

# 대한기계학회 주선

## 제9회 전국학생설계경진대회(2019년)

# 설계 최종 보고서

참가부	고등부 ( ) / 대학부 ( ■ )				
참가분야	공모주제 ( ) / 자유주제 ( ■ )				
참가팀명	HMLO				
설계제목	우산 빗물 제거용 Air Jet Dryer 장치				
지도교수/교사	(소속)홍익대학교 (성명) 임현준 (연락처)		(이메일) hjyim@hongik.ac.kr		
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	권용휘	홍익대학교 기계시스템디자인 공학과		kyw6456@naver.com	

## 참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	권용휘	홍익대학교 기계시스템디자인공학과 / 4학년	kyw6456@naver.com
2	김선조	홍익대학교 기계시스템디자인공학과 / 4학년	tjshw33@naver.com
3	권용찬	홍익대학교 기계시스템디자인공학과 / 4학년	optimus0616@naver.com
4	김인환	홍익대학교 기계시스템디자인공학과 / 4학년	troy2323@naver.com

# 설계 요약문

참가분야	공모주제 ( ) / 자유주제 ( ■ )
참가팀명	HMLO
설계제목	우산 빗물 제거용 Air Jet Dryer 장치
대표자명	권용휘
요약문	<p>정부에서 일회용 비닐봉투의 사용을 금지함에 따라 그간 널리 사용되었던 우산 빗물받이용 일회용 비닐봉투를 실질적으로 대체할 수 있도록 무공해성 친환경 기술인 Air Jet를 이용한 우산의 빗물을 제거 장치를 구현하였다. 다수의 사용자가 기다리지 않게 사용시간을 짧게 하기 위하여 Air Jet의 분사방향을 우산의 접선으로 분사시키도록 설계하였다. 우산의 크기와 다양한 모양을 모두 사용가능하도록 Open형 거치대를 고안하였고, 우산의 지지대를 올려놓으면 작동되는 Touch 형 접촉 스위치를 설치하여 작동이 용이하도록 설계하였다. 이를 위해 Water Droplet Size와 Boundary Layer의 특성을 감안하여 Water Droplet이나 Water Film에 작용하는 외력을 분석하였다. 또한 우산을 수평으로 거치시키고 Air Jet를 하향으로 분사하여 중력장에서 Water Droplet과 Water Film의 자중이 우산으로부터 이탈하는 물 방물에 외력으로 작용하도록 고안하였다. 유동장의 특성은 기본 CFD tool인 Discovery Live 를 이용하여 공기 유동장 CFD 해석을 수행하였다. Air Jet 유동장을 특성 분석하여 우산에 수직으로 분사하는 방식보다 우산에 접선으로 분사하는 유동장이 보다 효과적인 유동장임을 보였다. Air Jet Reflector는 사용자에게 물방울이 튀기 않도록 반사시키도록 설계하였으며, 그 밖에 배수구, 이동용 바퀴 등을 기본 설계안으로부터 수정하여 보완하였다. 이를 통해 무공해 친환경적 Air Jet 우산빗물제거기를 구현하였다. 공공기관이 다수가 사용하는 상업시설의 입구에 설치하면 1회용 우산 빗물받이용 비닐의 사용을 획기적으로 감소시킬 수 있다.</p>

## 우산 빗물 제거용 Air Jet Dryer 장치

권용휘\* · 김선조\*\* · 권용찬\*\*\*, 김인환\*\*\*\* 임현준\*\*  
\*홍익대학교 기계시스템디자인공학부

### Rain Water Air Cleaner

Yong-Whee Kwon\*, Sun-Jo Kim\*\*, Yong-Chan Kwon\*\*\*, In-Hwan Kim\*\*\*\*  
and Hyun-Jun Yim\*\*†

\* School of Mechanical System Design Engineering, Hongik University

---

**Key Words:** Water Droplet, Shear, Air Blower, Jet Impinging

**초록:** 우산 빗물 받이 일회용 비닐봉투를 실질적으로 대체할 수 있도록 Air Jet를 이용한 우산의 빗물 제거 장치를 구현하였다. 다양한 우산의 크기와 모양을 모두 사용가능 하도록 Open형 거치대와 우산을 지지대에 올려 놓으면 작동되는 Touch형 접촉 스위치를 설치하여 작동이 용이하도록 설계하였다. 이를 위해 Water Droplet이나 Water Film에 작용하는 외력을 분석하였다. 유동장의 특성은 기본 CFD tool인 Discovery Live 를 이용하여 공기 유동장 CFD 해석을 수행하였다. Air Jet Reflector는 사용자에게 물방울이 튀지 않도록 반사시키도록 설계 하였으며, 그 밖에 배수구, 이동용 바퀴 등을 기본 설계안으로부터 수정하여 보완하였다. 이를 통해 무공해 친 환경적 Air Jet 우산 빗물 제거기를 구현하였다. 공공기관이 다수가 사용하는 상업시설의 입구에 설치하면 일회용 우산 빗물 받이 비닐의 사용을 획기적으로 감소시킬 수 있다.

**Abstract:** To practically replace disposable plastic bags for receiving rainwater from umbrellas, a rainwater removal system was implemented using the air jet device. To enable the use of various sizes and shapes of the umbrella, a touch-type contact switch operated by placing the umbrella's support on an open platform is installed to facilitate operation. For this purpose, the external forces acting on the water droplet or the water film were analyzed. The characteristics of the flow path were analyzed using the basic CFD tool, Discovery Live. Through this process, air jet rainwater remover system for environmentally friendly air was implemented.

---

## 1. 서론

본 설계는 다수가 이용하는 공공건물이나 대형 상업시설 또는 지하철 입구 등 대중 이용 시설물에 설치하여 우천시 우산에 묻은 빗물을 Air Jet를 이용하여 간단하고 짧은 시간내에 제거시키는 우산 빗물 제거용 Air Jet Dryer를 설계함에 있다.

국내외 환경규제의 강화에 따라, 우리나라 정부에서도 일회용 비닐의 사용을 금지하고 있다. 이에 따라 그간 널리 사용되었던 우산의 빗물받이 1회용 비닐의 사용이 금지되었다. 따라서, 일회용 비닐을 대체할 수 있는 친 환경적이며 비공해성 우산 빗물 제거기의 개발 필요성이 높다.

본 연구는 우산 빗물 받이용 일회용 비닐을 대체할 우산 빗물 제거 기술로 페비닐 등 소모성 폐기물이 발

---

† Corresponding Author, [hjyim@hongik.ac.kr](mailto:hjyim@hongik.ac.kr)

생하지 않는 친환경적 우산 빗물 제거 기술이며, 무공해성 Air Jet를 이용하는 기술을 구현함에 그 목적이 있다.

## 2. 설계핵심내용

Ait Jet의 기본 특성을 분석하였다. Hermann Schlichting Book<sup>(6)</sup>의 2차원 Laminar Free Jet 로부터 그림 2-1 과 같은 속도장이 도출되었다. 이때 속도는 식 (1)과 같다.

$$u(x) = 0.45 \left( \frac{K^2}{\nu x} \right)^{1/3} (1 - \tanh^2 \xi) \quad (1)$$

$$\xi = \alpha \eta$$

$$\eta = \frac{1}{3\nu^{1/2}} \frac{y}{x^{2/3}}$$

$$Q = 3.3019 (K\nu x)^{1/3}$$

$$K = \frac{1}{\nu x} \left( \frac{Q}{3.3019} \right)^3$$

- Air Blower 설계 유량, Q

$$Q = VA = V \cdot w \cdot L$$

where, V = mean velocity, m/s

A = air nozzle area (=wL)

w = nozzle width, m

L = nozzle length, m

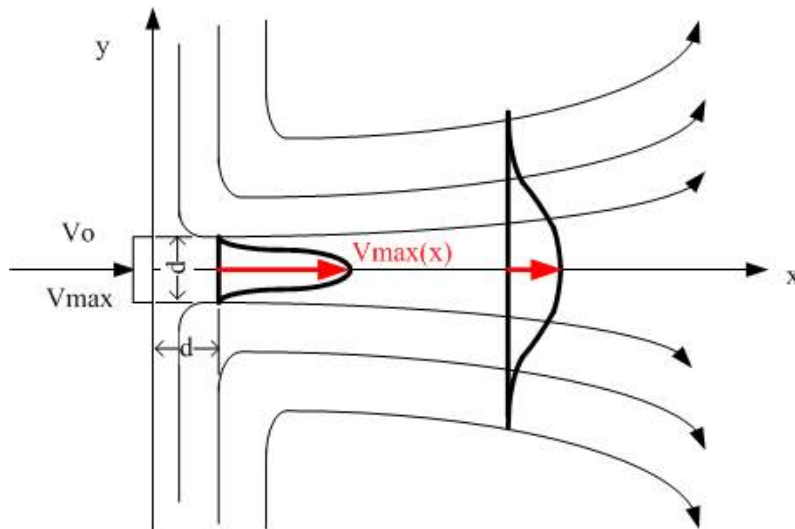


Fig. 2-1 Free Jet shape

Blower의 공기 Jet 속도를 약 10m/s 로 설정하고 우산에서 떨어져 나가는 물방울의 속도를 약 1m/s 의 속도로 제거시키는 조건에 대한 타당성 평가를 하였다. 우산에 맺힌 빗물 방울의 크기를 Weber number를 이용

하여 유추하면, Mist flow에서 Weber number 는 3 이다<sup>(6)</sup>.

$$We = \frac{\rho_g D_{\max} (V_g - V_f)^2}{\sigma} = 3 \quad (2)$$

위 식(2)으로부터 물방울의 최대 직경을 도출하면,

$$D_{\max} = \frac{3\sigma}{\rho_g (V_g - V_f)^2} \quad (3)$$

1 bar, 20 °C 조건에서 물과 공기의 물성치는 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \sigma &= 0.07277 [N/m] \\ \rho_g &= 1.2 [kg/m^3] \\ V_g &= 10 [m/s] \\ V_f &= 1 [m/s] \end{aligned}$$

일르 식(3)에 적용하면, 물방울의 최대 직경(Dmax)은 다음과 같다.

$$D_{\max} = \frac{3 * (0.07277 N/m)}{(1.2 kg/m^3) * [(10 m/s) - (1 m/s)]^2} = 0.00202 [m] = 2 [mm]$$

물방울의 최대 직경(Dmax)과 평균 직경(D)은 다음의 관계를 적용하면 다음과 같다.

$$D = \frac{D_{\max}}{2} = \frac{0.00202 [m]}{2} = 0.001 [m] = 1 [mm]$$

Mist flow에서 최대 Weber number 12를 적용하면 다음과 같다.<sup>(5)</sup>

$$We = \frac{\rho_g D_{\max} (V_g - V_f)^2}{\sigma} = 12$$

이 경우, 동일하게 1 bar, 20 oC 조건에서 물과 공기의 물성치를 적용하면 물방울의 최대 직경(Dmax)과 평균 직경(D)은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} D_{\max} &= \frac{12 * (0.07277 N/m)}{(1.2 kg/m^3) * [(10 m/s) - (1 m/s)]^2} = 0.00808 [m] = 8.1 [mm] \\ D &= \frac{D_{\max}}{2} = 4.05 [mm] \end{aligned}$$

이는 우산에 맺힌 물방울 크기와 부합하는 것으로 평가된다.

Water Droplet 또는 Water Film에 에 작용하는 힘은 우산 곡면과의 마찰 저항력, Air Drag(항력)과 자중에 의한 Body Force가 각 각 작용한다. 그림 2-2는 외력을 나타낸다. 이 중에서 마찰 저항력은 운동방향과 반대로 작용한다. Water Droplet 또는 Water Film에 에 작용하는 외력의 조합은 식(4)와 같다.

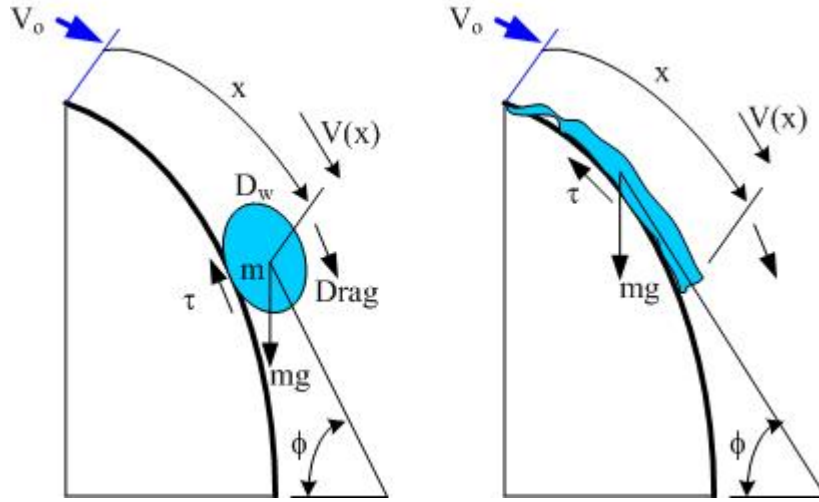


Fig. 2-2 Water Drop forces

$$\sum F_a = Drag - F_{wall\ friction} + Bodyforce \quad (4)$$

## (1) Drag

$$Drag = \frac{1}{2} \rho_g C_d V_o^2 x \quad (5)$$

Droplet Flow에 대한 항력계수( $C_d$ )는 Ishii and Chawla(5)가 제시한 상관식을 적용하면

$$C_D = 24 \frac{1 + 0.1 Re_P^{0.75}}{Re_P} \quad (6)$$

여기서, 평균직경기준의 Particle Reynolds 수는 다음과 같이 정의된다<sup>(5)</sup>.

$$Re_{P,m} = \frac{\rho_g (V_g - V_f) D}{\mu_g} \quad (7)$$

그림 2.3는 Droplet particle Re수 대비 항력계수  $C_d$ 를 나타내고 있다.

앞서 1 bar, 20 oC 조건에서 We 수 12에 대해 구한 물방울의 평균직경 4.05 mm를 적용하면, 물방울의 Re 수는 다음과 같다.

$$Re_{P,m} = \frac{\rho_g (V_g - V_f) D}{\mu_g} = \frac{1.2 \cdot 10^3 \cdot 0.00405}{1.983 \cdot 10^{-5}} = 2,206 \text{ 을 식 (6)에 대입하면}$$

$$C_D = 24 \frac{1 + 0.1 Re_P^{0.75}}{Re_P} = 24 \frac{1 + 0.1 \cdot 2206^{0.75}}{2206} = 0.36 \text{ 이다.}$$

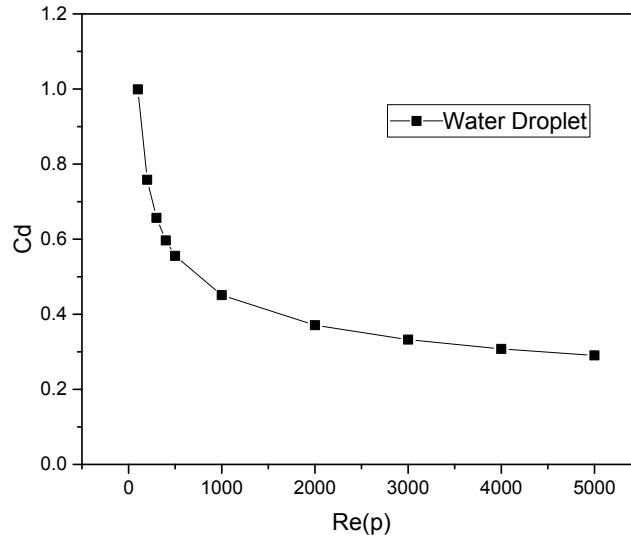


Fig. 2-3 Reynold number vs. Cd for droplet particle

(2)  $F_{wall\ friction}$

$F_{wall\ friction}$  은 그림 2-4와 같은 평판의 경계층해석 결과를 적용하면 다음과 같다

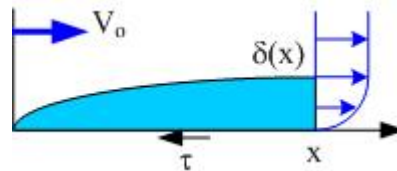


Fig. 2-4 평판에 경계층 유동과 마찰응력

Hermann Schlichting의 Book의 “Boundary Layer theory”<sup>(5)</sup>의 내용중 평판에 대한 Cd는 아래와 같다. 본 문제에 적합하게 평판에 Water Film이 형성되고 그 위로 Air Flow가 형성된 것으로 가정한다. Water Film이 움직일 때 평판으로부터 받는 전단저항력은 아래와 같다<sup>(1)</sup>.

$$F_{wall\ friction} = \int_0^x \tau_o dx \tag{8}$$

$$C_{D,Friction} = \frac{F_{wall\ friction}}{1/2\rho V_o^2 L} = \frac{0.074}{Re_x^{1/5}} - \frac{1750}{Re_x}, \text{ for } 5 \times 10^5 < Re_x < 5 \times 10^7$$

먼저, 평판의 Water Film에 대한 Re수를 구하면 다음과 같다.

$$Re_x = \frac{V_o x}{\nu} = \frac{(10m/s) * (0.6m)}{(1.006E-6 m^2/s)} = 5.96E6$$

$$C_{D,Friction} = \frac{0.074}{Re_x^{1/5}} - \frac{1750}{Re_x} = 0.00297$$

### (3) Body Force

물방울의 중심점 또는 Water Film의 중심점의 각을  $\phi$  라 하면, 곡면의 접선방향으로 작용하는 힘은 다음과 같다.

$$Body\ force = mg^* \cos\phi$$

Water Droplet 또는 Water Film에 에 작용하는 합력은 식 (9)합력의 방향이다.

$$\begin{aligned} \sum F_a &= Drag - F_{wall\ friction} + Body\ force & (9) \\ \sum F_a &= \left(24 \frac{1 + 0.1Re_p^{0.75}}{Re_p}\right) \frac{1}{2} \rho_g V_o^2 x - \left(\frac{0.074}{Re_x^{1/5}} - \frac{1750}{Re_x}\right) \frac{1}{2} \rho_w V_w^2 x + mg\cos\phi \\ &= \left[0.36 \frac{1}{2} (1.2)(10)^2 - 0.00297 \frac{1}{2} (998)(1^2)\right] x + mg\cos\phi \\ &= 20.11x + mg\cos\phi \end{aligned}$$

식 (9)합력의 양의 방향이다. 이는 Water Droplet 또는 Water Film에 에 작용하는 합력이 운동방향으로 작용함을 알수 있다.

위 결과는 우산에 맺힌 물방물이나 Water Film이 Air의 Drag Force만으로 이탈되는 외력을 받고, 여기에 우산을 수평으로 펼쳐 Air Jet를 중력가속도 방향으로 하향 제트를 형성시키면, 물방물이나 Water Film의 자중은 물방물이나 Water Film을 우산 표면으로부터 이탈시키는 방향으로 작용하게 된다. 이 조건이 Air Jet Blower의 Power 가 최소화 되는 설계구성 및 배치각도가 된다.

우산을 거치대에서 회전시키며 물방울을 제거시킬 경우, 식 (10)과 같이 원심력이 부가적으로 작용하며, 원심력은 우산에 맺힌 물방물이나 Water Film이 이탈하는 방향으로 작용하게 된다. 그림 2-5는 우산을 회전시킬 때 작용하는 외력을 나타낸다.

$$\begin{aligned} \sum F_t &= \sum F_a + Rotational\ force & (10) \\ \sum F_t &= \left(24 \frac{1 + 0.1Re_p^{0.75}}{Re_p}\right) \frac{1}{2} \rho_g V_o^2 x - \left(\frac{0.074}{Re_x^{1/5}} - \frac{1750}{Re_x}\right) \frac{1}{2} \rho_w V_w^2 x + mg\cos\phi \\ &\quad + mrw^2 \cos\phi \end{aligned}$$

빗물제거를 위한 Air Jet유동장의 유효성을 확인하기 위하여 기본 CFD tool인 Discovery Live 를 이용하여 공기 유동장 CFD 해석을 수행하였다. 공개 S/W 이므로 기능의 제약이 있었다. 본 해석의 목적은 우산위로 분사되는 Air Jet의 수직분사방식과 접선분사 방식의 유효성 확인이 주요 목적이다.



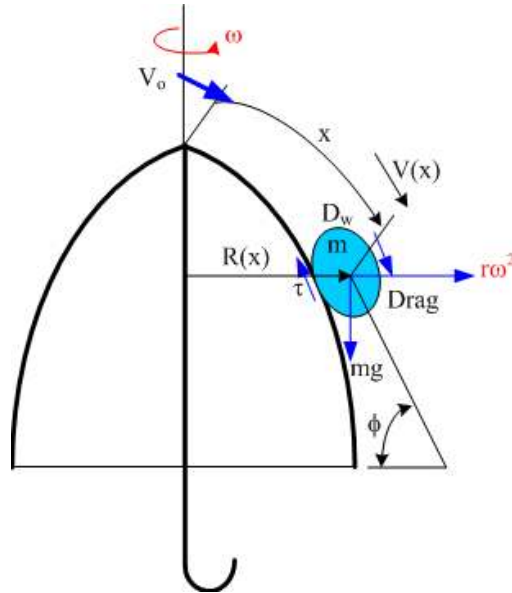


Fig. 2-5 Rotational Force

### 3. 결과 및 토의

주요 CFD 해석 결과는 주요 해석조건인 Jet의 주입각 조건에 한하여 논의한다. 우산에 수직으로 주입되는 조건과 경사지게 주입하는 조건에 대한 Stream Line의 분포는 분사 제트의 포집폭과 물방울 제거에 적합한 유동장인지 여부를 판별하는 좋은 인자이다.

#### (1) 해석모델링 조건

- 유체 : 상온상압 Air
- Inlet : Velocity Condition
- Outlet : Pressure Boundary
- 지배방정식 : Navier-Stokes equation

- 수직 방향 분사 (그림 3-1)
  - 직선형 노즐 : 2x30 cm
  - 분사방향 : 우산에 수직 방향 분사
- 접선방향 분사 (그림 3-2)
  - 직선형 노즐 : 3x5 cm
  - 분사방향 : 우산에 접선 방향 분사

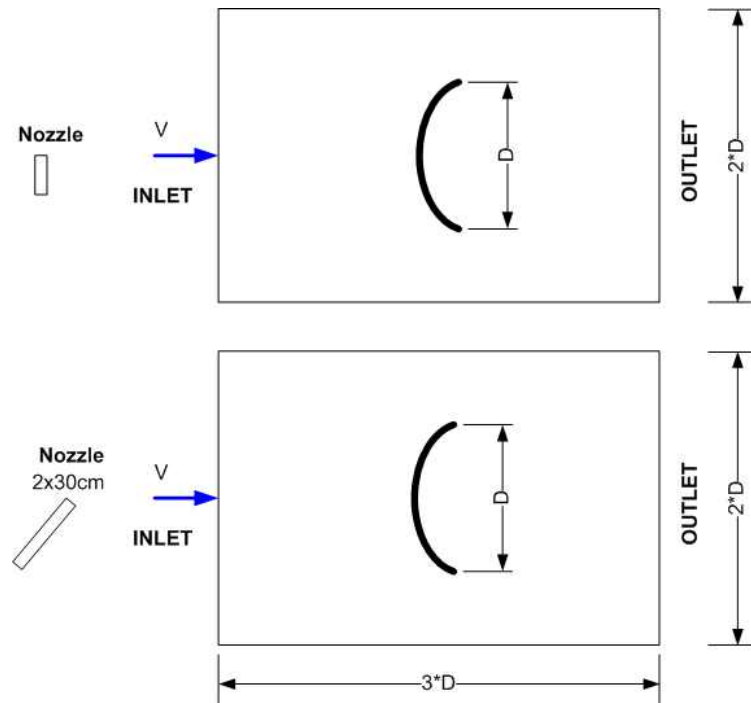


Fig. 3-1 Boundary Condition for vertical injection

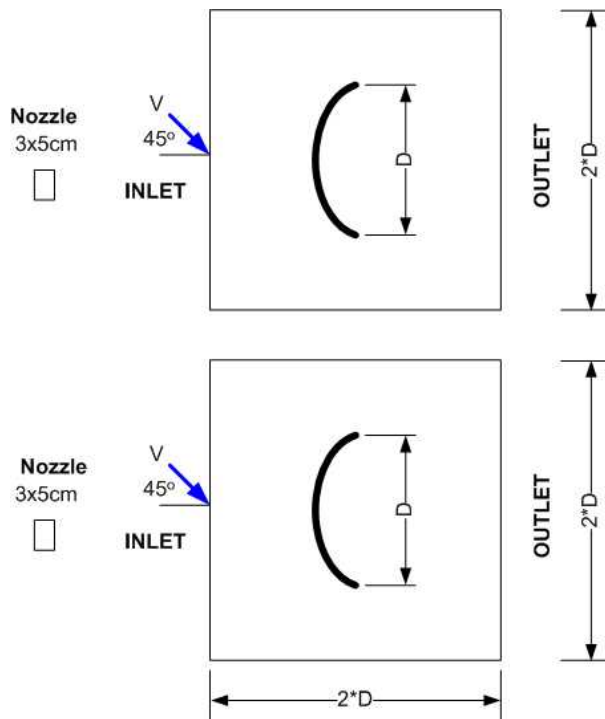
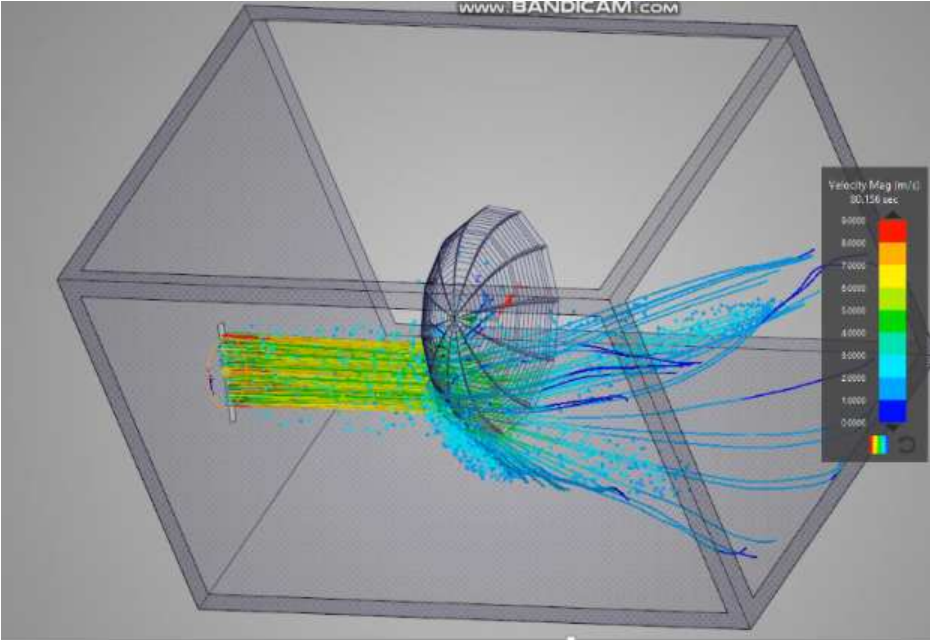


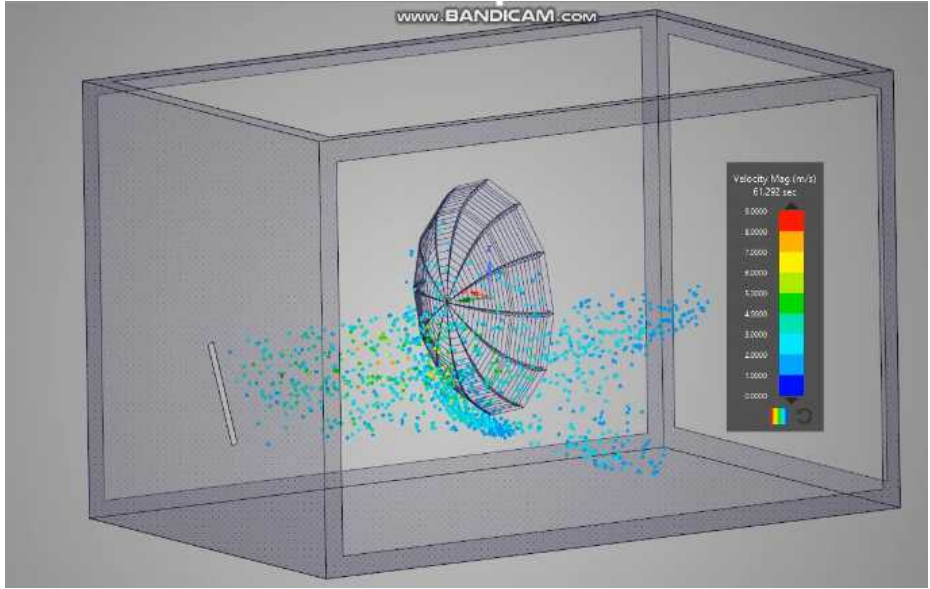
Fig. 3-2 Boundary Condition for inclined injection

(2) 수직 방향 분사 해석결과

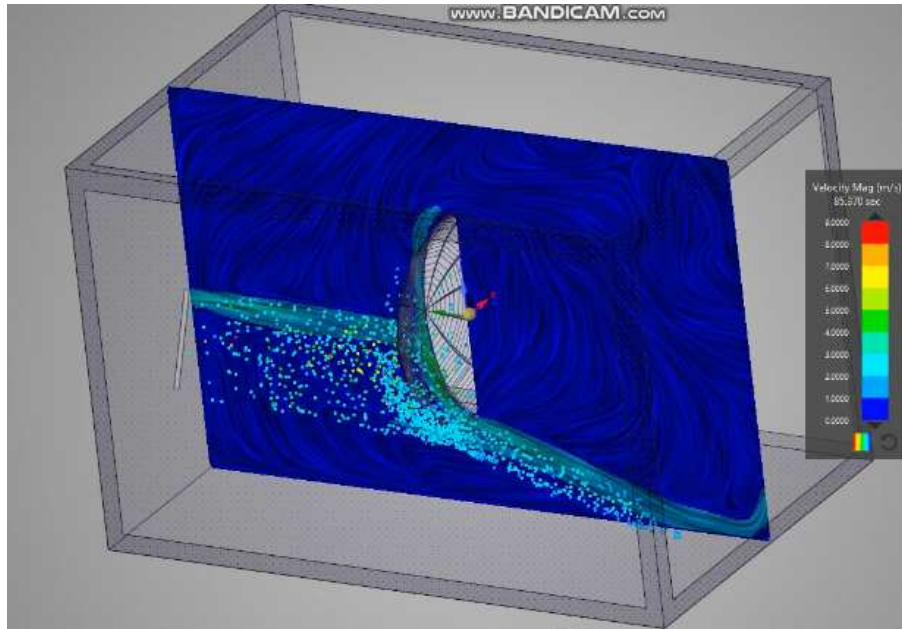
그림 3-3 (a) ~(d)는 Stream Line을 나타내고 있다. 제트의 퍼짐 폭이 매우 넓고 사용자 방향이다. 물방울의 제거는 비교적 효과적인 유동장으로 판단된다. 그러나 바람직한 형상은 아니다.



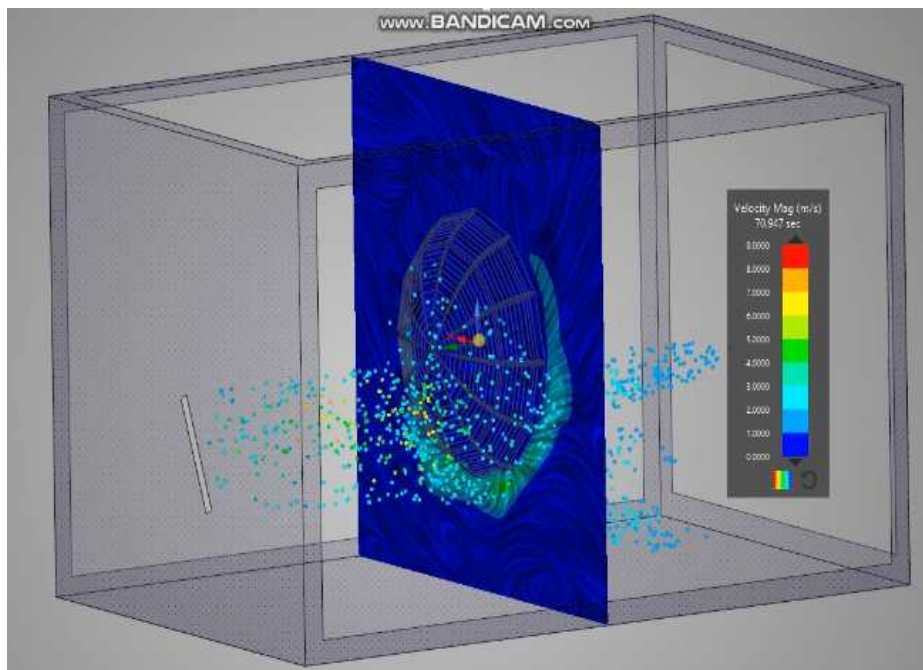
(a) Stream Line of vertical injection-1



(b) Stream Line of vertical injection-2



(c ) Stream Line of vertical injection-3

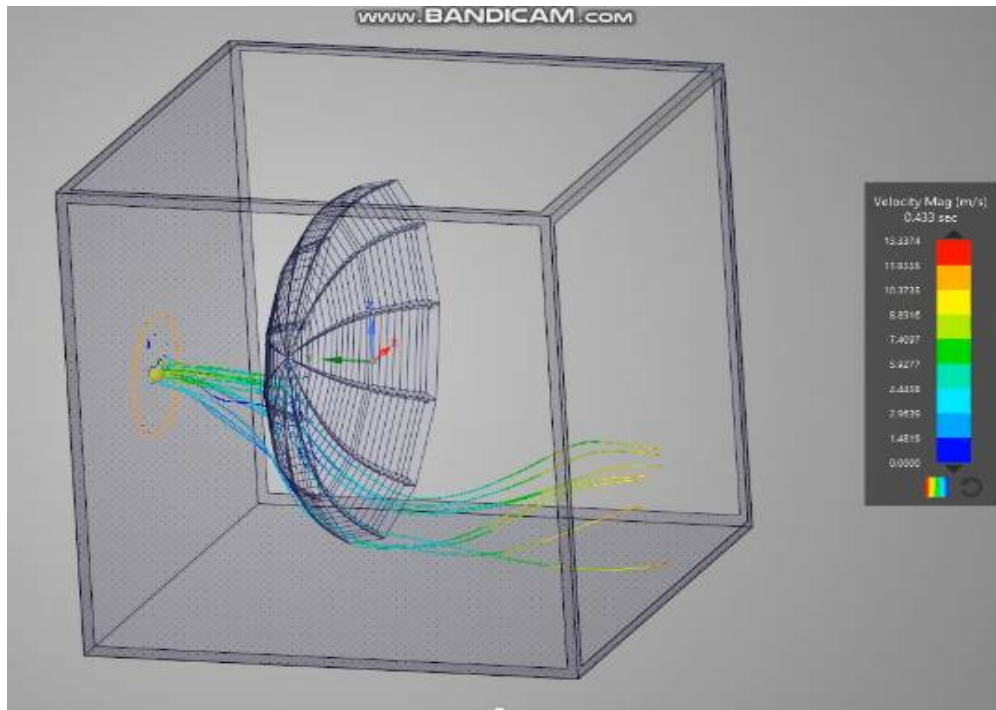


(d) Stream Line of vertical injection-4

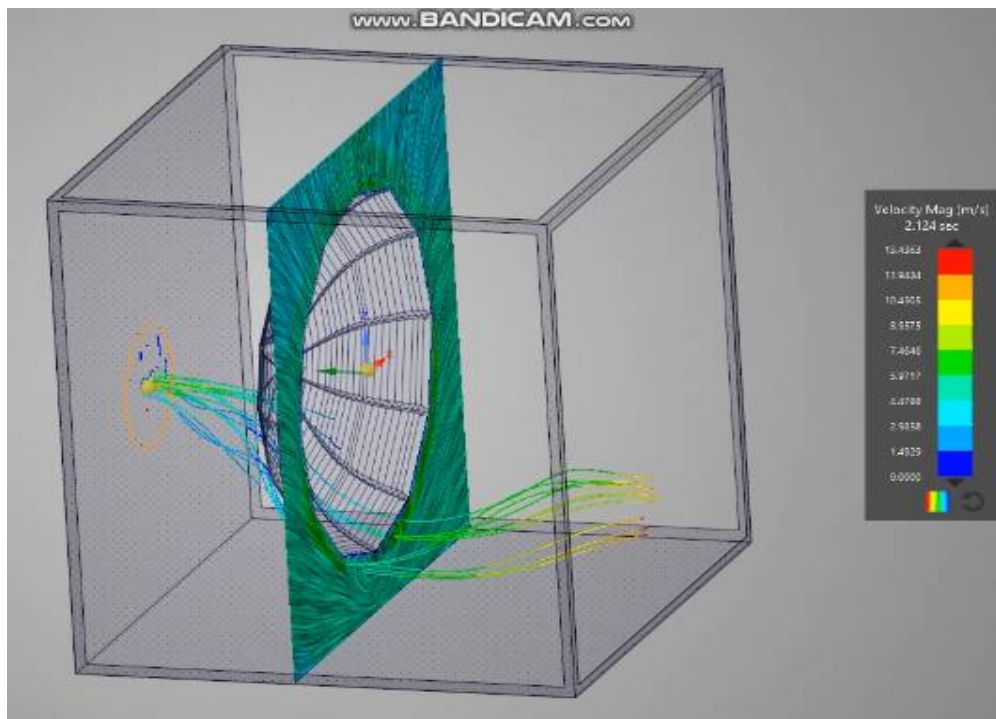
그림 3-3 Stream Line of vertical injection

(3) 접선 방향 분사 해석결과

그림 3-4 (a) ~(d)는 Stream Line을 나타내고 있다. 접선형 소형노즐 (3x5 cm)는 수직형 노즐 보다는 소형이다. 제트의 퍼짐폭이 좁고 우산에 접선 방향이다. 물방울의 제거에 효과적인 유동장으로 판단된다.



(a) Stream Line of inclined injection-1



(b) Stream Line of inclined injection-2

Fig. 3-4 Stream Line of inclined injection



#### 4. 설계 결과물

##### (1) 최종 결과물 형상 및 작동원리

그림 4-1은 Air Dryer 구조부 기본 구성을 나타내고 있다. 거치대는 Open형이라서 우산의 길이에 제한받지 않는다. 작동 스위치는 우산을 올려 놓으면 접촉되는 Touch방식으로 구성된다. 그림 4-2는 구조 및 형상을 나타낸다. 대략 크기는 60x45x60cm 급이며 하단에는 이동용 바퀴와 고정대 2개소 및 배수구가 위치한다. 측면의 삼각형 판은 Air Reflector로서 Jet 반사판이다. 빗물이 사용자에게 튀는 것을 방지한다.

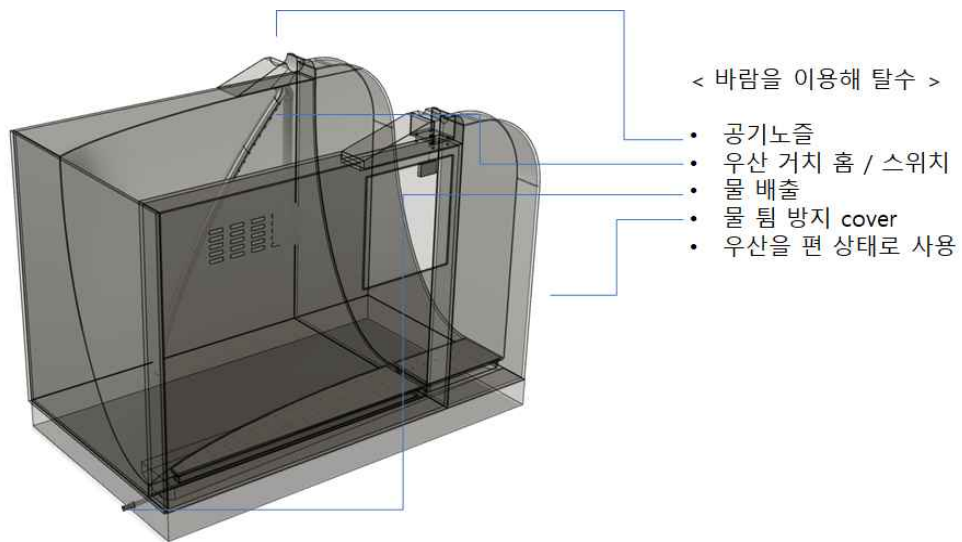


Fig. 4-1 Air Dryer Design

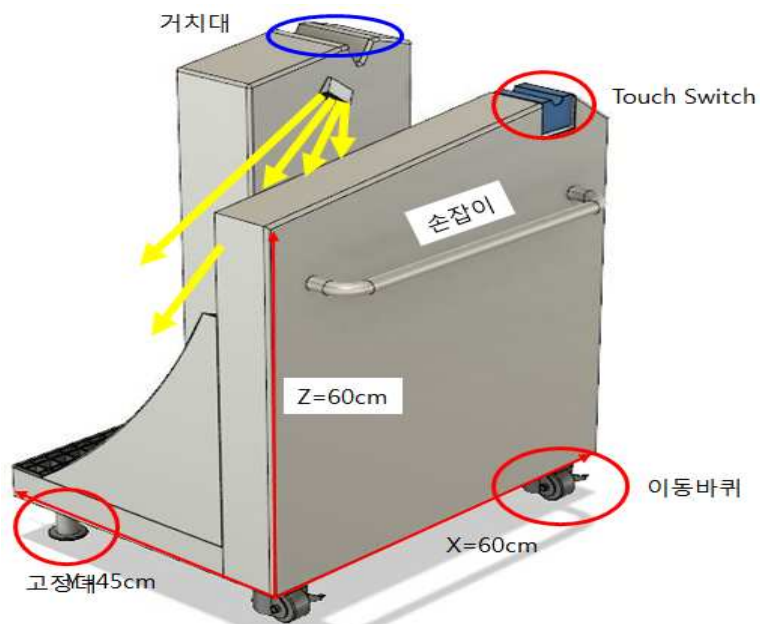


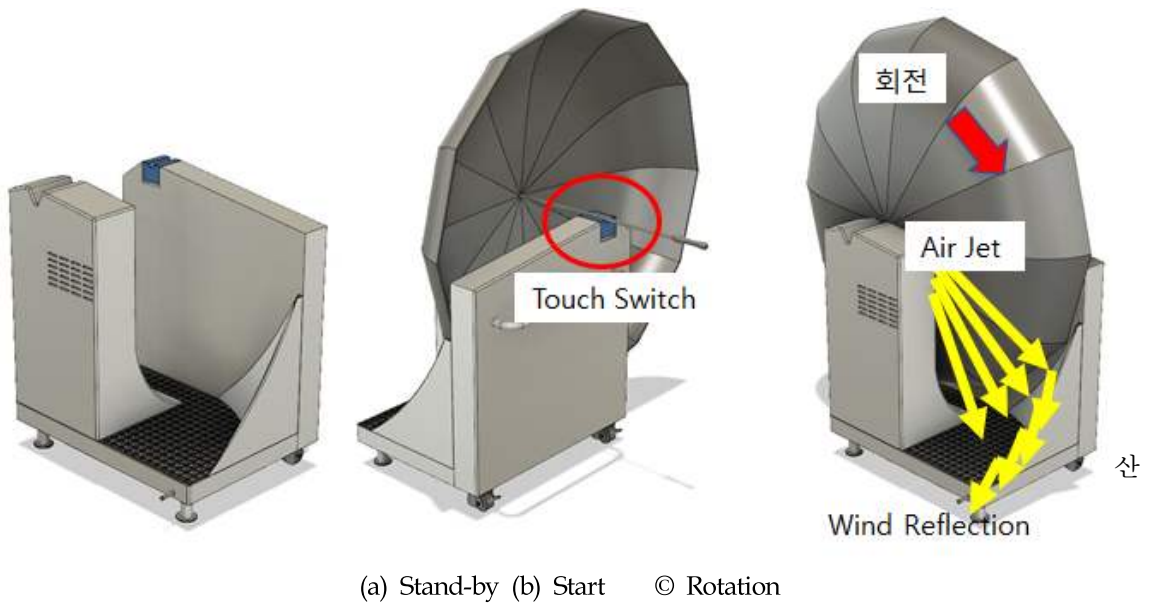
Fig. 4-2 Shape

(2) 작동방법

그림 4-3은 작동모습을 나타낸다. 그림 2.44는 작동순서 및 방법을 나타낸다. 그림의 우측(a)부터 (c)로 진행하면 작동된다. 우산의 손잡이 우산대를 Touch Switch 위에 올리면 작동되며, Air Jet가 나오면 우산을 1회전 시키면 우산에 묻은 빗물이 제거된다. 설계적으로는 1 회전 시키면 되지만 몇 번 더 회전 시켜도 무방하다.



Fig. 4-3 Operation



(a) Stand-by (b) Start (c) Rotation  
Fig. 4-4 Operational Sequence

4. 결론

Air Jet를 이용한 우산의 빗물을 제거하는 기기를 설계하기 위하여 Free Jet 유동장, Water Droplet과 Water

Film 에 작용하는 외력을 분석하였다. Water Droplet과 Water Film 에 작용 외력의 방향이 중력과 같은 방향 이 되도록 고안하여 Air Jet Blower의 용량이 최소화 될 수 있도록 고안하였다. 고속의 Air Jet가 사용자 방향 과 반대로 반사되도록 Reflector를 설치하여 물방울이 사용자에게 튀지 않도록 설계하였다. 다수가 사용할 수 있는 기기 이므로 접촉식 스위치를 설치하여 우산을 올려 놓으면 작동되도록 구성하였으며, 우산의 다양한 구격 에 제한받지 않도록 개방형 거치대로 설계하였다.

Air Jet의 유동장을 기본 CFD tool인 Discovery Live 를 이용하여 해석하였다. 우산위로 분사되는 Air Jet의 수직분사 방식과 접선분사 방식의 비교 결과 우산위로 수직분사 방식은 퍼짐폭이 너무 크다. 이에 비해 접선분 사 방식은 제트가 일정 영역에 집중되고 접선방향으로 분사되어 Shear stress가 물방울 이동방향으로 작용하여 우산으로부터 물방울 제거에 가장 적합하게 상대각을 갖을 것으로 평가된다.

본 Air Jet를 이용한 우산의 빗물을 제거하는 기기는 무공해 친환경적 기술이다. 운영유지보수에 소모성 재료 가 필요하지 않다. 또한, One-Touch Switch로 작동되고 우산을 1~2회전 시키면 빗물을 제거할 수 있어서 작동 요구 시간이 매우 짧으므로 다수의 사용자가 사용하기에 길게 기다리지 않을 수 있다. 시중에서 사용되는 우산 은 규격이 매우 다양하기 때문에 우산 빗물 제거를 위한 Air Jet Dryer 설계시 우산의 다양한 길이 및 폭에 제 한없이 사용이 가능하도록 거치대를 Open형으로 설계하였다.

본 장치는 이러한 사용자 편의성 측면에서 다양한 사이즈의 우산과 사용조건을 고려하였다. 우산을 펼친 상 태로 사용하므로 Air의 분사 방향이 우산의 축방향이거나 공기 속도가 과도하면 우산에 작용하는 면압력이 증 가하여 우산이 사용자 쪽으로 밀리게 된다. 이 문제를 해결하기 위하여 Air의 분사 방향을 우산의 축방향이 아 닌 접선 방향으로 설정하여 공기에 의한 빗물방울의 제거 속도 성분을 향상시키고 우산의 축방향 하중을 경감 시켰다.

Air Jet를 이용한 우산의 빗물을 제거 장치는 아래의 기술을 구현하였다

- (1) 다양한 우산 규격이 사용가능함
- (2) 작동이 용이한 One-Touch방식의 스위치로 구성됨
- (3) 우산을 1~2회전시키면 빗물이 제거되어 작동시간이 짧음
- (4) 따라서 다수의 이용자가 오래 기다리지 않고 사용 가능함
- (5) 설치 및 이동이 용이함

Air Jet를 이용한 우산의 빗물을 제거 장치는 정부에서 사용을 금지시킨 우산 빗물 받이용 일회용 비닐봉투 를 실질적으로 대체할 수 있는 무공해성 친환경 기술을 구현했음에 큰 의의가 있다. 본 기술을 적용하면, 공공 건물과 대형 상업시설에서 그간 널리 사용되었던 우산 빗물 받이용 일회용 비닐 우산봉투의 사용량을 실질적 이며 획기적으로 줄일 수 있다. 본 기술은 무공해성 환경 친화적 기술이므로 적극적으로 적용하여 환경 문제에 대처함이 필요하다.

## 참고문헌

- (1) 손병진, "유체역학", 탐출판사, 1983.
- (2) O.R. WALTON, "Particle-Dynamics Calculations of Shear Flow", Studies in Applied Mechanics, Volume 7, Pages 327-338, 1983.
- (3) Steven P. Meeker, Roger T. Bonnecaze, Michel Cloitre, "Slip and flow in pastes of soft particles: Direct observation and rheology", Journal of Rheology, Volume 48, December, 2004.
- (4) Steven P. Meeker, Roger T. Bonnecaze, and Michel Cloitre, "Slip and Flow in Soft Particle Pastes", Journal of Rheology, VOLUME 92, 2004.
- (5) D.D. Joseph, D. Ocano and P.Y. Huang, "Slip Velocity and Lift", University of Minnesot, October 2000.



- (6) The RELAP5 code development team, 1995, "RELAP5/MOD3 Code Manual Volume I: Code structure, system models, and solution methods ", NUREG/CR-5535, Volume I
- (7) Hermann Schlichting 1979, "Boundary Layer Theory ", Top Press