

〈論 文〉

# 이상류 동축노즐의 액경에 미치는 공급유량의 영향에 관한 연구

윤 석 주\*

(1991년 9월 4일 접수)

## A Study on the Effect of Flowrate on the Drop size from Two-Phase Coaxial Nozzle

S.J. Yoon

**Key Words :** Two-Phase Coaxial Nozzle(이상류 동축노즐), Sauter Mean Diameter(SMD),  
Flowrate(공급유량), Direct Photographic Method(직접 사진 촬영법)

### Abstract

The effects of the flowrate on the dropsize from the two-phase coaxial nozzle are investigated by using the direct photographic method and the empirical equation is obtained. For the photography, the light source which the life time is the order of 100ns is fabricated and the lens is the zoom lens which has the MICRO function with a teleconverter. The distilled water and the compressed air of the surrounding temperature are injected and atomized. For the purpose of the exact adjustment and measurement of the flowrates, the two rotameters are used. As a result of this study, the sauter mean diameter of droplets has a tendency for a logarithmic function with air flowrate and for a exponential function with water flowrate.

### 기 호 설 명

$d_{10}$  : 액적의 산술 평균직경  
 $d_{32}$  : 액적의 부피-면적 평균직경  
 $d_m$  : 액적의 중간 질량직경  
 $D_p$  : 액체 필름직경  
 $h$  : 공기 환의 높이  
 $Q_1$  : 액체 유량  
 $Q_a$  : 공기 유량  
 $V_r$  : 공기 액체 상대속도  
 $W_1$  : 액체 질량유량  
 $W_a$  : 공기 질량유량  
 $\sigma$  : 표면장력  
 $\rho$  : 밀도

$\mu$  : 점성계수  
 $\nu$  : 동점성계수

### 1. 서 론

안정된 상태에 있는 액체에 여러 형태의 에너지를 공급하면 안정상태에서 변형을 일으켜 분열이 일어난다. 이와같은 과정은 과잉 에너지에 의해 매우 짧은 시간에 일어나며 분열된 액체는 다수의 소액적군이 되어 비산된다. 이런 현상으로 분무가 생성되는 것을 미립화라고 하는데 액체의 표면적을 크게 함으로써 액체와 주위 기체 사이의 열 및 물질전달을 크게 촉진시킨다. 이러한 액체 분무의 특성은 입경분포, 분무각, 침투 정도로서 설명될 수 있는데 이들 특성을 예측하기 위해서는 액체가 작

\*정회원, 전북대학교 기계공학과

은 액적으로 분열되는 미립화 기구에 대한 연구가 필요하다.

미립화 기구를 지배, 조절하는 변수로는 노즐의 형태, 주위기체의 조건, 분사액체의 조건, 분사압력 또는 공급유량등이 있으며 액체 분무 시스템에서 열 및 물질전달 현상을 해석하기 위해서는 그 시스템의 작동조건에 따른 입경분포에 대한 정보를 정확히 파악할 필요가 있다. 따라서 미립화 기구를 지배하는 변수가 입경에 미치는 영향을 연구한 결과가 많이 보고되고 있다.

1939년 Nukiyama와 Tanasawa<sup>(1)</sup>는 미립화된 액적의 크기는 표면장력, 밀도, 점성 등의 액체의 특성, 공기량과 액체량과의 비, 그리고 공기와 액체의 상대속도에 의해 지배된다고 하고 실험식을 제시하였으며 Lewis<sup>(2)</sup> 등은 Nukiyama Tanasawa 실험식의 적용한계 범위를 결정하였다. Wigg<sup>(3)</sup>는 Freezing Wax Method를 이용하여 액적의 크기를 측정하고 가장 큰 영향을 미치는 인자로써 액체와 공기의 상대속도라고 하였으며, 또한 Mullinger와 Chigier<sup>(4)</sup>는 이상류 노즐의 기하학적 형상변화가 미립화에 미치는 영향을 규명하고 고속 촬영법을 사용하여 공기와 액체의 질량비 변화에 의한 액적의 직경을 측정하여 질량비의 증가에 따라 직경의 감소가 극심함을 보였다. Rizkalla와 Lefebvre<sup>(5,6)</sup>는 액체의 특성변화에 의한 평균액적 직경의 변화를 규명하고 공기의 온도변화에 기인하는 공기 유동특성의 영향도 규명하였다. Lefebvre<sup>(7)</sup>는 평균액적 직경에 미치는 공기와 액체 특성의 영향을 연구하고 점성이 낮은 액체의 경우 평균액적 직경을 지배하는 인자는 공기의 밀도와 속도이며 점성이 높은 액체에서는 공기 특성의 영향은 비교적 작고 액체 특성에 더욱 큰 영향을 받는다고 결론지었다. 그리고 분무 계측방법으로는 유동장을 방해하지 않고 여러정보를 획득할 수 있다는 장점 때문에 미립화 해석을 위해 광학을 이용하는 방법이 많이 개발되어 광 산란법, 레이저 유속계를 이용하는 방법, 사진촬영법등이 있는데 전자의 두 방법은 장치구성상 고가이며 운용이 쉽지않아 정확한 자료를 획득하기 위해서는 전문지식이 필요하지만 후자의 사진 촬영법은 장치가 비교적 저렴하고 전문적 지식이 없어도 운용이 가능하다는 장점이 있다.

따라서 본 연구에서는 이상류 동축노즐의 미립화 기구를 규명하기 위한 기초단계로 20°의 종류수를 사용하여 이상류 동축노즐의 평균액적 직경에 미치

는 공급유량의 영향을 직접사진 촬영법을 사용하여 규명하고자 한다.

## 2. 액적의 평균직경과 지배방정식

미립화에 의한 열 및 물질전달 현상을 해석하기 위해서는 조건에 따른 입경분포를정확히 알아야 한다. 입경분포에 관해서는 Marshall<sup>(8)</sup>등이 상세히 검토하였는데 어떤 통계적인 시스템을 나타내기 위한 간단한 방법으로는 적당한 분포함수를 가정하고 이 분포함수의 특정한 평균치와 편차를 구하는 방법이 있다.

일반적으로 액체 분무 시스템에서는 독립변수로서 평균액적직경과 분포변수가 사용되는데 실제 유동에서는 전체적인 액적분포를 사용하는 것보다 평균액적직경을 사용하는 것이해석하는데 편리하다.

Mugele, Evans<sup>(9)</sup>등은 액적산술직경을 다음과 같이 정의하였다.

$$d_{10} = \frac{\sum Nd}{\sum N} \quad (1)$$

이것을 일반적으로 표기하면

$$dmn = \left[ \frac{\sum Nd^m}{\sum Nd^n} \right]^{\frac{1}{m-n}} \quad (2)$$

라고 쓸 수 있으며 널리 사용되는 것은 SMD로써  $d_{32}$ 로 표기되며 액적의 부피에 대한 표면적의 의미를 가지고 있다.

이상류 동축노즐의 평균액적직경을 지배하는 실험식으로는 Nukiyama-Tanasawa가 제시한 식<sup>(1)</sup>

$$d_{32} = \frac{585}{V_r} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} + 597 \left[ \frac{\mu}{\sqrt{\rho\sigma}} \right]^{0.45} \left[ 1000 \frac{Q_1}{Q_a} \right]^{1.5} \quad (3)$$

이 있는데 비중이 0.78인 15°의 등유인 경우 윗식은

$$d_{32} = \frac{10.57}{V_r} + 7 \left[ \frac{Q_1}{Q_a} \right]^{1.5} \quad (4)$$

이 되며 20°의 종류수를 사용했을 때에는

$$d_{32} = \frac{5000}{V_r} + 28.6 \left[ 1000 \frac{Q_1}{Q_a} \right]^{1.5} \quad (5)$$

과 같이 표현된다.

그러므로 이상류 동축노즐에서 SMD에 영향을 주는 지배변수는  $Q_1$ ,  $Q_a$  즉 공급된 액체 유량과 공기량이라고 할 수 있으므로 본 연구에서는 20°

증류수를 사용하여  $Q_1$ 과  $Q_a$ 를 변화시키면서 SMD를 측정하여 그 영향을 파악하고 실험식의 도출을 시도하였다.

### 3. 실험 장치 및 실험 조건

본 연구의 수행을 위하여 Fig. 1과 같이 이상류 동축노즐과 실험장치를 제작하였다. 사용된 압축기는 30마력이며 맥동을 방지하기 위하여 공기실을 설치하고 공급계통의 안정을 유지하였다.

분무는 연직하방으로 분사되도록 설치하고, 공급되는 공기량과 액체의 양을 정확히 측정하고 미세한 유량의 조절이 가능하도록 로타미터(Gillment 1200, 1400)를 사용하였으며 공급유량의 선택은 Table 1에 보인바와 같이 유량계의 눈금을 등간적으로 선택하고 주위 온도는 20℃, 습도는 60%를 일정하게 유지하였으며 액체로는 증류수를 사용하

고 공급공기와 증류수의 온도는 20℃를 유지하여 증발현상을 최대한 억제하였다. 분사노즐 출구에서의 실제 공급유량을 측정하기 위하여 액체분사량은 매스실린더를 사용하여 측정하였으며, 피토티관을 사용하여 공기의 노즐 출구속도를 측정한후 단면적을 곱하여 공기 분사량으로 하였다.

### 4. 계측방법

미립화된 액적의 직경과 거동을 계측하기 위해서 많은 방법이 수행되고 있다. 일반적으로 계측과 계산등은 일단 자료를 획득한후에 실시되고 액적들은 물리, 화학적인 절차에 의하여 고체화 되거나 평판, 액체막, 최근에는 아주 미세한 격자망에 선취된다.

Brun, Caron과 Vasseur<sup>(10)</sup>등은 이와같은 방법들은 비교적 큰 액적들이 획득되기가 쉽고 작은 액적들은 중첩되기 때문에 자료의 선택현상이 발생할 수 있다고 하였다. 더구나 이 방법들은 분무자체 거동에 대해서는 해석하기가 어렵다. 그런데 직접 사진 촬영법은 분무를 방해하지 않고 순간적인 자료를 신뢰성 있게 제공하기 때문에 오래 전부터 분무 거동 분석에 사용되고 있다. 그러나 자료 처리 측정자의 정신상태와 주관적 결정에 따른 오차가 발생하게 된다. 즉 카메라 심도에 의해서 측정위치의 차이를 구분하기 위한 액적의 상에 대한 선명도 역시 측정자의 주관적인 인식에 좌우되며 크기에 따라 상을 구분할 경우에도 주관적인 판단이 도입된다.

Nukiyama-Tanasawa<sup>(11)</sup>는 현미경을 사용하여 자료의 확인과 검토가 반복될때 7%의 오차가 발생

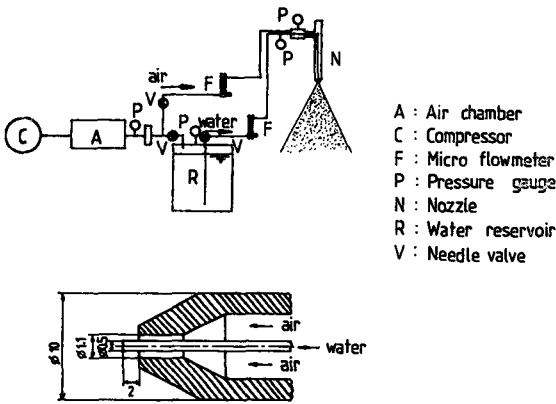


Fig. 1 Experimental set-up and nozzle

Table 1 Calibration of flowmeter

scale	flowrate (ml/s) (water)	velocity (m/s)	scale	flowrate (ml/s) (air)	velocity (m/s)
10	0.012	0.061	10	43.21	96.520
20	0.057	0.290	13	51.15	114.256
30	0.129	0.657	16	64.95	145.082
40	0.208	1.059	19	81.15	181.269
50	0.290	1.477	22	96.68	215.959
60	0.374	1.905	25	115.60	258.222

된다고 하였으며 Biggs와 Mcmillan<sup>(12)</sup>는 측정자에 따라 3%의 오차가 있으며 8% 정도의 셀에 의한 오차가 있음을 보였다. Heywood<sup>(13)</sup>는 10명의 측정자에 의해서 측정된 평균크기가 15.5%의 최대 오차가 있음을 확인하였는데 상에 중첩시킬 수 있는 투명한 측정기구를 사용함으로써 4%까지 오차를 줄일 수 있었다. Watson과 Mulford<sup>(14)</sup> 역시 9명의 측정자에 의해 -17%와 13% 사이의 오차가 발생함을 확인하였다.

본 연구의 수행을 위하여 Fig. 2와 같은 계측시스템을 구성하였다. 노즐 출구에서 미립화된 액적들은 특별히 제작된 발광장치에 의하여 조명되었는데 발광 원리는 13 kV로 강하게 충전된 콘덴서의 순간 방전에 의하여 이루어진다. 발광시간은 약 100 ns 정도이며 이때 방출된 에너지는 12 joule 정도이다. 배경은 검은 장막을 설치하여 대비효과를 최대로 하였으며 측정영역의 광량을 일정하게 하기 위하여 하얀 반사판을 설치하였다. 카메라는 Nikon reflex 24×36으로써 Micro 기능이 있는 줌렌즈를 사용 하였는데 액적의 확대 정도가 충분치

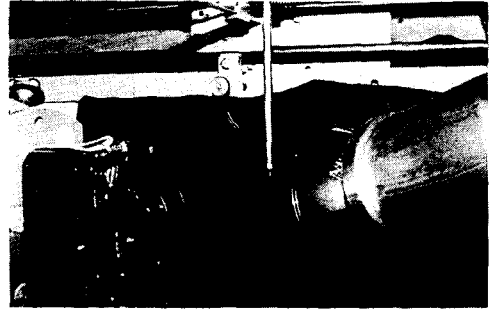


Fig. 2 Photograph of measurement system

못하여 배율기를 부착하였다. ASA800의 감광도를 가진 흑백과 칼라 필름을 사용하여 수 많은 시도 후에 계측용 필름으로 ASA800의 감광도를 가진 Ektachrom 칼라 슬라이드 필름을 사용하였는데 높은 감광도에도 불구하고 아주 섬세한 액적의 형태를 촬영할 수 있었다. 모든 촬영작업은 절대 암흑 상태에서 이루어지는데 카메라의 조리개를 완전 개방한 B 상태에 고정하고 노출시간은 발광장치의 발광시간으로 하였다. 카메라 심도를 확인하기 위

Table 2 Experimental results

(단위 : ml/s)

$\frac{Q_{air}}{Q_{water}}$	43.21	51.15	64.95	81.15	96.68	115.5
0.012	D10=75.32 D32=100.8 $\sigma=9.16$	D10=69.78 D32=86.52 $\sigma=22.61$	D10=66.59 D32=77.68 $\sigma=18.34$	D10=61.86 D32=68.04 $\sigma=13.18$	D10=59.66 D32=63.00 $\sigma=12.66$	D10=56.60 D32=57.00 $\sigma=10.48$
0.057	D10=74.52 D32=125.1 $\sigma=30.04$	D10=71.70 D32=114.5 $\sigma=26.72$	D10=68.18 D32=88.01 $\sigma=24.57$	D10=63.01 D32=75.77 $\sigma=18.45$	D10=57.29 D32=61.27 $\sigma=9.91$	D10=57.29 D32=61.27 $\sigma=9.91$
0.129	D10=76.90 D32=150.0 $\sigma=43.53$	D10=72.97 D32=123.5 $\sigma=43.70$	D10=71.17 D32=108.0 $\sigma=34.12$	D10=64.19 D32=86.24 $\sigma=24.15$	D10=61.46 D32=77.69 $\sigma=20.85$	D10=57.83 D32=64.38 $\sigma=13.55$
0.208	D10=84.68 D32=155.2 $\sigma=68.48$	D10=76.42 D32=140.0 $\sigma=52.69$	D10=71.79 D32=118.0 $\sigma=40.48$	D10=67.79 D32=104.0 $\sigma=32.15$	D10=62.47 D32=86.93 $\sigma=25.10$	D10=58.00 D32=75.00 $\sigma=18.20$
0.290	D10=89.54 D32=185.0 $\sigma=62.32$	D10=78.98 D32=164.2 $\sigma=52.17$	D10=75.89 D32=138.5 $\sigma=45.70$	D10=68.64 D32=114.8 $\sigma=36.00$	D10=63.05 D32=94.65 $\sigma=28.87$	D10=61.23 D32=87.35 $\sigma=25.74$
0.374	D10=98.33 D32=217.7 $\sigma=67.82$	D10=85.44 D32=197.0 $\sigma=62.64$	D10=81.94 D32=165.3 $\sigma=60.48$	D10=77.27 D32=141.1 $\sigma=46.10$	D10=71.53 D32=115.0 $\sigma=35.70$	D10=68.46 D32=102.0 $\sigma=32.21$

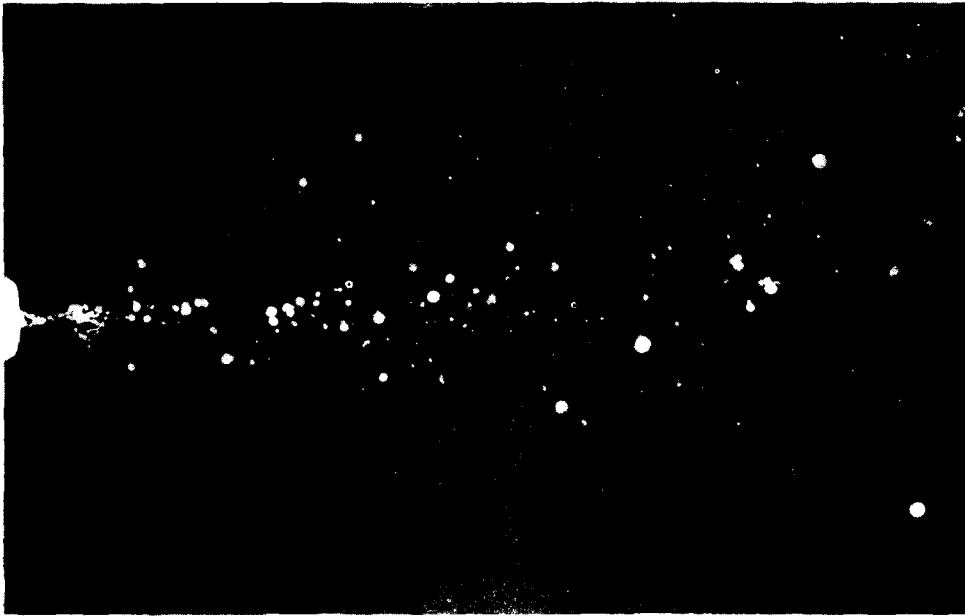


Fig. 3 Photograph of atomization for  $Q_{water}=0.129\text{ml/s}$ ,  $Q_{air}=43\text{ml/s}$

하여 크기를 알고있는 미세한 유리입자를 사용하여 측정해 본 결과 본 연구의 실험 범위에 적합함을 확인하였다.

실험은 공기량과 증류수의 공급량을 변화시켜 40 회 이상의 조건을 수행하였으며 촬영된 슬라이드

필름은 현상 후 액적의 직경을 측정하기 위하여 20 배로 확대되는 확대기를 통하여 스크린에 투사하고 주위가 선명하지 못하거나 색수차를 보이는 액적들은 샘플에서 제외시켰다. 나머지 액적들은 여러개의 다른 직경으로 구멍이 뚫린(1 mm~10 mm) 투명한

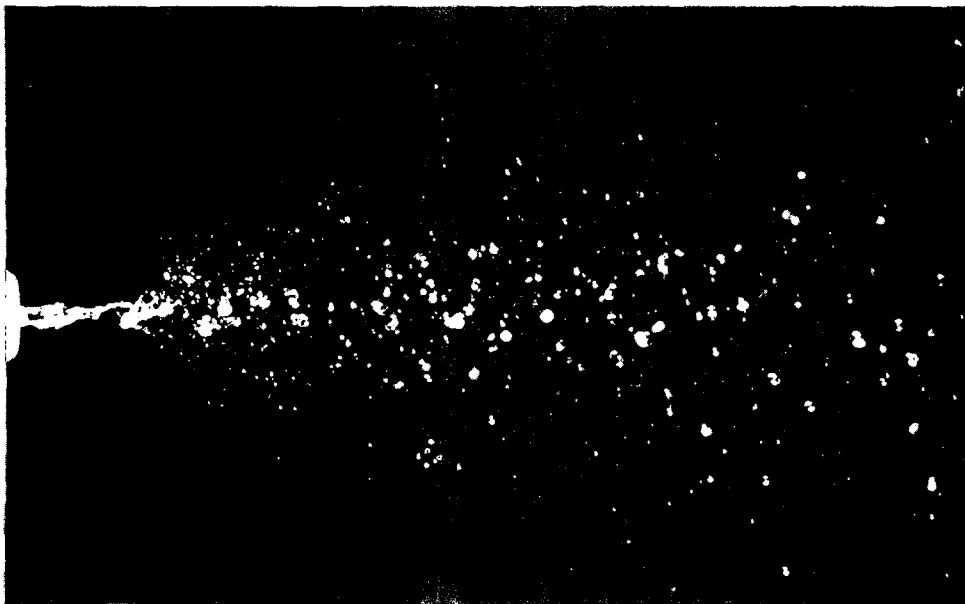


Fig. 4 Photogoraph of atomization for  $Q_{water}=0.374\text{ ml/s}$ ,  $Q_{air}=43\text{ ml/s}$



Fig. 5 Photograph of atomization for  $Q_{water}=0.374$  ml/s,  $Q_{air}=81$  ml/s

셀로판으로 제작된 측정기구를 사용하여 직경을 측정하고, 크기별로 구분하였다. 이 측정기구를 사용함으로써 사진촬영법 이용시 발생하는 측정자의 주관적인 판단에 기인되는 오차를 최소화 할 수 있었다. 직경측정 결과에 대한 신뢰성을 고려하여 한 조건에서 1000개 이상의 액적을 샘플링하고 액적산술직경과 SMD는 다음과 같이 계산하였다.

$$d_{10} = \frac{\sum Nd}{\sum N} \quad (1)$$

$$d_{32} = \frac{\sum Na^3}{\sum Na^2} \quad (6)$$

여기서  $N$ 은 직경이  $d$ 인 액적의 수이다. Table 2는 분사조건에 따른 측정결과와 표준편차를 나타낸다. 그러나 주어진 분사 조건에서도 순간적인 촬영 결과는 매번 다를 수 있기 때문에 각 분사 조건에 따라 3번의 촬영을 통하여 이를 평균하였다. Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5는 서로 다른 분사조건에 해당하는 사진의 예이다.

## 5. 실험 결과 및 분석

본 연구에서는  $20^\circ$ 의 증류수를 사용하여 공기량과 액체의 양 그리고 액체에 대한 공기의 상대속도 각각의 변화가 액적의 평균직경에 미치는 영향을 독립적으로 규명해 보았다.

### 5.1 공기량의 역할

공기량의 변화가 SMD에 미치는 영향을 규명하기 위하여 물의 공급량  $Q_{water}$ 를 일정하게 하고  $d_{32} = f(Q_{air})$  형태로 실험값을 Fig. 6과 같이 도시하고 각각의 결과를 최소 자승법을 이용하여 함수식으로 표현하여 보았다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 모든 결과는 대수함수로 변화하고 있음을 알 수 있으며 대수값은  $-0.78$ 로 거의 일정하였다. 여기서 계수값은  $Q_{water}$ 의 변화에 따른 SMD의 변화를 나타내기 때문에 고려하지 않았다.

### 5.2 물 공급량의 역할

위와 동일한 방법으로 물 공급량의 영향을 규명하기 위하여 공기량  $Q_{air}$ 를 일정하게 하고  $d_{32} = f(Q_{water})$ 로 실험결과를 도시하여 Fig. 7에 나타냈다. 모든 실험치가 지수 함수로 변화됨을 알 수 있으며 지수값은 변화가 거의 없이  $1.95$ 로 일정함을 알 수 있었다. 역시 계수값은  $Q_{air}$ 의 변화에 따른  $d_{32}$ 의 변화를 나타낸다고 볼 수 있기 때문에 고려하지 않는다.

### 5.3 종합적인 결과식

상대속도  $V_r$ 는 공기량과 물 공급량의 함수이기 때문에 임의로 주어진 공급유량  $Q_{air}$ 와  $Q_{water}$ 에 의한 액적의 SMD는

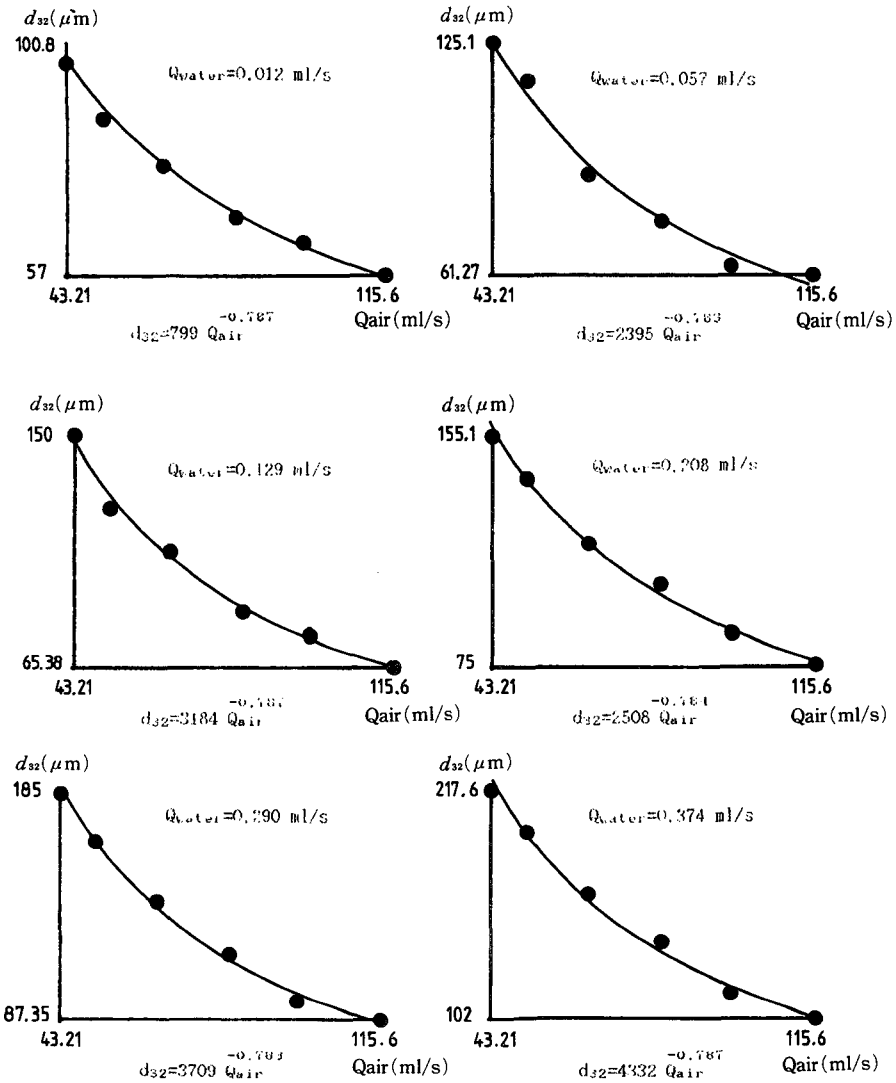


Fig. 6 Mean droplet size as function of variation of air flowrate

$$d_{32} = f\left(\frac{1}{V_r}\right) \text{로 표현된다.}$$

그리고 Nukiyama-Tanasawa 실험식인 (3)식에서 20°C 증류수의 경우는 (5)식과 같이 표현되는데 이 식을 본 연구와 동일한 공기량과 액체량의 함수로써 본 실험결과와 비교해 보았다. Fig. 8에서 볼 수 있는 바와같이 전체적으로 뚜렷한 차이가 있음을 알 수 있는데 이 차이점은 다음과 같은 원인에서 비롯된 것이 아닌가 생각된다. 첫째, 본 연구에서 수행한 공급유량의 범위가 Nukiyama-Tanasawa의 실험범위를 벗어나 있다. 즉 그들은

본 연구의 공급유량 보다 큰 영역에서 실험을 수행하였다. 둘째, 액정측정 방법에서 그들은 액침법을 사용하였는데 이 방법은 작은 액적들 보다는 비교적 큰 액적들이 많이 샘플링 될 수 있다. 셋째, Nukiyama-Tanasawa가 사용한 노즐과 본 연구에서 사용한 노즐의 기하학적 형상이 다르기 때문에 그들이 제시한 식이 노즐의 기하학적인 형상에 크게 지배를 받을 수 있다. 그런데 본 연구 수행결과 SMD는 공기량의 변화에 대하여 대수함수의 관계가 있고 물 공급량과는 지수함수의 관계가 있었기에 본 연구는, 실험조건에서, 응용가능한 실험식으

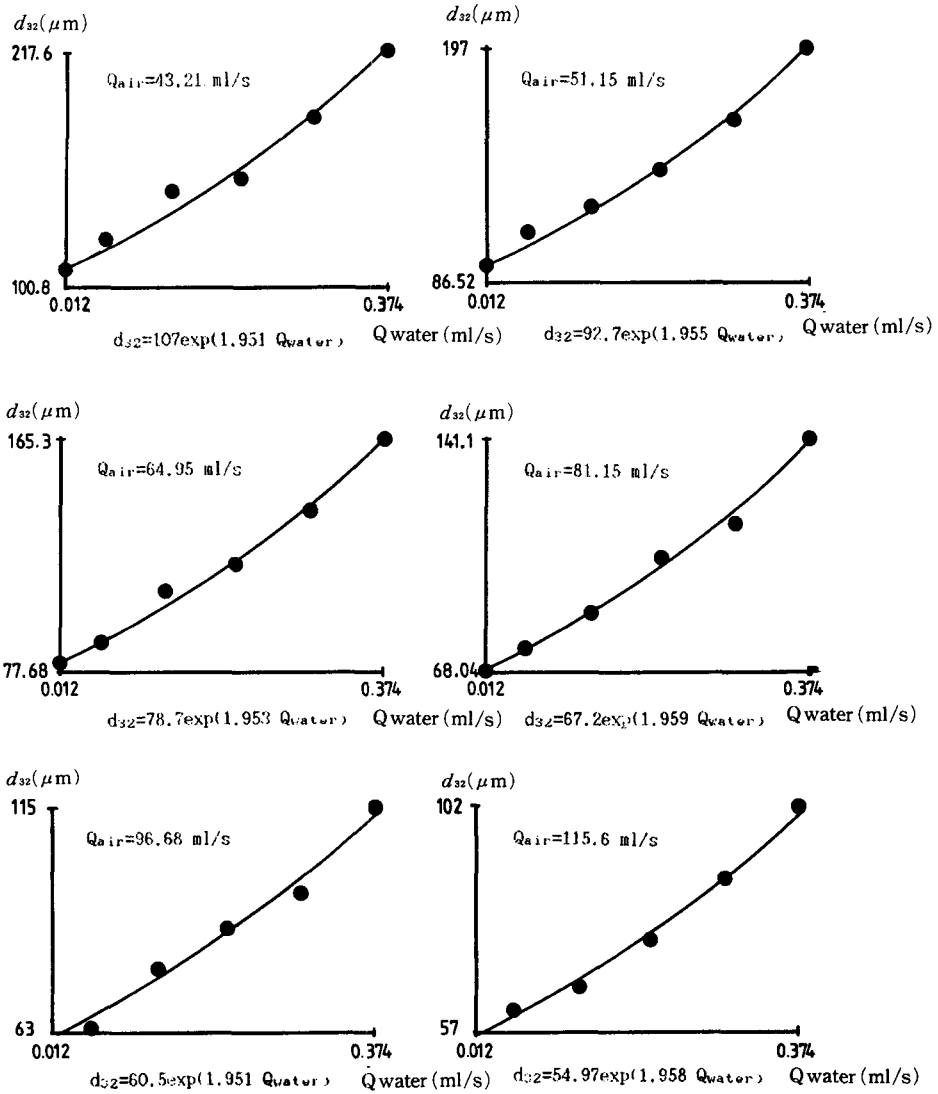


Fig. 7 Mean droplet size as function of variation of water flowrate

로 (5)식의 유량비 항 대신에 공기량과 물공급량의 영향을 구분하여 대수항과 지수항의 곱으로 표현하고 대수값과 지수값은 각각 실험결과에서 얻어진 값으로 하여  $d_{32} = A/V_r + BQ_{\text{air}}^{-0.78} \exp(1.95Q_{\text{water}})$  로 표현을 해 보았다. 여기서 일반 상수 A와 B를 결정하기 위하여 가로축을  $V_r \times Q_{\text{air}}^{-0.78} \exp(1.95 \times Q_{\text{water}})$ 로 하고 세로축을  $d_{32} V_r$ 로 하여 실험결과를 그래프에 그려보았다. 그 결과 Fig. 9에서 볼 수 있는 바와 같이 모든 실험결과는 한 직선식으로 표현되는데 이때의 상수값은  $A=815$ ,  $B=1949$ 가 됨을 알 수 있었다.

그러므로 본 연구에 사용된 이상류 동축 노즐의 액적의 SMD를 지배하는 실험 결과식은 다음과 같이 표현된다.

$$d_{32} = \frac{815}{V_r} + 1950 Q_{\text{air}}^{-0.78} \exp(1.95 Q_{\text{water}}) \quad (7)$$

윗 식에서  $Q_{\text{water}}$ 를 일정하게 하여  $d_{32} = f(Q_{\text{air}})$ 를 그리고 그위에 실험값을 도시하였는데 Fig. 10에서 볼 수 있는 바와같이 아주 잘 일치하고 있다. 또한  $Q_{\text{air}}$ 를 일정하게 하고  $d_{32} = f(Q_{\text{water}})$ 를 그리고 실험값을 도시한 결과 Fig. 11에서 볼 수 있는 바와같이 역시 아주 잘 일치함을 보였다.



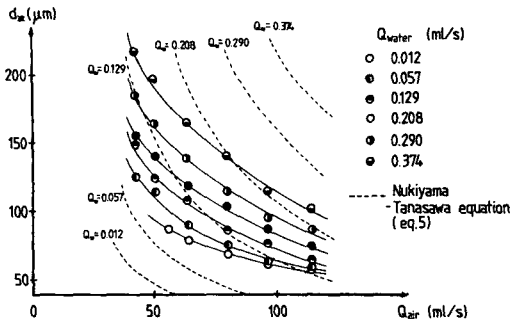


Fig. 8 Comparison of experimental results and Nukiyama-Tanasawa's equation

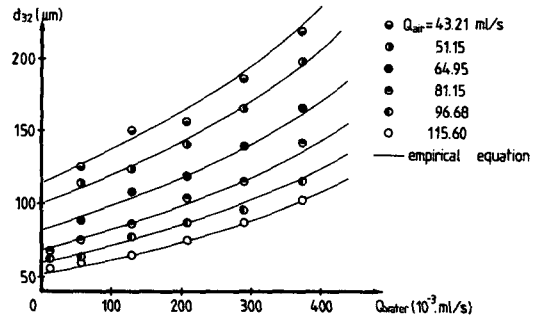


Fig. 11 Comparison of experimental results and empirical equation as function of variation of water flowrate

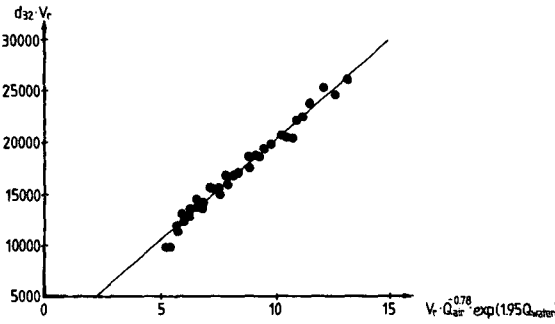


Fig. 9 Determination of the constants

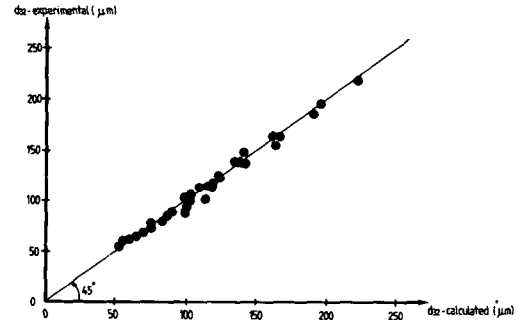


Fig. 12 Comparison between experiment and calculation

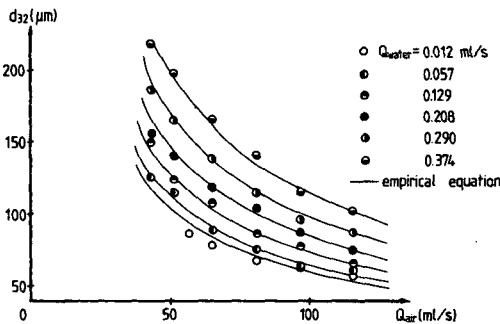


Fig. 10 Comparison of experimental results and empirical equation as function of variation of air flowrate

Fig. 12는 본 연구에서 얻어진 실험식에 의하여 계산된 SMD의 함수로 실험에 의하여 얻어진 측정값 SMD를 도시해 보았다. 모든 값이 거의 한 직선에 일치함을 알 수 있는데 이 직선의 기울기는 1로써 두 값이 일치함을 확인할 수 있었다.

윗 식은 20℃ 증류수를 사용할 경우 본 연구의 실험결과와 Nukiyama-tanasawa 실험식과는 많은 차이가 있었기 때문에 본 연구조건에 적합하도록

록 일부항을 변형시킨 것이다. 그러므로 다른 연구 조건에서의 응용가능성에 좀 더 계속적인 연구를 통한 확인과 보완이 필요할 것이다.

## 6. 결 론

본 연구는 이상류 동축노즐의 액경에 미치는 공급유량의 영향을 규명할 목적으로 20℃의 증류수를 사용하여 직접사진 촬영법에 의하여 SMD를 측정하고 Nukiyama-Tanasawa 실험식을 본 연구조건에 응용을 시도하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

직접사진 촬영법은 현상의 정량적인 면보다는 정성적인 가시화 측면에서 일반적으로 사용되었는데 본 연구를 수행하면서 정량적인 해석의 사용 가능성을 확인하였다. 그러나 자료획득시 많은 시간이 소비되었으며 계속시 수반되는 오차를 최소화하기 위한 측정자의 각별한 주의가 필요하다. 그리고 본 연구에서 시도한 분사조건에서 공급유량의 영향에

관한 측면을 볼때 사용된 이상류 동축노즐에 의한 액적의 SMD와 공기량은 대수 함수의 관계에 있으며 대수값은  $-0.78$ 이고, 물의 유량과는 지수함수로 표현되고 지수값은  $1.95$ 임을 알 수 있었으며 액적의 SMD와 공급유량과의 종합적인 실험식은

$$d_{32} = \frac{815}{V_r} + 1950 Q_{air}^{-0.78} \exp(1.95 Q_{water})$$

로 표현됨을 알 수 있었다. 앞으로 계측방법에 대한 더 많은 자료의 축적과 오차에 대한 연구가 요구되며 노즐형식 변화에 따른 지속적인 시도가 필요하다고 생각된다.

## 후 기

본 연구는 한국학술진흥재단의 90년도 자유공모 과제 학술연구 조성비에 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- (1) Nukiyama, S. and Tanasawa, Y., 1939, "Experiments on the Atomization of Liquids in an Airstream," *Trans. Soc. Mech. Eng. (Jpn)*, No.5, pp. 68~75.
- (2) Lewis, H. C., Edwards, D.G., Goglia, M.J., Rice, R.I. and Smith, L.W., 1948, "Atomization of Liquids in High Velocity Gas Streams," *Int. Eng. Chem.*, Vol.40, pp. 67~74.
- (3) Wigg, L. D., 1964, "Drop Size Prediction for Twin Fluid Atomizers," *J. Inst. Fuel*, Vol. 37, pp. 500~505.
- (4) Mullinger, P. J. and Chigier, N.A., 1974, "The Design and Performance of Internal Mixing Multijet Twin Fluid Atomizers," *J. Inst. Fuel*, Vol.47, pp.251~261.
- (5) Rizkalla, A.A. and Lefebvre, A.H., 1975a, "Influence of Liquid Properties on Air Blast, Atomizer Spray Characteristics," *Trans. ASME, J. of Fluids Eng. for power*, pp.173~177.
- (6) Rizkalla, A.A. and Lefebvre, A.H., 1975b, "The Influence of Air and Liquid Properties on Air Blast Atomization," *Trans. ASME, J. of Fluids Eng.*, Vol. 97, pp. 316~320.
- (7) Lefebvre, A. H., 1978, "The Performance of Prefilming Air blast Atomizers," U.S. Dept. of Energy, Workshop on Modeling of Combustion in Practical Systems, Los Angeles.
- (8) Marshall, W. R., 1954, "Atomization and Spray Drying," Republished by Johansen Crosby and Associates, Inc.
- (9) Mugele, R.A. and Evans, H.D., 1951, "Droplet size Distribution in Sprays," *Int. Eng. Chem.*, Vol.43, No.3, pp. 1317~1324.
- (10) Brun, E., Caron, R. and Vasseur, M., 1945, *Note Technique du Groupement de Recherche Aéronautique*, No.15.
- (11) Nukiyama, S. and Tanasawa, Y., 1938, "Experiment on the Atomization of Liquid by means of Air Stream," *Trans. Soc. Mech. Eng. (Jpn)*, Vol.4, p. 86.
- (12) Biggs, R. and McMillan, R.L., 1948, "The Errors of some Haematological Methods as they are Used in a Routine Laboratory," *J.Clin. Path.*, Vol. 1, p. 269.
- (13) Heywood, H., 1945, "A Comparison of Methods of Measuring Microscopical Particles," *Trans. Inst. Mining Metal*, Vol. 55, p. 391.
- (14) Watson, H. H. and Mulford, D.F., 1954, "A Particle Profile Test Strip for Assessing the Accuracy of Sizing Irregularly Shaped Particles with a Microscope," *Br. J. Appl. Phys. Suppl.*, No.3, p. 105.