

상온 충돌판에서의 디젤 충돌 분무의 거동 특성

The Behavior Characteristics of Diesel Impinging Spray on the Room Temperature Impinging Disk

차건종*, 서경일**, 김덕줄***

K.J.Cha, G.I.Se, D.J.Kim

ABSTRACT

This study addresses the behavior characteristics of diesel spray injected on the impinging disk with the room temperature. The models of impinging spray are the stick, the reflect and the wall jet model. In the initiative of the fuel injection the impinging spray was the reflect model, because the momentum of droplets was very large. This model developed to the wall jet model according to the time approaches. On the low temperature disk the fuel film was made by the attachment of the droplets with low Weber number. The thickness of impinging spray was increased when the disk approached to the nozzle tip. Mathematical analysis for calculation with the behavior of impinging spray have to consider the reflecting effect and the influence of the fuel film.

Key Words: Impinging Spray(충돌분무), Impinging Disk(충돌판), Reflect(반사), Wall Jet(벽면류), Stick(부착), Fuel Film(유막)

1. 서론

충돌 분무는 충돌면에 의한 2차 분열을 유도함으로써 전체 공간으로의 액적분산과 미세액적을 형성시킬 수 있다. 따라서 디젤엔진의 경우 연료의 미립화 특성을 향상 시킴으로써 연소효율 및 공해 배출물 저감을 위해 충돌 분무를 형성시킬 수 있는 충돌 분사계에 대한 연구가 진행되고 있다⁽¹⁾. 그러나 충돌 분무의 경우 기존의 다공 노즐에 의한 분무 거동과는 전혀 다르다. 충돌판에서의 충돌에 의해 reflect되어 튀어오르는 액적들도 존재하고 충돌판을 따라 반경방향으로 이동하는 액적들도 존재한다. 그리고 저온의 충돌판에 충돌할 경우 부착된 액적은 유막을 형성하여 액적의 reflect 나 wall jet 에 영향을 미치게 된다.⁽²⁾ 또한 충돌판의 위치에 따라서 충돌 후의 액적의 유동 경로가 달라진다. 이러한 요인들인 해 충돌 분사계를 개발하기 위해서는 경우에 따라 실린더 형상의 변형을 요구하기 까지한다.⁽³⁾ 따라서 충돌 분무에 대한 거동을 구명함으로써 새로운 분사계설계를 위한 기초자료를 제공할 필요가 있다. 본 연구에서는 일정 분사 압력 하에서 분사압력과 상온상태의 충돌

판의 위치에 따른 디젤 충돌분무를 sheet beam을 이용한 단층촬영으로 가시화하고, 실험 결과와 충돌 분무의 수치계산에 의한 결과를 비교 검토함으로써 분무의 거동 특성을 밝히고자한다.

2. 실험장치 및 실험조건

실험장치는 크게 연료 분사계통과 화상처리 계통으로 구분되어 있다. 연료의 공급은 구동 모터에 의해 구동되고 있는 상용 1.5ton 디젤 연료 분사 펌프에 의해 이루어진다. 디젤인젝터는 상용 1스프링 인젝터 홀더를 사용하였으며, 5공 노즐을 사용할 때 1회 분출 유량에 근접시키기 위해 직경 0.61mm인 수직 단공 노즐 팁을 장착하였다. 디젤 연료의 분사시기 및 기간은 인젝터 입구에 설치된 Bosch Co.의 고압 고속 솔레노이드 밸브에 의하여 제어된다. 밸브의 개도기간이 연료 분사 기간이 되며, 본 연구에서는 분사압력에 상관없이 분사기간 4ms, 1회 연료분사량 0.042cc로 일정하게 하였다. 분사압력에 의한 영향도 조사하기 위하여 30kgf/cm²의 일정한 배압 조건에서 분사압력을 관내압력으로 150, 190kgf/cm² 로 하였다.

* 부산대학교 기계기술연구소

** 부산대학교 대학원

*** 정희원 부산대학교 공과대학

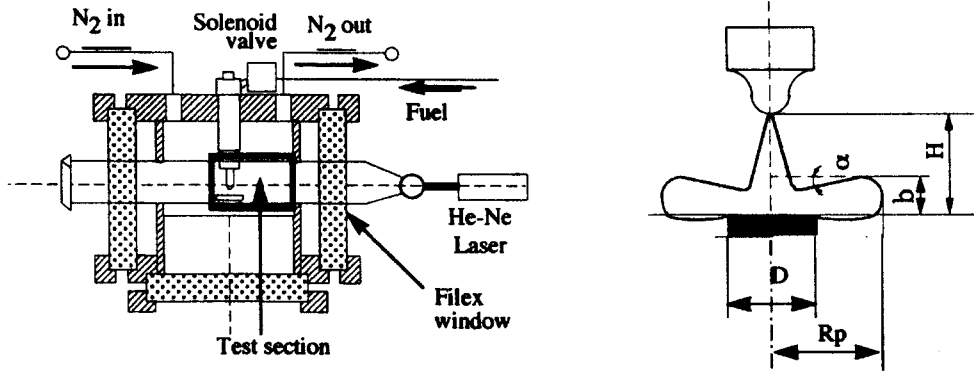


Fig.1 Diagram of the impinging spray chamber and the spray shape

이때 주위기체는 질소 가스를 사용하였다.

Fig.1에 고압 정적분무실과 충돌분무의 형상 모델을 나타내었다. 충돌분무의 구조를 가시화하기 위하여 가시화 창이 부착된 고압정적분무실을 제작하였다. 분무실의 보어 반경(R_b)은 50mm이며 관찰창은 $\phi 130\text{mm}$, $t15\text{mm}$, 화이렉스 유리를 사용하였고, 양측면과 정면 그리고 밀면에 설치하였다. 광원으로는 He-Ne 레이저의 연속광을 사용하였으며, 분무의 수직 단면을 가시화시키기 위하여 이 광은 cylindrical 렌즈에 의해 수직 sheet 광으로 test section에 조사된다. 이때 분무의 순간상은 50 μs 의 노출시간을 갖도록 조절된 Dual MCP(10^4 개인)가 장착된 CCD에 의하여 얻어진다. 본 연구에서는 분무의 재연성을 확인하였으며, 이에따라 매회 분사시간중에 CCD카메라의 촬영시기를 변화시켜 분무의 시간 경과에 따른 분무상용 획득하였다.

충돌판의 설치 위치에 따른 분무 거동의 변화를 조사하기 위하여, 판을 노즐 팁 수직 중심 하방으로 4.6 그리고 8mm에 설치하였으며, 사용된 판의 직경은 9mm로 동일하게 하였다.

충돌판은 비가열 상태로 상온의 온도 조건을 그대로 적용하였다. 판에 충돌후 형성된 분무의 형상은 각 요소에 따라서, 판 표면에서 상방향 분무 표면까지의 거리를 분무두께(b), 판의 중심에서 반경방향 분무 선단 도달거리를 충돌분무의 관통도(R_p)로 정의하였다.

Fig.2는 개별 액적에 대하여 충돌판에 충돌 전, 후의 웨브 수 변화와 충돌 전 액적의 웨브 수에 따른 충돌모형을 나타낸 그림이다. Naber와 Reitz를 비롯한 선행연구자들⁽⁶⁻⁷⁾은 단일 액적의 충돌 실험을 통하여 충돌하는 액적의 웨버 수에 따라 점선 영역과 같이 충돌 후의 액적의 거동을 stick, reflect 그리고 wall jet 모델로 분류하였다. 그러나 충돌 분무 거동의 수학적 해석의 편의성을 위하여 웨브 수 80을 경계로하여 실선 영역과 같이 reflect와 wall jet 모델로 두가지 모델만을 적용하여 해석을 시도하고 있다. 일반적으로 노즐을 통해 미립화된 액적들의 크기가 다양하기 때문에 분무군 내의 각각의 액적들이 가지는 웨버 수가 다양하다. 따라서 실제 충돌 분무에서는 이 3가지 모델이 공존하는 양상을 보인다. 특히

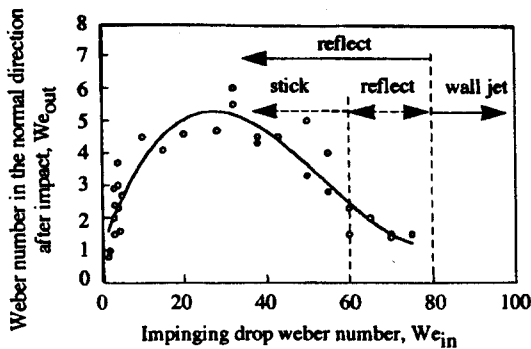
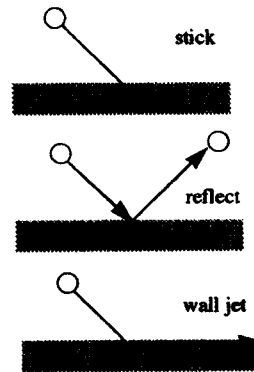


Fig.2 Spray impingement model by Naber & Reitz



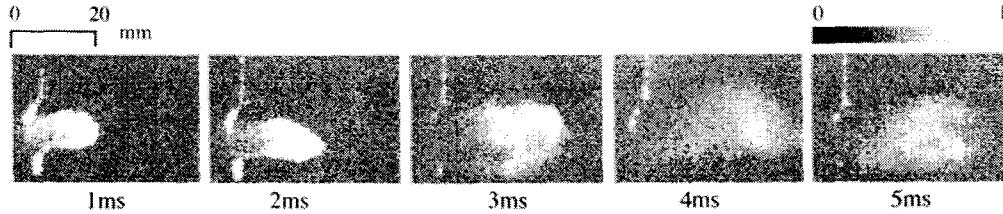


Fig.3 Sequence of impinging spray images after injection for H6-D9-Pi190 case

충돌 후 reflect 되는 모델에서는 액적들이 더욱 미세한 액적들로 미립화 되는 2차 분열 효과가 극대화 될 것으로 보이며, 또한 액적들이 상방향으로 reflect 되는 만큼 분무의 두께가 증가하고, 반경방향의 퍼짐을 방해하는 효과가 나타낸다.

이에 반해서 wall jet의 경우에는 액적들이 판 면을 따라 반경 방향으로 신속히 분산되기 때문에 반경 방향의 관통도에 기여하게 되지만 충돌에 의한 미립화 효과가 reflect 모델보다 미약하다. 상온벽면에 충돌하는 저 웨브 수의 액적인 경우는 충돌면에 부착하고 유막을 형성 시킴으로서 점성과 표면장력의 영향을 증대시켜 액적들의 부착 현상을 증대시킬 뿐만 아니라, 전술한 두 모델에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 특히 유막의 형성은 reflect 모델의 발생을 저하시키고, 오히려 벽류 모델의 형성을 촉진시킬 것으로 보인다.

그러나 고온의 벽면에 충돌하는 액적의 경우는 충돌 표면에서의 열전달 효과에 의해 액적이 비동하는 액적 폭발 현상이 수반되어 더욱 미세한 액적으로 reflect 되고 상대적으로 유막의 형성은 저하되기 때문에 wall jet 보다는 reflect 모델이 발달할 것이다. 이러한 이유로 해서 실제 실험에 의해 나타나는 분무의 거동 양상은 수학적 해석과는 차이가 존재 할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 실제 실험에 의한 충돌 분무의 거동을 밝히고, 현재 Park 등에 의해 개발된 충돌 분무의 수치해석 결과와 비교하여 향후 고려되어야 할 인자를 조사하고 한다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 충돌 분무의 거동

3.1.1 충돌분무의 특징

Fig.3은 전형적인 충돌 분무의 우측면 단면 화상으로서, 디젤 연료 분사후 시간경과에 따라 전개되어가는 충돌분무의 순간 거동을 가시화한 것이다. 이 때 CCD의 노출 시간은 50 μ s로 일정하며, 분사압력 190kgf/cm², 분위기 압

력 30kgf/cm², 판의 직경 9mm 그리고 노즐 팁과 판 사이의 거리는 6mm 이다. 시간의 경과와 더불어 충돌분무는 반경방향과 축방향으로의 진행이 증가하다가 분사 후반에서는 더 이상의 진행은 없이 공간적으로 분포된 다소 큰 액적들만이 잔류하여 액적분포가 점점 감소하는 경향을 보이고 있다.

분사초기인 1ms인 경우를 보면 이미 분무 두께를 가지는 타원형상의 분무를 이루고 있음을 알 수 있다. 이것은, 충돌 판에 충돌한 액적이 분열과 reflect가 동시에 이루어 지고 있음을 의미한다. 따라서 충돌 판 중심에서 원주면으로 갈수록 축 상방향으로의 퍼짐이 증가하고 전체적으로 타원형의 분무형태를 형성하는 것이다. 즉 실제 디젤 연료 분사압력 및 배압 조건에 근접한 본 실험 조건에서 충돌 초기부터 액적들의 reflect가 현저히 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 시간의 진행에 따라 3ms까지는 계속 분사되고 있는 연료의 반경방향으로의 분산이 증가함을 보였다. 이것은 액적의 산란광도가 반경방향을 따라 강하게 나타나고 있음에서 알 수 있다. 이에 반해 reflect에 의한 축상향으로의 산란광도는 상대적으로 약하게 나타나고 있다. 이것은 reflect 된 기존의 액적들의 시간경과에 따른 확산 때문으로 보인다. 특히 상온에서는 분사가 진행됨에 따라 판의 표면에 유막이 형성되기 때문에 액적들의 reflect가 둔화되고 반경방향으로 wall jet 형성을 유도하는 것으로 생각된다. 그러나 실제 연료의 분사가 종료된 3ms 이후 부터는 이미 공간에 분포된 개개의 액적들이 액적 자체의 관성력에 운동하기 때문에 액적의 크기가 큰 액적일수록 분무 외곽에 분포하게 되며, 상대적인 산란광도도 높게 나타난다. 즉, 연료의 분무가 종료된 이후 부터는 액적 자체의 크기와 속도성분에 의한 관성력에 의존하는 분무 거동을 보여주고 있다.

3.1.2 충돌판 위치의 영향

충돌분무의 경우 충돌판의 위치, 즉 노즐 팁과 판사이의 간격에 따라 충돌분무의 양상이

달라진다. 특히 판이 노즐 가까이 설치 될 경우 상대적으로 액적들의 충돌후 reflect 가 심화될 것이며, 멀어질 수록 충돌판의 하방향으로 흘러내리는 현상이 발생될 것으로 생각된다. 이것은 판이 멀리 설치 됨에따라 분무의 분무각의 영향으로 판에 충돌되는 분무류의 일부가 판 바깥에도 존재하기 때문이며 이로인해 액적들의 유동경로가 일부 충돌판의 하방향을 따라 나타나기 때문이다.“

Fig.4는 분사압 150kgf/cm², 판직경을 9mm로 일정하게하고, 판의 위치를 4,6, 그리고 8mm로 이동시켰을 때 시간 경과에 따른 충돌 분무의 형상을 가시화한 상이다. 전반적으로 시간 경과에 따라 반경방향, 축상방향으로 분무가 발달하다가 액적들의 공간 분포가 점점 감소하는 경향을 보여주고 있다.

판의 위치에 따른 분무거동의 차이를 발견할 수 있다. 동일시간대에서 판의 위치가 노즐 팁에 가까운 4mm인 경우, 전반적으로 축상방

향으로의 액적분포가 넓게 나타나고 있으며, 가장 멀리 떨어진 8mm인 경우, 축 하방향으로의 액적 분포를 보여주고 있다. 6mm인 경우는 두 경우의 중간영역에 해당하는 액적 분포를 보이고 있다. 특히 분사 초기에서부터 충돌판의 위치에 따른 분무거동 특성이 명확하게 나타나고 있다. 이것은 분무의 거동 특성이 충돌 판의 위치에 크게 지배받음을 의미한다. 8mm인 경우는 충돌 전, 원추형으로 퍼진 분무군 내에 판이 설치된 것으로 충돌판 외곽으로 흘러지나는 액적 유동이 발생하여 충돌 후의 분무가 축 하방향으로 치진 분무 거동 특성을 보이는 것이다. 즉 충돌판이 충돌 전 분무군 내에 들어갈때는 충돌에 의한 축 상방향으로의 reflect보다 축 하방향으로의 유체 유동적 특성이 크게 작용함을 알 수 있다. 따라서 분무두께가 다른 두 경우와 비교해서 가장 작게 나타나고 있다.

이에 반해 4mm와 6mm의 경우는 충돌 판상에서 충분히 충돌된 경우로서 충돌분무의 초기

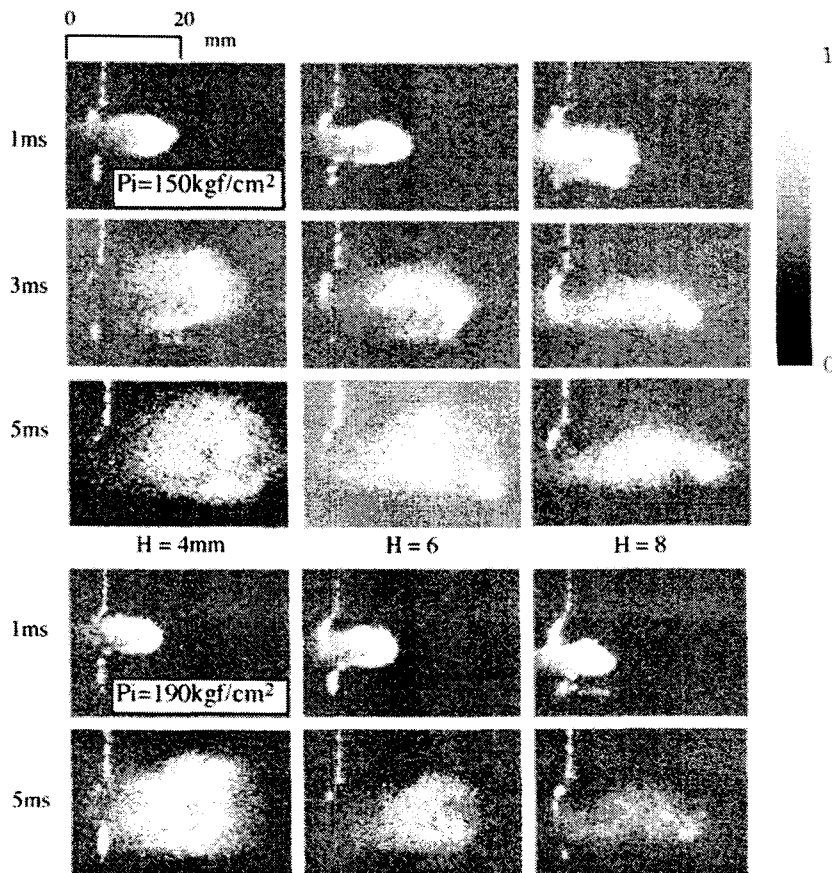


Fig.4 Images of impinging spray with various position of disk

거동은 충돌 순간에 액적들이 가진 운동량의 영향을 받고 있다고 생각된다. 즉 동일 압력조건, 시간대에서 충돌판이 노즐 선단에 가까울수록 노즐 공에서 나온 액적들의 운동에너지가 거리가 멀때보다 그만큼 크기 때문에 reflect되는 높이도 높아지기 때문이다. 따라서 충돌분무의 두께가 노즐에 가까울수록 크게 나타나고 있다. 이러한 거동 특성들은 분사압력을 달리 하였을 때에도 판의 위치에 따라 동일하게 나타났다.

3.1.3 분사압력의 영향

Fig.4에서 동일 위치 동일시간일 경우 일정한 배압에서 분사압에 따라 분무의 관통도 및 축상,하방향의 분포 차이를 볼 수 있다. 즉 1ms일 경우, 분사압력이 높은 경우가 분무도달 거리가 상대적으로 짧고, 축상,하방향으로의 분산이 다소 크게 나타나고 있다. 이것은 분사압력이 높은 만큼 액적들의 운동량이 크기 때문에 충돌후 액적의 reflect가 보다 더 강하게 나타나고 있기 때문이다. 그리고 시간 경과와 더불어 분사 후반기에서 분사압력이 높은 때가 낮은 때 보다 액적들이 분포하는 영역이 적게 나타나는 것은 분사압력이 높을수록 2차 분열에 의한 미립화가 좋아져서 상대적으로 미세한 액적들이 분무 외곽지역에 분포하기 때문이다.

3.2 관통도, 분무두께의 비교

Fig.5, Fig.6, Fig.7, 그리고 Fig.8은 이상의 분무의 관통도 및 축상향으로의 분산, 즉 분무 두께를 정량적으로 나타낸 그림이다.

Fig.5에서 y축은 분무실의 벽면에 대한 도달 정도를 예측하기 위하여 보어 반경에 대한 충돌분무의 도달거리의 비로 나타내었다. 주어진 압력 조건하에서 최대 도달거리는 보어 반경의 80% 정도였고, 이후 감소하였다. 분사초기인

2ms까지는 H가 4,6,8mm 순으로 관통도가 길다. 이것은 판이 노즐 가까이 설치된 경우가 충돌전 액적의 운동량이 크기 때문에 판의 간격이 클때 보다 충돌후의 분열된 액적운동량이 크기 때문에 reflect는 물론 반경방향으로의 이동이 크게 나타나는 것으로 보인다. 2.5ms 이상 부터는 H=6mm 일때가 가장 길고 4mm 일때가 가장 짧게 나타나고 있다. 시간의 경과에 따라 충돌 판 표면에 유막이 형성됨에 따라 reflect량이 상대적으로 적게 나타나는 6mm 및 8mm 의 경우가 판 표면에서의 유막에 의한 wall jet 유동이 보다 크게 나타나기 때문으로 보여진다. 이때 6mm일때가 8mm 때 보다 긴것은 8mm 일때는 충돌판의 위치의 영향으로 축하방향으로의 유동이 존재하기 때문으로 생각된다.

Fig.6은 동일한 시간에 대해 분사압이 150kgf/cm² 일때의 관통도에 대한 190kgf/cm² 일때의 관통도를 비교하기 위하여 관통도 비로서 나타난 것이다. 전반적으로 분사압 190kgf/cm² 일때가 관통도가 낮은 것으로 평가 되고 있다. 이것은 분사압 증가에 따른 충돌후 reflect되는 액적들의 증가와 미립화 촉진으로 인하여 미세한 액적들이 상대적으로 많이 분포하기 때문으로 보여진다. 이에 반해 분사압력 낮아질수록 충돌 미립화 특성이 저하되기 때문에 상대적으로 큰 액적들이 형성되어 액적들의 반경 방향 운동량을 증대 시키는 효과가 있기 때문으로 보인다.

Fig.6에서 H=4 일때 1mm에서 관통도 비가 1보다 크게 나타났다. 이것은 분사압력 증가에 의한 초기 운동량의 영향 때문으로 보인다. H=6mm일때 시간 경과와 더불어 관통도 비가 96% 정도로 일정하게 유지 되고있다. 이것은 충돌판의 위치에 따라 액적의 거동이 reflect 또는 반경방향으로의 퍼짐이 더 강하게

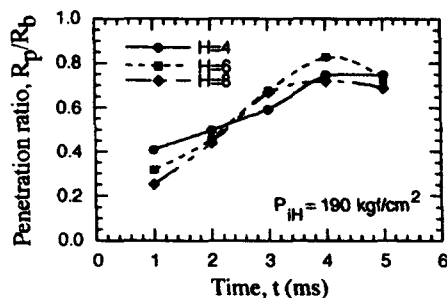


Fig.5 Penetration ratio of impinging spray (R_p: Bore radius)

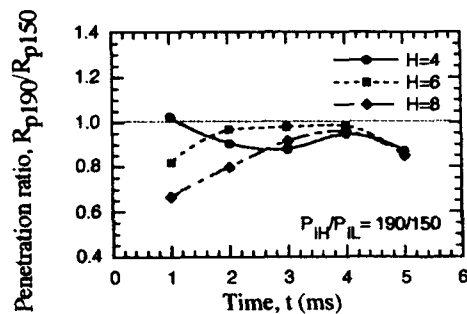


Fig.6 Comparisons of penetrations for injection pressure

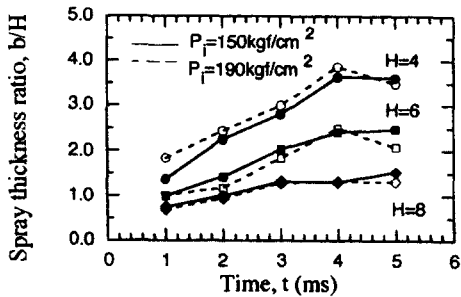


Fig.7 Spray thickness ratio with distance from tip end to disk surface

추중되고 있음을 의미한다.

Fig.7은 충돌판의 위치에 따른 충돌분무의 무차원 분무 두께를 나타낸 것이다. y축은 노즐 팁과 판 표면 사이의 간격에 대한 분무두께의 비를 나타낸다. 판의 위치가 노즐에 가까울 수록 분무두께가 증대하고 있다. H=4일 때는 간격의 4배, H=6일 때는 간격의 2배, H=8일 때는 간격의 1.3배 정도로 최대분무 두께가 성장함을 보였다.

Fig.8은 동일한 시간에 대해 분사압이 150kgf/cm² 일 때의 분무두께에 대한 190kgf/cm² 일 때의 분무두께를 비교하기 위하여 분무두께 비로서 나타낸 것이다. 노즐에 가장 가까이에 판이 설치된 경우, 전반적으로 분무두께 비가 1보다 큰 값을 보이고 있다. 이는 충돌 직전 운동량에 크게 영향을 받고 있음을 의미한다. 반면에 H=6, 8mm인 경우는 두께 비가 1보다 작은 값을 보이고 있다.

그러나 H=6일 때는 분사초기(t=1ms)에는 분무두께가 1보다 크게 나타나고 있다. 이는 분사초기에 충분한 운동량을 가지고 있기 때문이다. 하지만 시간경과와 더불어 감소하는 경향을 보이는 것은 고압분사에서 액적들의 크기가 상대적으로 작은 액적들로 미립화됨에 따라 충돌후 멀리 reflect되지 못하기 때문으로 보인다. 이에 반해 분사압력이 낮은 경우 액적들의 크기가 큰 것들이 형성되어 운동량을 충분히 가지고 있기 때문으로 생각된다.

분사후 5ms가 경과한 시점에서는 압력이 높은 경우가 관통도 및 분무두께가 현저히 감소하는 경향을 나타낸다. 이는 미세한 액적들의 시간의 경과와 더불어 더욱 공간적으로 확산되어 본 실험에서 사용한 광원으로서 광산란 효과를 기대할 수 없는 정도로 공간 분포에 의한 액적 밀도가 낮아졌기 때문으로 생각되며,

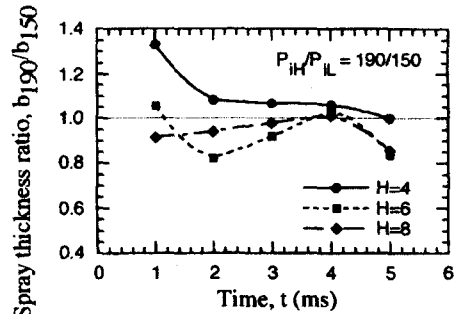
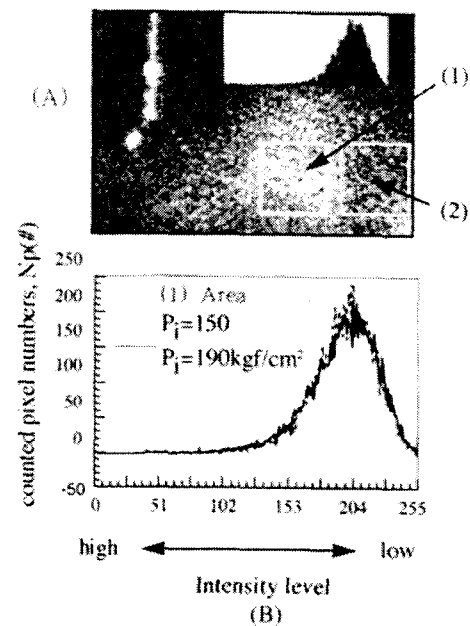


Fig.8 Comparisons of Spray thicknesses for injection pressure

저압의 경우는 상대적으로 큰 액적들이 공간적으로 분포하여 있기 때문이다.

Fig.9는 H=6mm, D=9mm 인 경우 액적들의 공간분포에 대한 히스토그램을 분사압력에 따라 비교하여 나타낸 그림이다. (A)는 히스토그램을 위한 공간분포의 영역을 나타내며, (b)는 동일 조건에서 분사압력이 150, 190kgf/cm²일 때의 (1)과 (2)의 공간 영역에 대한 액적분포의 상대 광도를 비교한 히스토그램이다. X 축은 상대광도이며, Y축은 광도값에 해당되는 상들의 픽셀 수를 의미한다. 분무의 중심 영역에서는 압력 변화에 따른 상대 광도의 차이가 거의 작으며, 분무외곽에서는 150kgf/cm² 일 때가 산란광도가 밝은 쪽으로 치우쳐 있다. 이는 액적들의 크기가 상대적으로 크거나, 밀도가 높다는 것을 의미한다.



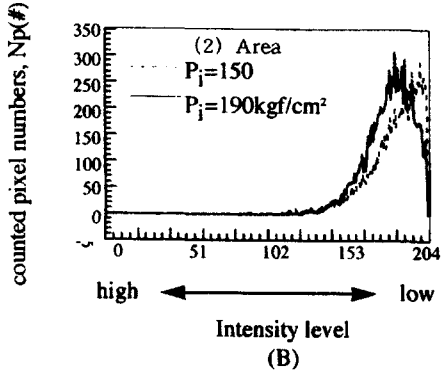


Fig.9 Histograms of the intensity level of the impinging spray

3.3. 실험과 수치해석과의 비교

충돌분무의 거동에 대한 수치 해석은 개별 액적의 충돌후 거동에 대한 실험결과에 근거하여 Araki와 Moriyama⁽⁶⁾, Jayaratne 과 Marson⁽⁷⁾ 등에 의해 개발된 수학적 모델에 기본을 두고 있다. 특히 Park등⁽⁸⁾은 집단 분무에 적용할 수 있는 Spray EPISO 알고리즘을 제안하였다. 이것은 실제 충무 분무의 거동에 상당히 접근한 해석법이다. 이 해석법은 각 액적군이 가지는 크기, 온도 그리고 속도등이 동일하다고 가정하고 있다. 또한 충돌 후 액적의 거동을 계산 하기 위하여 액적의 속도 성분을 수직, 반경방향 성분만을 고려하였으며 충돌전 액적의 웨버 수 80을 경계로 reflect와 wall jet 경우로만 구분하였다. 여기서는 Park에 의해 제안된 해석법을 본 실험에 의한 결과와 비교하여 충돌 분무의 거동에 대해 고려 되어야 할 인자를 살펴보았다.

Fig.10은 분사압 150kgf/cm², 배압 30kgf/cm² 일때 충돌판의 위치 및 시간 진행에 따

른 액적들의 액상 거동과 기상 영역의 거동을 Park에 의해 제안된 해석법에 의한 계산 결과이다. 내부 점들은 액상상태의 액적분포이고, 외부 선들은 기상 상태로 존재하는 액적들의 등밀도선이다. 액상의 액적들은 반경방향의 축선을 따라 코어형태로 발달되어 있다. 여기서 충돌판상에서의 액적 분포는 벽면을 따라 매우 얇은 경계 층을 형성하고 있고, 분무 선단 부에서는 디젤 자유분무와 같이 주위기체와의 마찰에 의한 타원형의 분포를 보여주고 있다. 여기서 실험 결과인 Fig.4와 비교하여 볼 때 충돌판에 충돌후 축 상방향으로의 reflect 되는 액적들의 영향은 나타나고 있지 않다.

또한 실험에서는 충돌 분무에 의해 형성되는 반경방향의 코어 영역이 명확하지 않고 액적들이 비산하는 형태로 나타나고 있는 반면 계산에서는 단공 분무의 경우와 같이 전체 유동을 지배하는 액적들의 코어영역이 존재하는 것으로 보여지고 있다.

이상에서 현재의 수학모델은 충돌판 주변에서의 reflect 효과보다 wall jet 의 영향이 월등히 크게 고려되고 있다고 생각된다. 그러므로 판 주위에서의 분무두께는 벽면에 밀착되어 있고 분무 선단으로 갈수록 주위 기체와의 밀도차에 의해 액적이 분산되어 퍼지는 양상을 보여주고 있다. 이것은 노즐 부근에서 부터 분무두께가 발달하는 것과는 완전히 다르다. 따라서 실험의 결과와 비교 할때 충돌판 주변과 분무초기에서 부터의 reflect의 영향을 크게 고려해야함을 알 수 있다.

Fig.11은 충돌 분무의 평균 관통도를 실험 결과와 Park이 제안한 충돌 분무에 대한 해석 알고리즘을 이용한 계산 결과와 비교한 그림이다. 분사 시간 2ms까지는 계산 결과가 관통도가 길게나타나고, 그 이후에는 실험에 의한 결

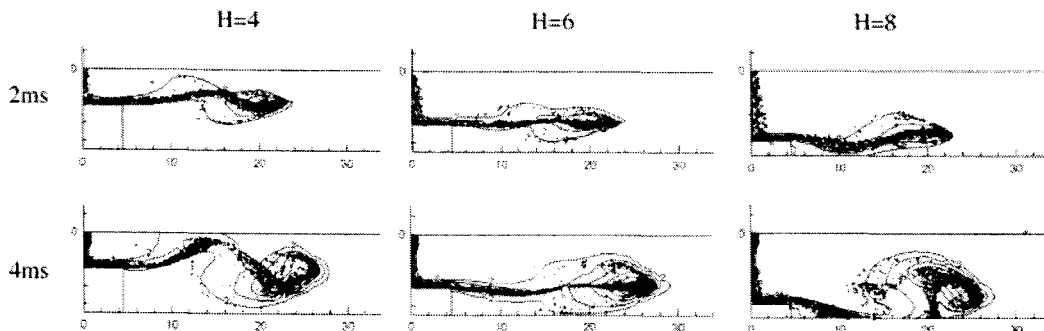


Fig.10 Results of calculation with position of disk (P_i=150kgf/cm², P_{amb}=30kgf/cm², D=9mm)

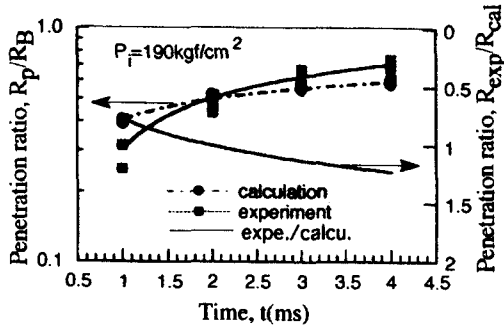


Fig.11 Comparison of experiment result and calculation result

과가 길게 나타나고 있다. 이것은 분무초기에 실험의 결과에서 보듯이 액적의 거동이 wall jet 보다 reflect 모델이 크게 지배하기 때문에 wall jet 가 크게 나타난 해석결과 보다 반경방향의 관통도가 짧게 나타나고 있다. 그러나 시간 경과 더불어 실험 측이 해석 측보다 더 크게 나타나는 것은 증돌판 표면에 액적들의 유착에 의한 유막이 형성에 의한 미끄럼 형상이 수반되어 표면에서의 wall jet 형성을 촉진시키기 때문으로 생각된다. 반면에 계산에서는 표면에서의 유막 형성이 전혀 이루어지지 않고 항상 건조한 상태에서 벽면류가 형성되는 경우를 고려하기 때문에 표면에서의 마찰 저항에 따른 반경 방향의 관통도가 실험보다 다소 짧아진 것으로 보인다.

이상의 비교에서 기존의 증돌 분무의 수학적 모델에 비해 분사초기의 reflect 모델에 의한 영향이 훨씬 크게 나타나고 있으며, 상온증돌판의 경우 증돌판 표면에서의 유막의 영향을 관통도 및 액적의 유동에 관한 인자로서 고려해야함을 알 수 있다.

4. 결론

실제 디젤연료 분사압력 및 주위 압력에 근사시킨 조건에서 노즐 하방에 증돌판을 설치하여, 증돌판의 위치에 따른 디젤연료의 증돌분무 거동을 조사하고, 수학적 모델에 의한 계산결과와 비교함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 분사초기에는 증돌 분무의 거동은 reflect 가 강하며, 시간 경과와 더불어 wall jet에 의한 반경방향의 퍼짐이 크게 나타남을 알 수 있었다.
- 2) 판의 위치가 노즐 팁에 가까울수록 reflect에 의한 축상방향으로의 액적분포가 넓게 나타나고 있으며, 멀어질수록 액적의 유동방향을

따라 축 하방향으로의 액적 분포를 보여주고 있다.

3) 증돌에 의한 2차 미립화 특성에 의해 상대적으로 미립화가 우수한 분사압력 190kgf/cm² 일때가 미립화가 저급한 분사압력 150kgf/cm² 일때 보다 반경방향 관통도가 낮은 것으로 평가 되었다. 이것은 분열된 액적이 클수록 액적의 운동량이 증대되기때문으로 보인다.

4) 판의 위치가 노즐에 가까울 수록 분무두께가 증대한다. 본 연구 조건에서 H=4일때는 간격의 4배, H=6일때는 간격의 2배, H=8일때는 간격의 1.3배 정도로 최대분무 두께가 성장함을 보였다.

5) Spray EPISO 알고리즘을 적용시 분사초기의 reflect 모델에 의한 영향을 더 크게 고려해야하며, 상온증돌판의 경우 증돌판 표면에서의 유막의 영향을 관통도 및 액적의 유동에 관한 인자로서 고려해야함을 알 수 있다.

5. 참고문헌

- (1) Kato,S.and Onishi,S., "New type of diesel engine by impinging of fuel jet(OSKA-D)", SAE 1901618,1990
- (2) Kato,S.,Tanabe,H.,Sato,G. and Onishi,S., "Combustion Observation of DI and OSKA-DH diesel engines by engine video system," COMODIA 94, pp.255-260,1994
- (3) Park, K.and Watkins, A.P., "An investigation of combustion chamber shapes for small automovtive direction diesel engine employing spray impaction", IMechE Journal of Automobile Engineering, vol210, pp.261-272,1996.
- (4) Cha, K.J. and Kim,D.J., "A study on the structure of a Diesel Spray and thw Improvement of the Injection System by the Exciplex Method" KSME,vol19-9, pp.2373-2385, 1995
- (5) Naber,J.D.and Reitz,R.D., "Modeling Engine Spray/Wall Impingement", SAE, 881 316, pp1-23,1988
- (6) Arrki, K. and Moriyama, A., "Deformation behaviour of a liquid droplet impinging on a hot metal surface", In int.cont. on L.A.S.S. ICLASS-82, 1982
- (7) Jayaratne , O.W. and Mason,B.T., "The coalescence and bouncing of water drop at air/wate rinterface" ,proc. R.Soc. Lond-A280, p.545, 1964