

필터의 재질 및 위치에 따른 DPF 내부의 온도 분포 특성에 관한 연구

김규성*, 박성천⁺

(Manuscript received: Jul, 31, 2012 / Revised: Nov, 27, 2012 / Accepted: Nov, 28, 2012)

A Study on the Characteristics of Temperature Distribution according to Material and Position of Filter in a Diesel Particulate Filter

Gyu-Sung Kim*, Sung-Cheon Park⁺

Abstract

This study analyzed the temperature distribution in DPF with five partitioned electric heaters. The temperature distribution in DPF is an important design factor for regeneration and durability of filter. The design Factors that influence the temperature distribution in DPF there are several. In this study, the characteristics of temperature distribution in DPF were analyzed according to the following changes. First, the thermal conductivity of the filter was analyzed about effect on the durability of the filter. Second, the length from exhaust manifold to inlet of DPF was analyzed about effect on the temperature distribution in DPF. The boundary conditions of analysis has been verified with comparison to the results of existing experimental study and the numerical analysis. Based on the identified boundary condition, on assuming the condition of the actual driving, the temperature distribution in DPF was analyzed according to material properties of filter and the position of DPF.

Key Words : Temperature distribution(온도분포), DPF(디젤 매연 필터), Partitioned electric heater(분할형히터), Regeneration(재생)

Nomenclature

k : Conductivity, W/m·K
 ΔT : Temperature Rise, °C
 q : Heat Capacity, J
 m : Mass, kg
 C : Specific Heat, J/kg·K
 V : Velocity, m/sec
 A : Area, m²

Re : Reynolds Number
 D : Diameter, m
 μ : Viscous Coefficient, kg/m·sec
 L : Length of Inlet Pipe, m

Subscripts

avg : Average

* 서일대학교 자동차과
주소: 131-702 서울시 중랑구 서일대학길 22 서일대학교 자동차과
⁺ 여주대학교 자동차과

✉ **Corresponding Author** E-mail: gskim@seoil.ac.kr

1. 서론

자동차산업에 있어서 유가상승 대처방안과 온실가스 감축에 대한 여러 방안들이 제시되고 있다. 이와 관련하여 수소연료전지차, 전지자동차와 같은 배기가스 저배출 차량에 대한 연구와 하이브리드차량, 디젤차량과 같은 높은 효율의 차량에 대한 연구가 이루어지고 있다. 이중 수소연료전지차의 경우 수소생산 방법과 공급에 따른 인프라 구축이 해결되어야 하며, 전지자동차는 구동원인 전기를 생산하는 과정에서의 온실가스 배출로 완전한 무공해 차량으로 분류되기는 어렵다고 생각된다. 따라서 효율이 높은 하이브리드 차량과 디젤차량에 대한 관심이 여전히 높을 수밖에 없다. 그러나 디젤차량 역시 NOx와 PM의 발생에 따른 문제점을 갖고 있다. 이중 PM의 경우 심각한 폐질환의 원인으로 밝혀져^(1,2) 그 배출에 대한 제한이 강화되고 있으며, 이에 대한 저감 방법으로 DPF(Diesel Particulate Filter)가 가장 효과적인 시스템으로 사용되고 있다⁽³⁾.

DPF는 다공성물질의 필터로서 입구관, 출구관 그 사이의 격벽으로 구성되어 있다. 엔진의 배기다기관을 통해 배출된 배기가스는 필터의 입구관으로 유입되어 입구관과 출구관 사이의 격벽을 지나 출구관을 통해 배출되게 된다. 이 과정에서 매연 등의 입자상 물질은 격벽에 포집되며, 일정량의 매연이 포집되면 열을 이용하여 포집된 매연을 연소시켜 다시 매연을 포집할 수 있는 상태로 만든다. 이 과정을 재생과정이라 한다. 이러한 DPF의 재생 방법에 따라 외부 열원을 이용한 강제재생방식의 제 1세대 기술, 촉매를 이용한 자연재생의 제 2세대 기술, 1세대 기술과 2세대 기술을 혼합한 제 3세대 기술로 분류된다.

정밀후분사가 가능한 전자제어식 디젤기관에서는 2세대 기술의 적용이 용이하나 기계식 디젤기관과 마을버스 등과 같은 배기가스의 온도가 높지 않은 차량의 경우 강제재생방식의 적용이 효과적이다. 이중 전기히터를 이용한 강제재생 방식이 효율이 뛰어나며 이에 대한 연구들이 진행되고 있다.

필터내부의 온도분포는 필터 재생과 내구성에 직결된 인자이다. 필터내부의 큰 온도구배는 필터 파손을 유발할 수 있다⁽⁴⁾. 따라서 필터의 내부 온도 변화를 예측하는 것은 필터 설계에 있어서 중요한 설계인자가 될 것이다.

이와 관련된 연구로 Kitagawa⁽⁵⁾는 운전조건에 따른 전기히터 강제재생 방식의 필터내부의 온도분포를 실험적으로 측정하였고, Lee⁽⁶⁾의 연구에서는 평가리틀을 구성하여 상온의 공기 조건에서 유량과 가열조건을 변화시키면서 분할형 전기히터 방식 DPF의 필터 내부 온도를 측정하였다. Park⁽⁷⁾의 연구에서는 분할형 전기히터 방식의 DPF의 필터내부 온도분포를 차량 운전조건을 가정하여 수치해석 하였다.

본 연구는 Park⁽⁷⁾의 후속 연구로서 분할형 전기히터방식의 DPF의 내부 온도분포를 필터의 재질 특성과 DPF 위치에 따라 분석하였다. 연구 순서는 첫째 필터 재질 특성인 열전도도가

필터 내구성에 미치는 영향을 분석하였고, 둘째 배기다기관으로부터 DPF 거리에 따른 필터내부의 온도분포를 분석하였다. 해석 방법은 Lee⁽⁶⁾의 분할형 전기히터 DPF 내부의 온도분포를 측정된 실험값을 기초로 해석의 경계조건을 검증하고, 확인된 경계조건을 바탕으로 실제 운전조건을 가정하여 필터의 재질 특성과 위치에 따른 필터 내부의 온도분포를 분석하였다.

2. 수치 해석 신뢰성 검증 해석

수치해석은 상용 열유체 해석 프로그램 STAR-CCM+[®]를 이용하였다. 세라믹 필터는 수많은 채널로 이루어져 있기 때문에 압력손실이 큰 등방형 다공성 물질로 처리하여 해석하였으며⁽⁸⁾, 난류모델은 k-ε 모델을 채택하였고, 지배방정식의 차분화는 이차정도의 선형 상류차분법을 사용하였으며, 압력과 속도의 연결은 SIMPLE 알고리즘을 사용하였다. 필터의 물성치는 필터 재질 특성에 관한 실험연구⁽⁹⁾ 결과를 참조하였다. 실험과 해석의 경계조건을 Table 1에 나타내었다.

먼저 수치 해석의 신뢰성 검증을 위해 실험결과와 해석결과를 비교하였다. 해석 모델은 Lee⁽⁶⁾ 등이 실험에 사용하였던 전기히터 분할 가열형 DPF를 선택하였으며, DPF는 직경과 길이가 각각 230mm, 305mm이고 입구관의 직경 85mm, 셀밀도는 200cpi (cells per square inch)를 갖는 하니컴 구조의 모노리스 타입 세라믹 필터로 가정하였다. 해석을 전체적인 형상 모델링은 Pro-Engineer[®]을 이용하였다. 수치해석 결과와 실험결과를 비교하기 위한 온도 측정 위치를 Fig. 1에 나타내었다. 해석모델이 실차에 적용될 경우의 위치는 엔진의 배기다기관을 밑에 설치되기 때문에 Fig. 1과 같은 곡관의 필터 입구관을 갖는 형상을 갖게 된다.

Fig. 1에 숫자로(1~7) 표시된 위치의 온도를 H0번 히터와 H3번 히터를 가열하였을 경우에 대하여 필터 입구로부터 30mm, 152mm, 275mm 떨어진 곳에서 실험과 해석의 결과를 각각 비교하였다.

수치해석의 신뢰성 검증을 위한 결과 그래프를 Fig. 2에 나타내었다. 반경방향의 (+)방향이 1, 2, 3번, (-)방향인 5, 6, 7번을 나타낸다. H0번 히터 가열시 히터로부터 30mm 떨어진 필터 단면의 중심부 온도가 급격히 높고 원주방향은 상온에 가깝다.

Table 1 Initial boundary condition

Material Property	Property Values
Air mass flow rate	571kg/hr
Air density	1.1614kg/m ³
Input temperature	300K
Electric heating quantity	2.8kW
Filter heat conductivity	2W/m·K

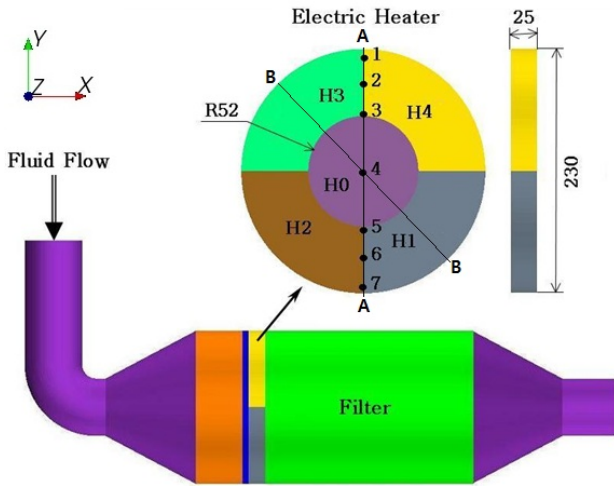


Fig. 1 The Computational Model of a Diesel Particulate Filter

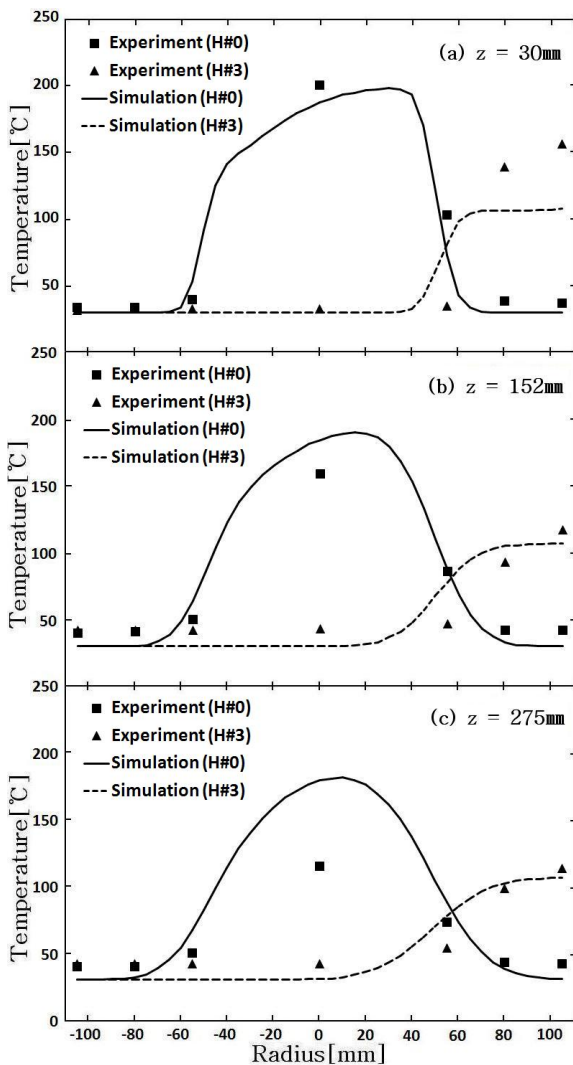


Fig. 2 Comparison of temperature distribution between experimental result and numerical result

필터의 출구로 가면서 중심부의 온도는 낮아지고 원주 방향의 온도가 높아지는 것을 확인할 수 있다. 또한, 필터 입구의 축 중심의 비대칭 온도분포가 출구로 가면서 비대칭정도가 적어지는 것을 볼 수 있다. H3번 히터를 가열하였을 경우 역시 가열 히터 부위의 온도가 높고 다른 부분은 상온에 가깝다. 이후 출구로 가면서 가열 히터 부위의 온도구배가 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 이 역시 실험과 해석에서 같은 결과를 보이고 있다.

그러나 실험과 해석의 결과에서 정량적인 차이를 보이고 있다. 이는 실험에서의 온도측정은 필터의 출구채널에 열전대를 삽입하여 측정하였고, 해석에서는 다공성 물질로 처리하여 온도를 계산하였다. 이로 인해 실험과 해석 값의 차이가 발생한 것으로 생각된다. 또한 필터를 다공성 물질로 처리하는 과정에서 발생하는 열용량 계수, 열전도도 등의 물성치를 정의하는 과정에서 발생된 오차로 분석된다⁽¹⁰⁾. 해석에서 열전도도를 정의하는 과정에서 실험에 의한 참고 논문을 인용하였는데 이는 500°C에서 측정된 열전도도 값으로 해석의 필터 조건은 상온의 조건에서 해석을 하였기 때문에 이로 인한 오차가 발생할 수 있을 것으로 분석된다.

비록 해석의 결과가 정량적인 오차를 보였으나 필터의 축방향 및 반경방향 온도분포가 실험의 결과와 정성적인 일치성을 나타내기 때문에 실험에서 확인할 수 없었던 조건들에 대한 정보를 수치해석을 통해 얻을 수 있을 것으로 분석된다.

3. 필터의 재질 특성 및 위치에 따른 해석 결과

수치해석 신뢰성 검증 해석에서는 상온의 공기를 입력조건으로 가정하였으나, 실제 차량의 운전조건은 높은 부하에서 고온의 배기가스가 배출되며, 높은 회전수에서는 많은 유량의 배기가스가 배출된다. 필터의 재질 특성 및 DPF의 위치에 따른 필터 내부의 온도분포 특성을 분석하기 위하여 차량의 운전조건을 가정하였다. 질량유량은 600kg/hr, 온도는 500°C를 가정하였다. 이는 해석 모델용 DPF를 장착한 6,000cc 급 차량의 실험 논문⁽⁴⁾의 결과를 인용하였다. 논문⁽⁴⁾에 따르면 6,000cc 급 차량의 2,085rpm, 75% 부하 조건에서의 배기가스 질량유량은 600kg/hr, 온도는 500°C를 나타내었다.

필터 내부의 온도 분포 특성은 열전도도의 영향이 크다. Cordierite 재질의 경우 열전도도는 2W/m·K 이하이며, SiC 재질의 경우 20W/m·K 이하를 나타낸다⁽⁹⁾. 필터 형상은 입구관과 출구관, 격벽으로 이루어져 있으므로 등방성 물질로 가정하여 필터의 x, y, z 방향의 동일한 열전도도를 가정하였다.

DPF 설치시 공간적 제약으로 배기다기관과 DPF 사이에는 곡관이 위치한다. 이에 따른 유동 불균일성이 존재 할 것이 예측 가능하다. 따라서 곡관과 DPF의 위치에 따른 필터 내부의 온도분포를 분석하기 위하여 곡관과 DPF의 거리를 바꾸어서 해석 하였다. 재질 특성 및 위치에 따른 필터의 온도분포 분석

Table 2 Filter Material Properties

Porosity(volume) [%]	50
DPF Bulk Density [kg/m ³]	450
DPF Bulk Volumetric Heat Capacity [J/kg·K]	500

을 위한 필터의 물성치를 Table 2 에 나타내었다. Table의 값은 500℃에서 얻은 실험값⁽⁹⁾이다.

3.1 필터 재질에 따른 필터 내부의 온도 분포

곡관과 바로 연결된 입구관을 갖는 기본 형상에 대하여 열전도도 2W/m·K, 10W/m·K, 20W/m·K에 대하여 해석하였다. 가열 조건은 H0번, H1번, H3번 히터를 각각 2.8kW 가열하도록 가정하였다. H0번 히터 가열에 따른 해석 결과를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서와 같이 열전도도가 커짐에 따라 필터의 출구부에서 고른 온도 분포를 보이고 있다. 전체적인 온도분포를 보면 히터를 지나 필터의 x 축 중심 위·아래의 온도차가 나타난다. 이는 곡관의 입구관 때문에 유체의 유동분포가 불균일한데 기인한 것으로 분석된다. 즉, 곡관의 영향으로 중심 아

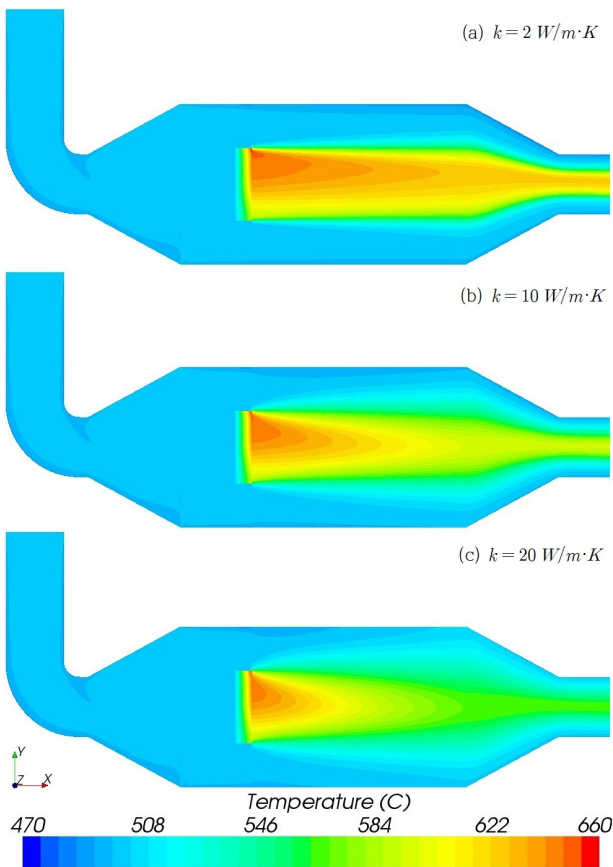


Fig. 3 Simulation results according to variation of filter's conductivity at heating No. H0 heater

래 방향의 유량이 필터 상부보다 많은 질량유량이 지나게 되고, 이로 인해 동일한 가열량에서 아래 부분의 온도가 낮게 된 것으로 분석된다. Fig. 4는 필터 입구관에서의 유동분포 해석결과를 나타내고 있다. 해석결과에서 확인할 수 있듯이 필터의 아래 부분에서는 높은 속도분포를 확인 할 수 있다. 필터 내부의 온도분포는 재생, 내구성에 관련된 요소이기 때문에 자세한 온도분포를 확인하기 위하여 내부의 온도분포 그래프를 Fig. 5에 나타내었다. 위치는 필터 출구부로부터 50mm 앞쪽의 반경 방향이며, Fig. 1의 A-A 단면부에 해당된다.

Fig. 5에서 열전도도 2W/m·K인 경우 가열부인 H0번 히터 중심의 온도가 가장 높게 나타나고 있다. 열전도도가 커질수록 필터의 온도 분포는 원주 방향으로 퍼지고 있다.

필터 재생 가능 온도 550~600℃⁽⁵⁾를 가정하면 해석의 경계 조건인 운전에서는 열전도도 2W/m·K, 10W/m·K, 20W/m·K 모두 재생이 가능하다. 그러나 낮은 부하의 운전조건이라면 배기가스의 온도가 낮아지므로 이러한 경우 열전도도 20W/m·K과 같이 큰 경우에는 재생이 불리해 질 수 있다고 판단된다. 분할형 히터의 목적은 적은 용량의 전력으로 부분 재생을 시작할 수 있는 것인데 이 경우 요구 조건을 만족할 수 없을 것이다.

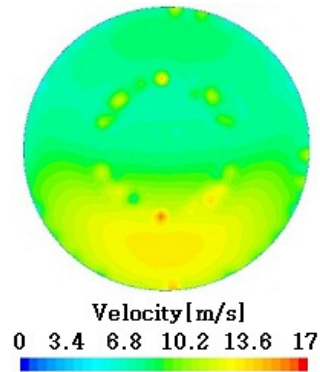


Fig. 4 Velocity distribution on the entrance of the filter

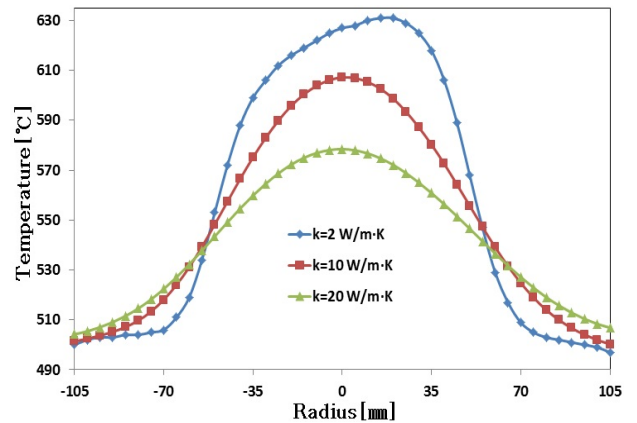


Fig. 5 Temperature distributions in DPF according to conductivity of filter at heating No. H0 heater

또한, Fig. 5에서 보면 열전도도 2W/m·K의 경우 필터의 입구 부에서 나타났던 축 위·아래의 온도 불균일이 여전히 나타나고 있으나, 열전도도 10W/m·K, 20W/m·K에서는 차이를 느끼지 못 할 정도의 온도 분포가 축 위·아래에서 균일하게 나타남을 볼 수 있다. 이와 같은 온도구배는 필터 내구성과 관련된 요소로서, 필터의 상부측에서 최고 온도구배가 나타나며 열전도도 2W/m·K인 경우 42°C/cm, 열전도도 10W/m·K의 경우 18°C/cm, 20W/m·K의 경우 10°C/cm를 나타냈다. 내부의 온도구배가 35°C/cm를 넘으면 필터 내구성에 문제가 발생 할 수 있다⁽⁴⁾. 따라서 열전도도 2W/m·K의 경우 좀 더 세심한 설계를 할 필요가 있을 것으로 분석된다.

Fig. 6에는 H1, H3번 히터를 가열하였을 경우의 해석 결과를 나타내었다. Fig. 6안의 (a), (b), (c)는 H1번 히터 가열에 따른 해석결과이며, (d), (e), (f)는 H3번 히터 가열에 따른 필터 내부의 온도 분포를 보여준다. Fig. 6의 단면은 Fig. 1의 B-B 단면을 나타낸다. 해석결과 각각의 히터를 동일한 조건으로 가열하였으나 H1번 히터보다 H3번 히터 가열의 경우 높은 온도 분포를 보여준다. 이는 앞선 설명에서와 같이 입구관을 통해 들어온 유체의 유량 차이에 기인된 것으로 H3번을 통과하는 유체의 질량유량이 H1번의 경우보다 적기 때문으로 분석된다. 이는 간단한 식 (1)번으로 설명이 가능하다.

$$\Delta T = \frac{q}{\dot{m} \cdot C} \quad (1)$$

식 (1)에서 동일한 열량 q 와 비열 C 의 조건에서 질량 유량 \dot{m} 이 작아지면 ΔT 는 커지는 것을 확인 할 수 있다.

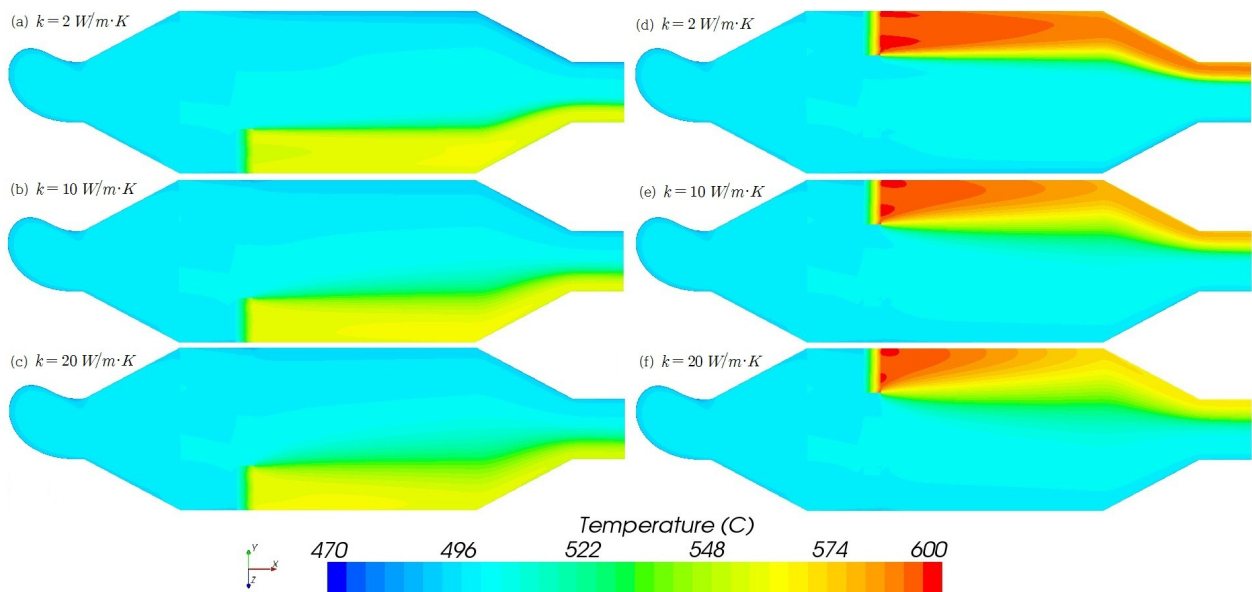


Fig. 6 Simulation results according to variation of filter's conductivity at heating No. H1 and H3 heaters

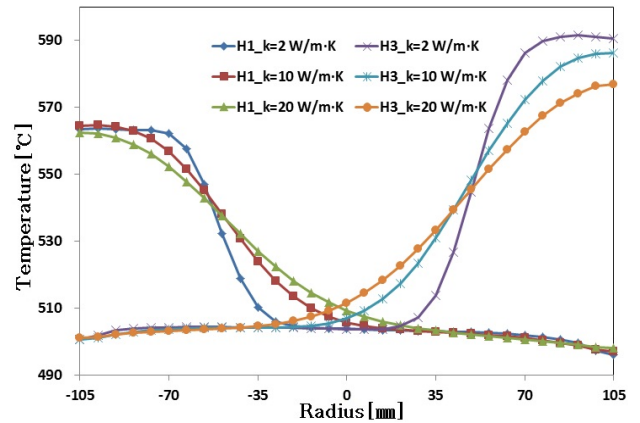


Fig. 7 Temperature distributions in DPF according to filter's conductivity at heating No. H1 and H3 heaters

자세한 온도분포 특성을 확인하기 위하여 Fig. 1의 B-B 단면에서의 해석 결과를 Fig. 7에 그래프로 나타내었다. Fig. 7의 그래프에서 각각의 히터 가열에 따른 열전도도가 커질수록 원주방향의 열이 중심부로 이동되는 것을 알 수 있다. 특히 열전도도가 2W/m·K 인 경우 가열부 위치의 온도가 높고 히터에서 벗어난 중심의 온도구배가 급격히 커지는 것을 확인 할 수 있다. 열전도도 10W/m·K, 20W/m·K의 경우 완전한 기울기의 온도구배를 보여 내구성 측면에서 안정적임을 예측 할 수 있다.

또한, 해석 결과 H1번 히터를 가열하였을 경우 열전도도와 상관없이 최고온도의 차이가 없으나, H3번 히터 가열의 경우는 열전도도가 커질수록 최고 온도가 낮아지는 것을 볼 수 있다. 이는 질량유량의 차이에 의한 유체의 속도 차이를 유발한데 기인된 것으로 분석된다. 즉, H1번 히터를 통과하는 유체의 유

량이 H3번 히터를 통과하는 유량보다 많다. 따라서 각 히터의 축 방향으로 유체의 이동 속도가 달라진다. 이는 식 (2)로 설명이 가능하다.

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A} \quad (2)$$

동일한 밀도 ρ 와 유체가 흐르는 단면적 A 가 동일하면 질량 유량 \dot{m} 이 커지면 속도 v 가 커지는 것을 알 수 있다. 많은 양의 유체가 통과하는 H1번 히터의 축방향 유체 속도가 커지고, 이로 인해 열의 이동이 축방향 대류에 의한 열의 이동 영향이 커지면서 반경방향의 열전도 영향이 적어지는 것으로 분석된다. 반면 적은 유체가 흐르는 H3번 히터의 경우 낮은 속도 영향으로 반경 방향의 열전도가 커지고 축방향 대류 영향의 비중이 작아져 반경방향의 열이동이 커지게 된 것으로 분석된다. 이로 미루어 필터 설계 시 열전도도의 결정과 유체 이동에 따른 축방향 대류 열이동 영향도 고려되어야 할 것으로 생각된다.

3.2 DPF 위치에 따른 필터 내부의 온도 분포

공간적 제약에 의해 실차에 장착된 DPF의 경우 곡관의 입구관에 바로 연결된다. 이로 인해 유체의 불균일 분포를 초래한다. 이러한 불균일을 해소하기 위해 곡관으로부터 거리를 두어 DPF를 설치하게 되면 필터로 유입되는 배기가스가 중간 이동 과정에서 열손실이 발생한다. DPF에 있어서 배기가스의 열은 재생과정의 필요조건이 된다. 앞선 해석에서와 같이 불균일한 유동분포는 급격한 온도구배를 유발한다. 이와 같이 내구성을 고려하여 완전한 유체 유동 분포를 얻기 위해 배기다기관으로부터 거리를 두고 DPF를 설치하게 되면 고른 유동 분포는 기대할 수 있으나, 배기가스의 이동과정에서의 열 손실에 따른 재생에 필요한 추가의 열 투입이 불가피하게 된다.

해석 변수인 DPF의 위치를 결정하기 위하여 파이프 내부 유체의 완전히 생성된 유동영역을 위한 파이프길이를 직경과 길이의 관계식으로부터 간략히 계산하였다. 먼저 해석 조건의 질량유량에 따른 레이놀드 수(Re)를 식 (3)으로부터 구하였다.

$$Re = \frac{\rho \cdot V_{avg} \cdot D}{\mu} \quad (3)$$

여기서, 500°C 공기의 밀도 ρ 는 0.442kg/m³, 점성계수 μ 는 3.65×10⁻⁶kg/m·sec, 관의 직경 D 는 0.085m, 관내의 유체 평균속도 V_{avg} 는 63.08m/sec로서 레이놀드 수는 66,195이 된다. 층류와 난류의 임계 $Re = 2,300$ 보다 큰 값을 나타내므로 해석 모델의 관내 유동은 난류이다. 원형 관내의 난류 유체 완전발달에 필요한 길이는 식 (4)로부터 얻을 수 있다.

$$\frac{L}{D} \cong 1.359Re^{\frac{1}{4}} \quad (4)$$

식 (4)로부터 얻은 관의 길이는 1.8528 m가 된다.

이상의 계산으로부터 3.2절에서는 배기다기관으로부터 250mm, 1,000mm, 2,000mm 떨어진 곳에 DPF 설치를 가정하고, 운전 조건은 2,085rpm, 75% 부하 조건, 필터의 열전도도는 2 W/m·K, H0번 히터를 2.8 kW 가열하였을 경우에 대하여 해석하였다. 해석 결과를 Fig. 8에 나타내었다.

해석 결과 2,000mm 떨어진 곳의 DPF 내부의 온도분포가 축 중심의 상하 대칭을 이루는 것을 볼 수 있다. 해석의 결과를 자세히 관찰하기 위하여 Fig. 9에 필터 출구부로부터 50mm 앞쪽의 반경 방향에 대한 온도분포를 나타내었다.

해석결과와 그래프에서 볼 수 있듯이 필터 입구 바로 앞에 곡관을 갖는 경우에는 축 중심의 상하 온도분포가 크게 나타남을 볼 수 있고, 곡관으로부터 250mm 거리 이상의 해석에서는 필터 내부의 온도분포가 축 중심의 상하 차이가 적어지는 것을 확인할 수 있으며, 유체의 완전발달에 필요한 길이를 넘어서 2,000mm에 위치했을 경우는 완전 대칭의 온도분포를 나타내게 된다. 따라서 적은 DPF의 위치변화로 필터 내부의 고른 유동을 유도할 수 있을 것으로 분석되며, 이는 입구관에 일정한 유동분포를 유도하기 위한 부수적인 장치없이 동일한 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

해석의 결과에서는 관의 길이 증가에 따른 열손실이 크지 않음을 볼 수 있으나, 이는 해석상 관벽의 자연대류 조건을 적용하여 열손실이 적었던 것으로 판단된다. 해석의 조건에서는 관

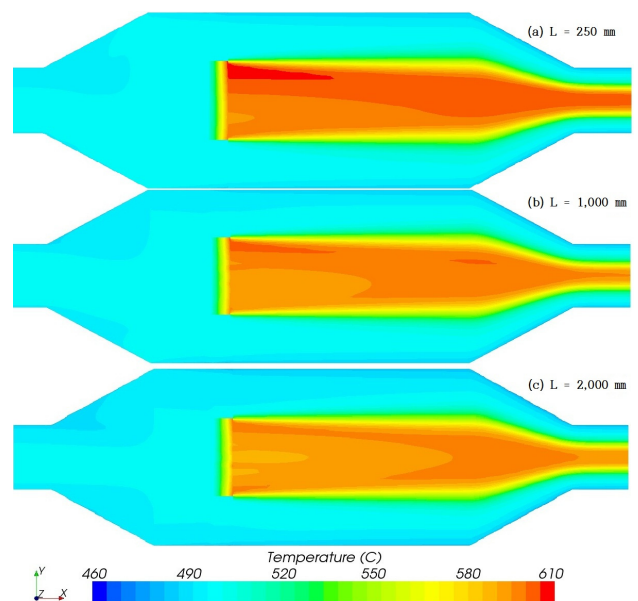


Fig. 8 Simulation results according to variation of length of inlet pipe at heating No. H0 heater

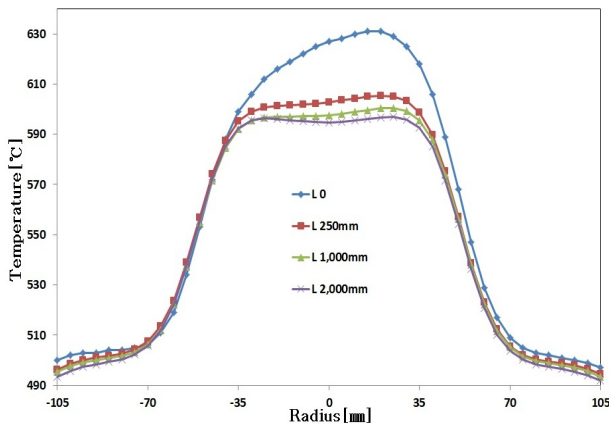


Fig. 9 Temperature distributions in DPF according to length of inlet pipe at heating No. H0 heater

외부 벽의 대류조건을 자연대류 조건으로 간주하였으나 실제 운행 차량에서의 대류조건은 강제대류조건이 적용 될 것으로 판단된다. 본 연구의 해석 목적이 관 길이에 따른 정성적인 필터 내부의 온도분포에 있기 때문에 이 부분에 대한 고려는 하지 않았다. 추후 본 내용에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 분할형 강제재생방식의 DPF에 대하여 필터의 재질 특성 변화와 배기다기관에 이어진 곡관으로부터의 DPF의 위치에 따른 필터 내부의 온도분포 특성을 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 필터 재질의 열전도도가 증가하면 반경방향의 열확산이 커지면서 전체적인 필터의 온도구배가 작아지는 것을 확인할 수 있었다.
- (2) 필터의 열전도도 변화와 유체의 유동속도 변화에 따른 대류영향의 관계에서 필터의 반경방향 열확산과 축방향 열확산에 대한 상관관계가 발생하였다. 이로부터 필터 출구부의 유동분포에 따른 최고온도변화가 나타났다. 이는 열전도도 결정에 있어서 유량에 따른 대류열확산도 고려되어야 함을 의미한다.
- (3) DPF의 위치 변화에 따른 필터 내부의 온도분포 해석에서는 DPF의 위치변화로 필터 내부의 고른 유동을 유도할 수 있었으며 부수적인 장치 없이 DPF의 위치 변화로 고른 유동분포를 이끌어 완전한 온도구배를 기대할 수 있을 것으로 분석된다.

후 기

본 논문은 2012년 서일대학 학술연구비에 의해 연구되었음.

References

- (1) Eom, M. -D., Yoo, J. -H., Lee, J. -T., and Lim, C. -S., 1999, "Characteristics of Exhaust Emissions from a Heavy-duty Diesel Engine," *KSAE*, Vol. 7, No. 9, pp. 20~27.
- (2) Kim, H. S., Kim, J. H., Shin, D. -, Cho, G. -, and Jeong, Y. G., 2004, "A Study on the Characteristics of DPF System of Peugeot 607 Diesel Passenger Car," *Transactions of KSAE*, Vol. 12, No. 3, pp. 66~74.
- (3) Ryu, K. -H. and Park, M. -J., 2001, "A Study on Characteristics of Electric Heater Regeneration Filter Trap in Diesel Engine," *Transactions of the Korea Society of Machine Tool Engineers*, Vol. 10, No. 1, pp. 10~15.
- (4) Kim, H. S., Jeong, Y. G., Hwang, J. -W., and Han, S. M., 2005, "Performance of an Electrical Heated CDPF System for a Midium Duty Diesel Engine," *Fall Conference of KSAE*, pp. 247~251.
- (5) Kitagawa, J., Hijikata, To., and Yamada, S., 1991, "Electric Heating Regeneration of Large Wall-flow Type DPF," *SAE paper*, SAE No. 910136.
- (6) Lee, C. H. and Park, S. C., 2008, "An Experimental Study on Effect of a Partitioned Electric Heating on Temperature Distribution in a Diesel Particulate Filter," *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol. 11, No. 2, pp. 151~157.
- (7) Park, S. -C., Lee, C. -H., and Lee, S. -R., 2010, "Study on Temperature Distributions in a Diesel Particulate Filter Equipped with Partitioned Electric Heaters," *Journal of the Korean Society of Combustion*, Vol. 15, No. 3, pp. 67~73.
- (8) Lee, S. -R., Ko, Y. -N., and Lee, C. -H., 2009, "A CFD Analysis of Flow Velocity at Inlet of a Diesel Particulate Filter according to the Curved Duct Connection Conditions," *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol. 12, No. 4, pp. 457~464.
- (9) Cutler, W. A., and Merkel, G. A., 2000, "A New High Temperature Ceramic Material for Diesel Particulate Filter Applications," *SAE paper*, SAE 2000-01-2844.
- (10) Jung, S. -C and Yoon, W. -S., 2007, "A Detailed Examination of Various Porous Media Flow Models for Collection Efficiency and Pressure Drop of Diesel Particulate Filter," *Transactions of KSAE*, Vol. 15, No. 1, pp. 78~88.