 곡선은 입경의 제곱에 비례하는 S 형태를 나타내는데, 이것은 입팩터나 싸이클론의 포집효율 곡선과 비슷하다.

(5) 그리스 필터의 정격유량인 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 에서 입자의 밀도가 $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ 인 경우 포집효율이 50%를 나타내는 입경은 약 $11.6 \mu\text{m}$ 이고, 입자의 밀도가 $2.7 \text{ g}/\text{cm}^3$ 로 증가하면 포집효율이 증가하여 50% 입경은 약 $7 \mu\text{m}$ 로 감소한다.

(6) 그리스 필터에서 입자의 포집위치를 추적한 결과에 의하면, 입자의 관성을 이용하여 입자를 포집하는 주된 충돌면은 바깥쪽 격막, 안쪽 격막 및 상부 충돌면이다. 입경, 유량 및 입자밀도가 증가하면 관성효과에 의해 이들 충돌면에서 포집되는 입자 수가 증가한다.

이러한 연구결과는 압력강하가 낮으면서 고효율로 입자를 포집할 수 있는 그리스 필터의 형상을 설계하는 데 필요한 기초 자료로 활용될 수 있다.

후 기

본 연구는 2000년도 중소기업 애로기술지원사업의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사사를 드린다.

참고문헌

- Jung, H. and Han, H., 2000, Effect of make up air configuration on kitchen exhaust system performance, Proceedings of the SAREK 2000 Winter Annual Conference, pp.170-174.
- Kim, K. H., Lee, J. H., Park, M. S. and Lee, D. W., 2000, Prediction of the ventilation performance in a kitchen with various locations of gas range and window, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 12, No. 1, pp. 75-82.
- Kim, W. S., Kang, Y. H. and Lee, J. W., 1998, Numerical analysis of collection performance for electro-cyclone, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 10, No. 6, pp. 702-713.
- Ahn, K. H., 1997, Numerical analysis of particle behavior around a bipolar charged electret fiber, Transaction of the Korean Society of Mechanical Engineering (B), Vol. 21, No. 11, pp. 1509-1517.
- Bae, G. N., Park, S. H., Ji, J. H. and Hwang, J. H., 2000, Performance prediction of a viscous metal filter, Proceedings of the SAREK 2000 Winter Annual Conference, pp. 148-152.
- Computational Dynamics Limited, 1999, Methodology (STAR-CD version 3.10A).
- Bae, G. N., Kim, K. J. and Kim, Y. I., 2001, Performance investigation of a grease filter for kitchen ventilation in an apartment house, Proceedings of the SAREK 2001 Summer Annual Conference, pp. 560-565.
- Parker, C. R., 1993, Aerosol Science and Technology, 2nd ed., McGraw-Hill.
- Hinds, W. C., 1982, Aerosol Technology, John Wiley & Sons., pp. 164-186.
- ASHRAE, 1992, Gravimetric and Dust-Spot Procedures for Testing Air-Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter, ANSI/ASHRAE 52.1-1992.