

이젝터 구동관로의 직경비와 끝단의 위치 변화에 따른 유동특성

김노형*†

Flow Characteristics of Ejector Driven Pipe According to the Changes of Diameter Ratio and End Position

Kim Noh Hyeong*†

Key Words : CFD(전산유체역학), Ejector(이젝터), Pressure(압력), Velocity(속도)

ABSTRACT

This study conducted CFD analysis on the mean velocity vector of distribution of the ejector driven pipe while changing the inlet velocity to 1 m/s at the diameter ratio of diffuser of 1:3, 1:2.25, 1:1.8 with the end position of driven pipe at 1, 1.253, 1.333, 1.467 respectively, which used k- ϵ /High Reynolds Number for the turbulence model, SIMPLE method for the analysis algorithm, and PIV experiment to verify the CFD analysis. As a result of the CFD analysis the optimum diameter ratio of ejector driven pipe was 1:3, the optimum end position of driven pipe was 1.333 for the diameter ratio of 1:3, 1:2.25, 1:1.8 and the PIV experiment obtained the same result as the CFD analysis. Therefore, the numerical analysis of the flow characteristics of ejector can be used for the optimum design implementation on ejector system.

1. 서론

이젝터(Ejector)는 고압의 유체를 구동관로에서 분출시켜 그 주변의 저압기체와 운동량 교환을 통하여 저압의 유체를 보다 높은 압력까지 상승시켜 흡인되는 원리를 이용한 수송 장치로서 기계적 운동부분이 없기 때문에 고장이 거의 없다. 액체, 기체는 물론 고체가 혼입하여도 작동상 별다른 무리가 없다는 점에서 열기관, 발전소, 석유화학, 식품공업, 환경 산업 등 많은 공업 및 건축분야에 적용되고 있다. 또한 이젝터는 시스템이 대형, 소형화 등 크기에 상관없이 단순 구조로 제작이 가능하고, 설치가 용이하여 유체가 유동하고 있는 장소에서 쉽게 이용할 수 있으며, 설계 제작비가 저렴할 뿐만 아니라 유지보수가 거의 불필요한 반영구적인 유체기계라는 장점을 가지고 있다. 이젝터는 구조가 간단함에도 불구하고, 열·유체 공학적으로 매우 복잡하여 명확한 이론해석이 어려워, 이론적 해석과 실험결과가 동시에 설계에 요구된다. 이러한 이젝터에 관한 연구로서, Fluegel⁽¹⁾은 액체-액체 이젝터의 유동특성을 베르누이 방정식과 운동량 방정식을

적용하여 기본적인 해석방법을 제시하였으며 증기-증기 이젝터의 각각의 상태점을 엔탈피-엔트로피 선도로 나타내었다. Sun and Eames⁽²⁾는 증기-증기 이젝터의 이론연구와 응용분야를 확립하였다. Witte⁽³⁾는 액체-가스 이젝터에 대한 이론적인 설계방법을 제시하였고, Kim⁽⁴⁾은 이젝터의 노즐 직경비와 노즐 길이 비에 따른 영향을 해석하였다. Jeong⁽⁵⁾은 이젝터의 노즐 내경증감에 대한 유동특성을 해석하였다. 본 연구는 이젝터의 효율을 증대시키기 위해 확대관에 대한 구동관로의 최적의 직경비와 끝단의 위치를 CFD 해석을 수행하여 찾고, 확대관에 대한 구동관로의 직경비와 위치 변화에 대한 유동특성을 규명하고자 하며, CFD 해석 결과에 대해 PIV 실험을 통해 비교·분석하여 검증하고자 한다.

2. 수치 해석

2.1 CFD 조건

Fig. 1은 본 연구를 위해 사용된 이젝터를 나타내고 있다.

* GS칼텍스(주)(GS Caltex Corporation)

† 교신저자, E-mail : nhkstar@gscaltex.com

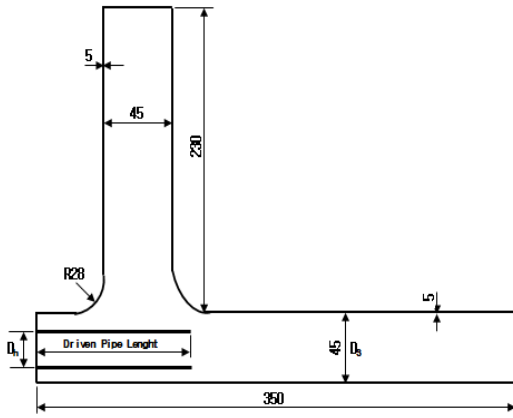


Fig. 1 Schematic diagram of ejector

본 연구에서는 STAR-CD를 이용하여 이젝터의 확대관에 대한 구동관로의 직경비와 구동관로 끝단의 위치를 변화시키면서 속도분포를 CFD 해석하였다. 동일한 이젝터의 입구 유속과 구동관로 끝단의 위치에서 확대관에 대한 구동관로의 직경비를 변화시켜 이젝터의 유동특성을 분석하여 최적의 확대관에 대한 구동관로의 직경비와 구동관로 끝단의 위치를 찾아내고자 한다.

본 계산은 유체의 운동에 대한 전반적 지배방정식인 연속 방정식과 운동량방정식으로부터 수치 해를 구하기 위하여 유체의 유동해석에 많이 쓰이고 있는 유한체적법(FVM)을 사용한 상용 코드 프로그램인 STAR-CD를 사용하여 CFD 해석을 수행하였다. 난류모델은 $k-\epsilon$ /High Reynolds Number를 적용하였고, 해석 알고리즘은 SIMPLE 해법을 사용하였다. CFD 해석의 계산조건은 정상상태로서 열전달과 압축성 효과를 무시하였다. 또한 작동 유체는 물이며 열역학적 특성치는 물 온도 20 °C를 기준으로 밀도 $\rho = 997.561 \text{ kg/m}^3$, 점성계수 $\mu = 88.7 \times 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$ 로 하였다. 본 연구의 CFD 해석에 사용된 격자(Grid)는 Fig. 2와 같으며 확대관의 길이는 350 mm, 흡입관의 길이는 230 mm이다. Table 1은 CFD 해석에 적용한 해석조건으로써 확대관에 대한 구동관로의 직경비에 대한 구동관로의 유량, 속도, 격자의 수를 나타내고 있다.

2.2 CFD 해석

CFD 해석 조건으로 확대관에 대한 구동관로의 직경비는 1:3, 1:2.25, 1:1.8이며, 각각의 직경비에 대한 구동관로 끝단의 위치는 1, 1.253, 1.333, 1.467일 때, 입구의 유속 조건은 1 m/s로 설정하여 CFD 해석을 수행하였다. 이젝터의 확대관에 대한 구동관로의 직경비와 구동관로 끝단의 위치를 변화시키면서 각각의 조건에 대해 90번의 실험을 통해 확대관에 대한 구동관로의 직경비에 따른 최적의 직경비와 구동관로 끝단의 위치에 따른 유동특성을 알아낼 수 있었다. CFD 해석 결과의 데이터 출력은 입구로부터 라운딩

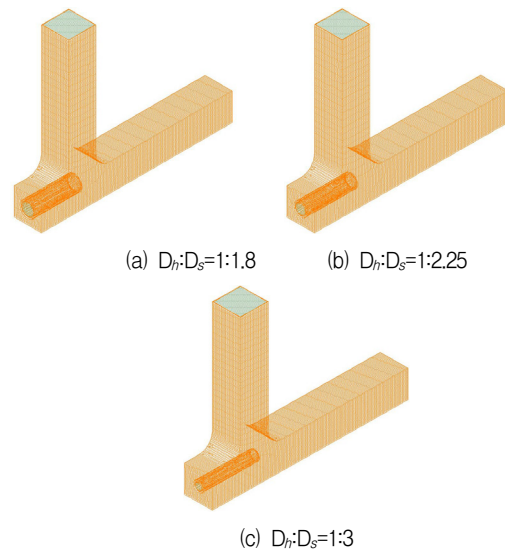


Fig. 2 CFD Grid of ejector

Table 1 CFD Condition of driving flow

D_1/D_2	$Q(\text{m}^3/\text{s})$	$V(\text{m/s})$	Position of Driven Pipe	Grid Count
1:3	4.52×10^{-4}	1	1	236000
			1.253	236000
			1.333	237000
			1.467	237000
1:2.25	3.14×10^{-4}	1	1	235000
			1.253	236000
			1.333	236000
			1.467	236000
1:1.8	1.54×10^{-4}	1	1	234000
			1.253	235000
			1.333	235000
			1.467	235000

(Rounding)이 끝나는 지점까지의 140 mm 혼합 영역(Mixing Area)의 $45 \times 2 \text{ mm}^2$ 와 입구으로부터 350 mm의 $45 \times 2 \text{ mm}^2$ 에 대한 단면의 중심부인 22.5 mm의 면에 대한 데이터 값을 출력 하였으며, CFD 해석의 계측 영역(Test Section)은 유동장 전 영역에 걸쳐 해석을 수행하여 평균속도를 해석하였다. 모든 계측 영역은 계산의 정확성을 더 향상시키기 위해 트림 셀(Trimmed Cell)로 설계하였고, CFD 해석은 Pentium IV PC(CPU 3.01 GHz, RAM 4G)를 사용하여 3시간 정도의 시간이 소요되었으며, 반복 횟수(Solver Iteration Number)는 1000회, 최대수렴조건 0.001을 기준으로 약 600회에서 수렴했다.

2.2.1 속도분포

Fig. 3~Fig. 6은 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:3,

이젝터 구동관로의 직경비와 끝단의 위치 변화에 따른 유동특성

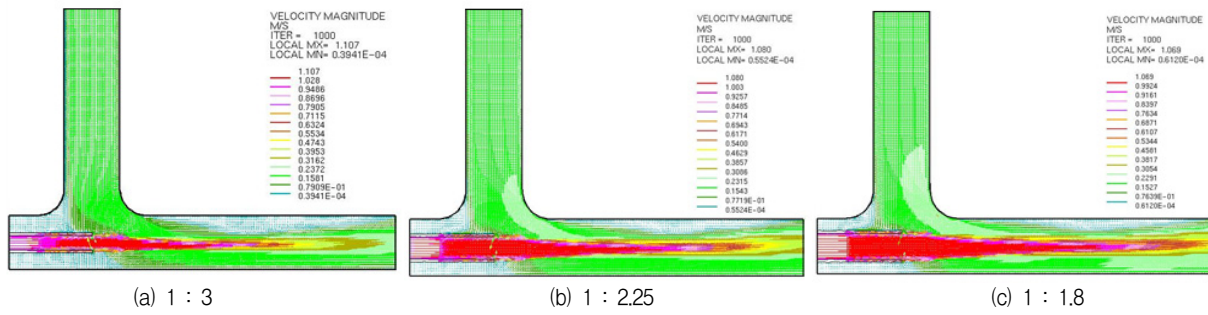


Fig. 3 Mean velocity vector of distribution (1, V=1 m/s)

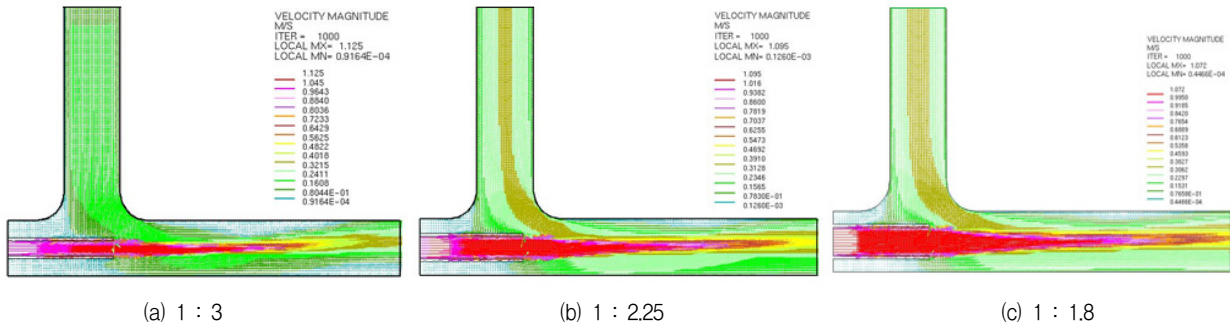


Fig. 4 Mean velocity vector of distribution (1.253, V=1 m/s)

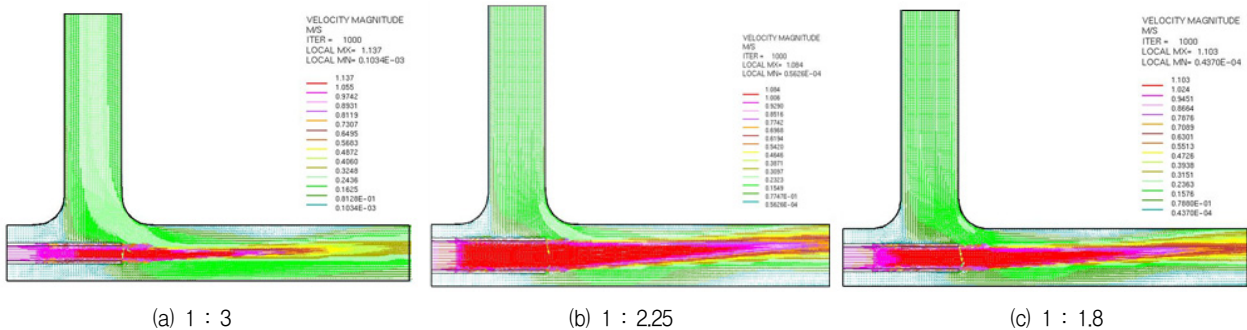


Fig. 5 Mean velocity vector of distribution (1.333, V=1 m/s)

1:2.25, 1:1.8이며, 각각 구동관로 끝단의 위치가 1, 1.253, 1.333, 1.467이다. 1은 구동관로의 끝단이 흡입관의 중앙에 위치하였을 때를 기준으로 하여 무차원으로 표현한 값으로 1보다 크면 구동관로가 길어지며, 이젝터 확대관의 중심부인 22.5 mm를 기준으로 입구의 평균유속이 1 m/s일 때, 확대관에 대한 구동관로의 직경비를 1:3, 1:2.25, 1:1.8로 변화시키면서 나타낸 속도벡터분포도이다.

Fig. 3은 입구의 평균유속이 1 m/s, 구동관로 끝단의 위치가 1일 때, 확대관에 대한 구동관로의 직경비 변화에 따른 각각의 평균속도벡터를 나타내고 있다. 동일한 입구의 유속과 구동관로 끝단의 위치에서 구동관로 직경비가 각각 (a) 1:3, (b) 1:2.25, (c) 1:1.8이다. (a) 1:3은 출구의 평균유속이 1.1 m/s로 다른 직경비에 비해 빠른 것을 알 수 있다. (b) 1:2.25는 출구의 유속이 상대적으로 위쪽으로 올라가는 것을 볼 수

있다. (c) 1:1.8은 출구까지 유체가 일정한 유속으로 흐르는 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 입구의 평균유속이 1 m/s, 구동관로 끝단의 위치가 1.253일 때, 확대관에 대한 구동관로의 직경비 변화에 따른 각각의 평균속도벡터를 나타내고 있다. 동일한 입구의 유속과 구동관로 끝단의 위치에서 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 각각 (a) 1:3, (b) 1:2.25, (c) 1:1.8이다. (a) 1:3은 출구의 평균유속이 1.23 m/s로 다른 직경비에 비해 빠른 것을 알 수 있으며, 다른 직경비보다 흡입되는 속도가 훨씬 크다는 것을 확인 할 수 있었다. (b) 1:2.25는 출구까지 일정한 유속을 유지하며, 출구의 유속이 상대적으로 위쪽으로 올라가는 것을 볼 수 있다. (c) 1:1.8은 출구까지 유체가 일정한 유속을 유지하며, 확대관의 중심부로 흐르는 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 입구의 평균유속이 1 m/s, 구동관로 끝단의 위치

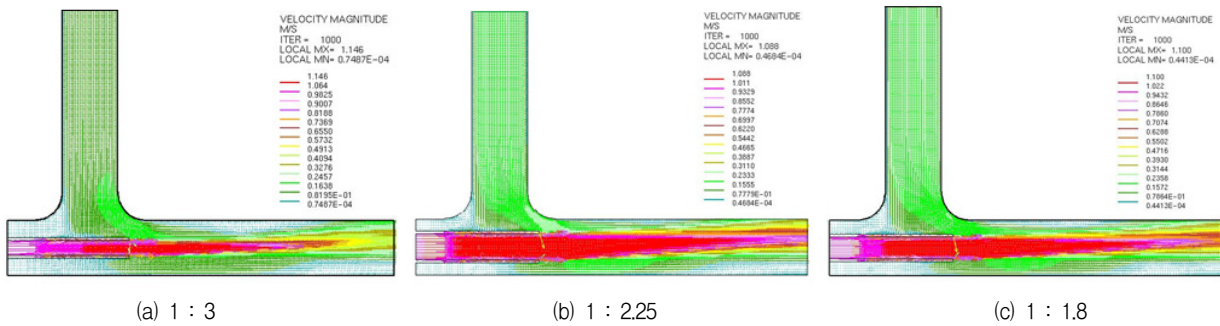


Fig. 6 Mean velocity vector of distribution (1.467, $V=1$ m/s)

가 1.333일 때, 구동관로에 대한 확대관의 직경비 변화에 따른 각각의 평균속도벡터를 나타내고 있다. 동일한 입구의 유속과 구동관로 끝단의 위치에서 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 각각 (a) 1:3, (b) 1:2.25, (c) 1:1.8이다. (a) 1:3은 출구의 유속이 1.12 m/s로 다른 직경비에 비해 빠른 것을 알 수 있으며, 다른 직경비보다 흡인되는 속도가 훨씬 크다는 것을 확인 할 수 있었다. (b) 1:2.25는 출구까지 일정한 유속을 유지하며, 출구의 유체가 상대적으로 위쪽으로 올라가는 것을 볼 수 있다. (c) 1:1.8은 출구까지 유체가 일정한 유속을 유지하며, 확대관의 중심부로 흐르는 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 입구의 평균유속이 1 m/s, 구동관로 끝단의 위치가 1.465일 때, 확대관에 대한 구동관로의 직경비 변화에 따른 각각의 평균속도벡터를 나타내고 있다. 동일한 입구의 유속과 구동관로 끝단의 위치에서 구동관로에 대한 직경비가 각각 (a) 1:3, (b) 1:2.25, (c) 1:1.8이다. (a) 1:3은 출구의 평균유속이 1.14 m/s로 다른 직경비에 비해 빠른 것을 알 수 있다. 또한, 다른 직경비보다 흡인되는 속도가 훨씬 크다는 것을 확인 할 수 있었다. (b) 1:2.25는 출구까지 일정한 유속을 유지하며, 출구의 유체가 상대적으로 위쪽으로 올라가는 것을 볼 수 있다. (c) 1:1.8은 출구까지 유체가 일정한 유속을 유지하며, 확대관의 중심부로 흐르는 것을 알 수 있다.

2.2.2 속도분포 특성 분석

Fig. 7 ~ Fig. 9는 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:3, 1:2.25, 1:1.8이며, 입구속도가 1 m/s이고, 각각 구동관로 끝단의 위치를 변화시켰을 때, 이젝터 확대관의 중심부인 22.5 mm를 기준으로 흡입관의 라운딩이 끝나는 부분, 입구에서 140 mm 지점의 평균속도 값을 그래프로 나타낸 것이다. 여기서 x 축은 거리로, 22.5 mm로 나누어 무차원 시킨 값으로, 1은 22.5 mm인 중심부이고, 1보다 크면 22.5 mm보다 큰 것으로 확대관의 위쪽이고, 1보다 작으면 22.5 mm보다 작은 것으로 확대관의 아래쪽이다.

Fig. 7은 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:3인 이젝터를 입구속도가 1 m/s일 때, 구동관로 끝단의 위치를 변화시키면서 흡입관의 라운딩 부분이 끝나는 지점, 입구에서

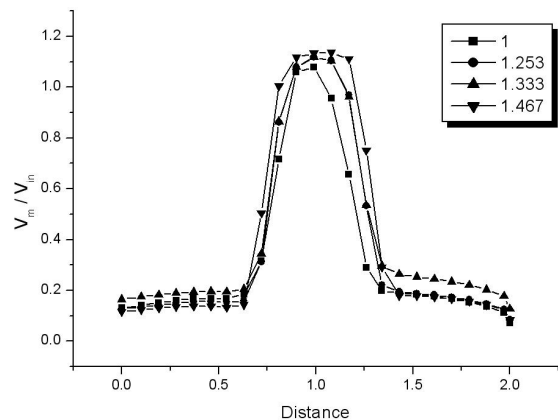


Fig. 7 Mean velocity vector of distribution ($L=140$ mm, $D_h : D_s=1 : 3$)

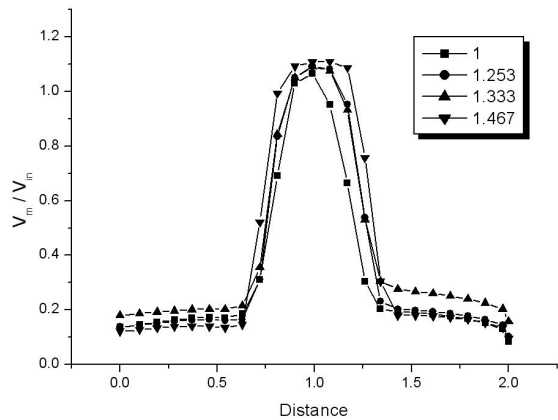


Fig. 8 Mean velocity vector of distribution ($L=140$ mm, $D_h : D_s=1 : 2.25$)

140 mm 지점의 속도분포를 나타내었다. 140 mm 지점의 속도분포를 보면 중심부에서 속도가 가장 빠른 것을 볼 수 있다. 이는 입구에서 속도가 구동관로를 통해 나온 속도의 영향 때문이다. 그리고 벽면에서 속도분포를 보면, 대부분 낮은 속도분포를 볼 수 있는데, 구동관로의 끝단이 1.333인 지점에서 벽면에서의 속도가 가장 빠른 것을 볼 수 있다. 이는 흡인 될 때의 속도가 빠르다는 것을 알 수 있다. 확대관의 아래쪽에서 최고 30%이상 속도 차이가 나고, 확대관의 위쪽에

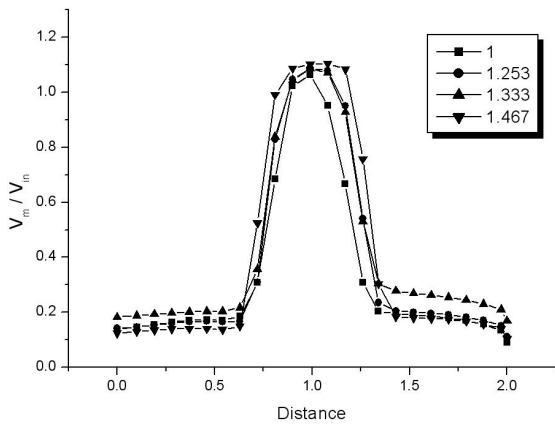


Fig. 9 Mean velocity vector of distribution (L=140 mm, D_n:D_s=1:1.8)

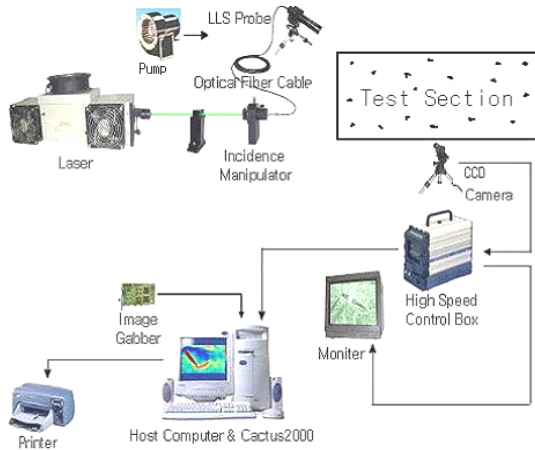


Fig. 10 Schematic arrangement of PIV system

서 최고 45%까지 속도 차이가 나는 것을 확인 할 수 있다.

Fig. 8은 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:2.25인 이젝터를 입구속도가 1 m/s일 때, 구동관로 끝단의 위치를 변화시키면서 흡입관의 라운딩 부분이 끝나는 지점, 입구에서 140 mm 지점의 속도분포를 나타내었다. 그래프에서 알 수 있듯이 구동관로 끝단이 1.333 지점은 다른 지점에 비해 출구의 속도분포가 고르게 되어있고, 확대관의 중심부에서 속도가 가장 빠르게 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 이것은 흡입관에서 유체가 흡입하였을 때, 일정하게 혼합되어 고른 속도분포를 나타낸 것이다. 또한, 다른 구동관로의 끝단 보다 손실 값이 적다는 것을 의미하기도 한다. 출구에서의 최고 속도는 구동관로의 끝단이 가장 긴 1.467 지점에서 가장 빠른 것을 확인 할 수 있다. 그러나 평균속도를 구해보면, 1.333 지점이 가장 빠른 것을 확인 할 수 있었다.

Fig. 9는 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:1.8인 이젝터를 입구속도가 1 m/s이고, 구동관로 끝단의 위치변화를 하였을 때, 흡입관의 라운딩이 끝나는 지점, 입구에서 140 mm 지점의 속도분포를 그래프로 나타낸 것이다. 140 mm 지

Table 2 PIV System visualization equipment

	Item	Specification
PIV System Equipment	Pump	AC 220 V/60 Hz 10 W
	Probe	KANOMAX LLS Probe
	Laser	Diode Laser
	CAMERA	KODAK ES 1.0
	Image Grabber	Radeon X1600
	Computer	Pentium IV P (CPU 3.2 GHz RAM 256 M)
	Software	CACTUS 2000

점의 속도분포를 보면 중심부에서 속도가 가장 빠른 것은 구동관로를 통해 나온 유체의 영향 때문이다. 벽면에서의 속도를 보면, 대부분 낮은 속도를 볼 수 있는데, 구동관로의 끝단이 1.333 지점이 벽면에서의 속도가 가장 빠른 것을 볼 수 있다. 벽면에서 속도가 빠르다는 것은 흡입 될 때의 속도가 빠르다는 것을 알 수 있는 것으로 앞서 확인한 바와 같이 속도벡터분포가 1.333인 지점에서 가장 빠르게 나타나는 것을 재확인 할 수 있다. 확대관의 아래쪽에서 최고 38%이상 속도 차이가 나고, 확대관의 위쪽에서 최고 35%까지 속도 차이가 나는 것을 확인 할 수 있다.

3. PIV 실험

Fig. 10은 PIV 실험에 사용하는 PIV(Particle Image Velocimetry) 시스템의 구성을 나타낸 것이다. 먼저 구동관로의 직경에 대해 입구조건의 유량을 일정하게 유지시키기 위해 정전압을 이용한 제어로 수증펌프로부터 나오는 유체의 속도를 일정하게 유지시켰으며, 실험 계측 영역(Test Section)에 산란되는 입자를 가시화 시키고, Sheet화 시켜 평면광을 만들어 내기 위해 공랭식 반도체 레이저와 LLS Probe(Laser Light Sheet Probe)를 사용하여 두께 약 3 mm의 막전(Sheet Light)을 해석영역 내에 조명시켰다. 조명시킨 실험 계측 영역(Test Section) 구간은 고속도 카메라를 이용하여 프레임 시간을 적절히 조정하여 영상을 획득하여 콘트롤 박스(Control Box)에 저장 시키고, 영상정보의 상태를 확인한 후 원시영상을 디지털 신호로 변환시키기 위해 A/D 변환 화상취득장치(Image Grabber)를 사용하였다. 디지털 신호로 변환시킨 영상파일은 프레임(Frame) 영상을 필드(Field) 분할하여 계조치 상호상관법을 적용시켜 입자에 대한 농도 분포를 분석하여 유동에 대한 속도분포를 추출하였다. 사용된 장비에 대한 세부 장치들에 대한 설명은 Table 3에 도시하였다. 실험 온도는 상온 20°C에서 ±1°C의 온도차를 유지시켰고, 구동 유체는 물을 이용하였으며 구동관로에 수증펌프를 이용하여 유동시켰다. 고속도 카메라에 측정된 실험 계측 영역(Test Section)은 혼합 영역(Mixing Area)

Table 3 Experiment condition of driving flow

D_n/D_s	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Re. No
1.8	4.52×10^{-4}	1	26991
2.25	3.14×10^{-4}	1	22492
3	1.54×10^{-4}	1	7872

350×300 mm²로 잡았으며, 속도에 대한 영향을 고려하여 고속도 카메라의 프레임(Frame) 속도를 60 fps로 설정하여 촬영하였다. PIV 실험 조건은 실제 제품에 설계되어있는 구동관로의 직경(D=15 mm, 20 mm, 25 mm)에 대해서 실행하였고, 유속조건은 흡입되는 현상을 직접 가지적으로 확인한 후 입구의 유속 조건은 1 m/s의 속도로 혼합 영역(Mixing Area)의 영상을 취득하였다.

호스트 컴퓨터(Host-Computer)에 연결하여 CACTUS 2000을 사용하여 유동특성을 해석하였다. Table 3은 PIV 실험에 적용한 확대관의 직경에 대한 구동관로의 유량, 속도 및 레이놀즈(Reynolds) 수를 나타내고 있다.

3.1 PIV 실험 결과

확대관에 대한 구동관로의 직경비는 1:3, 1:2.25, 1:1.8로서 구동관로를 통과한 후 확대관을 지나는 유체의 유동에 대해서 확산효과를 고려하여 설계하였다. 입구의 유속은 1 m/s로 하였으며, 발생하는 평균속도벡터를 CACTUS 2000을 사용하여 분석하였다. Fig. 11~Fig. 13은 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:3일 때, 출구의 유속이 빠르고 흡입되는 속도가 훨씬 큰 구동관로 끝단의 위치인 1.333에 대해 입구의 유속 조건을 1 m/s에서 각각의 확대관에 대한 구동관로의 직경비에 대해 PIV 실험의 결과를 분석한 영상을 나타내고 있으며, 이젝터의 전 영역을 해석하였다. (a)는 분석한 값을 보여주는 것이고, (b)는 분석한 값에 대한 확실한 유맥선을 나타내기 위해 평균속도벡터로 입자를 보정하였다.

Fig. 11은 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:1.8이고, 구동관로 끝단의 위치가 1.333인 지점에서 이젝터를 PIV 실험으로 분석하여 유동분포를 나타낸 것이다. (a)는 실제 유체가 움직이는 현상을 속도벡터로 나타낸 것으로 입구에서 들어오는 유체와 흡입관에서 들어오는 유체가 만나는 확대관의 중심부에서 와류현상이 발생하는 것을 볼 수 있다. 출구에서 평균유속은 1.12 m/s이다.

Fig. 12는 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:2.25이고, 구동관로 끝단의 위치가 1.333인 지점에서 이젝터를 PIV 실험으로 분석하여 유동분포를 나타내고 있다. (a)는 실제 유체가 움직이는 현상을 속도벡터로 나타낸 것으로 입구에서 들어오는 유체와 흡입관에서 들어오는 유체가 만나는 부분인 확대관의 중심부에서 와류현상이 발생하는 것을 볼 수 있으며, 평균유속은 1.09 m/s이다.

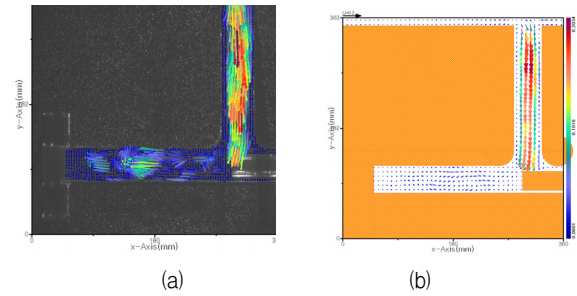


Fig. 11 Mean velocity vector by PIV (1:1.8)

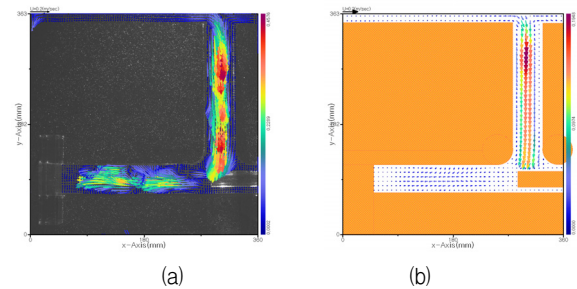


Fig. 12 Mean velocity vector by PIV (1:2.25)

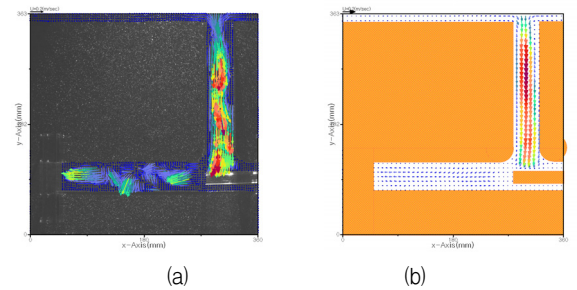


Fig. 13 Mean velocity vector by PIV (1:3)

Fig. 13은 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:3이고, 구동관로 끝단의 위치가 1.333인 지점에서 이젝터를 PIV 실험으로 분석하여 유동분포를 나타내고 있다. (b)를 보면 입구에서 들어오는 유체와 흡입관에서 들어오는 유체가 만나는 부분인 확대관의 중심부에서 와류현상이 발생하는 것을 볼 수 있다. 이 현상은 입구와 출구에서 유체가 서로 관성이 작용하여 발생하는 것으로 생각되며, 출구에서 평균유속은 1.02 m/s이다.

4. CFD와 PIV 결과 비교 분석

Fig. 14는 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:3, 1:2.25, 1:1.8이고, 입구의 유속조건은 1 m/s이다. 구동관로 끝단의 위치가 1.333일 때, CFD 해석 결과와 PIV 실험 결과의 차이를 확인하고, 실험 결과의 검증에 나타내기 위해 두 가지 값을 임의의 지점을 선정하여 비교 및 분석하였다. 비

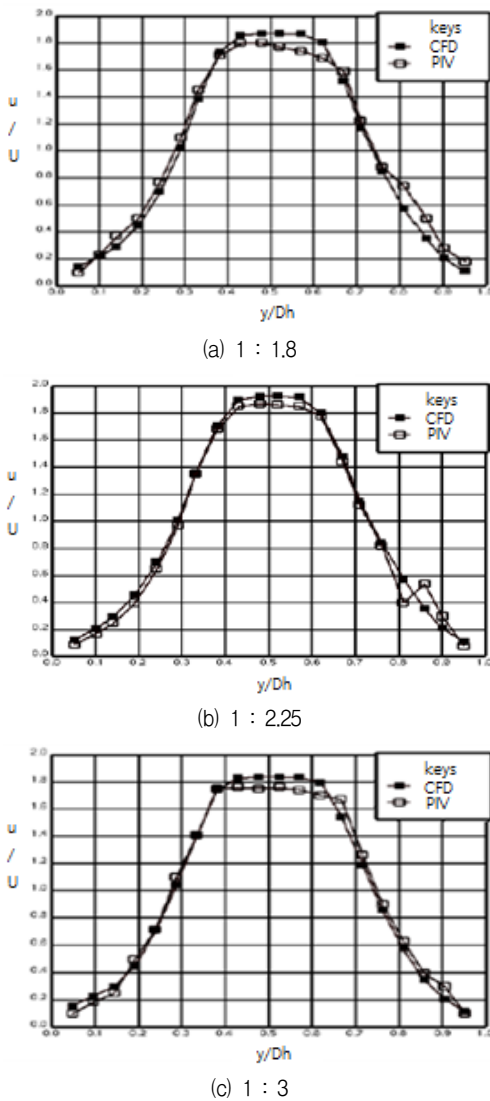


Fig. 14 Velocity Distribution by CFD and PIV (1.333, V=1 m/s)

교 지점은 구동관로와 확대관이 만나는 지점($L=0$ mm) 시작으로, 구동관로에서 유체가 빠져 나온 지점으로부터 확대관의 거리 $L=140$ mm인 지점에 대한 평균속도분포를 비교 및 분석하였는데, 확대관의 높이에 대한 각 지점의 비(y/D_h)가 벽면에 가까워지는 $0.1\sim 0.3$, $0.75\sim 0.9$ 구간에서 두 값에 대해 비교할만한 오차가 발생하는데, 이에 대한 원인은 벽면에 대한 점성력의 영향과 정상상태로 가정하여 평균속도벡터분포를 나타내었기 때문이다. 또한 구동관로에 유출되는 최대의 유속지점들에 대한 CFD 해석 결과와 PIV 실험 결과를 비교해 볼 때, 실험값이 CFD 해석 값보다 더 작은 값을 나타내는 것도 이러한 이유 때문이라 생각된다. PIV 실험값 대비 CFD 해석 값이 작은 것은 실험 조건하에서 발생하는 여러 가지 제반 손실이 발생된다는 것을 감안하지 못했기 때문이다. CFD 해석에 의한 출구에서의 평균속도 값은 $V=1$ m/s이며, PIV 실험에 의한 평균속도 값은 $V=1$ m/s이다. $L=140$ mm인 지점에서 얻어진 CFD 해석과 PIV 실험의 평균

속도 값에 관한 일치도는 평균 96%이며, 이 결과는 CFD 해석 결과와 PIV 실험 결과가 대부분 일치한다는 것을 나타내고 있으므로, CFD 해석을 통해 얻어진 CFD 해석 결과의 값도 신뢰도가 인정된다고 생각되며, 이젝터의 유동특성에 대한 분석을 CFD 해석을 사용하여 이젝터에 대한 최적의 설계 구현이 가능하리라 생각된다.

5. 결론

이젝터의 확대관에 대한 구동관로의 최적의 직경비와 구동관로 끝단의 최적의 위치를 얻어내고자 CFD 해석을 사용하여 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:3, 1:2.25, 1:1.8이며, 입구의 유속조건이 1 m/s일 때, 각각의 구동관로 끝단의 위치에 대해 확대관에 대한 구동관로의 직경비를 변화시키면서, 평균속도를 CFD 해석을 통해서 분석 및 고찰한 결과를 바탕으로 PIV 실험을 통해서 검증한 본 연구의 결론은 다음과 같았다.

- 1) 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:3이고, 구동관로 끝단의 위치가 1.333일 때, 가장 빠른 유속을 나타내었으며, 확대관에 대한 구동관로의 직경비와 구동관로 끝단의 위치가 최적인 것을 확인하였다.
- 2) 구동관로 끝단의 위치가 1, 1.253, 1.333, 1.467일 때, 확대관에 대한 구동관로의 직경비를 1:3, 1:2.25, 1:1.8로 변화시키면서 유동특성을 해석한 결과는 직경비가 1:3에서 흡인효과는 가장 크게 나타났으며, 이때 흡인 효과는 구동관로 끝단의 위치와는 무관하였다.
- 3) CFD 해석과 PIV 실험에 의한 무차원 평균속도값은 평균 96% 정도 일치하였다.

References

- (1) Fluegel Gustav, 1939, "Berechnung von Strahlapparaten," VDI-Forschungsheft 395 Ausgabe B Band 10 March/April.
- (2) Sun, D. W. and Eames, I. E., 1995, "Recent Developments in the Design Theories and Applications of Ejectors a Review," Journal of the Institute Energy, Vol. 68, Jun., pp. 665~676.
- (3) Witte, J. H., 1995, "Efficiency and Design of Liquid-Gas Ejector," British-Chemical Engineering, Vol. 10, No. 9, pp. 602~607.
- (4) U., J., Kim, 2008, "A Study on the Effect of Nozzle Geometry on the Suction Flow Rate in a Jet Pump," The Graduate School of Dong-A University, Master's thesis.
- (5) J., H., Jeong, 2011, "A Study of Flow Characteristics Inside of Ejector," The Graduate School of Dong-A University, Master's thesis.