

<논 문>

충돌 분무의 성장에 미치는 분사압과 배압의 영향에 관한 연구

차건종* · 서경일** · 김덕줄***

(1996년 11월 29일 접수)

A Study on the Effect of Injection Pressure and Ambient Pressure for the Growth of Impinging Spray

Keun-Jong Cha, Kyung-Ill Se and Duck-Jool Kim

Key Words : Impinging Spray(충돌분무), Frozen Image(순간 정지상), Penetration Length(관통거리), Spray Thickness(분무두께), Growth Rate(성장률), Injection Pressure(분사압)

Abstract

This study investigated the effects of pressure on the growth of an impinging spray. We obtained the frozen images which were scattered by Nd : YAG laser light (pulse width : 7ns) using synchronization circuit made in the laboratory. For an impinging spray a growth of the penetration length was progressed with increase of the injection pressure but an ambient pressure restrained its growth. The effect of an ambient pressure on penetration was larger than that of an injection pressure. The pressure ratio had an effect on the penetration growth rate. The thickness growth rate depended on both the injection pressure and the ambient pressure compositively. A lower injection pressure or a higher ambient pressure was required for spatial distribution of impinging spray.

기 호 설 명

b : 충돌분무의 분무두께
 b_{max} : 충돌분무의 최대분무두께
 D : 충돌판의 직경
 H : 충돌판과 노즐선단 사이의 거리
 l_n : 니들 이동거리
 P_b : 분무실의 배압
 P_i : 연료 분사압력
 Q_f : 연료분사율
 r : 반경방향 좌표축
 R_p : 충돌분무의 반경방향 관통거리
 R_{pmax} : 충돌분무의 반경방향 최대관통거리

t : 연료 분사개시 후 시간
 y : 축방향 좌표축
 ξ : 성장률 비(분무두께 성장률/관통거리 성장률)
 λ_b : 분무두께 성장률
 λ_p : 분무의 반경방향 성장률

1. 서 론

충돌분무는 상대적으로 낮은 분사압력으로도 높은 분사 압력에서 얻을 수 있는 미립화 특성과 양호한 공간분포를 가진다. 이러한 특징을 가진 충돌 분무를 디젤 엔진에 적용하여 연료의 미립화 특성을 향상시키고 동시에 연소효율 향상 및 공해 물질

*회원, 부산대학교 기계기술연구소
**부산대학교 대학원
***회원, 부산대학교 공과대학, 기계기술연구소

의 저감을 위한 연구가 진행되고 있다.^(1~4) 최근 디젤 충돌분무를 OSKA 엔진에 적용한 결과, THC(Total Hydrocarbon) 및 NOx가 50% 저감되고 매연은 거의 발생하지 않았다. 그러나 충돌분무에 대해서는 기존의 자유분무에 비하여 일반화된 분무 특성에 대한 정보가 미흡한 실정에 있다. 특히 분무의 성장거동은 실린더 형상 설계와 분사조건에 대한 기초자료를 제공하기 때문에 대단히 중요한 정보이다.

충돌 분무의 경우 기존의 압력 분사식 또는 이유체 노즐에 의한 분무 거동과는 전혀 다르다. 충돌 후 액적은 충돌로 인해 되튀어 오르기도하고, 충돌판을 따라 반경방향으로 날아가기도 한다.⁽⁵⁾ 이 때 액적들의 되튀에 의하여 축의 상방향으로 분무 두께를 가지게 되고, 한편 반경방향으로의 이동에 의하여 분무의 관통이 이루어진다. 이러한 충돌분무의 성장거동은 분사압력과 주위압력의 영향을 받는다.

본 연구에서는 분사압력과 주위압력이 충돌 분무의 성장거동에 미치는 영향을 규명하고자 한다. 이를 위해 532 nm의 파장에서 8 ns 이하의 레이저 발광 펄스 폭을 가진 Nd:YAG 레이저와 자체 제작한 동기 회로를 이용하여 1 펄스 동안에 광산란된 분무 상을 가시화시켜 충돌분무의 성장거동에 대한 보다 정확한 정보를 제공하고자 한다.

2. 실험장치 및 조건

2.1 실험장치

실험장치는 크게 연료공급계, 분무실 및 화상처

리계로 되어있다. 연료분사계는 Volkswagen 사의 디스트리뷰트형 디젤 연료분사펌프, 스프링 디젤 인젝터 및 고압고속 솔레노이드 밸브(Bosch Co.)로 구성되어 있다.

연료 분사펌프는 모터에 의하여 1750 rpm으로 구동되며, 연료펌프에서 분사 압력까지 가압된 연료는 맥동 제거를 위하여 설치된 축압기를 거쳐 인젝터로 공급된다. 연료의 분사시기 및 기간은 인젝터 입구 측에 설치된 Bosch 사의 고압고속 솔레로이드 밸브에 의하여 제어된다. 연료의 분사압력은 150 kg_f/cm²과 190 kg_f/cm²이며, 배압은 30 kg_f/cm²과 38 kg_f/cm²이다.

분사압력의 영향은 일정한 배압(30 kg_f/cm²)에서 분사압력을 변화시켜 조사하였으며, 배압의 영향은 일정한 분사압력(190 kg_f/cm²)에서 배압을 변화시켜 조사하였다. 압력비(분사압력/배압)의 영향은 실제 엔진의 압력비에 근접한 5와 6.3으로 하였다.

Fig. 1은 고압정적분무실(a)과 충돌분무의 계략도(b)를 나타낸 것이다.

분무실은 정면과 좌, 우 그리고 하면에 직경 130 mm, 두께 15 mm의 화이렉스 유리로 된 4개의 관찰용 창이 설치되어있다. 충돌분무를 형성시키기 위하여 인젝터의 노즐 중심 축 아래쪽 6 mm 지점에 원형의 충돌판을 설치하였고, 사용한 노즐은 직경이 0.61 mm이고 단공이었다. 분무실의 배압은 압력조절이 가능한 고압 질소에 의하여 설정되었다. Fig. 1(b)에 충돌 분무의 각 요소별 정의를 나타내었다. 충돌판 표면에서 수직 상방향으로 반사되어 형성된 분무 외곽까지의 거리를 분무두께(b)로, 판의 중심에서 반경방향 분무 선단 도달거리를

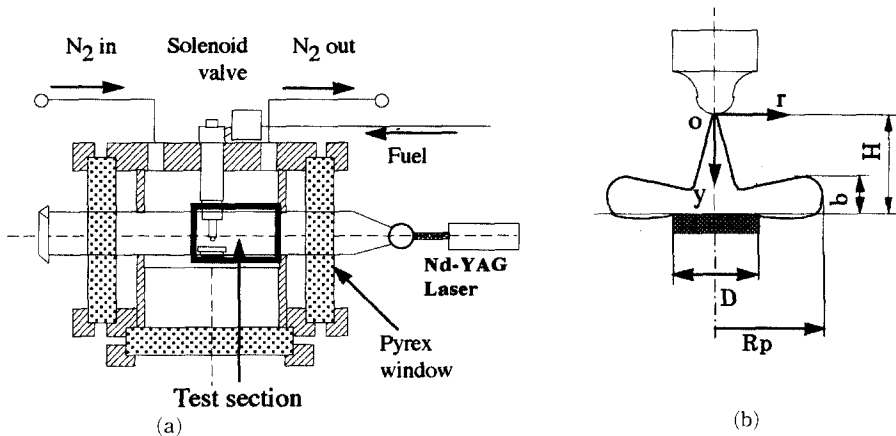


Fig. 1 Schematic of the impinging spray chamber(a) and schema of impinging spray(b)

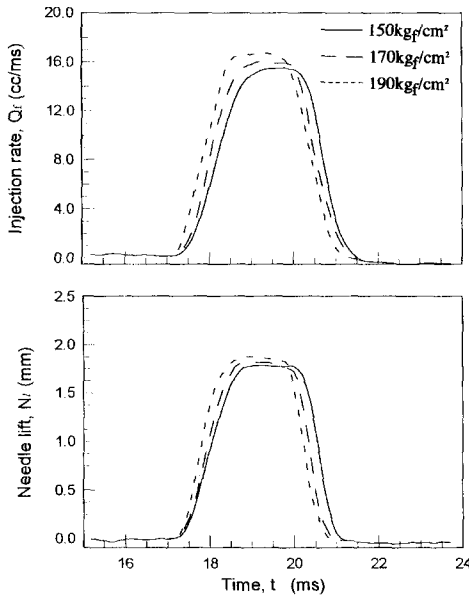


Fig. 2 The profiles injection rate and needle lift

충돌분무의 관통거리(R_p)로 정의하였다. 충돌 분무의 반경방향 퍼짐은 원판을 중심으로 하여 원형으로 이루어짐으로 실제 가시화에서는 한쪽 측면만을 나타내었다.

Fig. 2는 본 연구에서 사용된 인젝터에서의 니들(needle)의 이동길이와 연료 분사율을 나타낸다. 분사율 측정은 Bosch 형 측정법⁽⁶⁾을 사용하였으며, 니들의 이동길이의 측정은 갭센스(gap sense, ASM47002, WOLFF Controls Corporation)를 이용하였다. 연료 분사량은 각 분사압력에서 0.042 cc/inj.로 일정하며, 이때 노즐 출구에서의 실제 분사시간은 분사압력 150k g_t/cm² 일 때 3.5 ms, 190 kg_t/cm² 일 때 3 ms이었다.

Fig. 3은 충돌 분무의 정지 화상을 획득하기 위한 가시화 시스템의 계략도를 나타낸 것이다.

광원으로 Nd:YAG 레이저(GR-100, Spectra-Physics)를 사용하였고, 화상은 CCD(Charge Coupled Device) 카메라(Single Frame Camera, V·TEK Co.)와 해상도가 768×576이고 8bit 256 칼라 VGA image board(SCORPION, V·TEK Co.)에 의해 획득된다. 연료의 분사와 광원의 발광 그리고 카메라의 구동 시기는 디지털 함수발생기(33120A, HP)와 지연펄스 발생기(DG535, Stanford Research System Inc.) 그리고 신호 동기회로 등에 의해 제어된다.

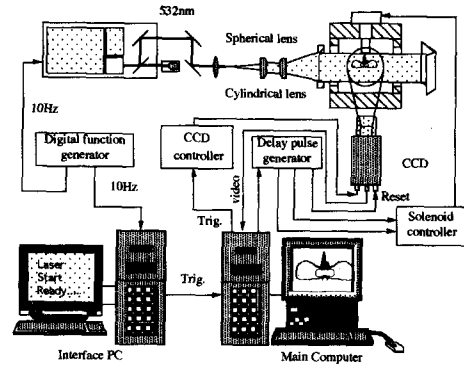


Fig. 3 Schematic of set up for spray image

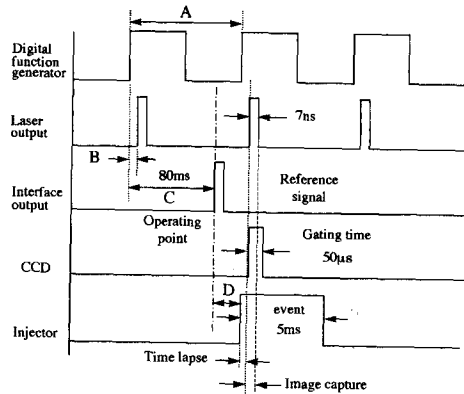


Fig. 4 Schematic of synchronized signals

광원으로 사용된 광은 Nd ; YAG 레이저의 기준 광을 2차 조화 발생기로서 주파수 배가시켜 얻은 파장 532 nm의 가시광이다. 충돌분무의 수직 단면의 가시화를 위하여 레이저 광은 광학렌즈를 통과 하면서 수직 평면광으로 바뀌어 대상체에 입사된다. CCD 카메라의 이미지 해상도는 769(pixel)×494(pixel)이고, 광 분해능은 10⁶이다.

Fig. 4는 동기신호의 상호관계를 나타낸 것이다. 이 신호체계는 10 Hz로 발광하는 레이저 광 중에서 1펄스의 광(펄스폭 7 ns)만을 광원으로 이용하기 위한 것이다. 디지털 함수 발생기에서 10 Hz (A)로 연속 발생되는 펄스 신호가 레이저에 인가 되면, 일정한 시간 지연 (B)을 가지고 10 Hz의 레이저 광이 발광된다. 레이저 광 중의 임의의 1펄스에 대해서만 카메라와 솔레노이드를 동기 시키기 위하여 인터페이스 컴퓨터를 이용하여 1펄스 동기신호를 별도로 발생시켰다. 1펄스 동기신호는 함수 발생기에서 발생하는 10 Hz 펄스 신호중 임의의 상승단(rising edge)을 기준으로 80 ms 지연(C) 후

발생되는 1펄스 파이다. 이 신호는 다음에 오는 첫 번째 레이저 광의 펄스 신호에 대하여 20 ms의 여유가 있다. 이 시간 간격은 CCD를 구동하는 데 요구되는 최대한의 준비 시간이다. CCD의 구동은 1펄스 동기신호 다음에 오는 첫 번째 레이저 발광 신호와 같은 시각에 구동되도록 하였고 ($D=A-C+B$), CCD의 노출은 레이저의 펄스 폭 보다 길게 하여 산란 광이 완전히 들어오도록 하였다. 인젝터에서의 연료의 분사 개시 시기는 1펄스 동기 신호를 기준으로 하여 일정시간(D) 지연된 후 이루어진다. 따라서 획득된 분무 상은 분무개시후 $[A+B]-[C+D]$ 만큼의 경과 시간을 가진 분무가 된다.

2.2 실험 조건

충돌분무의 형상은 충돌판과 노즐선단사이의 거리와 충돌판의 크기에 따라서 달라진다. 따라서 일정한 기준이 필요하다. 충돌판과 노즐선단과의 거리와 충돌 판의 직경에 따른 충돌분무의 거동특성을 연구한 결과,⁽⁷⁾ 거리가 너무 가까운 때에는 충돌후 액적들이 축 상방향으로 높히 튀어오르고, 너무 멀 때에는 분무가 충돌 판의 외곽 아래로 퍼져 분무 특성이 좋지 않음을 알았다. 또한 충돌판의 크기는 분무의 폭에 대하여 충돌 판의 직경이 거의 같거나 작으면 충돌판 외곽으로 흘러가는 액적이 존재하고, 너무 크면 충돌판의 면을 따르는 벽분류(wall jet) 유동이 크게 작용하여 충돌에 의한 액적발생을 저하시키기 때문에 충돌판의 위치를 고려한 최적 직경이 존재함을 보였다. 따라서 본 연구에서는 이 선행 연구의 결과를 토대로 하여 충돌전 분무의 밀도가 가장 높은 내부 코어 영역을 효과적으로 붕괴시키면서도, 반경방향으로의 액적분포와 미립화가 양호한 조건인, 거리 6 mm, 충돌판 직경 9 mm로 선정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 분무의 가시화

3.1.1 자유분무와 충돌분무의 단면 비교

Fig. 5는 동일한 조건에서 자유분무와 충돌분무의 단면상을 가시화한 것이다. 자유분무의 경우, 분무의 내부에 액적의 밀도가 높은 코어영역이 존재하고 연료는 분무의 선단과 주위 경계면에서 주

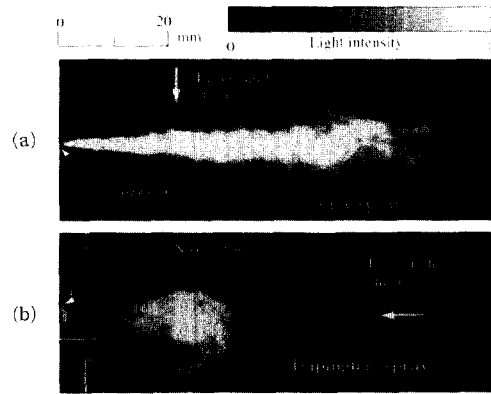


Fig. 5 Comparison of the free spray and impinging spray ($P_1 : 190 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$, $P_2 : 30 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$, 3 ms)

위기체와의 기체역학적인 효과에 의해 미립화되고 있음을 알 수 있다. 또한 분무의 내부 코어영역과 주위 경계면과의 액적 밀도의 차이가 크다. 한편 충돌 분무의 경우 충돌에 의해 코어영역이 붕괴되어 액적으로 분열되기 때문에 분무의 내부영역과 외곽영역간의 밀도 차이가 그렇게 크지 않다. 따라서 충돌분무의 액적의 초기 밀도는 자유분무의 경우보다 훨씬 균일한 분포를 가지며 특히 연료가 분사된후 충돌후 곧바로 액적으로 분열되기 때문에 고온 분위기에서 분무의 액적 증발이 빨리 이루어져서 액적 소멸이 자유 분무보다 훨씬 빨리 진행된다. 한편 충돌판에 충돌된 연료 액적은 충돌면의 온도 조건에 따라 충돌면 상에 유막을 형성하거나 또는 열전달에 의한 비등분열이 나타나게 된다.⁽⁸⁾ 이 충돌면의 온도 조건은 주어진 분위기 압력에 대한 연료의 포화증기 온도와 관련이 있다.⁽⁹⁾ 본 연구에서는 상온 범위에서 행하였기 때문에 액적의 비등 분열은 발생되지 않으며, 반면에 충돌면에 부딪힌 액적이 얇은 액막으로 퍼졌다가 작은 액적으로 분열되어 튀어오르는 액막 분열 튀(¹⁰) 현상이 나타난다.

3.1.2 충돌 분무의 성장거동과 수밀도

Fig. 6은 흰 부분인 인젝터를 중심으로한 우측면의 단면 화상으로서, 분사압력이 $190 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 일 때 연료 분사 개시 후 시간경과에 따라 충돌분무가 성장되어 가는 과정을 보여주고 있다. 시간의 경과와 더불어 반경방향으로의 관통거리와 분무두께가 증가하는 것을 알 수 있다. 시간이 분사후 1 ms일 때, 관통거리는 최대 관통거리의 약 50%까지 성장

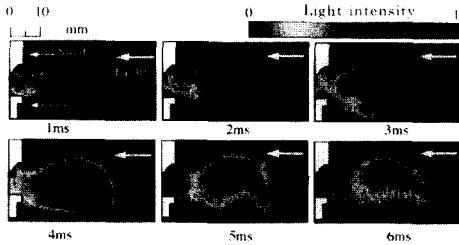


Fig. 6 Frozen images of impinging spray after injection (Image capture time : 7 ns, $P_i=190 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$, $P_b=30 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$)

하고, 이후 시간에 따라 서서히 증가하여 최대 관통거리에 도달하고 있다. 초기 시간대에 충돌 분무의 반경방향으로의 성장이 빠른 것은 액적들의 운동량이 분사초기에 가장 크기 때문이다.

한편 분무두께는 분사가 종료되는 연료분사 개시 후 3 ms부터 현저하게 두꺼워지고 있다. 특히 분사가 종료된 후에도 분무두께의 증가는 계속되고 있다. 이것은 충돌 후 뒤 돌아온 운동량이 다소 큰 액적들이 계속해서 분무 외곽을 향해 이동하고 있기 때문이다.

Fig. 6에서 분사 개시 후 3 ms까지는 광 강도가 높은 영역이 분무의 내부에서 점차 넓어지다가 분사가 종료된 4 ms 이후부터는 분무의 우측상방향으로 이동한 후 차츰 좁아지고 있다. 이것은 내부의 상방향으로 뒤 돌아온 액적들이 관성력에 의해 계속해서 분무 외곽과 상단으로 이동하여 내부의 수밀도가 점차 감소하기 때문이다. 따라서 시간이 지날수록 액적의 수밀도가 높은 영역은 분무 우측상단 영역으로 이동하면서 그 영역이 점차 작아지고 있다.

3.2 압력이 충돌분무의 성장에 미치는 영향

3.2.1 반경방향 관통길이

분사압력과 주위기체의 배압은 충돌 분무의 성장 거동에 영향을 미친다. 따라서 일정한 배압에서 분사압력을 변화시켰을 때와 일정한 분사압력에서 배압을 변화시켰을 때, 압력이 충돌분무의 성장에 미치는 영향을 조사하였다. 각 실험조건에서 한 개의 측정값을 얻기 위해 재연성이 있는 화상을 20개 획득하여 각각의 화상에서 관통길이와 분무두께를 측정하여 평균을 취하였다.

Fig. 7은 분사 압력이 $150 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 과 $190 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$, 배압이 $30 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 과 $38 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ 일때 압력비가 5와

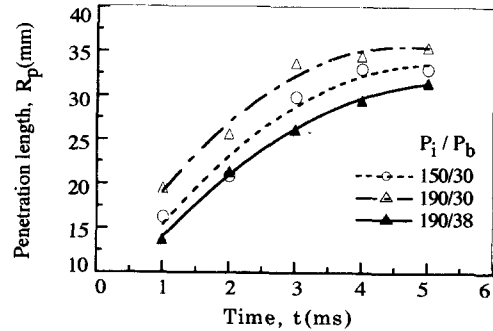


Fig. 7 Variation of radial direction penetration length

6.3인 조건에 대한 연료 분사후 시간 경과에 따른 반경방향 관통길이를 나타낸 것이다. 전반적으로 관통길이는 시간의 제곱근에 비례하여 증가함을 보였다. 그림에서 기울기는 반경방향의 관통속도를 의미하며, 분사 초기에는 빠르고 시간이 경과할수록 점차 느려지고 있다. 이것은 분사개시후 충돌에 의한 반경방향의 액적의 운동량이 연료 분사 초기에는 크고 분사 종료된 후에는 이들의 운동량이 감소하기 때문이다. 분사압력과 배압의 영향을 보면, 분사 압력이 크고 배압이 낮은 경우가 반경방향 관통길이는 길다.

배압이 일정한 경우, 분무의 반경방향 관통길이는 분사 압력이 높을수록 길어졌다. 이것은 분사 압력이 높을수록 액적들의 운동량이 크기 때문이다. 즉 분사압력의 증가는 분무의 반경방향으로의 성장을 촉진한다. 그러나 분사압력이 일정한 경우, 관통길이는 배압이 높을수록 짧았다. 이것은 배압이 높을수록 주위기체의 밀도가 증가하여 액적의 반경방향 분산을 억제하기 때문이다. 또한 동일한 압력비 5를 가지는 두 조건 150/30과 190/38 경우를 비교하여 보면 분사압력과 배압이 높은 190/38의 경우가 낮은 150/30의 경우보다 관통길이가 훨씬 짧은 것을 알 수 있다. 이상에서 충돌분무의 관통길이에 미치는 압력의 효과는 분사압력과 배압이 서로 상반되고, 배압의 영향이 분사압력의 영향보다 큼을 알 수 있다.

3.2.2 분무두께

Fig. 8은 일정한 분사압력 하에서 배압을 변화시켰을 때 분무두께의 변화를 나타낸 것이다. 분무의 운동량이 상대적으로 낮은 Fig. 8(a)의 경우, 배압

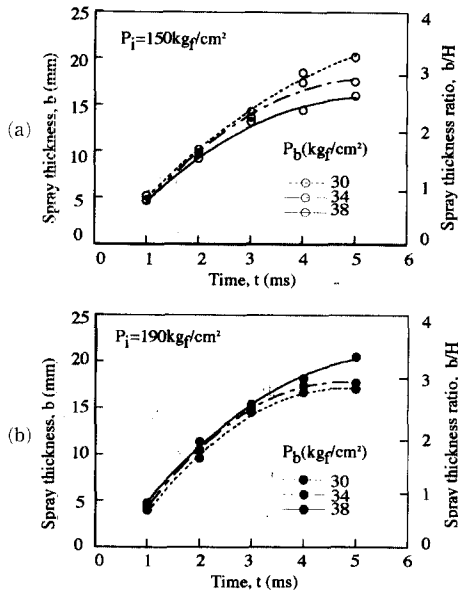


Fig. 8 Effects of ambient pressure on spray thickness

이 증가할수록 분무두께의 감소가 시간의 경과에 따라 뚜렷이 나타나고 있다. 이것은 분사압력이 낮기 때문에 충돌후 액적들의 운동량이 작아서 주위 공기의 저항력을 극복하지 못하기 때문이다. 그러나 Fig. 8(b)에서 보는 바와 같이 높은 분사압력에서는 배압이 높아질수록 분무두께가 두꺼워진다. 이것은 분사압력이 높아져서 충돌후 튀어오른 액적의 운동량이 증가하고 액적의 반경방향 운동에너지도 높아졌지만 배압이 높을수록 액적이 반경방향으로 더 뺏어나가지 못하여 상하로 퍼지게 되는 분무 유동이 발달하기 때문이다. 한편 높은 분사압력에서 배압이 낮으면 액적들의 반경방향 유동이 활발하기 때문에 분무두께의 성장이 적다. 이와 같은 현상은 액적들이 공간상에 분포하고 액적의 이동이 액적 개개의 운동량에 의존해야하는 연료분사 개시 후 2 ms 이후부터 현저하다. 그러나 분사 개시 후 2ms까지 거의 같은 분무두께를 나타내며 압력의 영향을 덜 받는 것으로 나타났다.

3.2.3 성장률

분무의 성장 경향을 보다 정량적으로 알아보기 위하여, 분사 후 시간 간격($t_n - t_{n-1}$) 동안 성장한 길이($X_{t_n} - X_{t_{n-1}}$)를 최대 길이(X_{max})로 나눈 값을 분무 성장률(λ)로 정의 하였다. 성장률은 분무가 각 시간대에서 일정 시간간격 동안에 총길이에 대

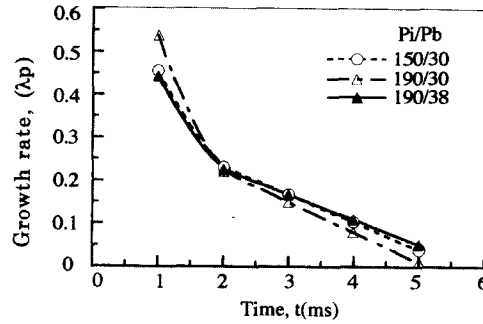


Fig. 9 Radial direction growth rate

해 어느 시점에서의 성장정도를 평가할 수 있는 지수가 된다. 즉 각 시간대에서 성장률의 크기는 분무의 성장정도를 의미한다. 본 연구에서는 시간 간격을 1 ms 로하여 시간대별 반경방향 성장률(λ_p)과 분무 두께의 성장률(λ_b)을 구하였다.

$$\lambda_p = (R_{t_n} - R_{t_{n-1}}) / R_{pmax}, \quad 0 < \lambda_p < 1$$

$$\lambda_b = (b_{t_n} - b_{t_{n-1}}) / b_{max}, \quad 0 < \lambda_b < 1$$

Fig. 9는 압력비에 따른 반경방향 성장률을 나타낸 것이다. 모든 조건에서 시간에 따라 선형적으로 감소하는 경향을 보여 주고 있다. 연료 분사 개시 후 1 ms에서 최대 관통거리의 약 50%의 성장이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그리고 연료 분사 후 2 ms까지는 반경방향 성장이 빠르게 이루어지다가 이후부터는 성장이 느리게 진행됨을 알 수 있다. 이것은 충돌 초기에 액적들의 운동량이 가장 크기 때문에 성장이 빠르게 진행되지만, 시간이 지남에 따라 액적의 운동에너지가 소모됨으로서 성장이 둔화되기 때문이다. 따라서 이 시점에서 성장률의 기울기가 변하는 변곡점이 형성되고 모든 조건에서 거의 같은 성장률을 가지게 된다. 2 ms이후의 성장률은 시간이 지남에 따라 압력비가 5로 동일한 150/30과 190/38의 경우는 거의 같은 성장률을 나타낸 반면, 이 보다 압력비가 높은 6.3인 190/30경우는 성장률이 다소 낮게 나타났다. 이것은 Fig. 7에서 압력비가 190/30인 경우가 연료 분사기간 동안에 반경방향의 관통 속도가 가장 컸으며 분사 종료후 관통 속도가 상대적으로 낮은 결과와 일치한다.

Fig. 10은 분무두께의 성장률을 나타낸 것이다. 반경방향 성장률과 비교할 때 다소 다른 경향이 있다. 즉, 분무 두께의 성장률이 압력비 자체의 영향보다도, 분사압력과 배압의 영향을 복합적으로 받

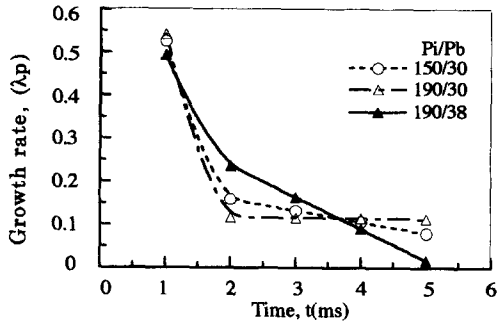


Fig. 10 Spray thickness growth rate

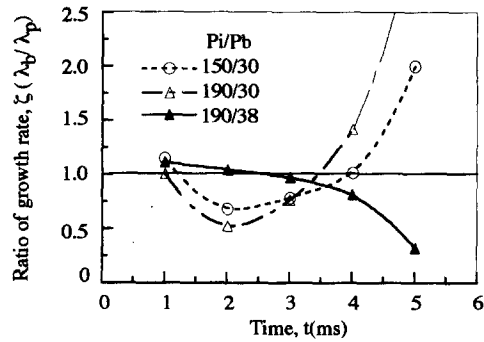


Fig. 11 Ratio of spray thickness growth rate to radial direction growth rate

고 있다.

분무두께의 경우도 반경방향 성장률과 마찬가지로 전체 연료분사 시간의 1/3인 시점에서 최대 분무두께의 약 50% 정도 성장하였다. 또한 연료 분사후 2 ms까지는 분무두께의 성장이 빠르게 이루어지다가 이후부터는 성장이 느려짐을 알 수 있다. 연료분사기간에는 압력비가 190/38일 때가 가장 빠르나 분사종료 후는 빨리 감소하였다. 배압이 30 kg_t/cm²의 조건에서는 2 ms 이후에 전 시간대에 걸쳐 분무두께의 성장이 일정하게 유지되었다. 이것은 Fig. 8에서 압력비가 190/38인 경우가 상방향 분무두께의 성장 경향이 150/30와 190/30의 경우와는 다르기 때문이다. 따라서 압력비가 같은 경우, 배압이 높을수록 분무 두께가 빨리 성장한다. 이것은 액적의 운동량과 주위기체의 밀도에 의한 유체역학적인 상호작용 때문이며, 특히 배압이 분무두께의 성장에 크게 영향을 미치고 있음을 의미한다.

또한 연료 분사가 종료된 3.5 ms에서는 압력비에 관계없이 성장률이 거의 일치하였다. 이것은 분무두께의 변화양상은 연료분사가 진행중일 때 결정되며 분사종료후에는 연료 액적의 운동량과 주위기체의 저항에 기인됨을 알 수 있다.

3.2.4 성장률 비

Fig. 11은 총돌 분무에서 분무두께와 반경방향 성장률의 비($\zeta = \lambda_b / \lambda_p$)를 나타낸 것이다. 성장률 비는 총돌 후 액적의 공간상의 분포를 예측 할 수 있는 지표가 된다. 연료분사기간중에는 반경방향 성장률이 지배적이기 때문에 약 3.5 ms까지는 $\zeta < 1$ 이다. 또한 분사종료후에는 연료의 운동량이 지배적인 방향에 따라 분무의 거동이 결정되지만, 배압이 높은 경우가 분무두께의 성장은 분무의 반경방향 성장보다 약하다. 배압이 38 kg_t/cm²인 경우,

성장률의 비가 시간의 제곱에 반비례하며 감소하고 있고 이보다 배압이 낮은 경우는 시간의 제곱으로 증가하는 경향을 가짐을 보여준다. 배압이 30 kg_t/cm²인 경우는 분사압력에 무관하게 시간 경과와 더불어 성장률 비가 1이하에서 1이상으로 증가하고, 배압이 38 kg_t/cm² 경우는 반대의 경향을 보이고 있다. 이것은 Fig. 9와 Fig. 10 에서 배압이 38 kg_t/cm²인 경우가 시간에 따른 분무두께 및 반경방향의 성장이 상반된 거동의 결과로 생각된다.

이상에서 연료분사기간동안에는 배압이 높을수록 주위 기체의 밀도상승에 의해 분무두께의 성장이 분무의 관통길이의 성장보다 빠르게 이루어짐을 알 수 있다. 그러나 분사 종료후의 경우는 배압이 낮은 때가 두께의 성장률이 반경방향 성장률을 앞서고 있다. 이것은 분사 종료이후에는 분무의 관통길이의 성장은 적은 반면 분무두께의 성장이 큰을 의미한다.

4. 결 론

본 연구에서는 Nd:YAG 레이저의 1 펄스 산란 광에 의한 정지상 가시화 기법을 이용하여 연료의 분사압력과 주위 기체의 배압 조건에 따른 총돌 분무의 순간 상을 가시화하고, 이를 토대로 총돌 분무의 성장에 미치는 압력의 영향을 규명하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 총돌분무의 반경방향 성장은 연료분사 개시 후 약 1 ms에서 최대 성장 거리의 약 50%의 성장을 이루며, 2 ms 이후부터는 성장이 느려져 거의 일정한 성장률을 가졌다.
- (2) 분무두께는 낮은 배압에서는 분사압력이 높아질수록 얇아지고, 높은 배압에서는 분사압력이

높아질수록 두꺼워진다.

(3) 시간대별 분무두께 및 분무의 반경방향 성장은 충돌 초기 시간대에는 빠르나 시간 경과와 더불어 선형적으로 둔화하고, 성장률 기울기가 바뀌는 변곡점이 존재한다.

(4) 연료 분사시간 동안에는 배압이 높을수록, 분사종료 후에는 배압이 낮을수록 성장률 비(ξ)가 1보다 크다.

참고문헌

- (1) Kato, S. and Onishi, S., 1990, "New Type of Diesel Engine by Impinging of Fuel Jet (OSKA-D)," *SAE* 1901618.
- (2) Kato, S., Tanabe, H., Sato, G. and Onishi, S., 1994, "Combustion Observation of DI and OSKA-DH Diesel Engines by Engine Video System," *COMODIA 94*, pp. 255~260.
- (3) Park, K. and Watkins, A. P., 1996, "An Investigation of Combustion Chamber Shapes for Small Automotive Direction Diesel Engine Employing Spray Impaction," *IMEchE Journal of Automobile Engineering*, Vol. 210, pp. 261~272.
- (4) Cha, K. J. and Kim, D. J., 1995, "A Study on the Structure of a Diesel Spray and the Improvement of the Injection System by the Exciplex Method," *KSME*, Vol. 19-9, pp. 2373~2385.
- (5) Naber, J. D. and Reitz, R. D., 1988, "Modeling Engine Spray/Wall Impingement," *SAE* 881316, pp1~23.
- (6) 川合静男, "ディーゼル 燃料 噴射" SANDORI, pp. 163~189.
- (7) Cha, K. J., Se, K. I. and Kim, D. J., 1996, "The Behavior Characteristics of Diesel Spray with the Position Conditions of Impinging Disk," *Proceedings of ILASS-Korea '96*, pp. 91~98.
- (8) Bai, C. and Gosman, A. D., 1995, "Development of Methodology for Spray Impinging Simulation," *SAE* 941894.
- (9) Senda, J., Kobayashi, M. Iwashita, S. and Fujimoto, H., 1994 "Modeling of Diesel Spray Impingement on a Flat Wall," *SAE* 941894.
- (10) Takeuchi, K., Senda, J. and Sato, Y., 1982, "Experinental Studies on the Hehaviour of a Small Droplet upon a Hot Metal Surface," *ICLASS-82*, pp. 397~404.