



저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

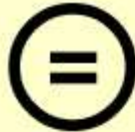
이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2008年 8月

工學碩士學位論文

季節的 영향을 고려한 太陽熱을
이용한 凝縮 특성에 관한 연구

朝鮮大學校 大學院

機械工學科

尹 載 元

2008年 8月

工學碩士學位論文

季節的 영향을 고려한 太陽熱을
이용한 凝縮 특성에 관한 연구

朝鮮大學校 大學院

機械工學科

尹 載 元

季節的 영향을 고려한 太陽熱을
이용한 凝縮 특성에 관한 연구

*An Experimental Study as the Characteristics of
Condensation by Solar Radiation considering
the Seasoning Effect*

2008年 8月 日

朝鮮大學校 大學院

機 械 工 學 科

尹 載 元

季節的 영향을 고려한 太陽熱을
이용한 凝縮 특성에 관한 연구

指導 教授 金 炳 哲

이 論文을 工學碩士學位申請 論文으로 提出함.

2008年 4月 日

朝鮮大學校 大學院

機 械 工 學 科

尹 載 元

尹載元의 工學碩士學位論文을 認准함

위원장 조선대학교 교수 공학박사 홍 석 주 印

위 원 조선대학교 교수 공학박사 이 동 석 印

위 원 조선대학교 교수 공학박사 김 병 철 印

2008年 5月 日

朝鮮大學校 大學院

목 차

Nomenclatures	iii
List of Tables	v
List of Photo	vi
List of Figures	vii
Abstract	xii
제 1 장 서 론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구동향	3
1.3 연구목적 및 방법	4
제 2 장 실험장치 및 방법	6
2.1 실험 장치	6
2.2 실험순서 및 방법	10
제 3 장 결과 및 고찰	11
3.1 계절적 특성에 따른 응축수량	16
3.1.1 봄	16
3.1.2 여름	35
3.1.3 가을	62
4.1.3 겨울	79
3.2 월 평균 응축수량과 경사각	97
3.3 응축수량에 따른 집열면적	101
제 4 장 결 론	103

References 105
감사의 글

Nomenclatures

D_o	: The Horizontal Diffused Solar Radiation
D_i	: The Diffused Solar Radiation from Angle
b	: Angle
H	: The horizontal Solar Radiation
S	: Sunshine Hours
Z	: Length of the day in Hours
d	: Day
A	: An Invariable Number(1.96)
B	: An Invariable Number(43.9)
C	: An Invariable Number
E	: The Evaporative Capacity
F	: The Pressure of Saturated Vapor
P	: Vapor Pressure
T	: The Absolute Temperature
V	: The Speed of Evaporation
v	: The Speed of Air
AC	: Amount of Clouds
TG	: The Temperature of Glass
TA	: The Temperature of Air
AW	: The Above Water
UW	: The Under Water
WS	: The Water Surface
TW	: The Temperature of Water
CW	: The Condensed Water
TCW	: Cumulative Total Condensed Water
U	: The Upper Part
L	: The Lower Part
OT	: The Outside Temperature
IT	: The Inside Temperature
IVT	: The Inside Average Temperature
SR	: The Solar Radiation

SD : The Sunshine Duration

Greek Symbols

ϕ : Latitude in radian

ψ_{if} : Relative humidity Factor

Subscripts

ω : Hygrometry Temperature

a : The dew point Temperature

o : The Standard Pressure

List of Tables

Table 4.1	The volume of classified by each structure	101
Table 4.2	The volume of classified by each structural air space(mm^3) and condensed water	101

List of Photo

Photo. 1 Experimental Apparatus 7
Photo. 2 Data Acquisition Unit 7
Photo. 3 Collection of Condensed Water 8

List of Figure

Fig. 1	Experimental Apparatus	9
Fig. 2	The Solar Radiation and the Extra Terrestrial Radiation	12
Fig. 3	The Solar Radiation a Monthly Average and the Amount of Clouds	13
Fig. 4	The Solar Radiation of a monthly average difference from the Meterological Adminstration and measured	14
Fig. 5	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day	18
Fig. 6	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Yellow Dust Day	19
Fig. 7	The Condensed Water and the Solar Radiation on Yellow Dust Day	20
Fig. 8	The Condensed Water and the Outside Temperature on Yellow Dust Day	21
Fig. 9	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Yellow Dust Day	22
Fig. 10	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Yellow Dust Day	23
Fig. 11	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Yellow Dust Day	24
Fig. 12	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Yellow Dust Day	25
Fig. 13	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day	27
Fig. 14	The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day	28
Fig. 15	The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day	29
Fig. 16	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day	31
Fig. 17	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day	

	32
Fig. 18	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day	33
Fig. 19	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day	34
Fig. 20	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day	36
Fig. 21	The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day	37
Fig. 22	The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day	38
Fig. 23	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day	40
Fig. 24	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day	41
Fig. 25	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day	42
Fig. 26	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day	43
Fig. 27	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Rainy Day	45
Fig. 28	The Condensed Water and the Solar Radiation on Rainy Day	46
Fig. 29	The Condensed Water and the Outside Temperature on Rainy Day	47
Fig. 30	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Rainy Day	49
Fig. 31	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Rainy Day	50
Fig. 32	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Rainy Day	51
Fig. 33	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Rainy Day	52

Fig. 34	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Shower Day	54
Fig. 35	The Condensed Water and the Solar Radiation on Shower Day	55
Fig. 36	The Condensed Water and the Outside Temperature on Shower Day	56
Fig. 37	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Shower Day	58
Fig. 38	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Shower Day	59
Fig. 39	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Shower Day	60
Fig. 40	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Shower Day	61
Fig. 41	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day	63
Fig. 42	The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day	64
Fig. 43	The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day	65
Fig. 44	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day	67
Fig. 45	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day	68
Fig. 46	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day	69
Fig. 47	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day	70
Fig. 48	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Rainy Day	72
Fig. 49	The Condensed Water and the Solar Radiation on Rainy Day	73
Fig. 50	The Condensed Water and the Outside Temperature on Rainy Day	74
Fig. 51	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Rainy Day	75

Fig. 52	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Rainy Day	76
Fig. 53	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Rainy Day	77
Fig. 54	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Rainy Day	78
Fig. 55	The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day	80
Fig. 56	The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day	81
Fig. 57	The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day	82
Fig. 58	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day	84
Fig. 59	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day	85
Fig. 60	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day	86
Fig. 61	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day	87
Fig. 62	The Solar Radiation and the Outside Temperature after Snow Day	89
Fig. 63	The Condensed Water and the Solar Radiation after Snow Day	90
Fig. 64	The Condensed Water and the Outside Temperature after Snow Day	91
Fig. 65	The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° after Snow Day	93
Fig. 66	The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° after Snow Day	94
Fig. 67	The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° after Snow Day	95

Fig. 68	The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° after Snow Day	96
Fig. 69	The Solar Radiation and the Outside Temperature (Total Average)	98
Fig. 70	The Condensed Water and The Solar Radiation (Total Average)	99
Fig. 71	The Condensed Water and the Outside Temperature (Total Average)	100

ABSTRACT

An Experimental Study as the Characteristics of Condensation by Solar Radiation Considering the Seasoning Effect

Yoon, Jae-Won

Department of Mechanical Engineering, Graduate School

Chosun University

In this study the condensation using solar distillation in the square tilted angle of 60°, 45°, 30°, 15° of glass. Condensed water was measured with temperature and the variation of weather condition for one year.

The characteristics of condensation in the seasonally was studied

Spring

1. When sunshine wasn't measured from 17 to 20 o'clock, lots of condensed water was produced.
2. The condensed water was produced more 15° and 30° than 60° and 45° on clear day.
3. The condensed water was produced more clear day than yellow dust day.
4. When the upper part of inner temperature was lower than the lower part of inner temperature, lots of condensed water was produced.

Summer

1. Lots of the condensed water was produced in case of 15°, same as clear day of spring.
2. The Sunshine wasn't measured little, but outside temperature was higher than

other season on rainy day.

3. Lots of the condensed water was produced in case of 60° on rainy day.
4. The condensed water was produced irregularly and the most condensed water was produced in case of 60° on shower day.

Autumn

1. The condensed water was produced more 45° and 60° than 30° and 15° on clear day.
2. Lots of condensed water was produced in case of 15°, 30° on clear day of spring and summer, but It was produced in case of 45° and 60°.

Winter

1. The sunshine was measured more than summer, but outside temperature was lower than other season on clear day.
2. Lots of the condensed water was produced in case of 45° and 60°, same as clear day of autumn.

제 1 장 서 론

1.1 연구배경

물은 공기와 더불어 인간을 비롯한 모든 생물이 살아가는데 꼭 필요한 자원으로 그 양과 질은 인간뿐만이 아닌 지구의 생명에 매우 큰 영향을 미친다. 더욱이 과학과 산업의 발달로 수자원의 활용범위가 더 넓어지고, 그 중요성이 높아지고 있는 현실을 감안한다면 양질의 수자원 확보는 지구의 생명을 유지하는데 있어서 매우 중요한 문제가 될 것이다. 하지만, 현재 전 세계의 물은 부족과 오염이라는 이중고에 시달리고 있는 가운데 그 사용량은 계속해서 증가 추세를 보이고 있어, 현실적으로 사용 가능한 수자원의 확보는 더욱 어려워지고 있는 상황이다. 따라서 생활용수뿐만 아니라 음용수의 개발과 보존은 중요한 관심사가 되고 있다.

현재 사용되고 있는 정수방식은 증발법과 역삼투압 방법 등이 있는데 종래의 방법은 비용이 들고 경제성에 문제가 있어 아직 많이 사용되지 않고 있다.

공급된 물을 열에 의해 가열하여 증류시킴으로서 얻을 수 있는 증류방식을 이용한 대형 정수설비 및 소형 정수기들이 제작되고 시판되고 있지만 모든 방식에서 깨끗한 물을 지속적으로 공급받기 위해서는 맑은 물 생산의 중요성만큼이나 그 소요 에너지의 필요와 초기 설비투자액에 막대한 자금이 들며, 소규모 정수기 등에서는 필터의 교체 등 유지관리에 끊임없는 비용이 요구되고 있는 형편이다.

역삼투압 방식은 원래 물속에 녹아있는 염류까지 제거할 수 있어서 바닷물을 담수화시키기 위한 목적으로 개발되었으나, 이후 화학실험용, 반도체 제조용으로 그 용도를 넓혀왔고, 최종적으로 일반 정수기로도 응용되고 있다. 역삼투막은 약 0.01mm 정도의 미세구멍을 통해서 물 분자만을 통과시키고 용존 염류는 통과하지 못하도록 미세한 구멍을 낸 것인데 일반적으로 역삼투압 방식은 가격이 비싸고, 정수를 위해서 들어간 물의 일부만을 먹을 수 있도록 정수하고 나머지는 그냥 흘러 내버려야 하는 단점이 있다.

숯(활성탄)에 의한 정수방법은 물이 활성탄 컬럼(column)을 통과하면서 활성탄에 있던 무기물을 녹여내서 통과한 물로서 환원력이 있어 물속의 염소를 무해한 염소이온으로 환원시키고,

활성탄 자체에는 많은 구멍들이 있어서 그 표면적이 매우 넓으므로 여기에 유해물질이 흡착되어 물속의 불순물이나 유해물질을 제거해 줄 수 있으나 활성탄은 녹이나 세균 등을 제거하는 능력이 떨어져 세균이 오히려 물속에 잠겨있는 활성탄 주위에 번식할 가능성이 있다.

폴리에틸렌수지로 제조된 중공사막은 열에 약한 단점이 있고, 장기간 사용 시 미세한 구멍에 세균이 번식할 가능성이 큰 점이 단점이다. 따라서 값싸고 쉬운 방법을 이용한 정수를 통한 음용수 개발이 필요한 형편이다.

1.2 연구동향

물을 맑게 정수하거나 생산하는 과정은 여러 기술적 기계적 방법이 동원되므로 고비용과 대형화로 인해, 요구되는 물의 양과 더불어 그 에너지와 비용은 모든 사람들이 쉽게 맑은 물을 접할 수 없게 하였다. 그래서 간단한 설비의 개발이 절실하여졌고, 비용뿐만 아니라 환경오염에 있어서도 열원이나 매연이 없이 증발시키는 자연의 순환 방식인 태양열을 이용한 정수방법의 연구에 이르렀다.

Richard H. Pierce와 L. Kellie Dixon은 태양열 집열기를 3개와 5개를 설치하여 높은 온도를 얻었을 때의 증발효과를 비교 연구 하였고¹⁾, Robert E. Foster, Martin Romero, Sharon Eby-Martin, Gregory R. Vogel, Michael Cormier, William Amos, Vipin Gupta²⁾는 소형 증발장치를 제작하여 태양열로 증류시켜 맑은 물을 생산하는 실험을 통해 1일에 1내지 2gallon을 생산하였으며, 물맛과 경제성을 조사하여 그 실용가능성을 검증하였고, W.R.McCluney는 Campbell, George 등의 연구와 논문들을 모아 물의 태양열 증발에 대한 일반적인 내용을 실용성과 경제성을 망라하여 체계적으로 정리하였다.³⁻¹⁴⁾ Lourdes Garcia-Rodriguez와 Carlos Gomez-Camacho는 바닷물을 증류하는데 태양열을 활용하는 방안을 연구하였으며¹⁵⁾, A.E.Kabeel과 M.A.Rayan은¹⁶⁾ 증발장치의 유리표면의 온도를 낮게 함으로서 응축효과를 증진시킬 수 있다고 하였다.

그러나 그러한 연구의 결과가 각 지역의 일사량 등 기후와 날씨에 따라 다르기 때문에 보편적으로 활용할 수 있는 자료의 기능을 할 수가 없으므로 우리나라의 주요지역에서의 계절적, 특성별 자료가 절실히 필요하다.

1.3 연구 목적 및 방법

인류가 필요한 에너지를 화석연료의 연소에 의존한 결과 한정된 지구의 자원에 위기감을 주게 되었으며, 기계문명의 발달에 따른 폐수 등으로 인한 환경의 급격한 오염은 인간을 비롯한 생물의 생명 및 생태계의 평형을 깨뜨리는 위험상황에 이르게 하였다.

오염의 근원은 물론 고갈되어가는 에너지의 위기를 예측하고 그로부터 벗어나기 위한 연구와 노력이 끊임없이 진행되고 있으며, 에너지의 확보를 위해서라면 인류는 전쟁도 불사하지 않고 있다.

태양열의 입사각을 15°, 30°, 45°, 60°로 각각 제작하여 동일지역에 정남향으로 설치하고 내부에는 일정량의 지정성분의 물을 공급하여 태양열에 의해 내부의 온도가 변화되는 양상과 증류형태를 관찰함으로써 각 구조별 차이와 특징을 파악하고자 하였다.

실험기간 동안의 날씨와 주변 조건에 따라 각 구조별로 보여 주는 특성을 장치의 내부공기 온도와 물의 온도 그리고 유리표면 온도나 외기온도 등의 변화가 서로에게 미치는 영향 및 관계를 비교하고 분석하여 표현할 수 있도록 하였다.

여러 상황의 변화를 파악함은 물론 태양열과 주변 조건에 의해 발생하는 증발 현상 및 응축수 생산 등의 결과를 측정하여 각 조건에 따른 효율 정도를 결정할 수 있는 자료로 제공하고자 한다. 본 연구에서는 태양열을 이용하여 증발시킴으로서 이에 대한 정수방법을 연구하여 음용수 개발의 기초 자료로 삼고자 한다.

태양열을 효과적으로 활용하기 위한 방법을 얻고자 입사각이 다르게 구조를 형성하고 각 구조가 갖는 증발효율의 특성을 찾아내고자 한다.

일부 선진국에서는 투자예산에도 불구하고 자국의 실정에 맞는 대체에너지를 활용한 정수설비를 구축하여 연구를 하기도 하지만 우리나라에서는 그와 같은 태양에너지 등 대체에너지의 정수기술 연구가 진행된 자료를 아직 발견하지 못하였다.

본 연구는 우리나라의 남부지역(광주지역)에서의 날씨와 온도변화를 관찰하고 그에 따른 증발량과의 관계를 분석하여 비경제적인 전기에너지나 공기오염의 원인인 화석연료의 연소가 없는 태양열을 에너지원으로 한 맑은 물의 생산 방법 및 생산 가능한 양을 실험적으로 제시하고자 한다. 따라서 본 논문은 장마기간 동안 이 지역의 날씨와 온도변화에 따른 태양열에 의한 증발

및 응축효과에 대한 자료와 무공해이면서 비용이 들지 않는 태양에너지를 이용한 물의 증발효과에 대한 자료를 제시하고 한다.

본 연구는 우리나라의 남부지역(광주지역)에서의 날씨와 온도변화를 관찰하고 그에 따른 증발량과의 관계를 분석하여 비경제적인 전기에너지나 공기오염의 원인인 화석연료의 연소가 없는 태양열을 에너지원으로 한 맑은 물의 생산 방법 및 생산 가능한 양을 실험적으로 제시하고 한다. 따라서 본 논문은 1년 동안의 이 지역의 날씨와 온도변화에 따른 태양열에 의한 증발 및 응축효과에 대한 자료와 무공해이면서 비용이 들지 않는 태양에너지를 이용한 물의 증발효과에 대한 자료 및 생활용수로서 사용가능한 자료를 제시하고 한다.

제 2 장 실험장치 및 실험방법

2.1 실험장치

실험장치는 Fig.2와 같이 저수부, 증발부, 측정부로 구성되어 저수부는 육면체의 하부로 시수를 사용하였으며 증발부는 저수부 상부로 강화유리를 사용하여 증발 후 응축수가 유리의 하부를 흘러 내려 고일 수 있도록 전면에 경사진 홈을 만들었고, 옆면에는 구멍을 뚫고 호스를 달아 응축된 물의 양을 측정할 수 있도록 하였다.

온도는 T Type 두께 0.27mm의 thermocouple을 사용하였으며, 상부와 유리 표면과 수온을 측정할 수 있도록 측정개소는 유리표면, 저수부 밑바닥, 수면, 수면위 5cm, 그 위로 30cm 간격으로 벽면 쪽에 각각 설치하고 외부온도를 측정할 수 있도록 실험조 바깥 한곳에 설치를 하여 총 26개소에 설치를 하여 온도를 측정하였으며, Photo. 2와 Photo. 3과 같이 YOKOGAWA사가 제작한 Data Acquisition unit(DA100)과 Computer를 사용하여 측정하였고 일사량은 일사량계를 설치하여 측정하였다. 단열을 유지하도록 50mm의 단열재를 사용하였고 그 외부를 두께 2.5mm의 합판으로 씌운 후 FRP(Fiberglass Reinforced Plastics)를 사용하여 내부를 씌워 경사각에 따른 응축수량을 측정하고 분석하기 위하여 경사각을 각각 15°, 30°, 45°, 60°로 하여 4개를 제작하였다.



Photo. 1 Experimental Apparatu

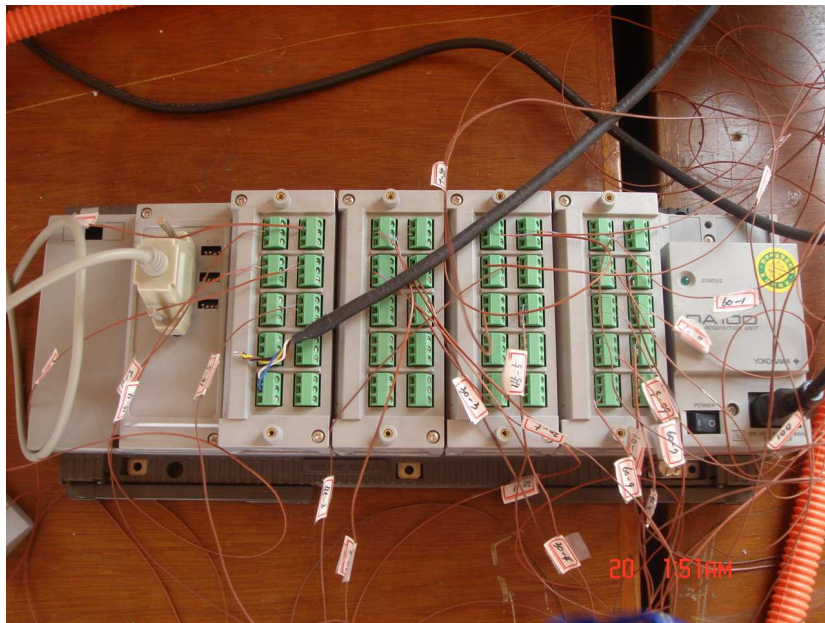
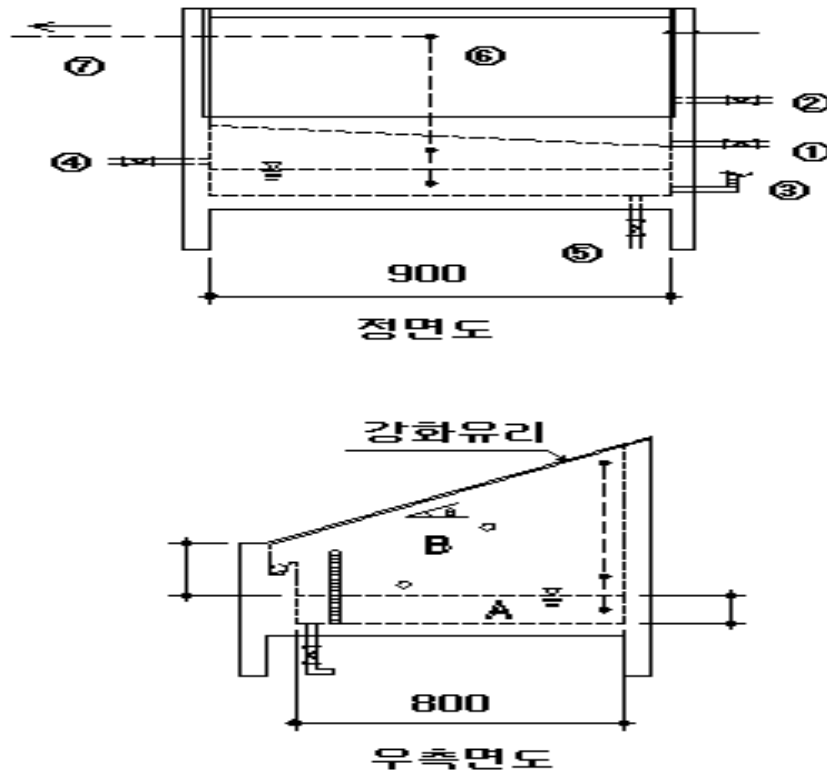


Photo. 2 Data Acquisition Unit



Photo. 3 Collection of Condensed Water



No	Part's name	Remark
1	Over flow pipe	1/2 ' '
2	Water supply pipe	1 ' '
3	Water gauge	150mm(hight)
4	Condensation water pipe	ml
5	Drain pipe	1/2 ' '
6	Thermocouple	$\phi 0.27\text{mm}$
7	Personal computer	

Fig. 1 Experimental Apparatus

2.2 실험순서 및 방법

실험 시 구조에 따른 시간과 날씨에 따른 영향을 최소화하기 위하여 저녁에 시수를 넣은 후 자정부터 실험을 시작하여 각 곳의 온도, 일사량과 응축수량을 측정하고 분석하였다.

온도는 소수점 1자리까지의 온도를 측정하였으며 실시간으로 온도변화를 모니터로 확인하고, 2분 간격으로 컴퓨터에 자료를 저장하여 그 결과를 분석하였다. 2분 간격으로 입력된 데이터를 시간별로 합산 평균하여 표 및 그림으로 표현함으로써 비교 분석할 수 있도록 하였다. 내부에서 발생할 수 있는 압력을 측정하기 위해 저압측정용 Manometer를 장치의 상부에 부착하였으나 그 압력차가 극히 적어 측정하지 않았다.

시수를 4개의 장치에 같은 시간엔 720리터를 동일하게 채워 실험하였고 실험장치로부터 발생된 응축수는 각각 호스를 따라 내려와 증발을 막기 위해 뚜껑을 밀봉한 Photo. 3의 1000ml 메스실린더에 받아 매 시간마다 100ml용 메스실린더에 의해 시간당 발생하는 응축수량을 1ml 범위까지 측정 한 후, 10000ml의 물통에 각기 보관하였다가 일일 발생 총량을 측정하였다

제 3 장 실험결과 및 고찰

우리나라는 중위도의 온대에 위치하여 지역적인 다양성과 함께 계절적 변화에도 다채로운 추이를 볼 수 있다. 기온의 측면에서 대륙성기후이며 강수나 바람에서는 몬순(계절풍)기후로 규정할 수 있다.

봄의 날씨는 시베리아 기단이 점차 약해지면서 나온 이동성 고기압과 그 뒤를 이은 이동성 저기압이 2~3일 간격으로 동진해 오면서 변덕스러운 날씨가 나타나는 데 이동성 고기압이 지날 때는 화창한 봄 날씨를 보이고 이동성 저기압이 지날 때에는 궂은 날씨가 나타난다. 시베리아 고기압이 일시적으로 강화되기도 하여 꽃샘추위가 나타나기도 하며 이동성 고기압이 장시간 정체하거나 연이어 통과하여 봄 가뭄이 일어나며, 중국의 화북이나 몽고 지방에서 상층기류를 타고 황사가 날아오기도 한다. 여름은 태평양으로부터 무덥고 습기가 많은 남동풍과 남서풍의 영향으로 전국적으로 기온이 높아진다. 장마가 시작하는 6월부터 8월까지의 우기엔 평균 연간 강우량 중 60%이상이 집중적으로 내린다. 가을에는 북태평양 기단이 약화되어 장마전선의 남하로 초가을 장마가 나타나며 장마 전선이 완전히 제주도 남부로 내려가면 대륙 내부에는 고기압이 형성되어 이 고기압에서 나온 이동성 고기압의 통과로 청명한 날씨가 나타난다. 저기압의 통과로 늦가을 비가 내리면 기온이 점차 낮아지고 대륙의 고기압은 점차 확장되어 겨울로 들어서게 된다. 겨울에는 시베리아로부터 차갑고 건조한 북서풍이 불어오기 때문에 남북의 기온차가 매우 크고 삼한사온 현상이 나타난다.

본 실험은 2007년 5월부터 2008년 4월까지 실험한 데이터를 바탕으로 연구 분석하였다.

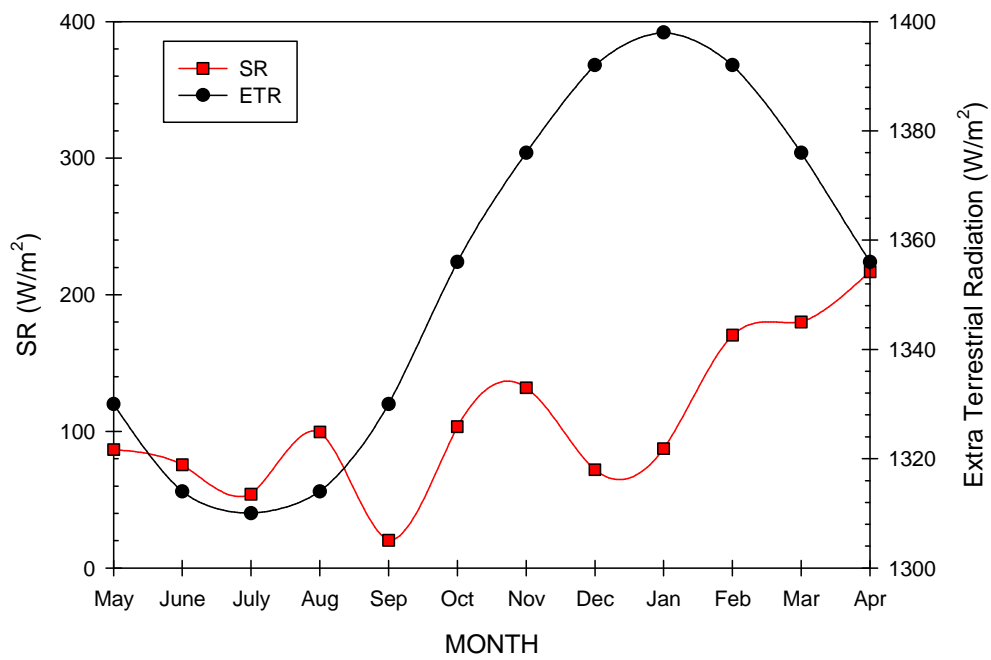


Fig. 2 The Solar Radiation and the Extra Terrestrial Radiation

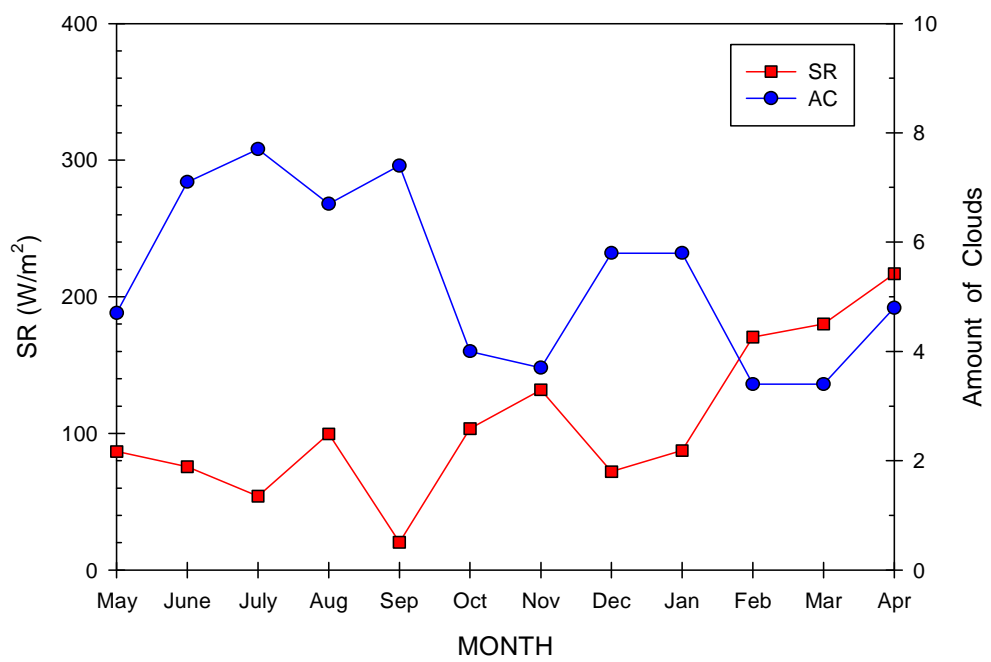


Fig. 3 The Solar Radiation a Monthly Average and the Amount of Clouds

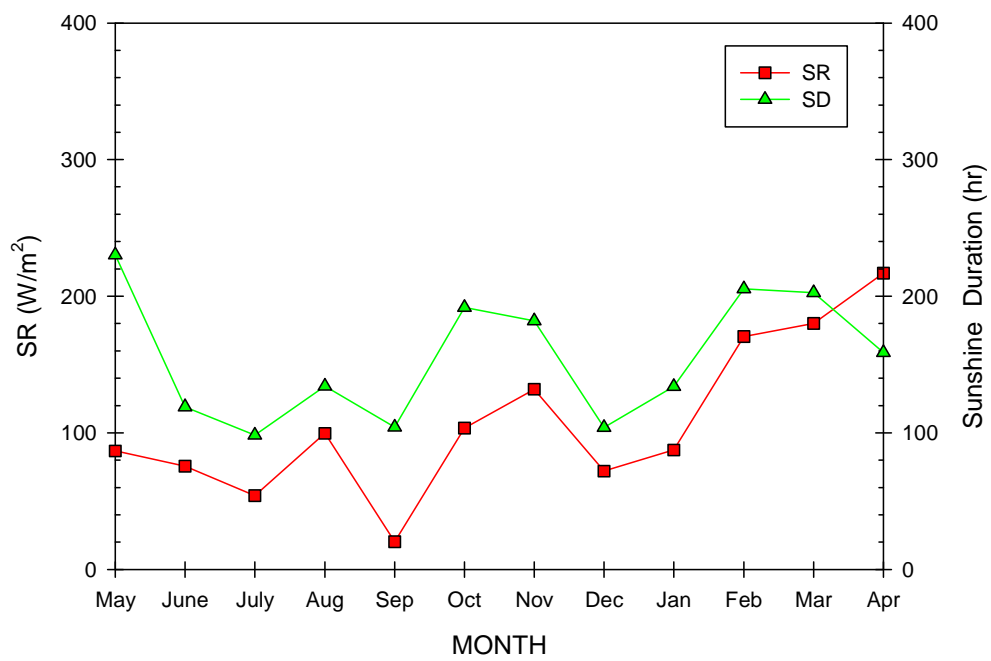


Fig. 4 The Solar Radiation of a monthly average

Fig 2는 일조량과 지구 밖의 일사량을 나타내는데 일조량은 지구 밖의 일사량과는 연관성이 작은 것을 나타내고 있다

Fig. 3은 광주 지방 기상청에서 측정한 구름의 양과 실험한 곳에서 측정한 일조량과의 관계를 나타내는데 운량과 일조량과는 반비례의 관계를 나타냄을 볼 수 있다.

Fig. 4는 광주 지방 기상청에서 측정한 일조시간(합계)과 실험장소에서 측정한 일조량과의 관계를 나타내는 그래프인데 서로 비슷한 관계를 나타냄을 알 수 있다. 일조량 측정이 조금 낮은 것은 장소의 차이와 복사열등의 값이 고려되지 않았기 때문이다.

3.1 계절적 특성에 따른 응축수량

3.1.1 Spring

Fig. 5는 봄철 3월 맑은 날씨의 일조량과 외기온도와의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 일조량은 오전 5시부터 측정되어 급격히 증가하다 오후 1시경 최대치를 나타낸 후 급격히 감소하였고 오후 7시경부터는 거의 측정되지 않았다. 외기온도는 해가 뜨기 전까지 서서히 감소하다 일조량이 증가하는 시간대부터 증가하다 최대 일조량이 측정된 2시간 후에 최고온도를 나타내며 감소하였는데 이는 대기의 유동현상과 복사열에 의한 영향 때문이라 추정되며, 약 20°C가량의 큰 일교차를 보였다.

Fig. 6은 봄철 3월 황사가 있는 맑은 날 시간에 따른 일조량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 일조량은 오전 7시경부터 증가하기 시작하여 1시경에 $600 W/m^2$ 으로 최대가 되었으며 급격히 감소하기 시작하여 오후 6시경에 일조량은 거의 측정되지 않았다. 외기온도는 서서히 증가하기 시작하여 오후 2시경에 최고온도가 되었으며 서서히 감소하였으며 차츰 증가하는 현상을 나타내었다. 일조량의 최대치가 지난 약 2시간 후에 외기온도가 최대치를 나타내는 것은 대기에 의한 대류와 복사열에 의한 영향 때문으로 추정된다.

황사가 있는 날에는 황사가 태양의 빛과 열량은 흡수하여 다른 맑은 날보다 낮은 양이 측정되었으며 일교차도 크지 않았다.

Fig. 7은 봄철 3월 황사가 있는 맑은 날 시간에 따른 일조량과 응축수량의 관계를 나타낸 그래프이다. 일조량이 증가하는 시간대에는 응축수량이 서서히 줄어들어 일조량이 최대치를 나타내는 시간대에는 응축수량이 거의 생산되지 않았다. 일조량이 감소하기 시작하는 시간대에 응축수량이 서서히 생성되다가 일조량이 거의 측정되지 않는 오후 6~7시 사이에 생성된 응축수량은 최대가 되었다.

Fig. 8은 봄철 황사가 낀 맑은 날씨의 시간에 따른 응축수량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프 이다. 외기온도가 서서히 증가하다가 일조량이 최대인 1~2시간 후에 최고온도를 나타내었고 외기온도가 증가하는 시간엔 응축수량은 서서히 감소하다 거의 생산되지 않았다. 외기온도가 줄어들기 시작하는 시간부터 응축수는 서서히 생산되었다.

Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12는 봄철 황사가 낀 맑은 날씨의 경사각이 60°에서 높이에 따른 내부온도와 응축수량을 시간별로 나타낸 그래프이다. 해가 뜨기 전까지 내부온도와 생성된 응축수량은 서서히 줄어들었고 일조량과 외기온도의 상승이 시작되면서 내부온도도 상승하기 시작하였지만 생성된 응축수는 점차 줄어들어 내부온도가 최고온도가 된 후 3~4시간 까지 응축수 생산량이 거의 없다가 생산량이 점차 상승하였다.

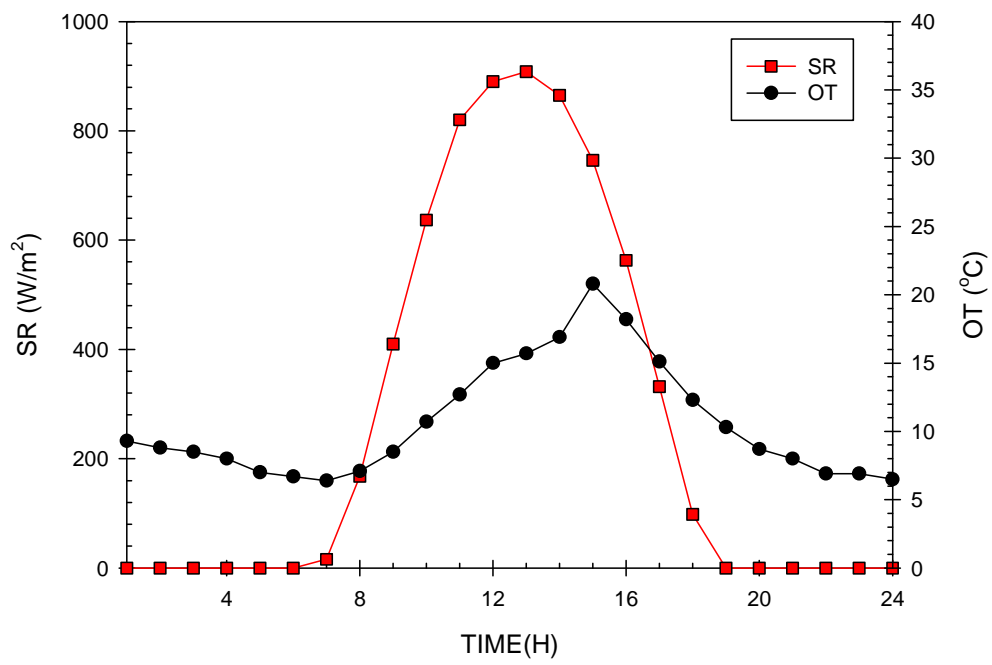


Fig. 5 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day
(2008.03.14)

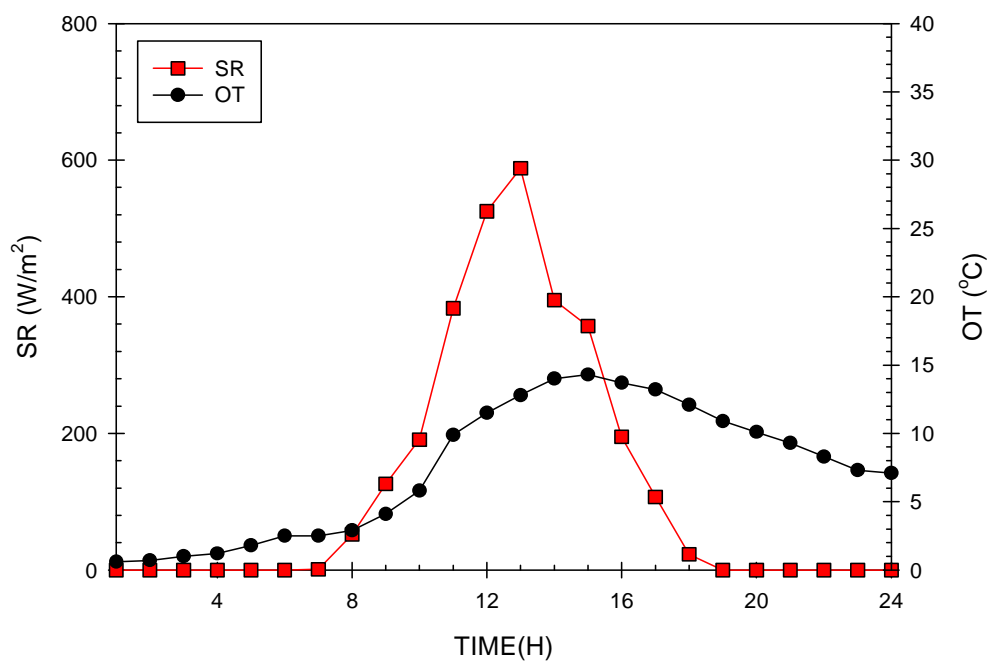


Fig. 6 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Yellow Dust Day (2008.03.02)

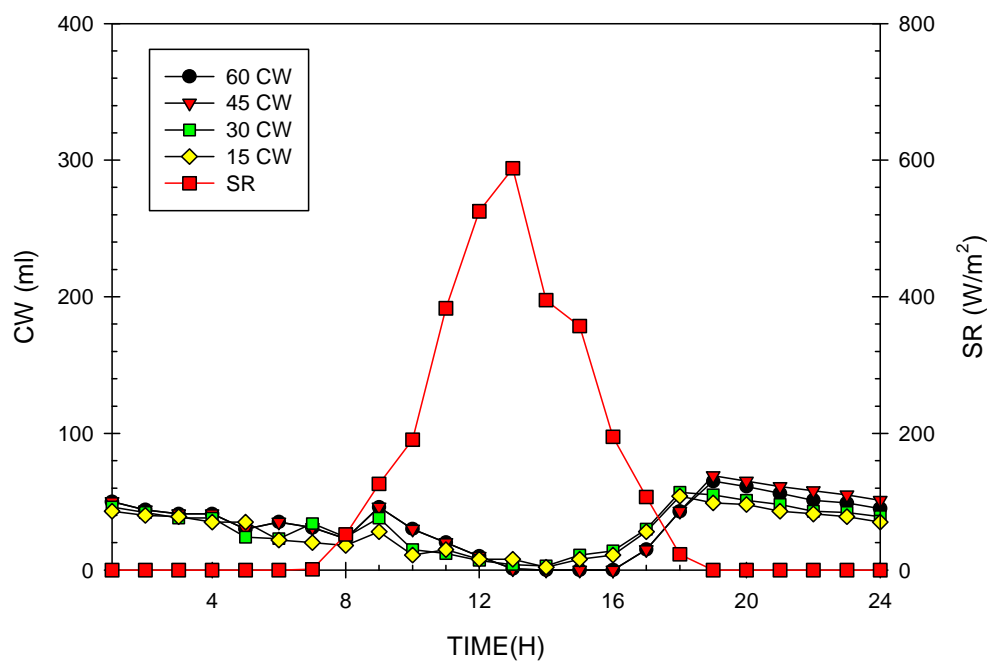


Fig. 7 The Condensed Water and the Solar Radiation on Yellow Dust Day (2008.03.02)

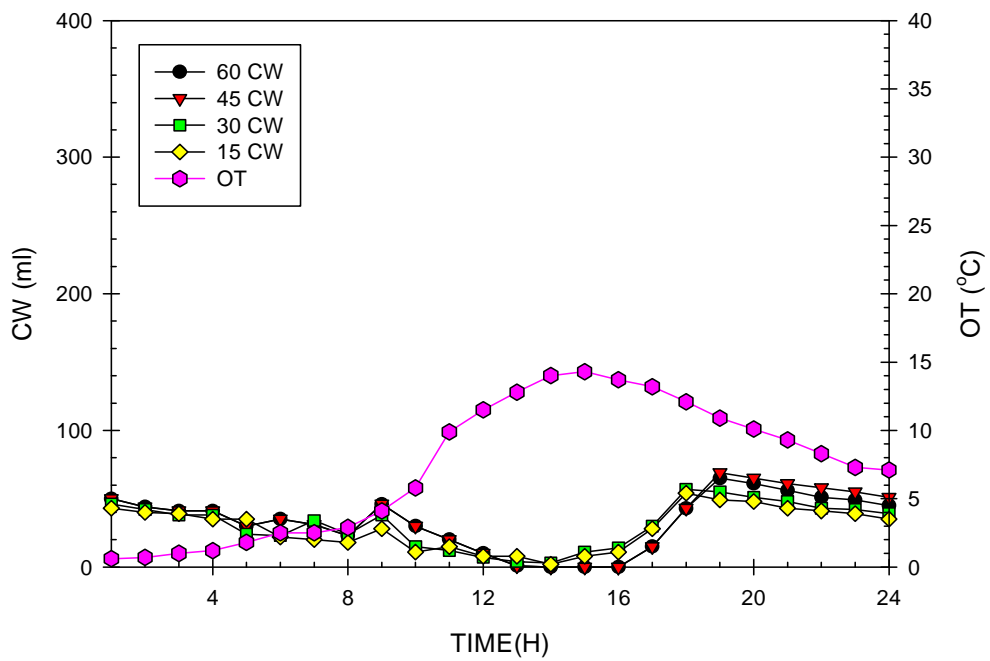


Fig. 8 The Condensed Water and the Outside Temperature on Yellow Dust Day (2008.03.02)

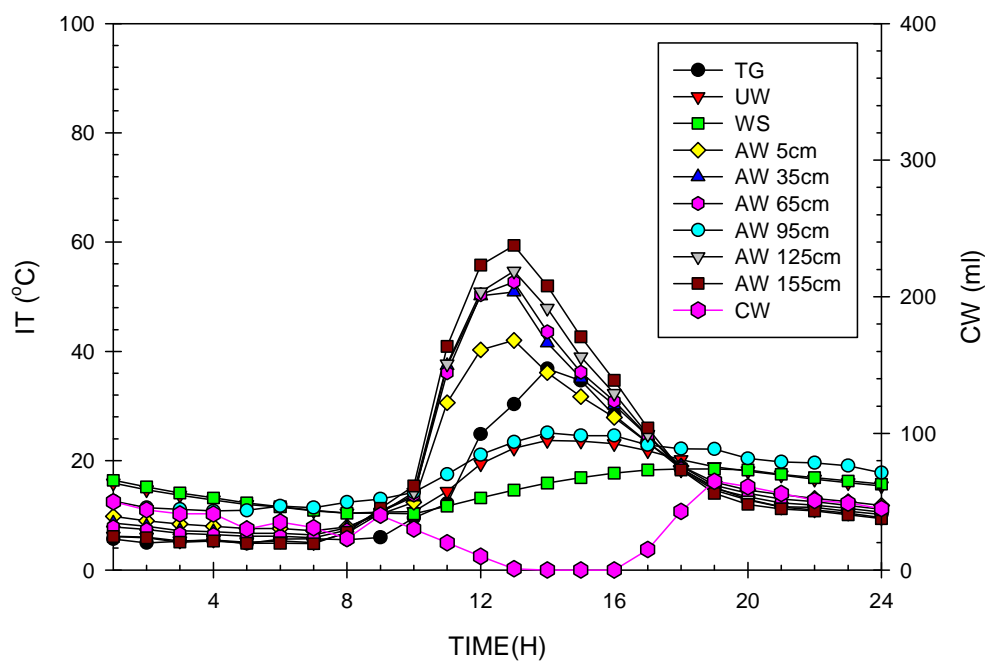


Fig. 9 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Yellow Dust Day (2008.03.02)

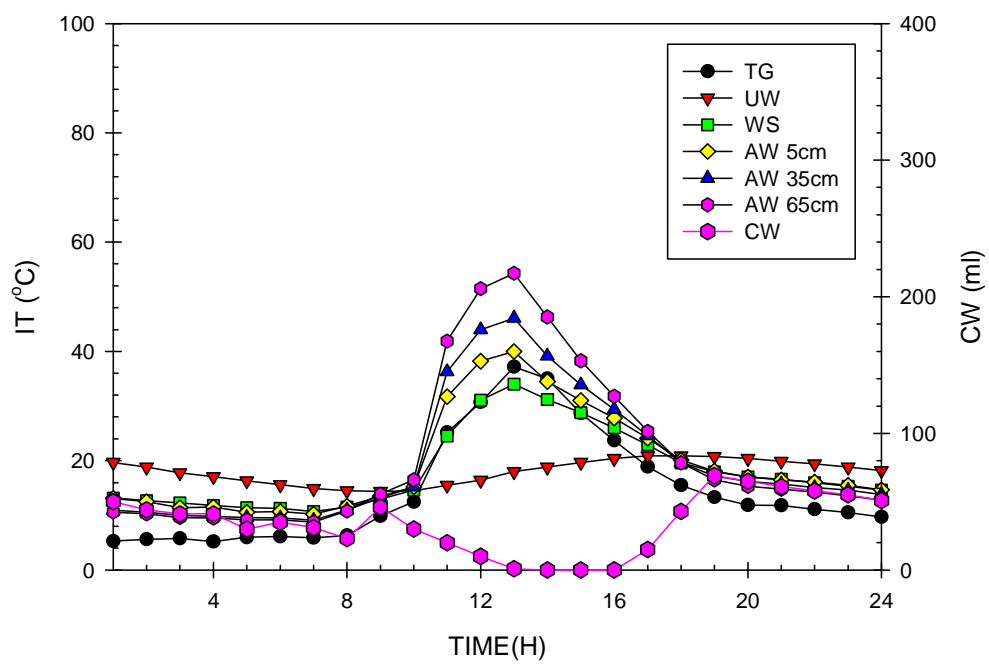


Fig. 10 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Yellow Dust Day (2008.03.02)

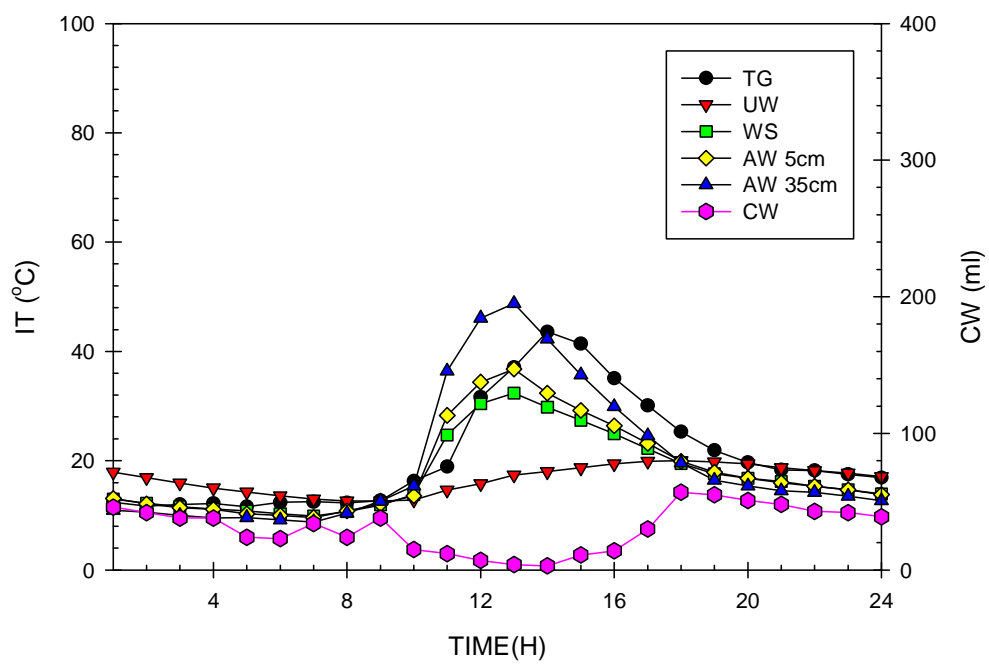


Fig. 11 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Yellow Dust Day (2008.03.02)

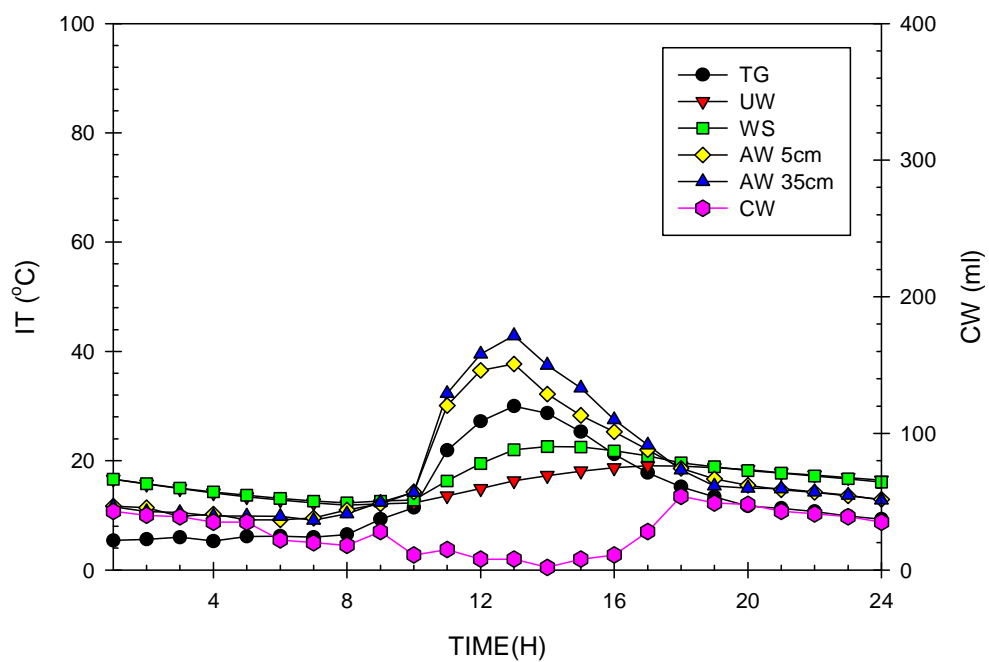


Fig. 12 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15°
on Yellow Dust Day (2008.03.02)

봄은 안개가 끼고 안개가 걷힌 뒤에는 맑은 날씨가 된다. Fig. 13은 봄철 5월 맑은 날씨의 시간별 일조량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 일조량은 5시 정도부터 상승되기 시작하여 처음에는 상승률이 낮았으나 차츰 높아져 12시경에 최대가 되었으며 그 후에 차츰 감소되어 오후 8시부터 일조량이 측정되지 않았다.

외기온도는 해 뜨기 직전까지 감소되어 최소가 되었으며 해가 뜬 후 차츰 증가되어 일조량이 최대점을 지난 2시간 후인 오후 2시경에 최대가 되었으며, 이는 대기의 유동에 의한 영향과 복사열전달에 의한 현상 때문이라고 추정된다. 그 후 외기온도는 감소되었으며 감소율은 감소하였다.

Fig. 14는 봄철 5월 맑은 날씨의 시간별 생성된 응축수량과 일조량의 관계를 경사각에 따라 나타낸 그래프이다. 일조량이 증가하며 응축수량은 급격히 감소하기 시작하였으며 12시경에는 응축수가 거의 발생하지 않았다. 일조량이 감소하며 응축수량은 증가하기 시작하였으며 오후 8시에 최대가 되었고, 그 후 응축수량은 서서히 감소하였다.

Fig. 15는 봄철 5월 맑은 날씨의 시간별 생성된 응축수량과 외기온도의 관계를 경사각에 따라 나타낸 그래프이다. 외기온도가 최고 온도에 도달하기 전에 응축수는 증가되기 시작하였으며 응축수는 15°와 30°에서 거의 같은 양을 생산하였으나 45°와 60°의 경우 응축수의 생산이 적었다. 응축수의 발생은 외기온도보다는 일조량과 상관관계가 있음을 보여주고 있는데 이는 복사에 의한 영향 때문으로 추정되고 응축수는 일조량이 감소하면서부터 생산되기 시작하였다.

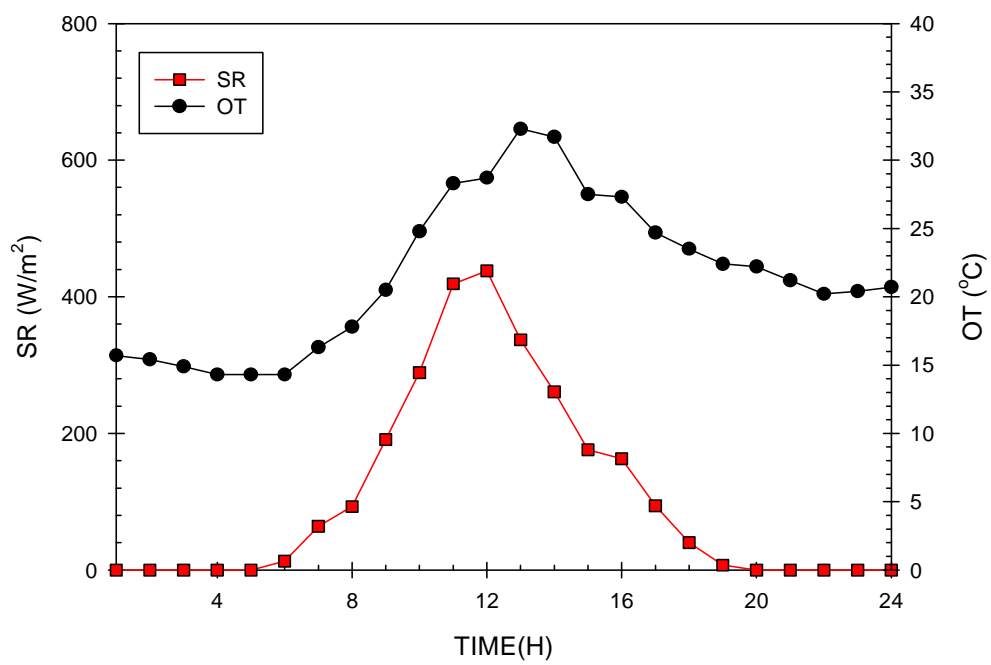


Fig. 13 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day
(2007.05.05)

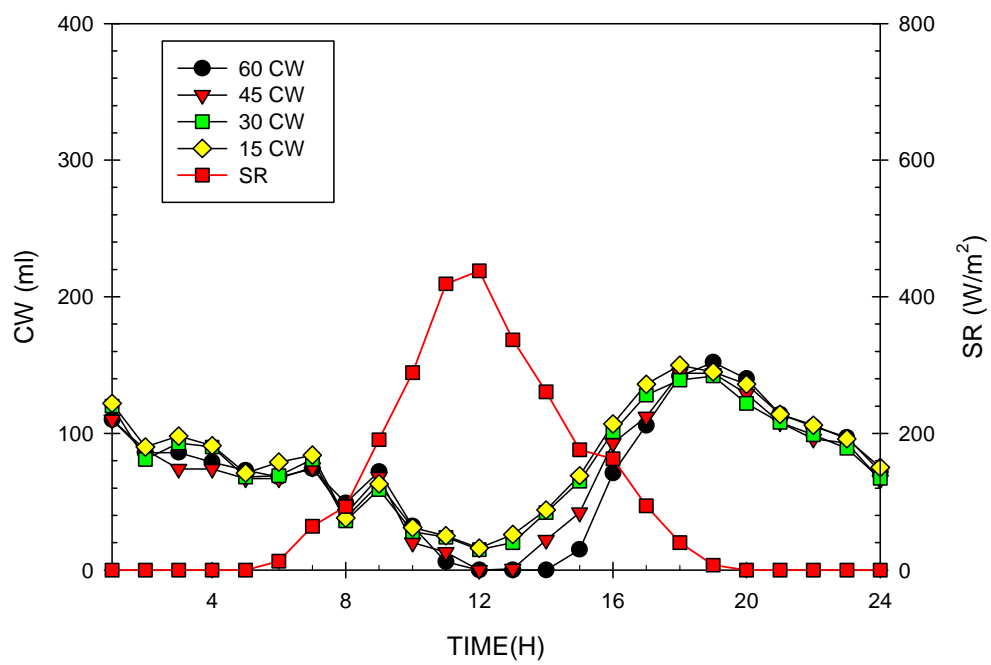


Fig. 14 The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day
(2007.05.05)

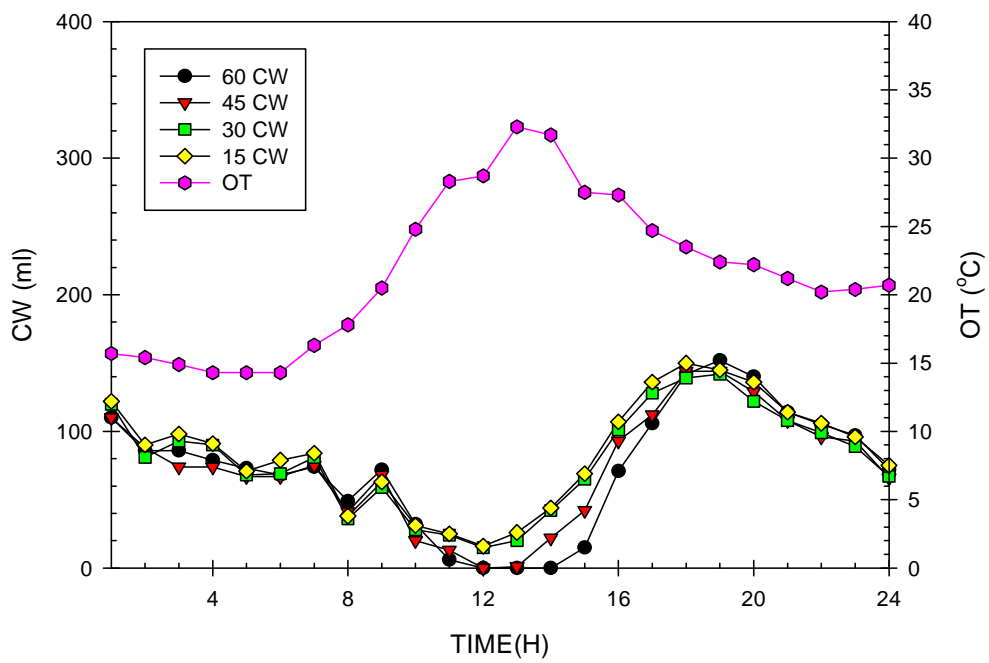


Fig. 15 The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.05.05)

Fig. 16은 봄철 맑은 날씨에 경사각이 60°에서 생산된 응축수량과 내부의 높이에 따른 온도를 시간별로 나타낸 그래프이다. 시간이 경과함에 따라 내부 상부의 온도는 오전 8시부터 급격히 상승하면서 응축수는 급격히 감소하였고 거의 생산되지 않았다. 오후 2시경부터 최대가 된 후 하강하기 시작하여 오후 6시경에 상부와 하부의 온도차는 거의 나타나지 않았으며 약 30분 후 응축수량은 최대가 되었다.

Fig. 17은 봄철 5월 맑은 날씨에 경사각이 45°의 응축수량과 내부의 높이에 따른 온도를 시간별로 나타낸 그래프이다. 해가 뜨기 전에 상부와 하부의 온도차는 60°에 비해 적었으나, 일조량의 증가로 높이에 따른 내부 온도의 증가율과 일조량의 감소로 높이에 따른 내부 온도의 감소율은 60°와 비슷한 패턴을 보였다.

Fig. 18은 봄철 5월 맑은 날씨에 경사각이 30°의 응축수량과 내부의 높이에 따른 온도를 시간별로 나타낸 그래프이다. 해가 뜨기 전의 내부 온도는 60°와 45°에 비하여 높은 온도를 유지하였고, 해가 뜨는 시간부터는 60°와 45°와 비슷한 패턴으로 온도가 증가하였고 일조량의 감소로 인한 내부온도 감소는 60°와 45°에 보다 완만한 곡선 형태로 감소함을 보여준다.

Fig. 19는 봄철 5월 맑은 날씨에 경사각이 15°의 응축수량과 내부의 높이에 따른 온도를 시간별로 나타낸 그래프이다. 일조량이 최대가 되었을 때를 비교해보면 30°와 15°의 내부온도는 60°와 45°에 비해 낮은 것을 알 수 있고, 일조량이 감소하는 시간에 60°는 내부의 급격한 온도 감소를 보이지만 15°는 서서히 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 60°의 경우 체적이 커서 대류현상이 활발히 일어나 열전달이 빠르지만 15°의 경우엔 체적이 작아 대류현상이 거의 일어나지 않았기 때문으로 사료된다. 15°와 30°, 45°, 60°의 경우 상부의 온도는 경사각이 클수록 커지며 경사각이 작아질수록 상부의 거리도 짧아지며 온도차도 크지 않았는데 이는 일정시간 일조량에 따른 흡수율은 같기 때문으로 추정된다.

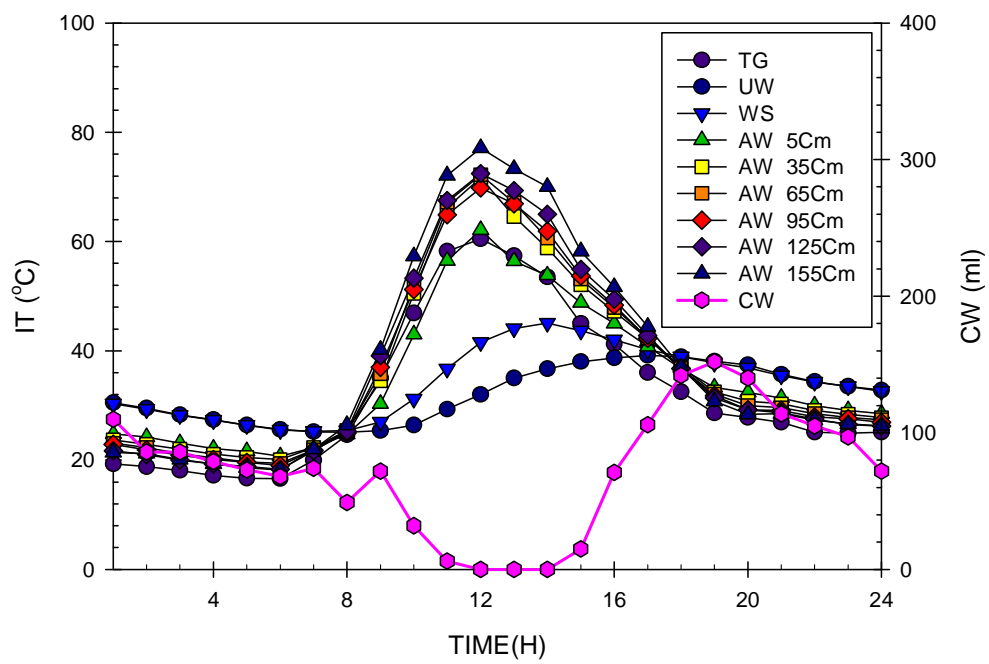


Fig. 16 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.05.05)

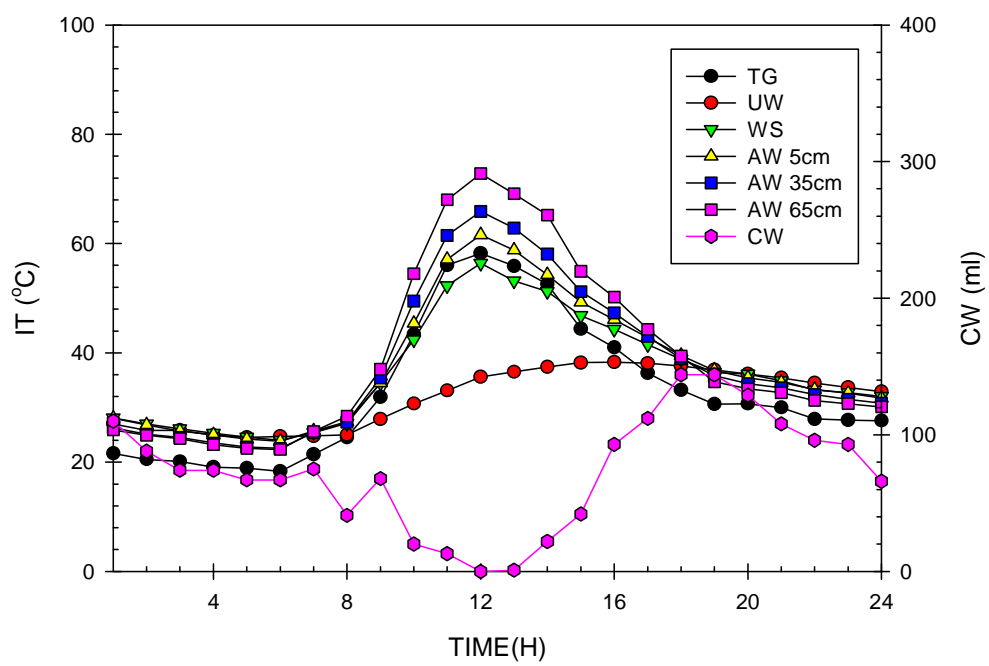


Fig. 17 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.05.05)

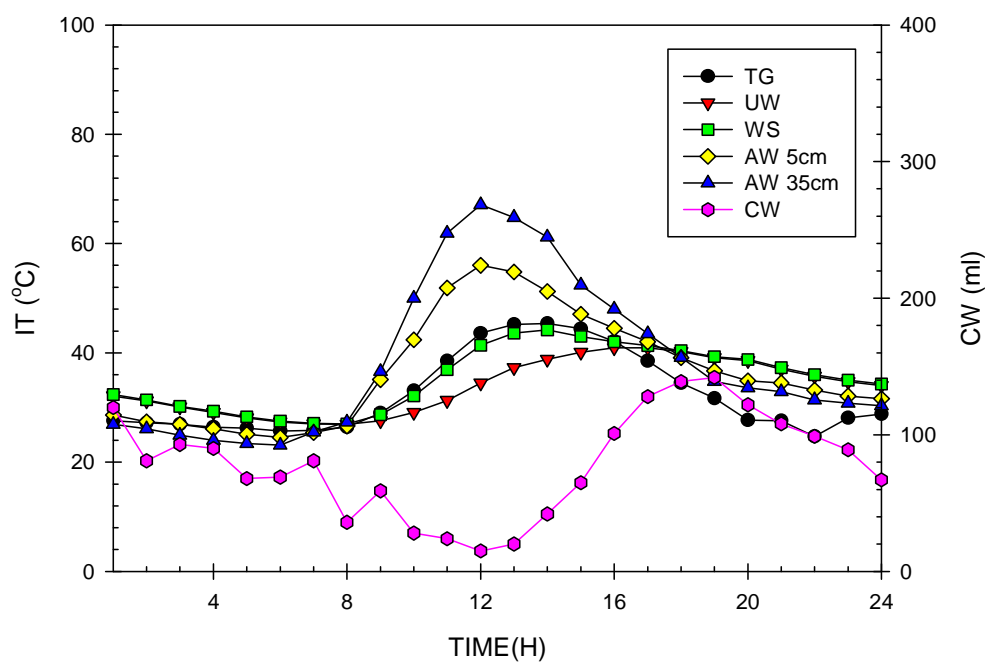


Fig. 18 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.05.05)

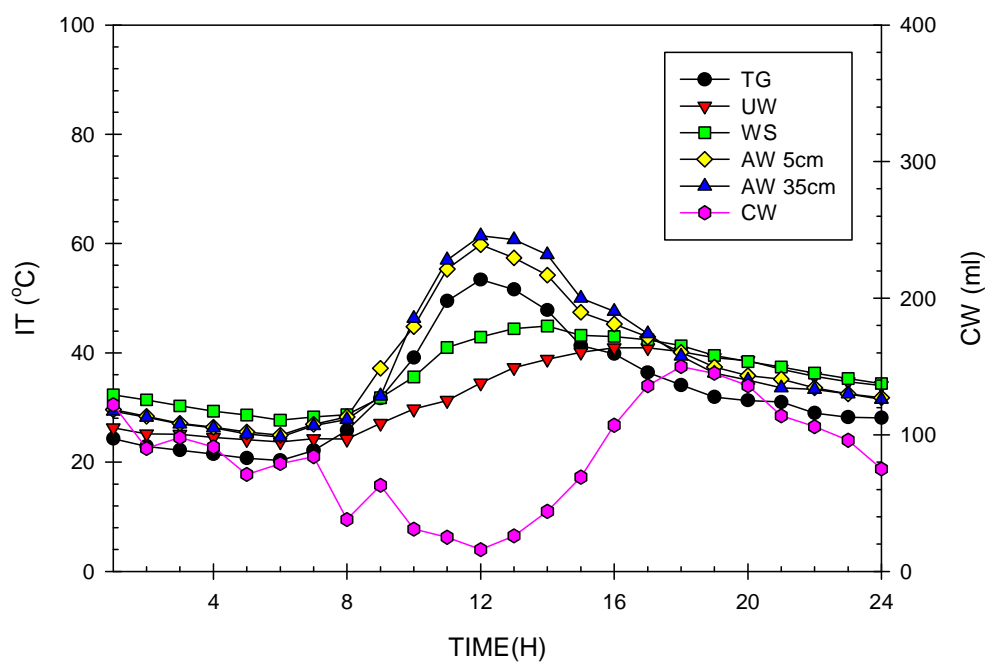


Fig. 19 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.05.05)

4.1.2 Summer

Fig. 20은 여름철 6월 맑은 날씨의 일조량과 외기온도를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 봄철보다 일조량은 낮지만 외기온도는 높는데 이는 지구가 23.5도 기울어져 태양주위를 타원형의 궤도를 공전하기 때문에 계절에 따라 태양빛을 받는 각도가 다르기 때문이다. 일조량은 여름에 지구가 태양으로부터 가장 멀리 떨어졌을 때여서 일조량이 겨울보다 적게 측정되고 외기온도는 지구가 23.5로 기울어져 북반구가 태양빛을 거의 수직으로 받기 때문에 온도가 높게 측정되었다.

Fig. 21은 여름철 6월 맑은 날씨의 경사각별 생성된 응축수량과 일조량을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 일조량은 오전 5시부터 조금씩 측정되기 시작하여 서서히 증가하며 오후 2시경까지 최대치를 나타내다 서서히 감소하여 오후 8시경엔 거의 측정되지 않았다. 응축수량은 일조량이 증가하는 동안엔 서서히 줄어들며 일조량이 최대치를 나타내는 시간대엔 응축수 생산량이 적었으며 일조량이 감소할 때 응축수의 생산량은 증가를 하여 오후 7시경에 가장 많은 응축수를 생산하였다.

Fig. 22는 여름철 6월 맑은 날씨의 경사각별 생성된 응축수량과 외기온도를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 외기온도는 해가 뜬 시간부터 서서히 증가를 하여 오후 2시경 최고온도를 나타내었다가 서서히 감소하였다. 응축수는 외기온도가 최고온도를 지나 감소를 할 때 응축수량도 서서히 증가를 하였고 온도의 감소율이 큰 오후 6시 이후에 가장 많은 응축수를 생산하였다.

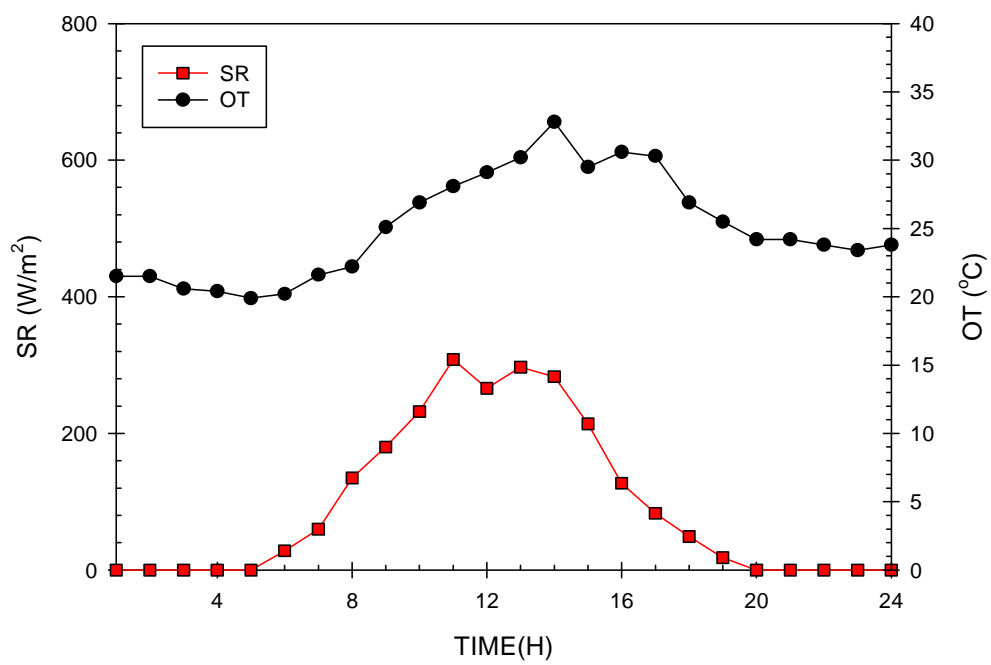


Fig. 20 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day
(2007.06.12)

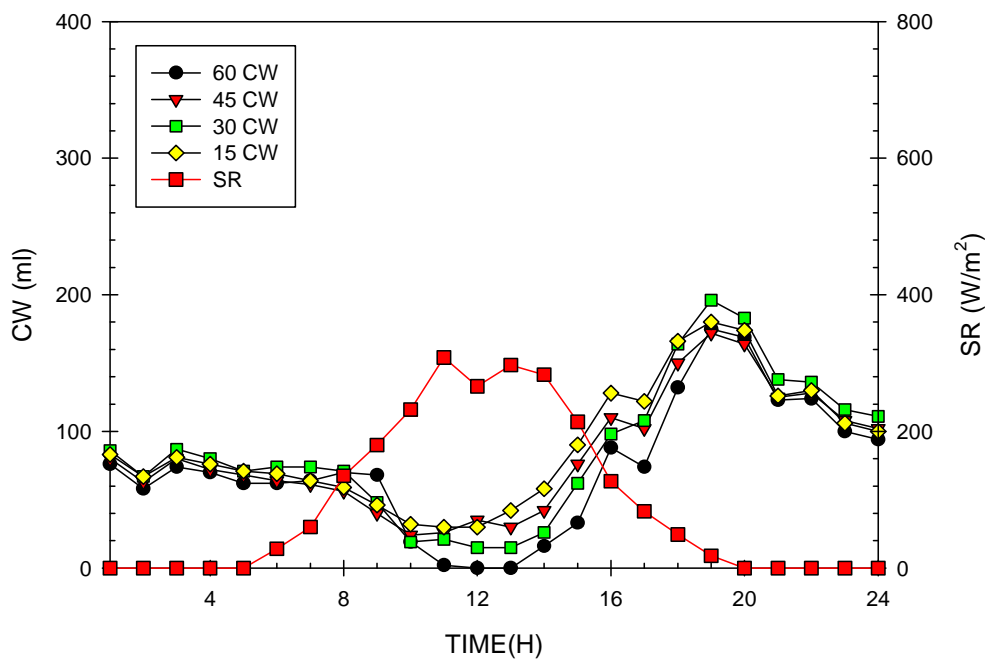


Fig. 21 The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day
(2007.06.12)

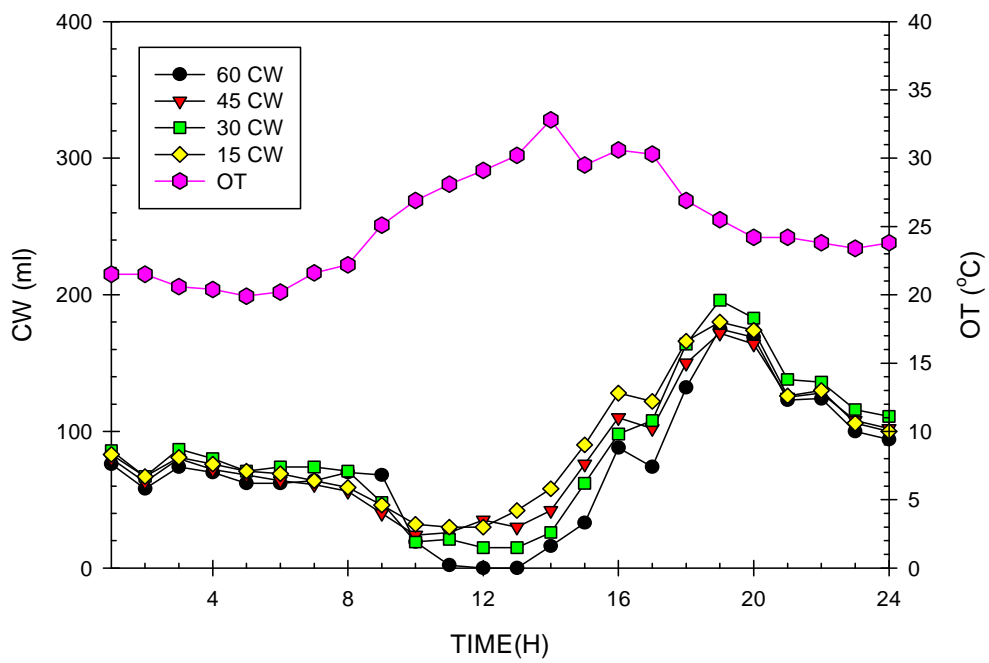


Fig. 22 The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.06.12)

Fig. 23, Fig. 24, Fig. 25, Fig. 26은 장마철 맑은 날씨의 경사각도별 높이에 따른 내부온도와 생성된 응축수량을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 전체적으로 물의 온도가 다른 내부온도보다 낮아지기 시작한 시간대엔 응축수 생산량이 감소하였고, 물의 온도가 다른 내부온도보다 높아질 시간대에 응축수 생산량이 많아졌다. 다른 일조량이 많은 맑은 날씨에서는 경사각이 60°인 경우 내부 상부의 온도가 경사각이 15°인 경우와 약 20℃정도 차이가 나지만, 각각의 경사각 내부온도가 거의 비슷한 온도를 나타내는 것을 알 수 있는데 이는 일조량이 다른 날보다 적기 때문이라 추정된다.

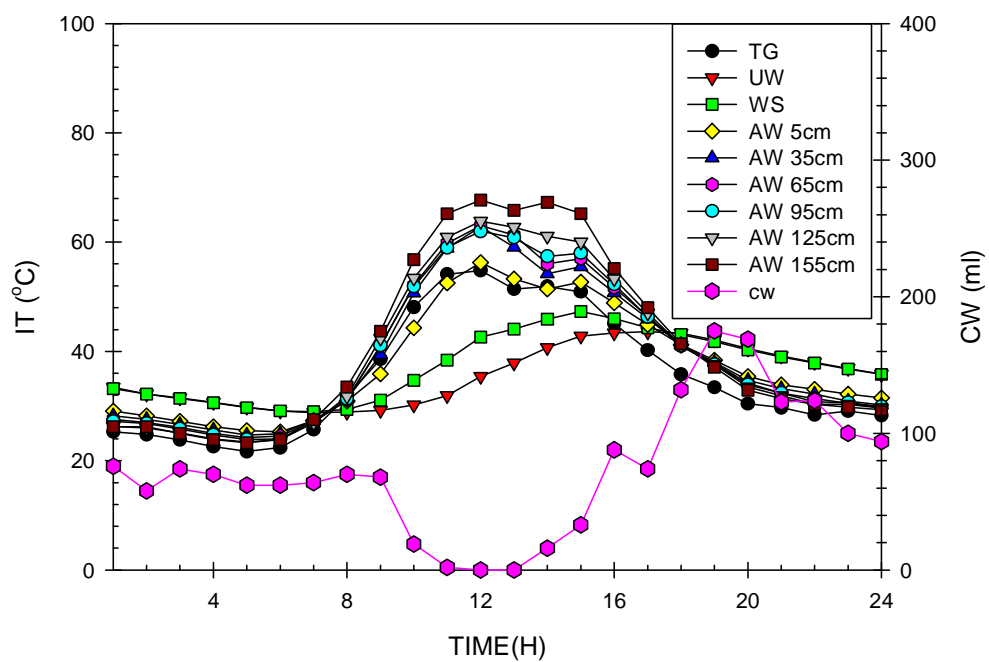


Fig. 23 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.06.12)

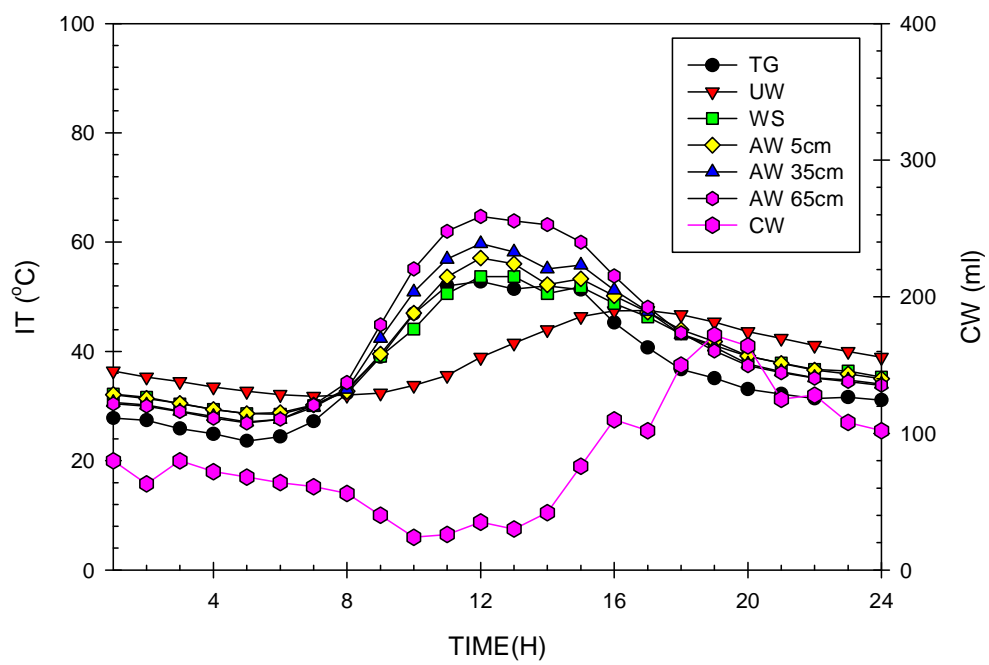


Fig. 24 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.06.12)

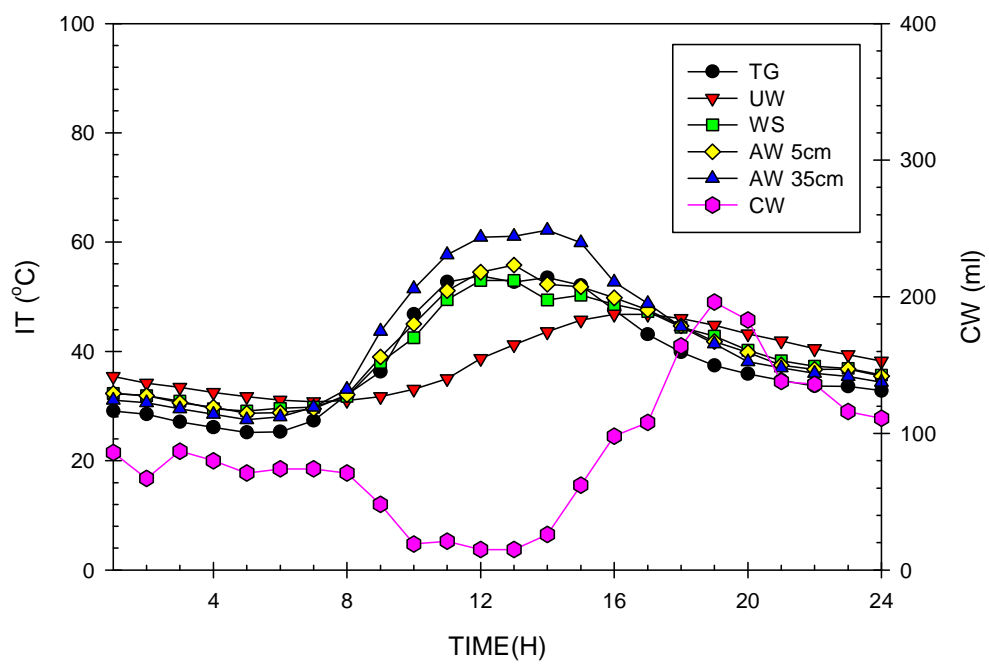


Fig. 25 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.06.12)

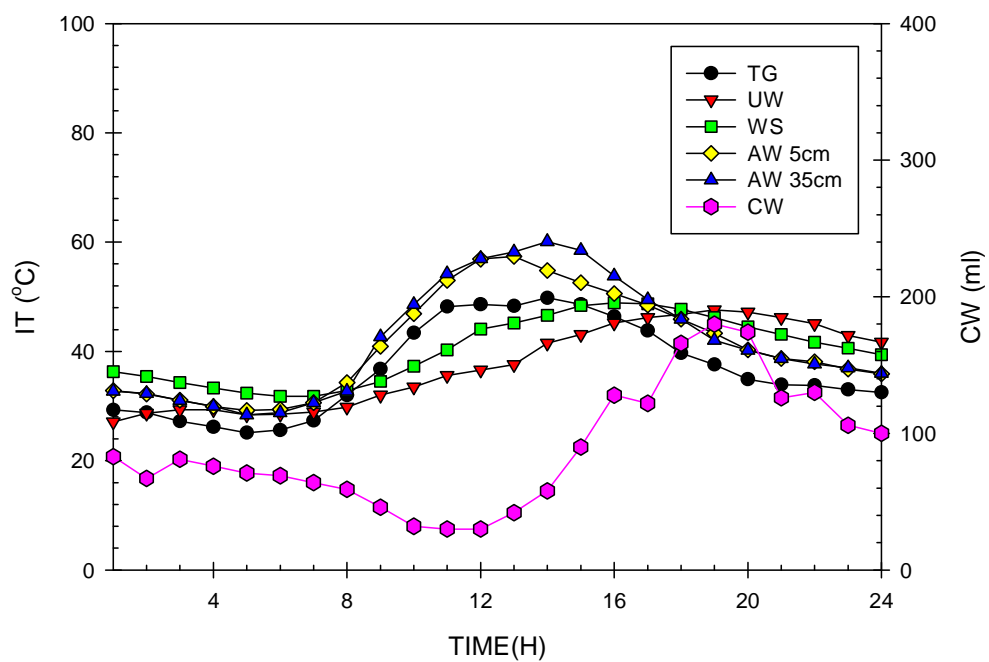


Fig. 26 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.06.12)

Fig. 27은 여름철 7월 장마철 비오는 날의 각 경사각에서의 시간당 일조량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 일조량은 거의 측정되지 않았으며 약 오후 6시경에 약간의 상승이 있었으나 많지 않았으며 외기온도도 이와 비슷한 관계를 나타내었으나 온도의 변화가 크지 않았다.

Fig. 28은 여름철 7월 장마철 비오는 날의 각 경사각에서의 시간당 발생된 응축수량과 일조량의 관계를 나타낸 그래프이다. 응축수량은 경사각이 15°, 30°와 45°의 경우는 응축수량이 거의 차이가 없었으며 경사각이 60°의 경우 시간대에 따라 발생량의 차이가 있었는데 강수량이 증가하는 시간대에는 응축수량이 증가함을 보였으며 시간이 경과함에 따라 응축수량의 생성량이 감소됨을 보였는데 이는 일조량이 없고 외기온도와 내부온도의 차이가 적어 증발이 거의 일어나지 않기 때문으로 추정된다. 60°의 경우는 다른 경사각의 경우에 비하여 증발량이 많기 때문이고 45° 이하의 경우에는 강수량이 증가하는 경우 경사면을 따라서 응축수가 흘러내리지 않고 수면으로 바로 떨어지기 때문으로 추정된다.

Fig. 29는 여름철 7월 장마철 비오는 날의 각 경사각에서의 시간당 발생된 응축수량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 외기온도는 20℃와 25℃의 사이에서 큰 변화가 없었지만 강수량이 증가하는 경우에는 약간의 감소를 보였고 60°에서는 응축수량의 증가를 보였다.

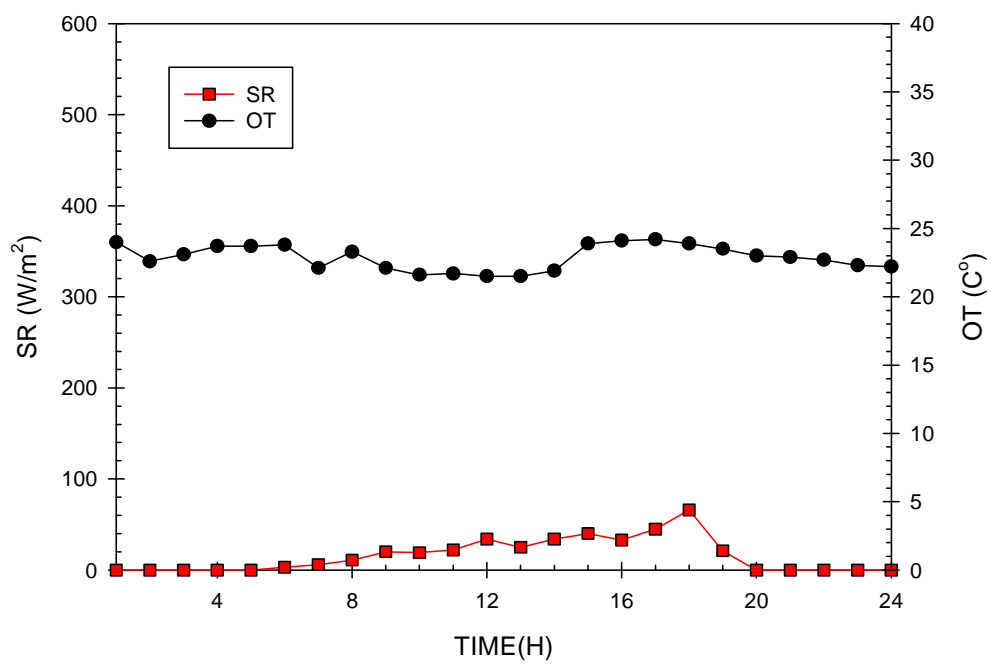


Fig. 27 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Rainy Day
(2007.07.10)

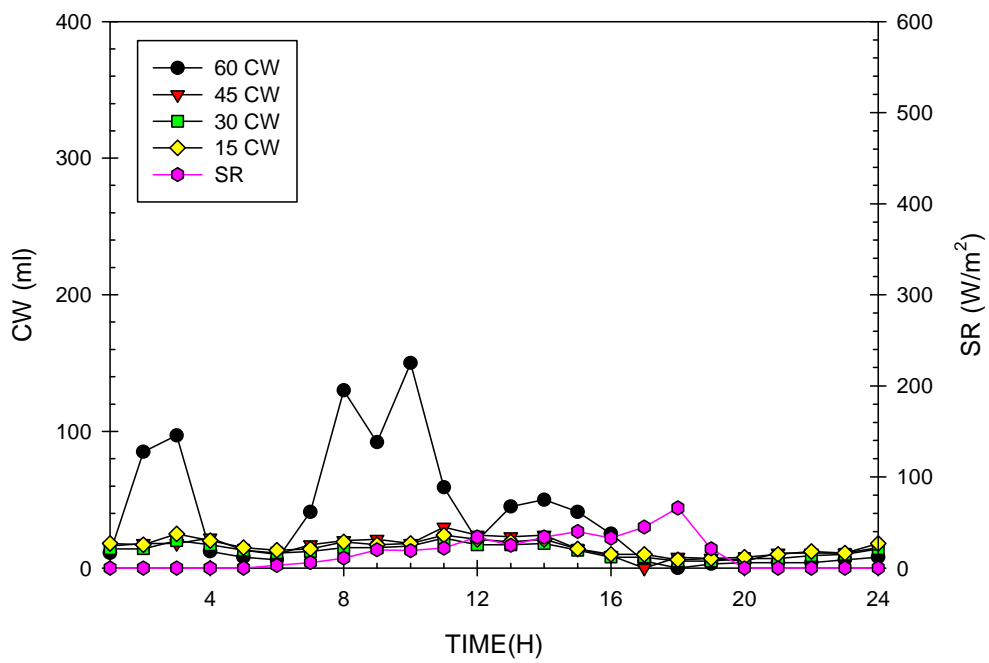


Fig. 28 The Condensed Water and the Solar Radiation on Rainy Day
(2007.07.10)

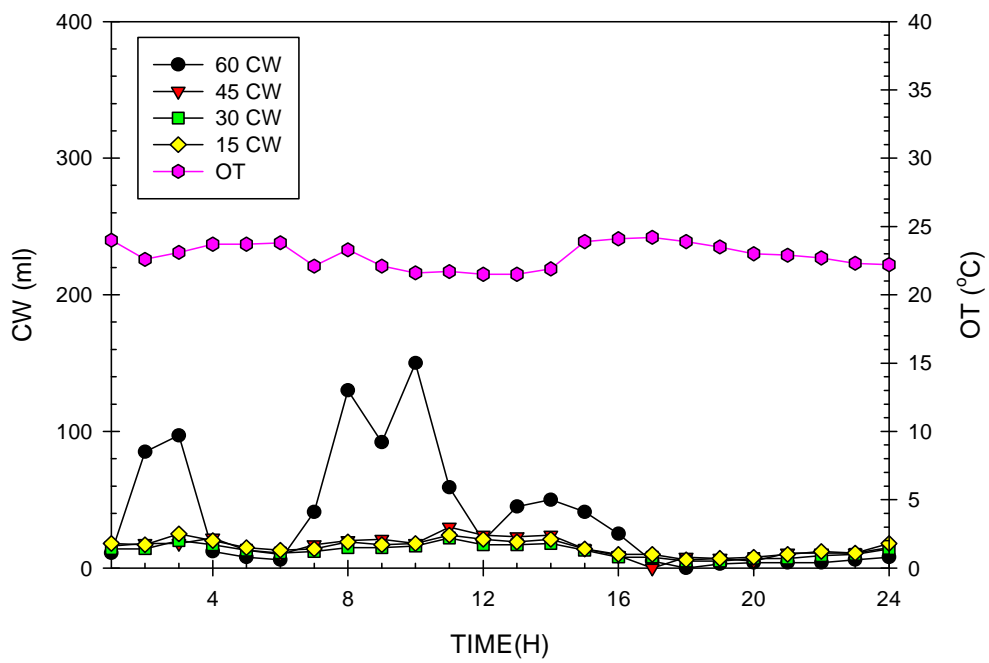


Fig. 29 The Condensed Water and the Outside Temperature on Rainy Day
(2007.07.10)

Fig. 30은 여름철 7월 장마철 비오는 날의 경사각이 60°에서의 내부온도와 시간당 발생된 응축수량과의 관계를 나타낸 그래프이다. 내부온도는 상부와 하부 사이의 온도차가 적었으며 내부온도가 증가하는 동안에는 응축이 일어나지 않았지만, 강수량의 증가에 따른 응축수량의 증가는 증발량이 거의 없고 증발이 일어나기 때문으로 추정되며 증발이 일어나는 동안에는 응축이 일어나지 않음을 보여주고 있다. 내부온도가 감소하는 동안 서서히 응축이 시작됨을 보여준다.

Fig. 31, Fig. 32, Fig. 33은 장마철 7월 비오는 날의 경사각이 45°, 30°, 15° 각각의 높이에 따른 내부온도와 발생된 응축수량과의 관계를 나타낸 그래프이다. 내부온도는 경사각이 60°와 마찬가지로 변화가 거의 없었고, 강수량이 증가하여도 응축수량의 변화가 거의 없었다.

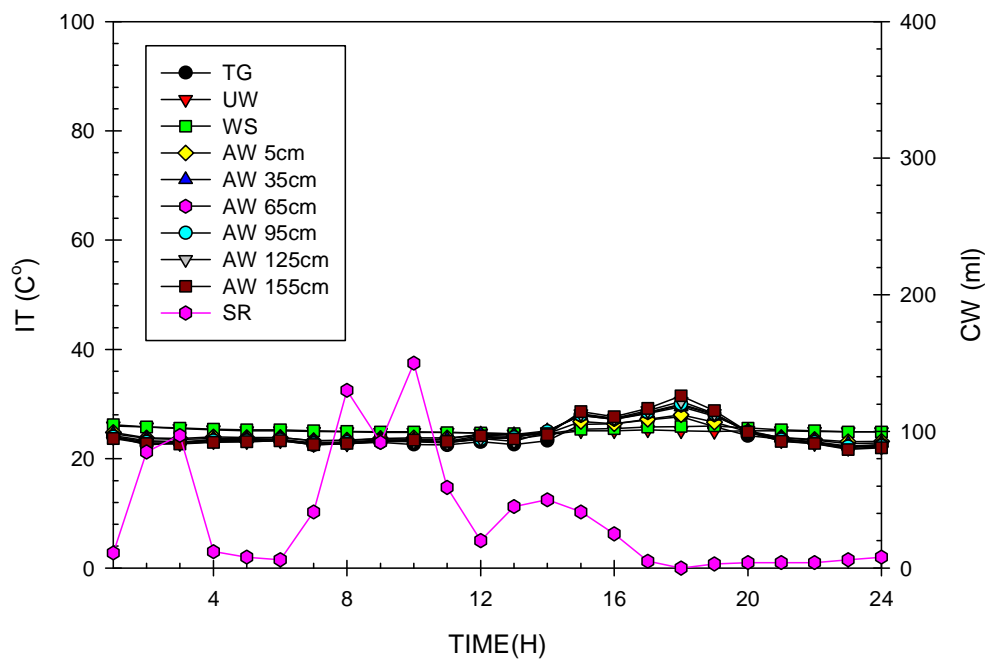


Fig. 30 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Rainy Day (2007.07.10)

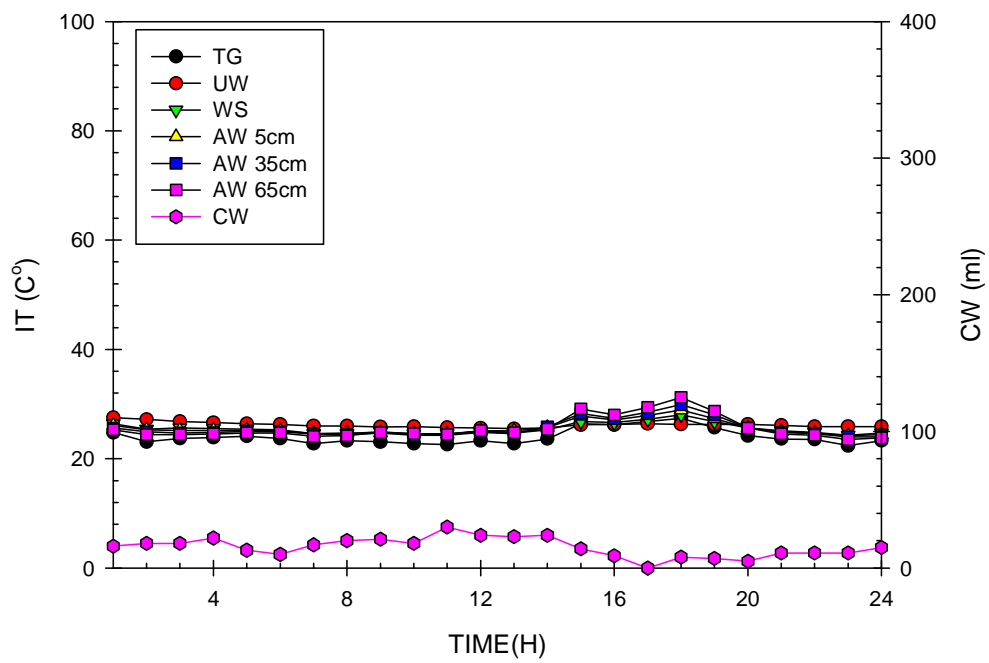


Fig. 31 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Rainy Day (2007.07.10)

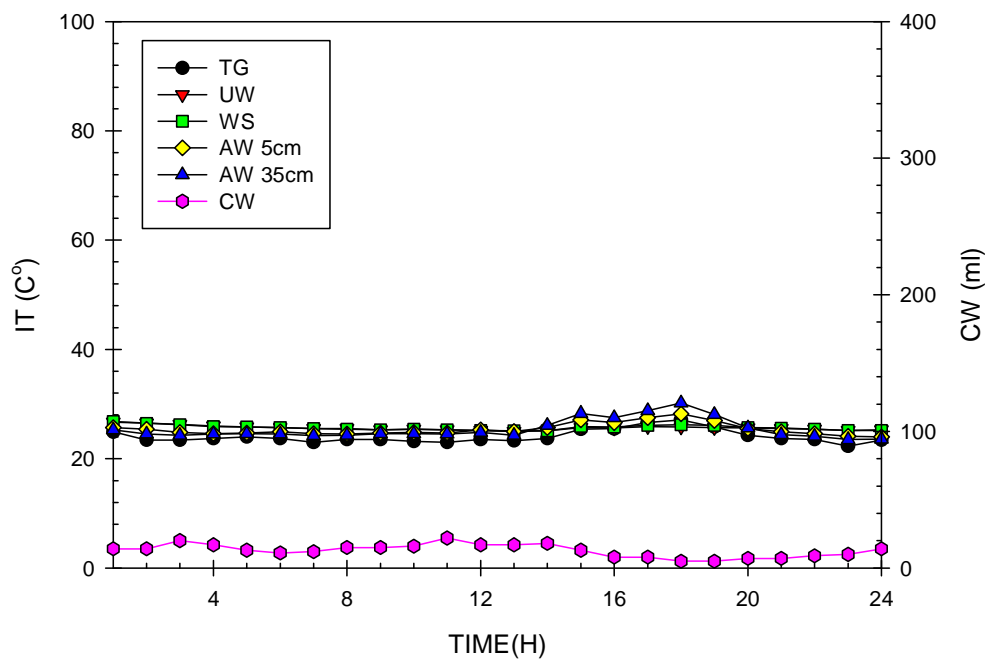


Fig. 32 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Rainy Day (2007.07.10)

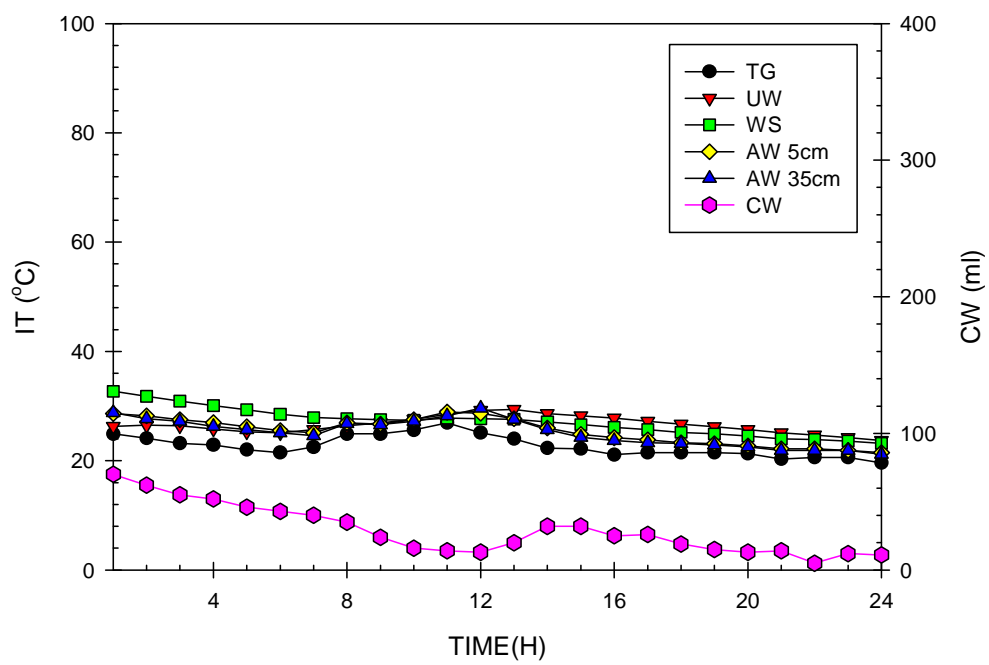


Fig. 33 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Rainy Day (2007.07.10)

Fig. 34는 여름철 8월 불규칙한 날씨(맑은 날에 소나기 내린 날)에 일조량과 외기온도와의 관계를 나타낸 그래프이다. 6시경부터 일조량이 증가하기 시작하여 11시경까지 맑은 날씨를 보이지만 흐려지기 시작하여 소나기가 온 날로서 소나기가 오는 동안 외기의 온도는 낮아짐을 보였으며 온도의 변화는 약 10℃정도가 되었다. 일조량은 오후 8시경에 거의 측정되지 않았고 일교차는 거의 나타나지 않았다.

Fig. 35는 여름철 8월 불규칙한 날씨(맑은 날에 소나기 내린 날씨)에 일조량과 시간에 따라 생산되는 응축수량을 나타내는 그래프이다. 소나기가 내리기 전 11시까지는 일조량의 증가로 증발 현상이 일어나 응축수의 생산이 거의 없다가, 소나기가 내리는 12시~17시에 경사각이 60°인 경우 많은 응축수를 배출하고 있으며 이후부터는 거의 응축수의 생산이 되지 않고 있다. 낮 시간의 소나기가 잠깐 내리는 시간에 경사각이 60°인 곳에서 많은 응축수를 생산하였다. 맑은 날씨에서는 온도차가 발생되어 응축조건이 형성되면 일시적인 응축수의 증가 현상이 있었으나 불규칙한 날씨에서의 응축수는 모든 각도에서 그 폭이 아주 좁고, 다른 날씨에서 보이는 규칙성이 없고 경사각이 60°의 경우에서 응축수의 생산이 두드러지게 나타난다.

Fig. 36은 여름철 8월 불규칙한 날씨(맑은 날에 소나기 내린 날씨)에 외기온도와 시간에 따라 생산되는 응축수량을 나타내는 그래프이다. 외기온도와 응축수량은 반대현상을 나타내었고 경사각이 60°인 경우 소나기가 오는 경우엔 응축수량의 급격한 변화를 보였다. 외기온도가 상승하는 동안 응축수량은 감소하였고 외기온도가 하강하는 동안 응축수량은 증가하였으며 응축수량의 증가와 함께 증발량이 감소하므로 응축수량은 서서히 감소하는 현상을 나타내었다.

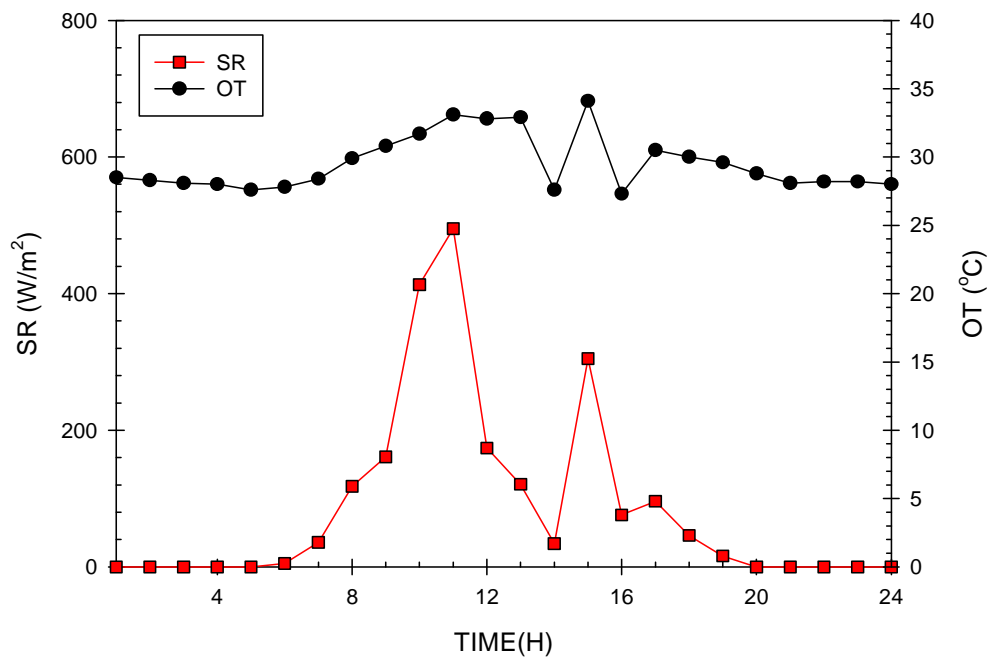


Fig. 34 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Shower Day (2007.08.09)

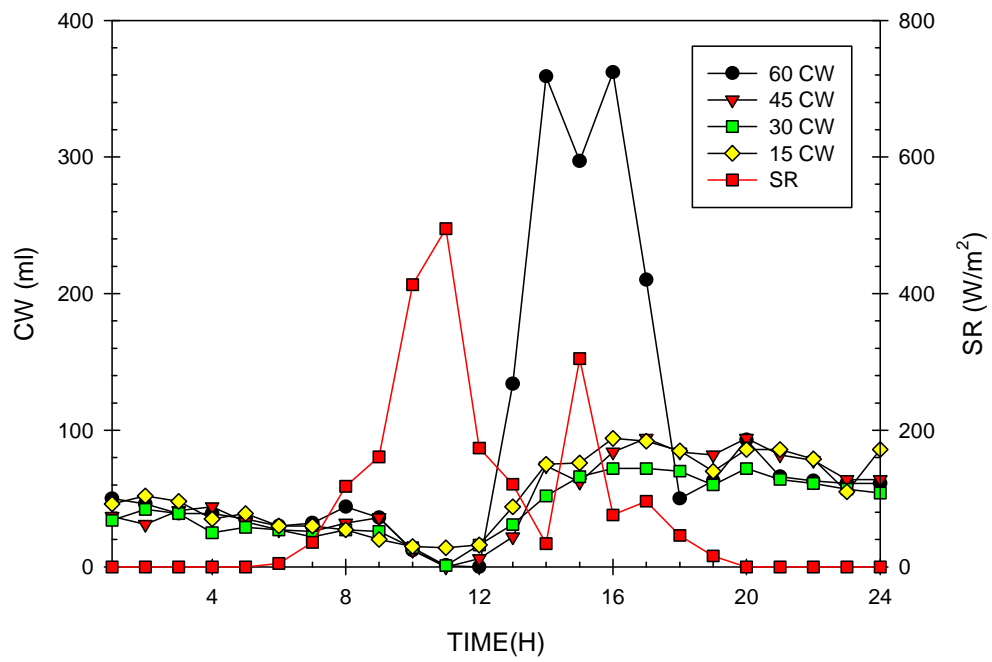


Fig. 35 The Condensed Water and the Solar Radiation on Shower Day
(2007.08.09)

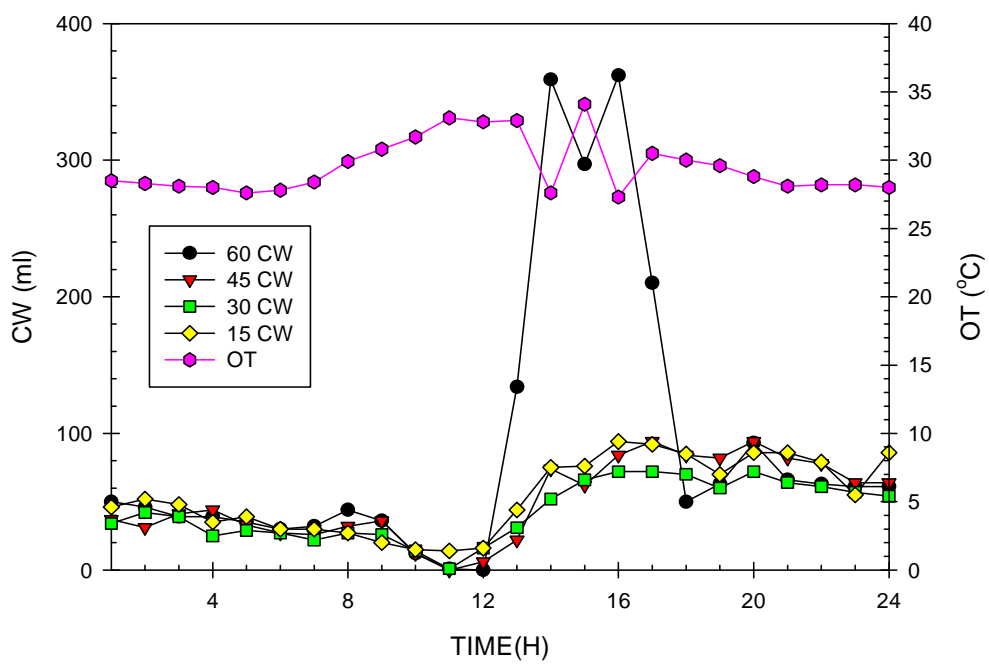


Fig. 36 The Condensed Water and the Outside Temperature on Shower Day (2007.08.09)

Fig. 37, Fig. 38, Fig. 39, Fig. 40은 여름철 8월 불규칙한 날씨(맑은 날 소나기 내린 날씨)에 경사각이 60°, 45°, 30°, 15° 각각의 내부온도와 발생된 각각의 응축수량과의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다.

경사각이 60°인 경우 일조량이 증가하는 11시까지 내부온도가 증가하며 증발 건조 현상이 일어나지만, 12시부터 갑작스런 소나기로 인하여 내부온도가 급격히 하락하고, 물표면 온도는 거의 변화가 없고 실험조의 윗부분과 유리표면 온도가 급격히 떨어지면서 응축조건이 형성되어 많은 응축수를 생산 한 것으로 사료된다. 또한 소나기가 오는 동안에는 소나기에 의한 유리면 위의 충격에 의하여 응축되어 떨어지는 속도가 빨라지고 양도 많아진다. 45°, 30°, 15°의 경우 물 표면 온도와 실험조의 윗부분과 유리표면의 온도차가 작아 응축조건이 형성되지 않은 것으로 사료된다.

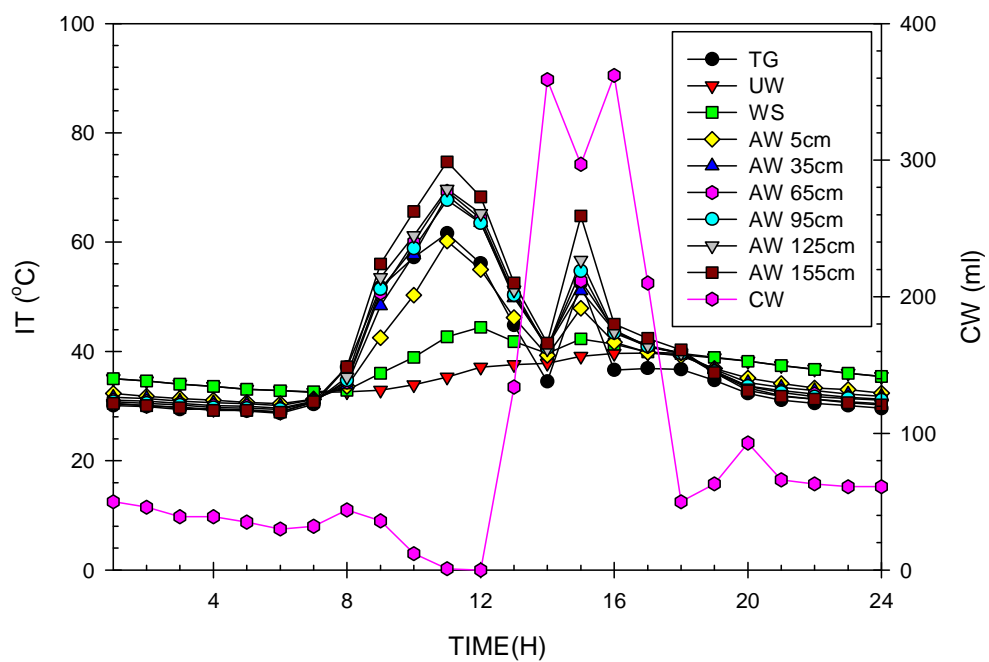


Fig. 37 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Shower Day (2007.08.09)

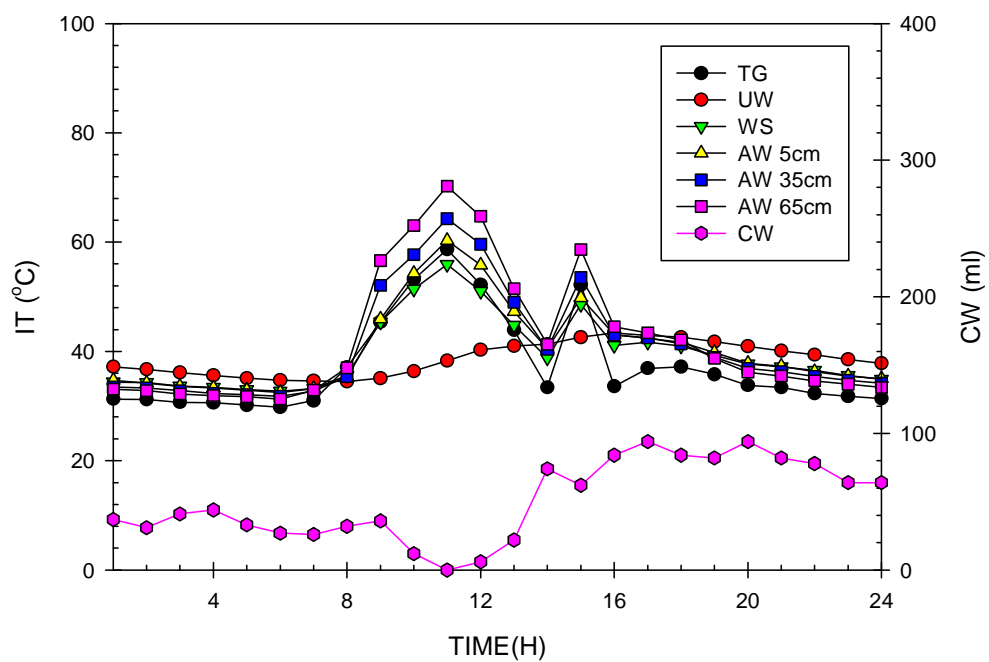


Fig. 38 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Shower Day (2007.08.09)

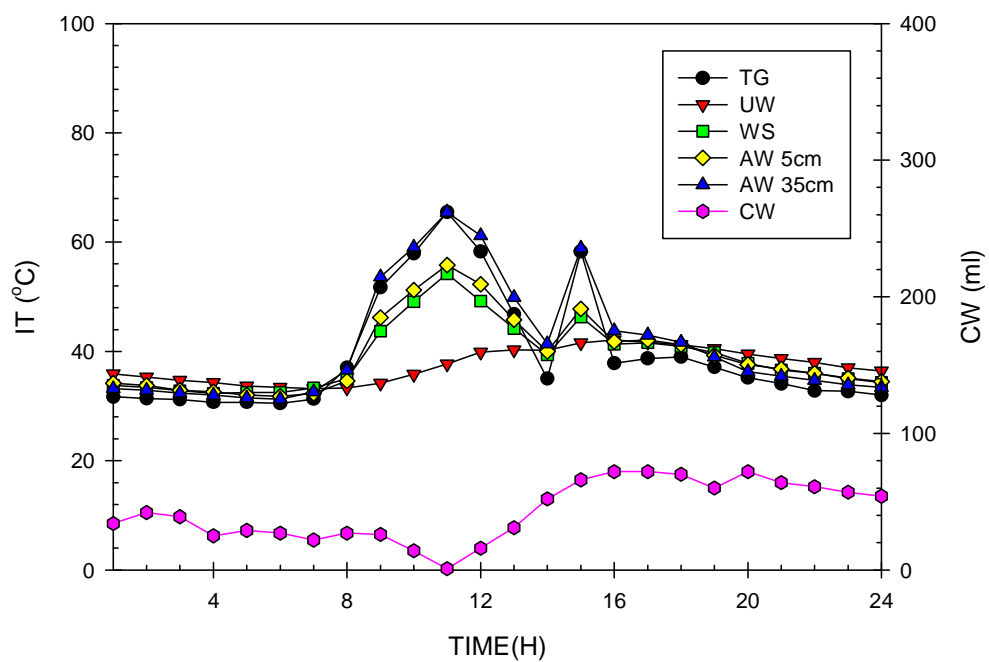


Fig. 39 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Shower Day (2007.08.09)

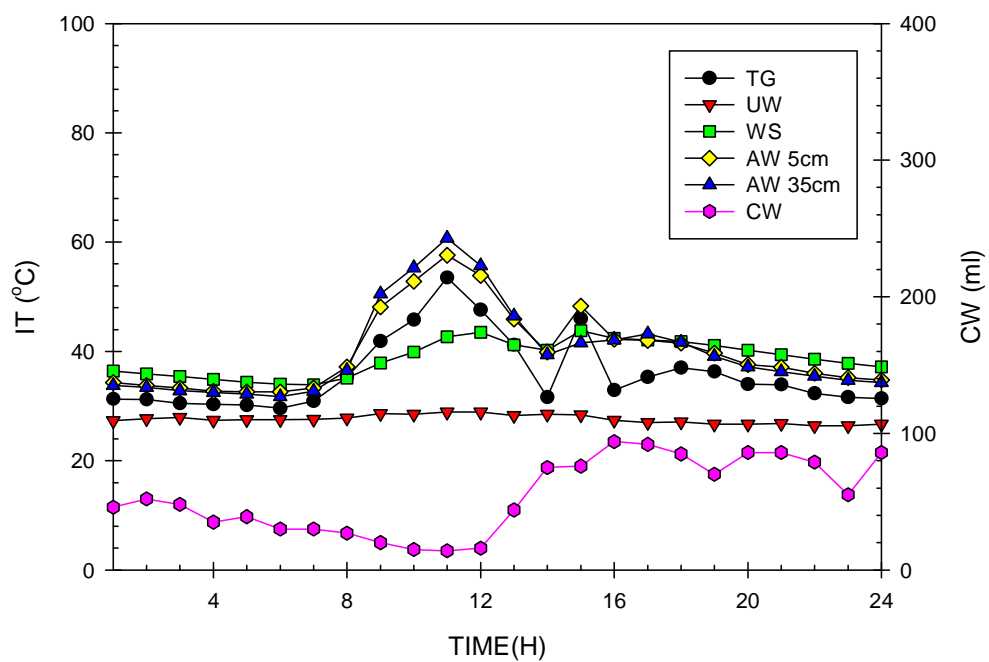


Fig. 40 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Shower Day (2007.08.09)

4.1.3 Autumn

Fig. 41은 가을철 맑은 날씨의 일조량과 외기온도의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 일조량은 약 7시경부터 측정되어 8시 이후부터 급격히 증가하여 12시에 최대를 나타내며 감소하다 오후 3시경부터 급격히 감소하여 오후 6시 경부터는 거의 측정되지 않았다. 외기온도는 해가 뜨기 전까지 서서히 감소하다 해가 뜬 후부터 증가하여 일조량이 최대인 2~3시간 후에 최고온도를 나타내었다가 감소하였다.

Fig. 42는 가을철 맑은 날씨의 경사각 별 생성된 응축수량과 일조량과의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 해가 뜨기 전까지 응축수의 생산이 서서히 감소하며 일조량이 급격히 증가함에 따라 증발이 일어나 응축수의 생산량이 줄어들었고 일조량이 높은 시간대엔 응축수의 생산이 거의 없었다. 일조량이 줄어들기 시작할 때 응축수의 생산량이 조금씩 증가하였고 일조량이 급격히 하락하는 시간대엔 응축수량이 급격히 증가함을 보여준다.

Fig. 43은 가을철 맑은 날씨의 경사각 별 생성된 응축수량과 외기온도와의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 외기온도가 증가하는 시간엔 응축수의 생산량이 줄어들었고 외기온도가 높은 온도를 유지하는 시간대엔 응축수의 생산량이 지극히 적음을 보여준다. 외기온도가 최고온도에 도달한 후 감소하기 시작할 때 응축수의 생산량은 증가함을 보여준다.

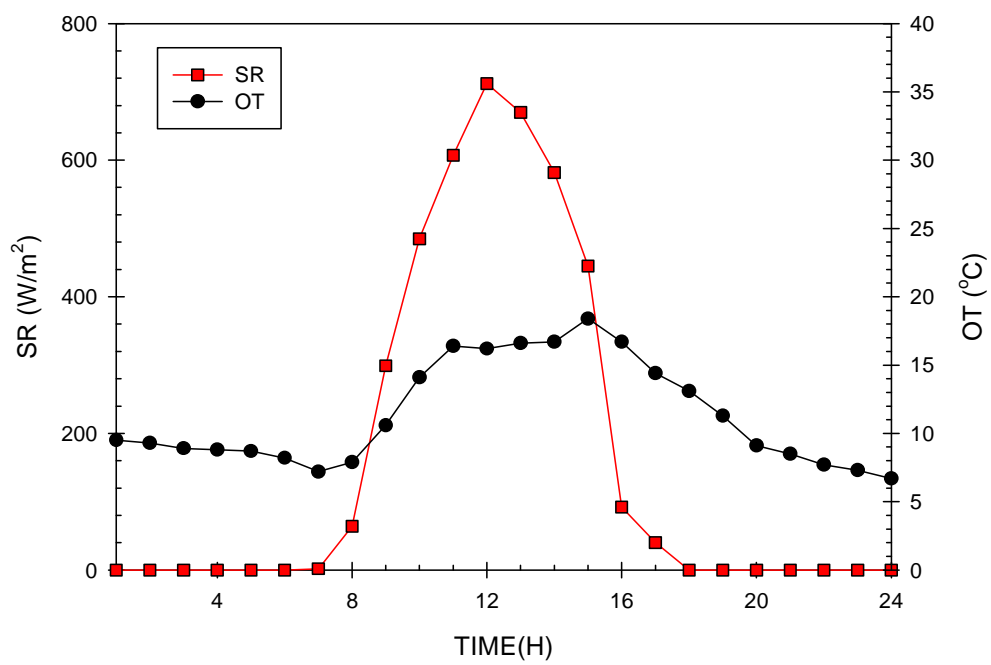


Fig. 41 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day
(2007.11.12)

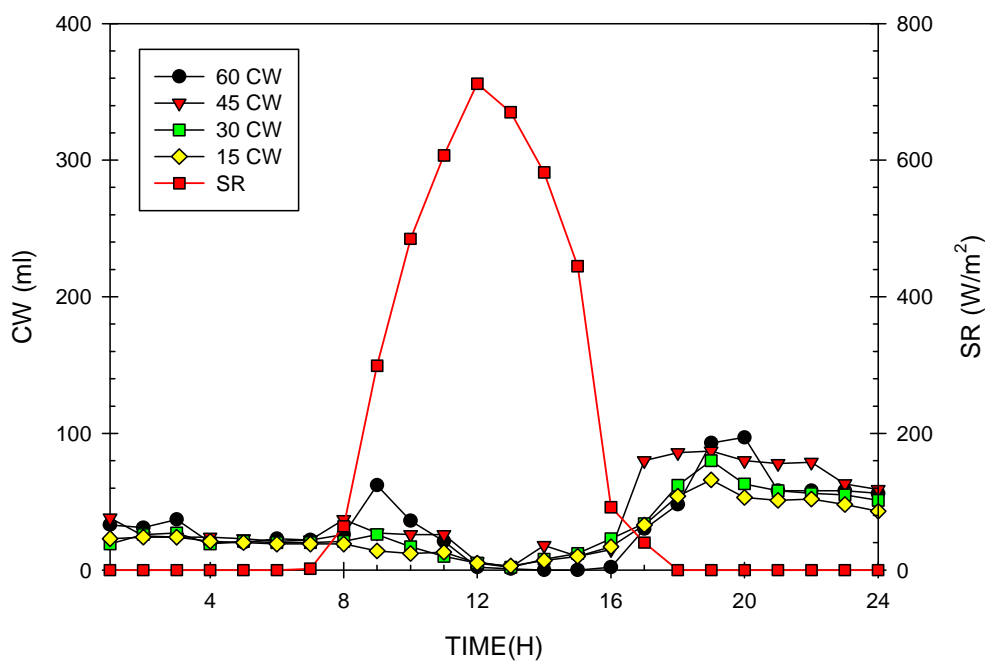


Fig. 42 The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day
(2007.11.12)

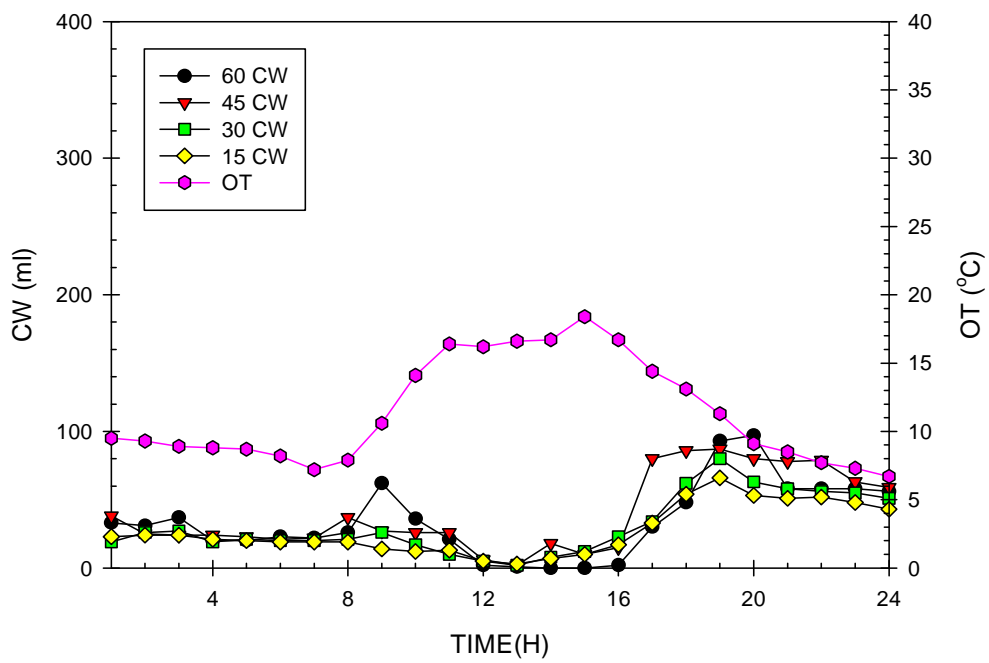


Fig. 43 The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.11.12)

Fig. 44는 가을철 맑은 날씨의 경사각이 60° 에서 높이에 따른 내부온도와 생성된 응축수량과의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 높은 일조량의 영향으로 높은 내부온도를 보여주고 있으며 내부온도가 증가하는 시간대엔 응축수의 생산이 거의 없음을 알 수 있고 물의 온도가 다른 높이들의 내부온도보다 높아진 시간에 응축수의 생산량이 최대였고 서서히 감소하였다. Fig. 45, Fig. 46, Fig. 47은 경사각이 45° , 30° , 15° 인 경우 높이에 따른 내부온도와 생성된 응축수량과의 관계를 나타낸 그래프이며, 내부온도의 변화와 응축수의 생산 추이는 비슷한 패턴을 보였다.

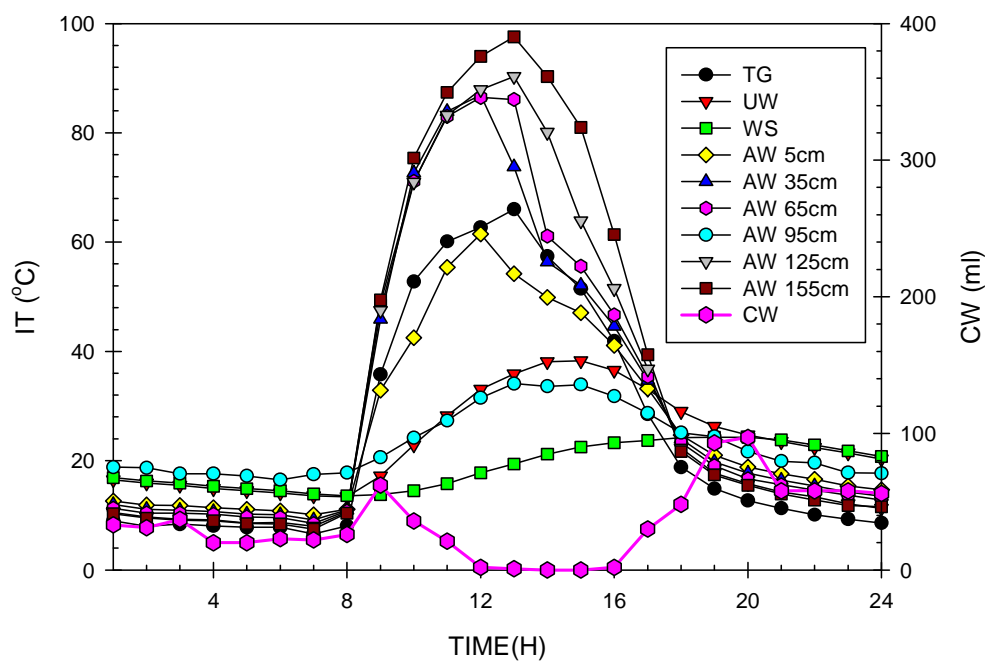


Fig. 44 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.11.12)

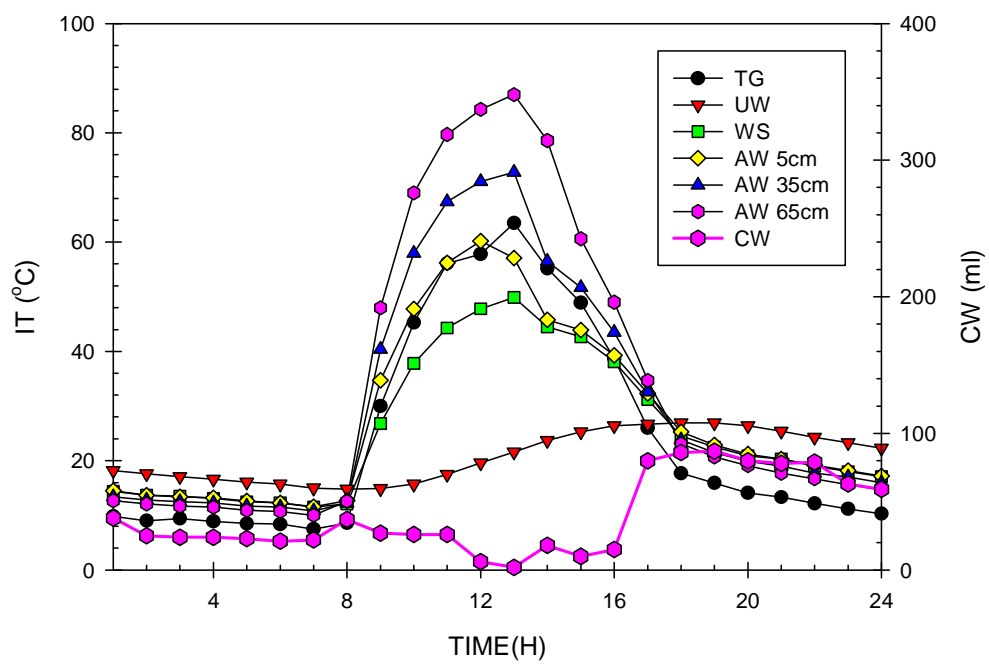


Fig. 45 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.11.12)

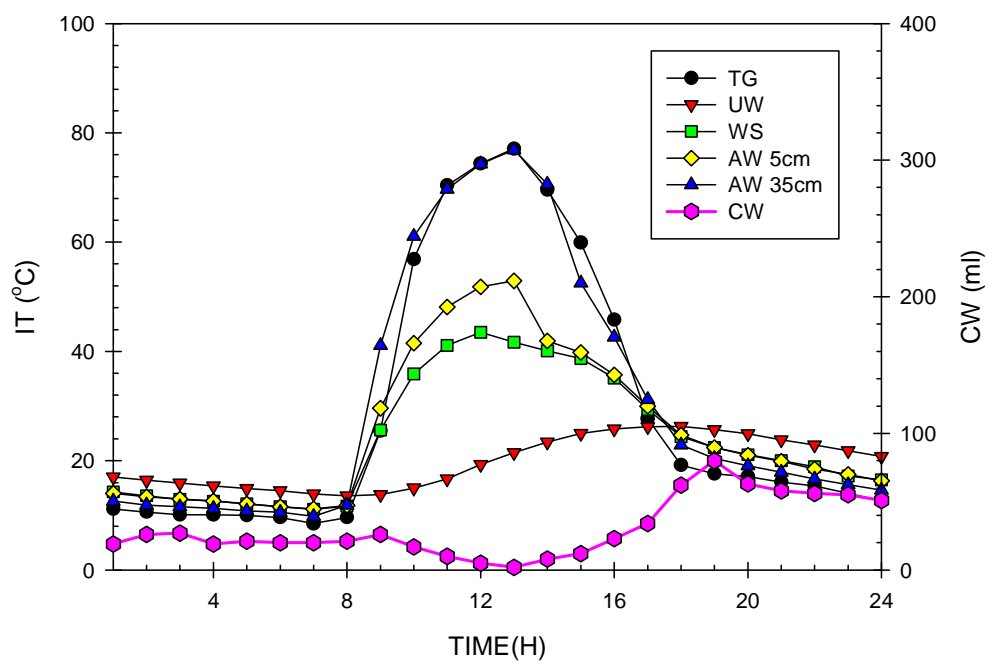


Fig. 46 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.11.12)

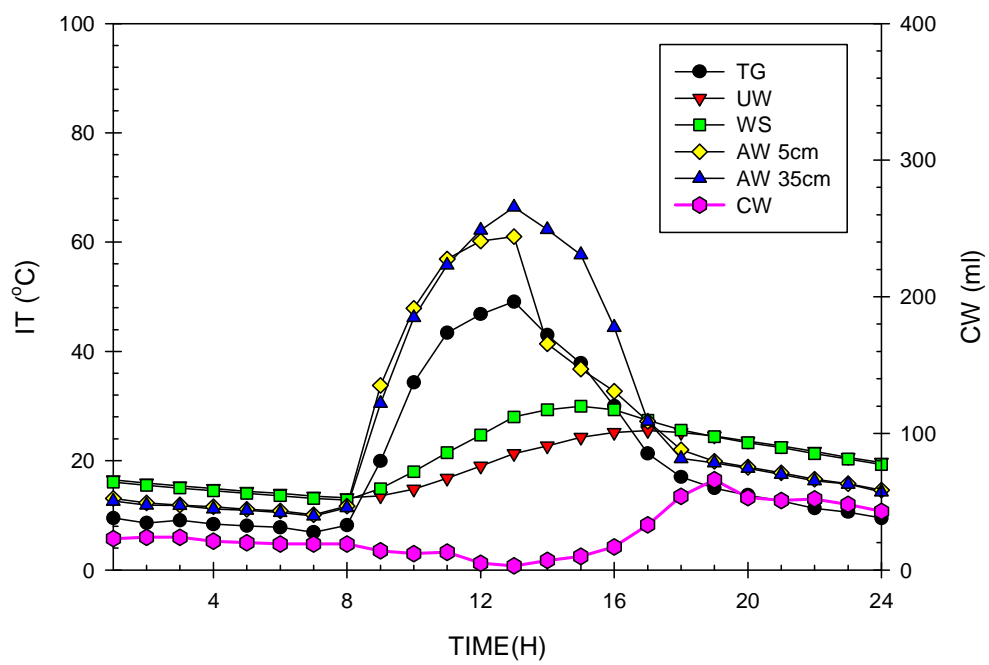


Fig. 47 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.11.12)

Fig. 48은 가을철 비오는 날의 일조량과 외기온도와의 관계를 시간별로 나타낸 그래프이다. 일조량은 오전 5시경부터 조금씩 측정되다가 오후 1시 이후 부터는 거의 측정되지 않았으며 외기온도는 일조량이 상승하는 시간대에 약간의 상승이 있는 후 감소하며 일조량이 측정되지 않은 시간대부터는 거의 비슷한 온도를 나타내었다.

Fig. 49는 가을철 비오는 날의 경사각별로 생성된 응축수량과 일조량을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 응축수 생산량이 서서히 줄어들지만 빗줄기가 끊어진 오후 2시경부터 경사각이 60°인 곳에서만 응축수의 생산량이 급격히 증가하였으며 빗줄기가 약해진 시간대엔 응축수 생산량이 감소하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 50은 가을철 비오는 날의 경사각별 생성된 응축수량과 외기온도와의 관계를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 외기온도의 변화율은 지극히 적으며 경사각이 60°를 제외한 다른 경사각에서는 응축수의 생산은 점차 감소하는 형태를 보여준다.

Fig. 51, Fig. 52, Fig. 53, Fig. 54는 경사각이 60°, 45°, 30°, 15° 높이에 따른 내부온도를 나타내는 그래프이다. 일조량이 거의 없어 내부의 온도변화는 거의 변화가 없으며 응축수의 생산도 빗줄기가 끊어지기 전까지는 점차 감소하는 형태로 모든 경사각에서 비슷한 추이를 보였으나, 빗줄기가 끊어진 시간부터는 경사각이 60°에서 응축수의 생산이 매우 활발해졌다.

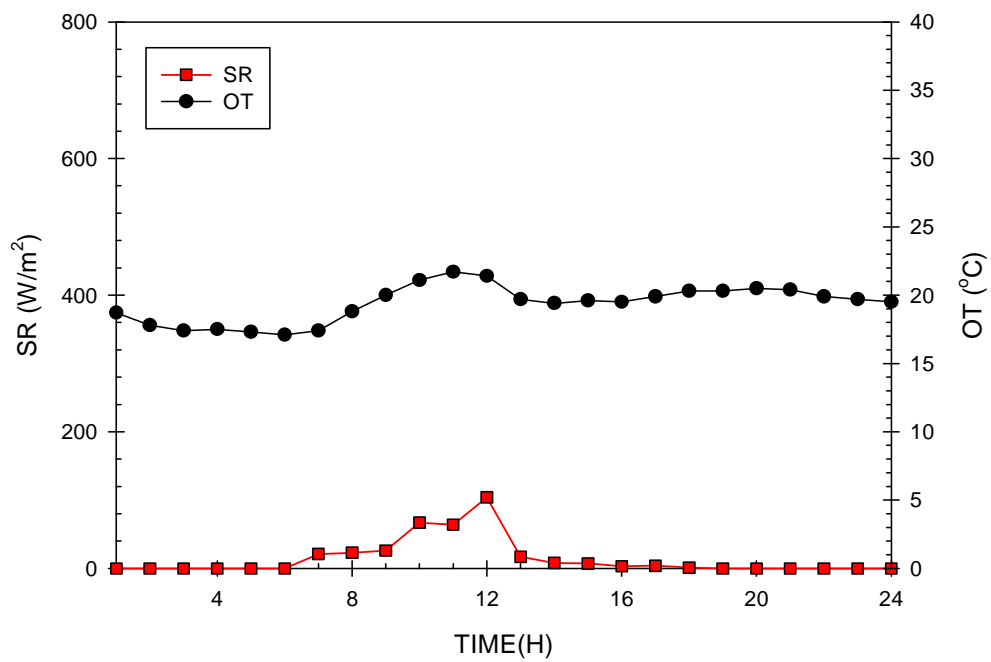


Fig. 48 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Rainy Day
(2007.10.07)

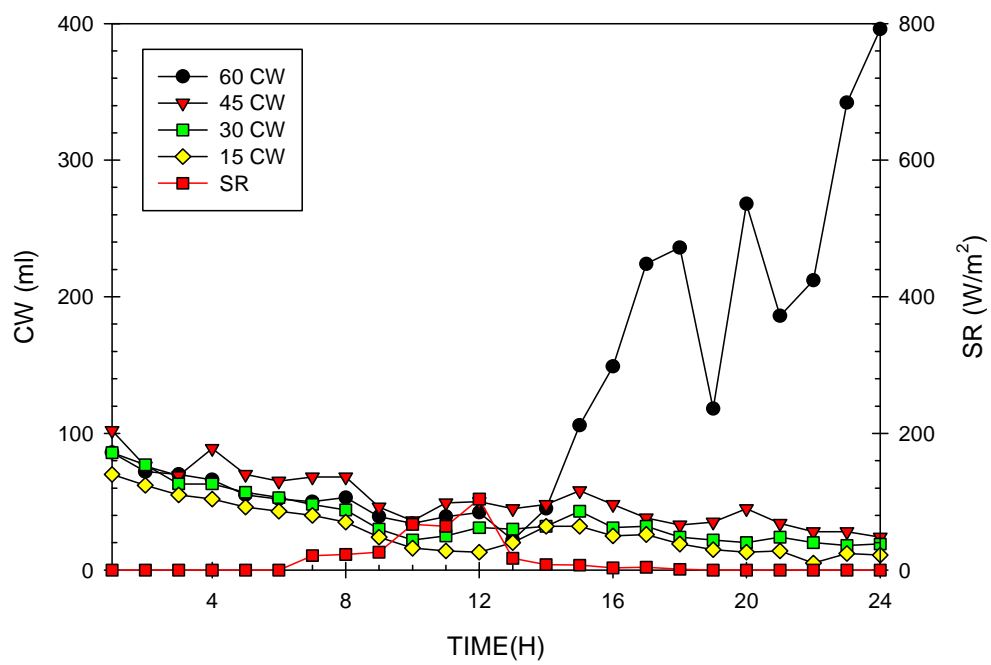


Fig. 49 The Condensed Water and the Solar Radiation on Rainy Day
(2007.10.07)

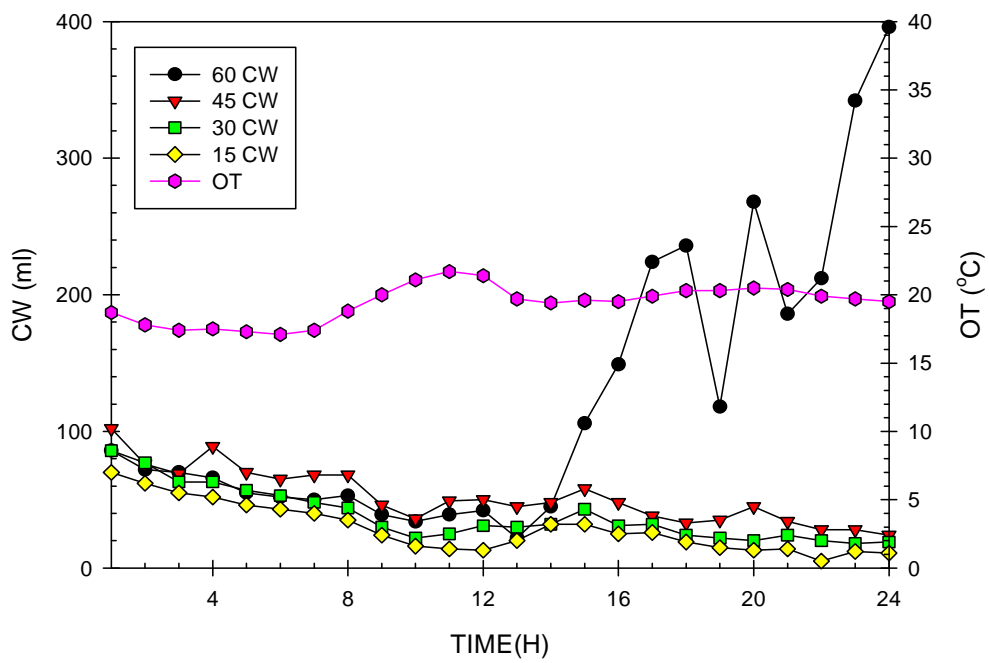


Fig. 50 The Condensed Water and the Outside Temperature on Rainy Day (2007.10.07)

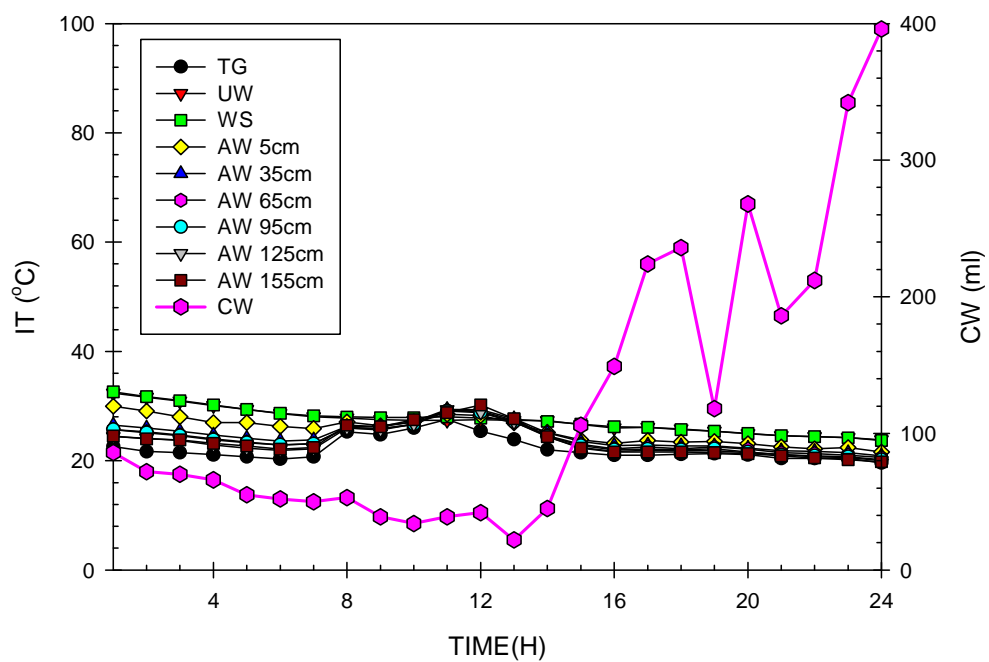


Fig. 51 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Rainy Day (2007.10.07)

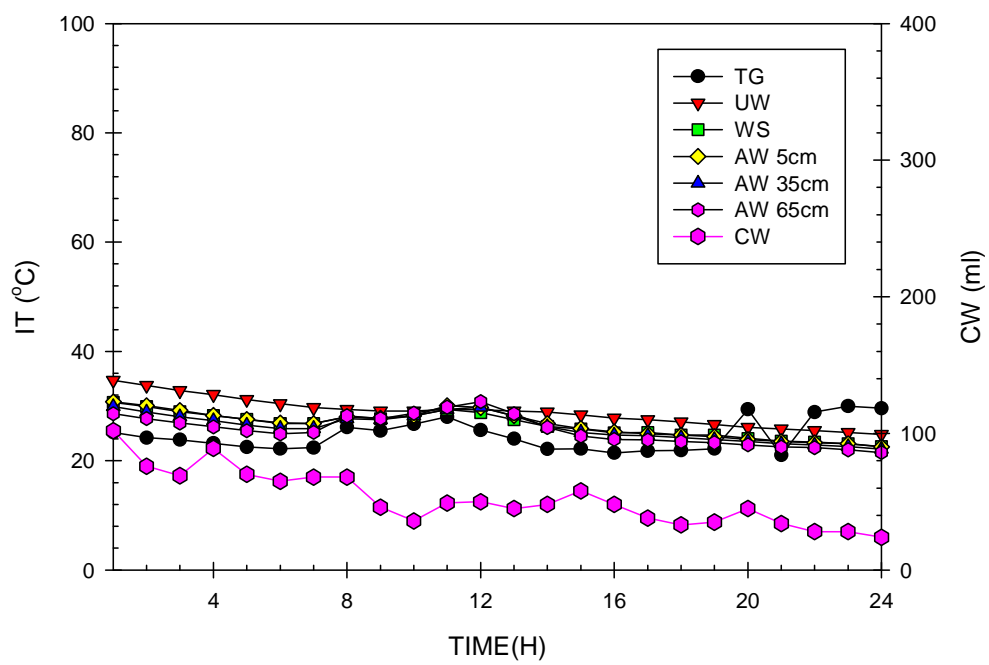


Fig. 52 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Rainy Day (2007.10.07)

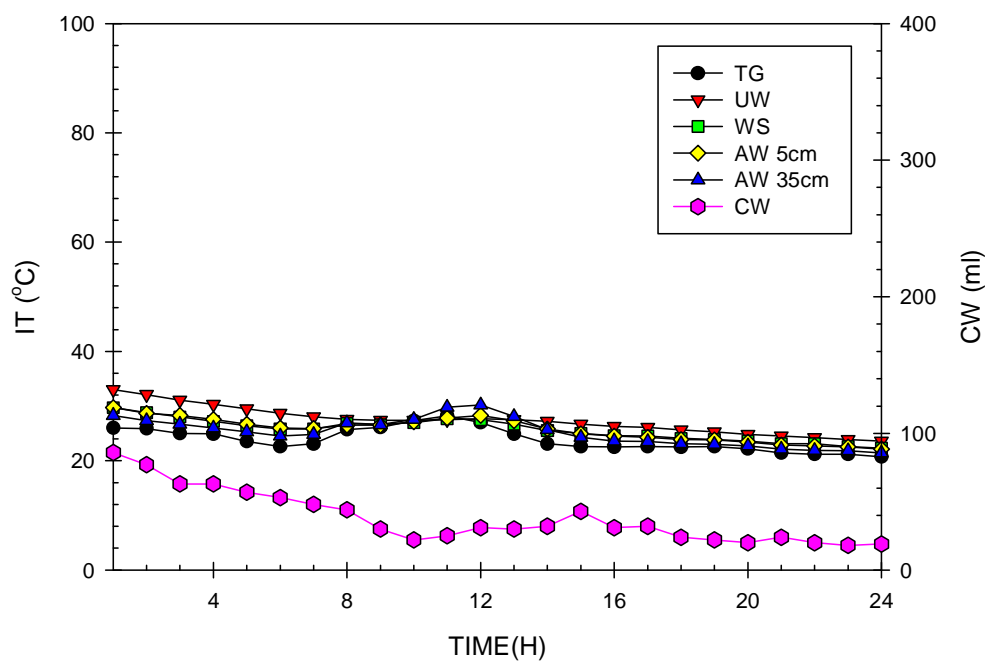


Fig. 53 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Rainy Day (2007.10.07)

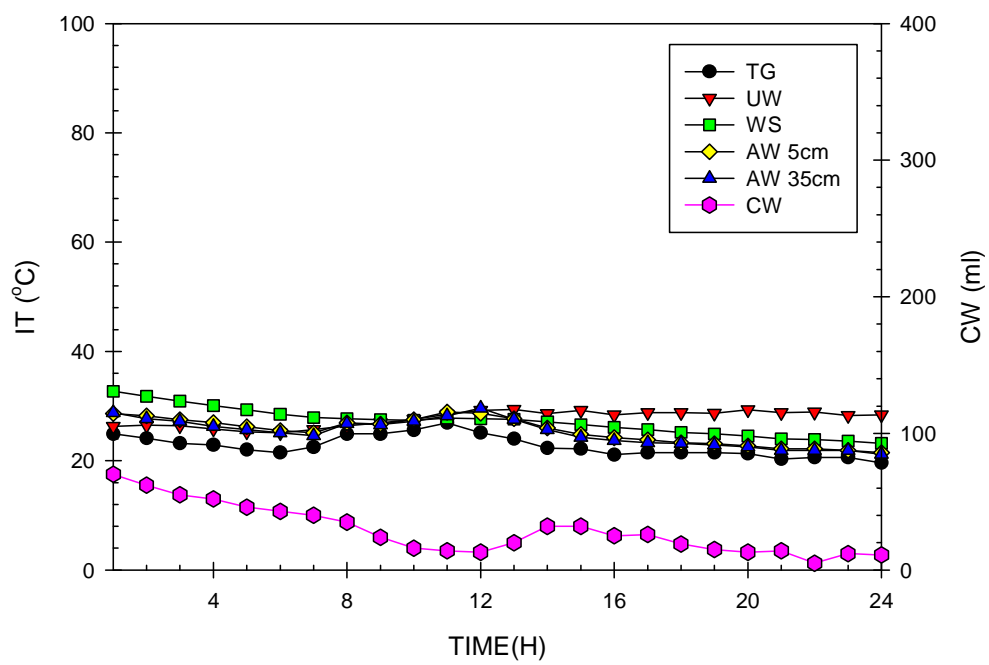


Fig. 54 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Rainy Day (2007.10.07)

4.1.4 Winter

Fig. 55는 겨울철 12월 맑은 날씨의 일조량과 외기온도를 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 겨울철이지만 최고 일조량은 $600 W/m^2$ 이상 여름철보다 높게 측정되었는데 이는 타원형으로 된 지구의 공전궤도에서 겨울철이 태양과 지구가 가깝기 때문이다. 새벽의 외기온도는 $2^{\circ}C$ 로 매우 낮았고 일조량이 급격히 증가하는 시간대에 외기온도도 급격히 증가하며 일조량보다 늦게 최고온도에 도달하며, 일조량은 급격히 감소하는 반면 외기온도는 서서히 감소하였다.

Fig. 56은 겨울철 맑은 날씨의 경사각별로 생성된 응축수량과 일조량을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 응축수의 생산량이 불규칙적인 것을 알 수 있고 그 생성된 응축수량이 비슷한 추이를 나타내고 있다. 일조량이 증가하는 시간대엔 응축수량이 점차 감소하며 다른 계절과는 다르게 일조량이 최고치를 나타낸 후 1~2시간 후부터 응축수가 거의 생성되지 않았으며 일조량이 거의 측정되지 않는 시간대부터 응축수가 조금씩 생성되기 시작하였다.

Fig. 57은 겨울철 맑은 날씨의 경사각별 생성된 응축수량과 외기온도의 관계를 시간별로 나타낸 그래프이다. 외기온도가 낮은 시간대인 새벽엔 응축수도 적은 양을 생산하였고 최고온도를 나타낸 후 감소하기 시작하는 시간대에 응축수의 생산량이 서서히 증가하였지만 그 양은 적었다.

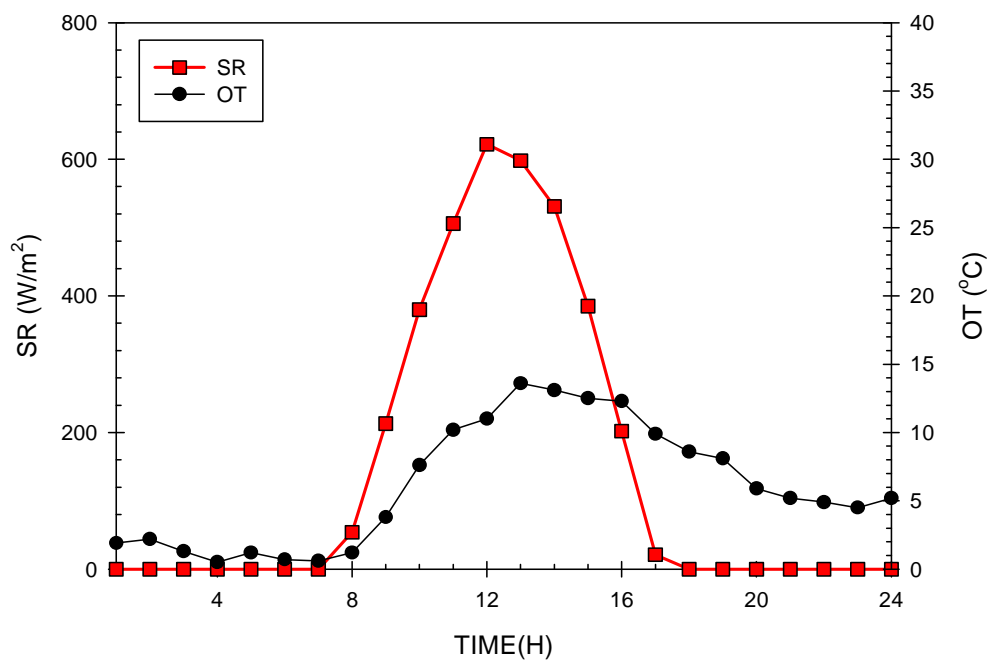


Fig. 55 The Solar Radiation and the Outside Temperature on Clear Day
(2007.12.01)

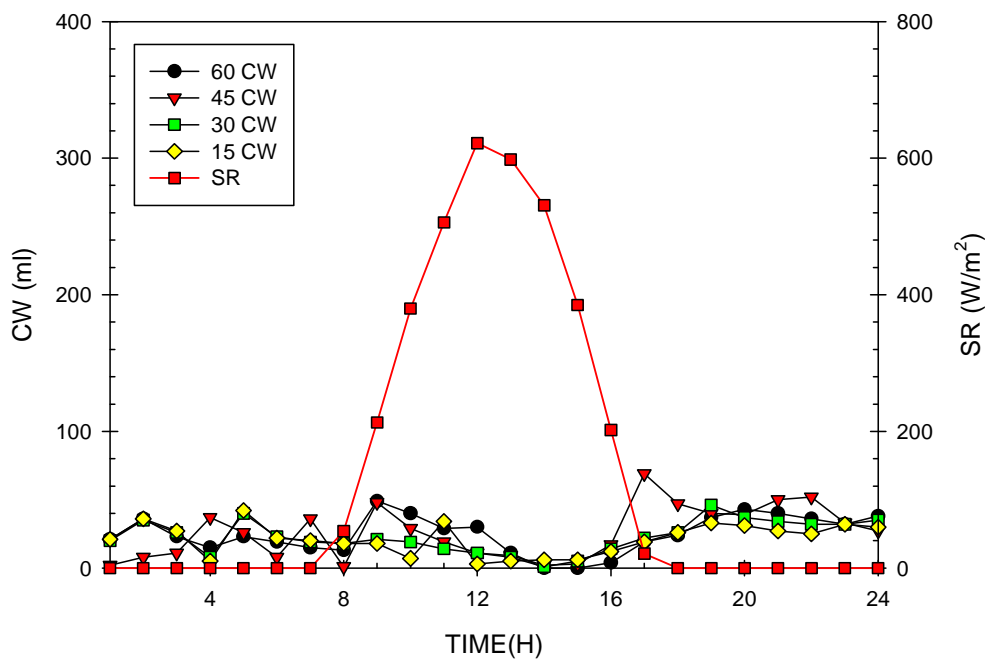


Fig. 56 The Condensed Water and the Solar Radiation on Clear Day
(2007.12.01)

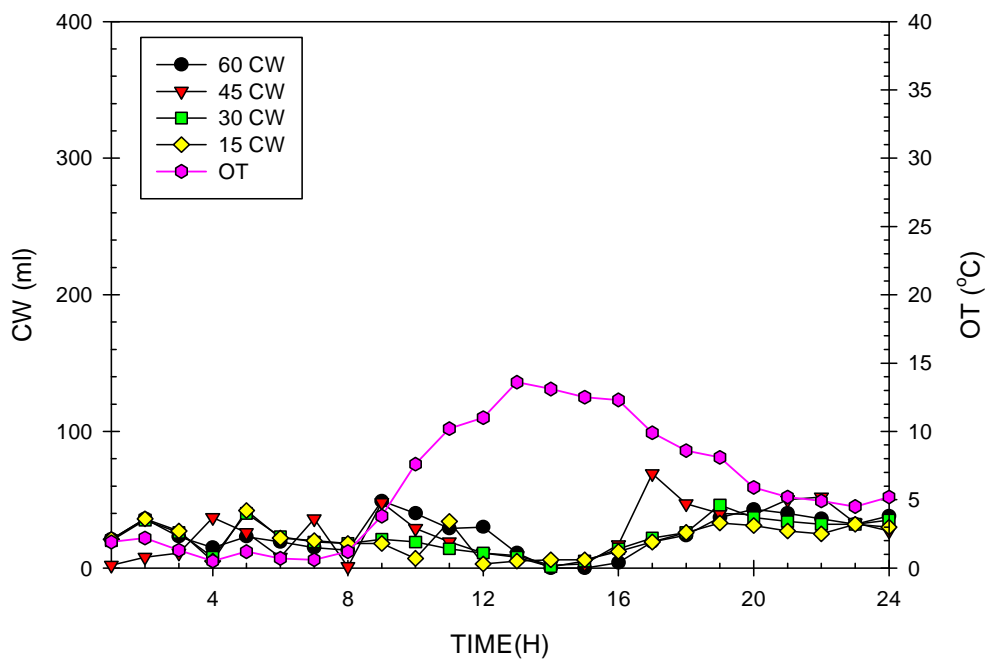


Fig. 57 The Condensed Water and the Outside Temperature on Clear Day (2007.12.01)

Fig. 58, Fig. 59, Fig. 60, Fig. 61은 각 경사각별 높이에 따른 내부온도와 경사각별 생성된 응축수량을 시간별로 나타낸 그래프이다. 경사각이 60°에서 높이에 따른 내부온도는 일조량의 변화와 비슷한 추이를 보이며 상승하고 감소하였고, 다른 경사각에서도 비슷한 패턴을 보였다. 경사각이 60°와 45°가 시간에 따라 응축수 생산 추이와 생산량이 비슷하였고, 경사각이 30°와 15°가 비슷한 추이를 나타냈다.

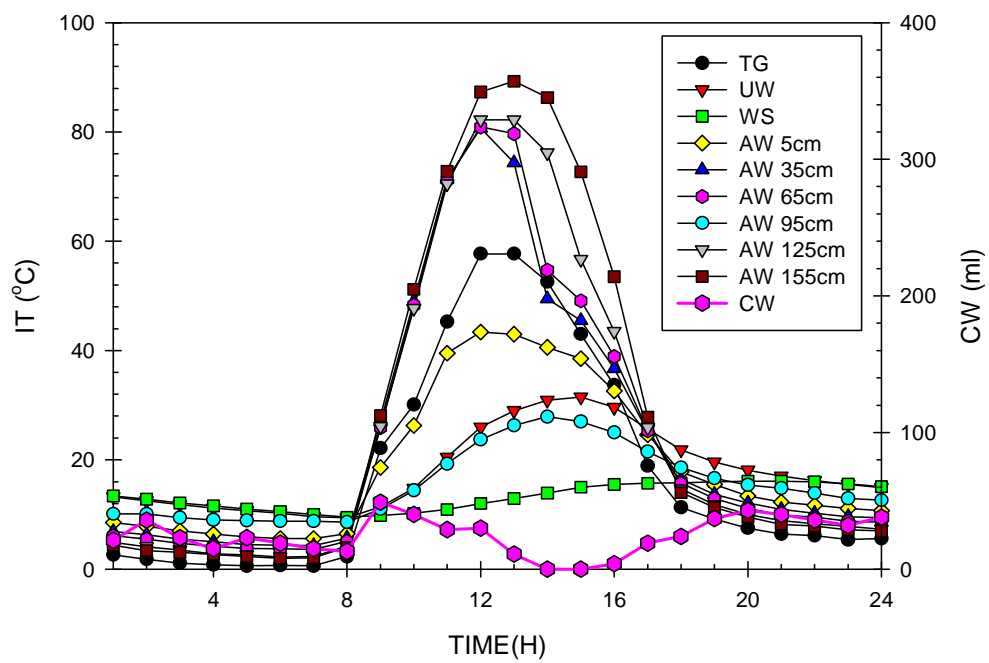


Fig. 58 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° on Clear Day (2007.12.01)

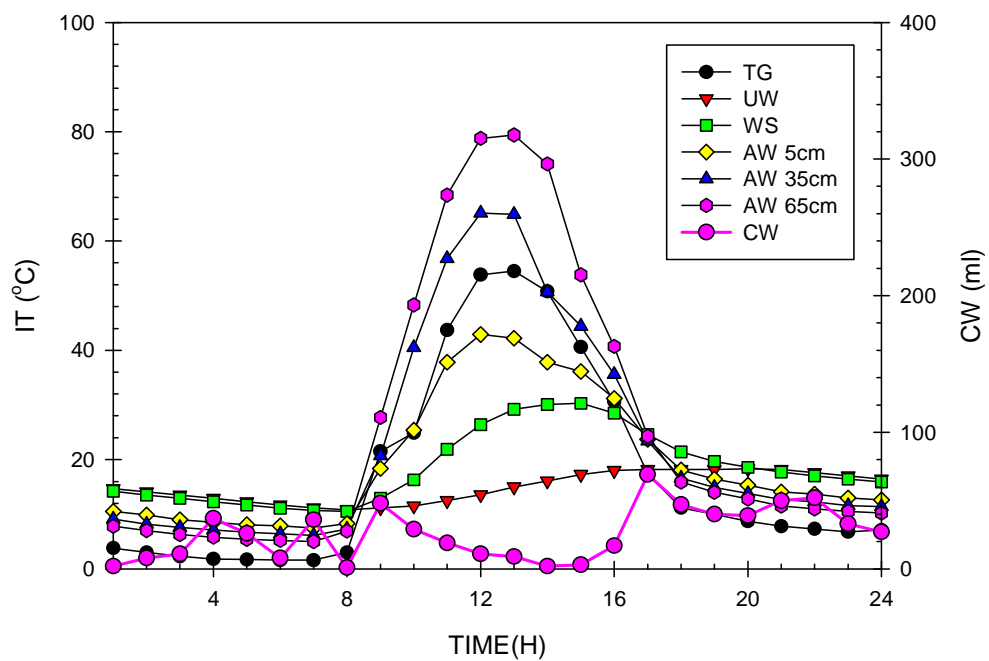


Fig. 59 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° on Clear Day (2007.12.01)

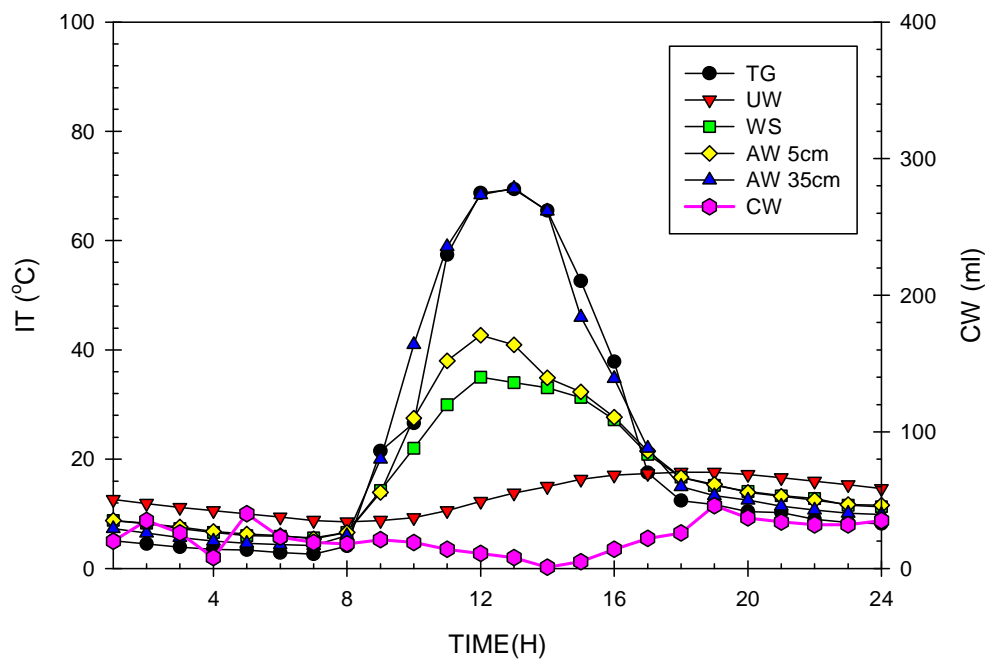


Fig. 60 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° on Clear Day (2007.12.01)

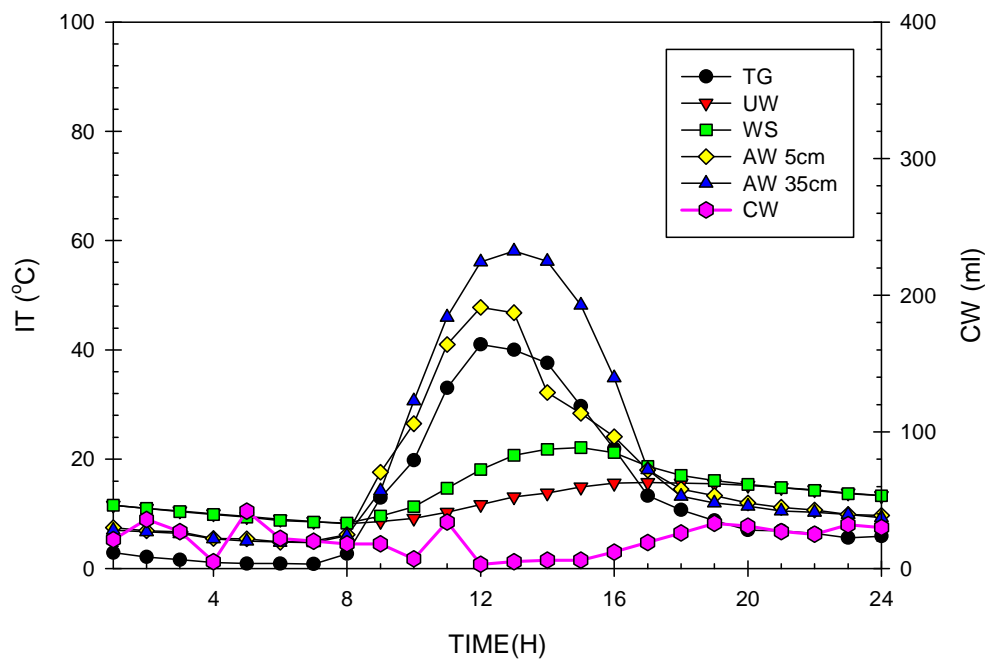


Fig. 61 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° on Clear Day (2007.12.01)

Fig. 62는 겨울철 전날 소낙눈이 내린 후 맑은 날씨의 일조량과 외기온도의 관계를 시간별로 나타낸 그래프이다. 일조량은 아침 8시경부터 오후 5시경까지 짧은 시간동안 측정되었고, 외기온도는 일조량의 변화에 비슷한 추이를 보이며 일조량이 최고치로 측정된 1시간 후에 최고 온도를 나타내었다.

Fig. 63은 겨울철의 전날 소낙눈이 내린 맑은 날씨의 시간에 따라 생성된 응축수량과 일조량을 시간별로 나타낸 그래프이다. 아침 8시경부터 일조량이 증가하기 시작하여 오후 2시경 최고치를 나타낸 후 감소한 후 오후 6시경부터는 측정되지 않았다. 생산된 응축수량은 불규칙적이고 경사각별로 비슷한 추이를 보였고, 맑은 날씨와 다르게 일조량이 감소하더라도 응축수의 생산량은 매우 적었다.

Fig. 64는 겨울철의 전날 소낙눈이 내린 맑은 날씨의 시간에 따라 생성된 응축수량과 외기온도를 시간별로 나타낸 그래프이다. 일조량이 증가하는 시간대부터 외기온도는 점차 상승하여 오후 3시경 최고온도를 나타낸 후 서서히 감소하였다.

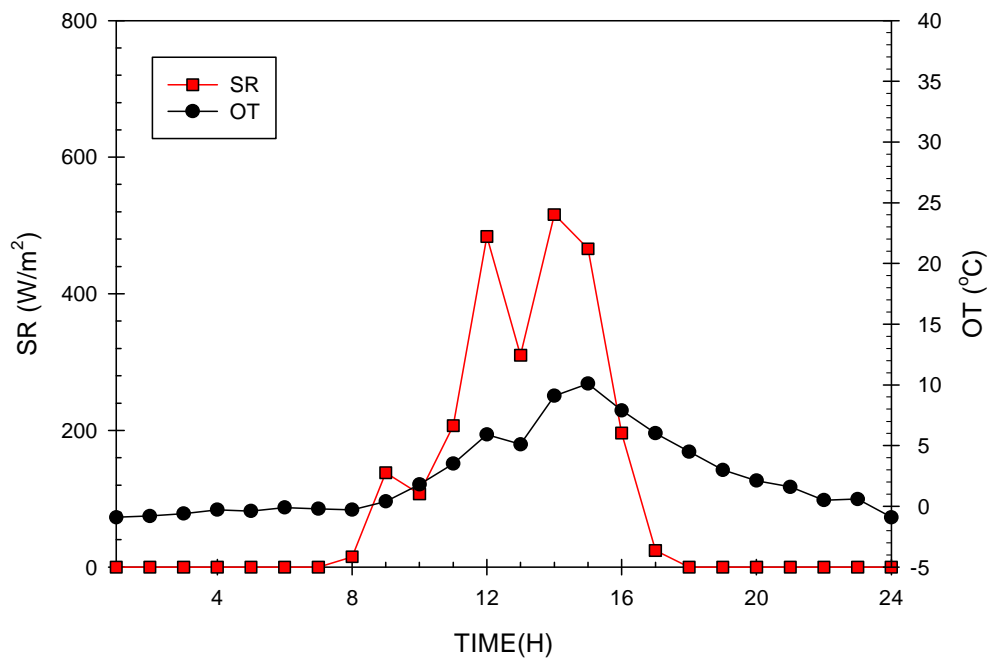


Fig. 62 The Solar Radiation and the Outside Temperature after Snow Day (2008.01.03)

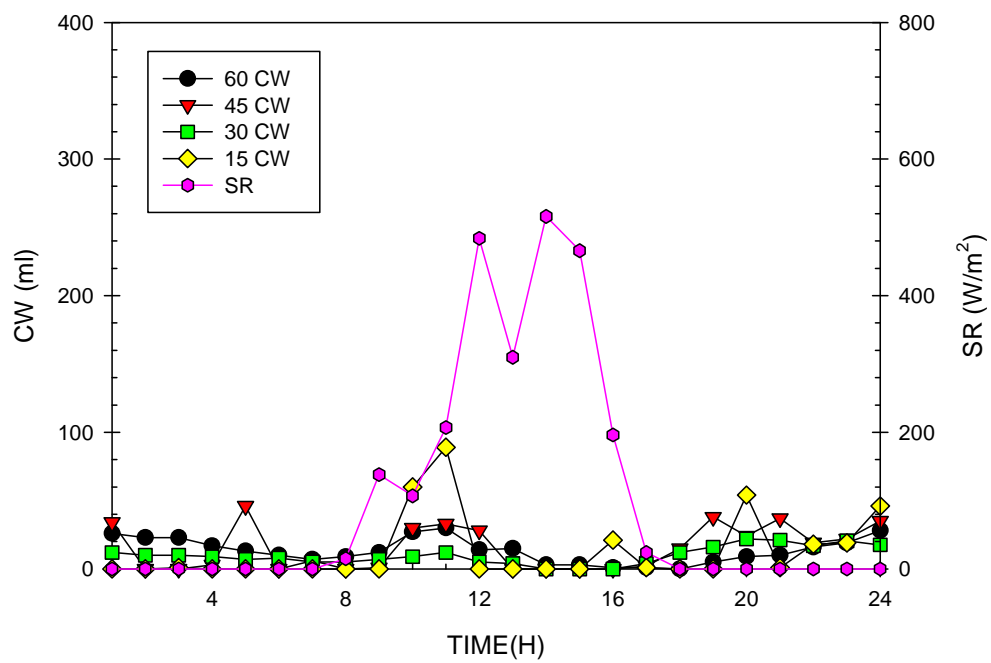


Fig. 63 The Condensed Water and the Solar Radiation after Snow Day
(2008.01.03)

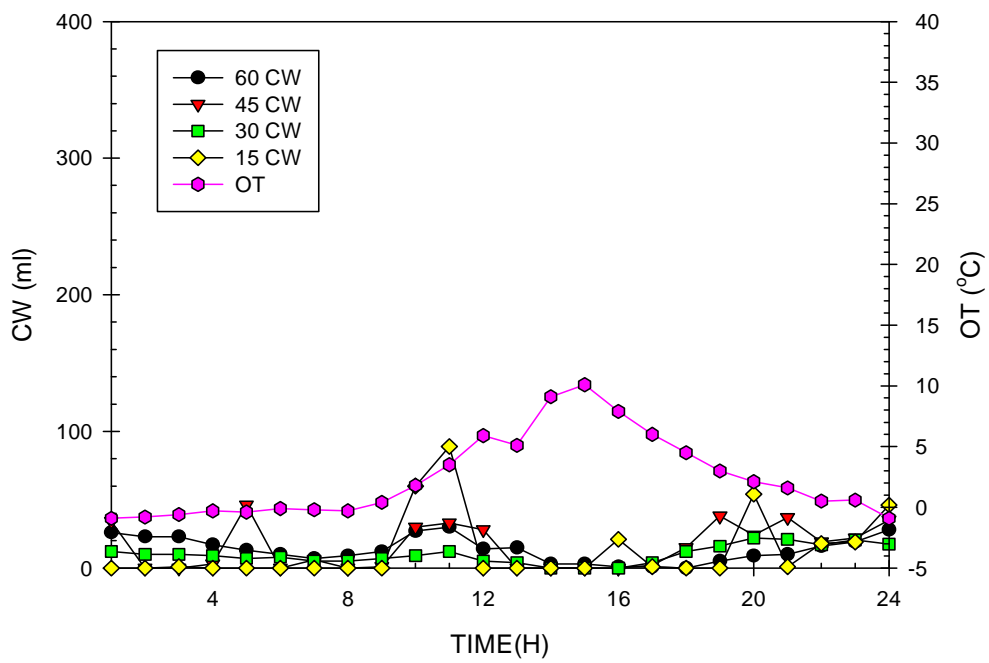


Fig. 64 The Condensed Water and the Outside Temperature after Snow Day (2008.01.03)

Fig. 65, Fig. 66, Fig. 67, Fig. 68은 겨울철의 전날 소낙눈이 내린 맑은 날씨의 경사각이 60°, 45°, 30°, 15°인 경우 높이에 따른 내부온도와 응축수량을 시간별로 나타낸 그래프이다. 경사각도별 내부온도 변화는 일조량 변화와 비슷하고, 생성된 응축수량은 전반적으로 비슷한 형태를 보였지만 경사각이 45°와 15°의 경우 응축수 생산량이 불규칙적이었다.

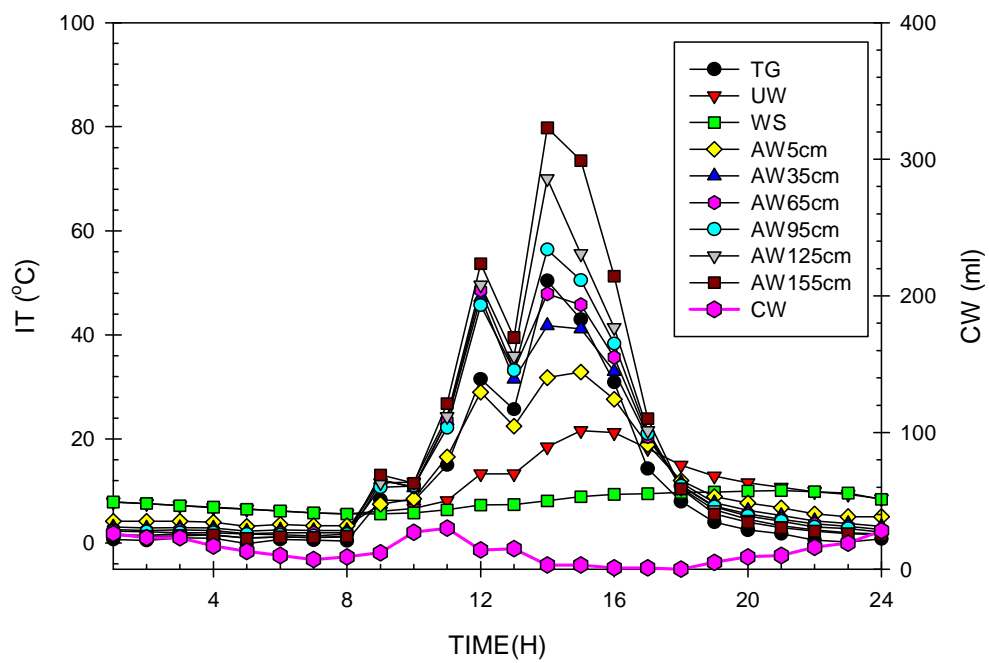


Fig. 65 The Inner Temperature and the Condensed Water of 60° after Snow Day (2008.01.03)

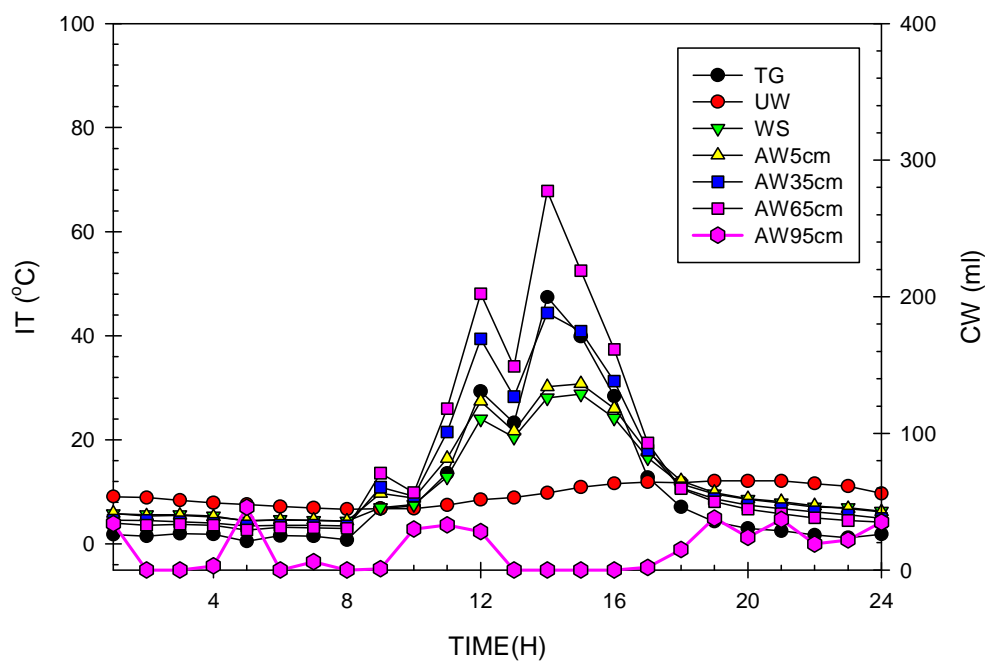


Fig. 66 The Inner Temperature and the Condensed Water of 45° after Snow Day (2008.01.03)

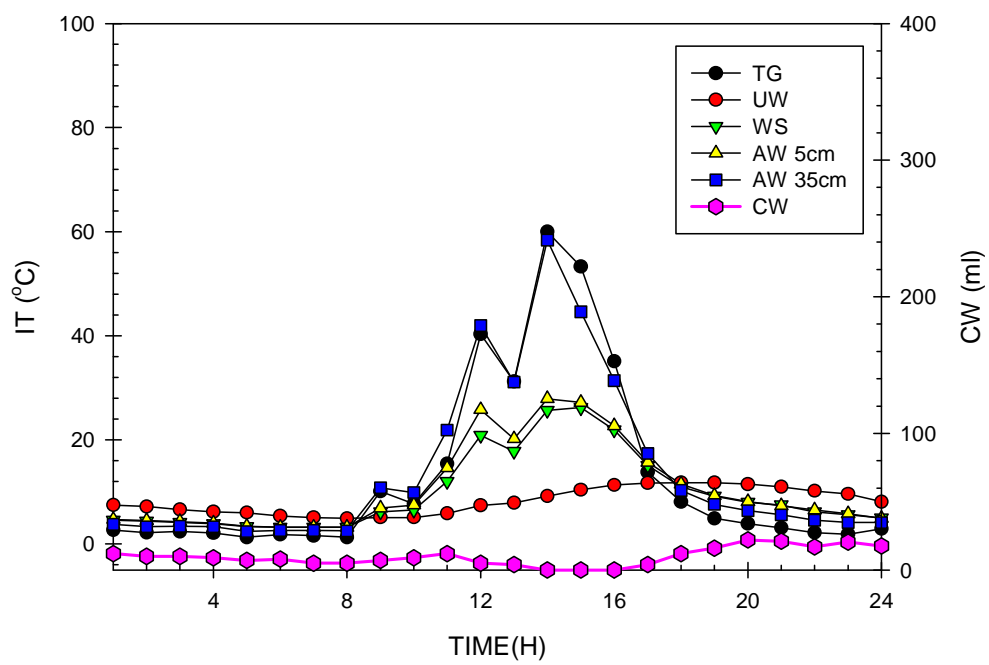


Fig. 67 The Inner Temperature and the Condensed Water of 30° after Snow Day (2008.01.03)

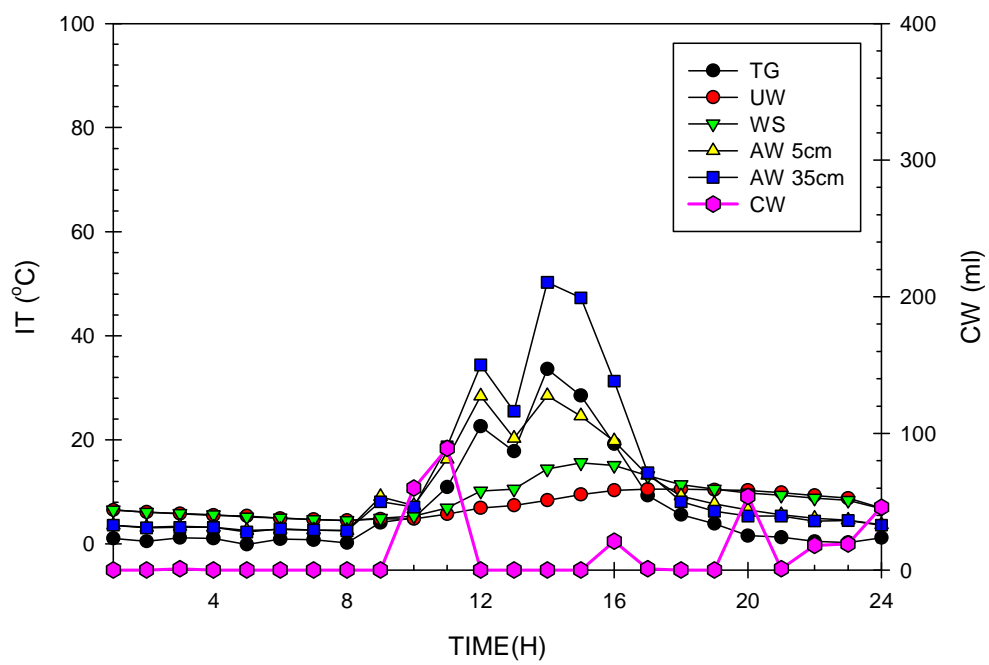


Fig. 68 The Inner Temperature and the Condensed Water of 15° after Snow Day (2008.01.03)

3.2 월 평균 응축수량과 경사각의 영향

Fig 69는 외기 온도와 일사량광의 관계를 나타내는데 상관관계가 크지 않음을 볼 수 있다.

Fig. 70은 외기온도와 응축수량과의 관계를 월에 따라 나타내는데 소나기가 많이 오는 7월과 8월 그리고 9월경에는 60°의 경우가 응축수량이 많음을 보여주고 10월부터 4월까지는 45°의 경우가 응축수량이 많음을 보여주고 있다. 5월부터 8월까지 15°와 30°의 경우가 응축수량이 많음을 보여주고 있다. 이는 일사량이 많은 여름철의 경우 경사각이 낮을수록 응축효과가 큼을 나타내고 가을이나 겨울의 경우 45°일 때 응축수량이 더 많음을 보여주고 있다.

Fig. 71은 응축수량과 외기온도를 나타내는데 외기온도가 높으면 응축수량이 많음을 나타내고 있지만 소나비가 오는 날이나 구름이 많은 양은 상관관계가 적음을 볼 수 있다.

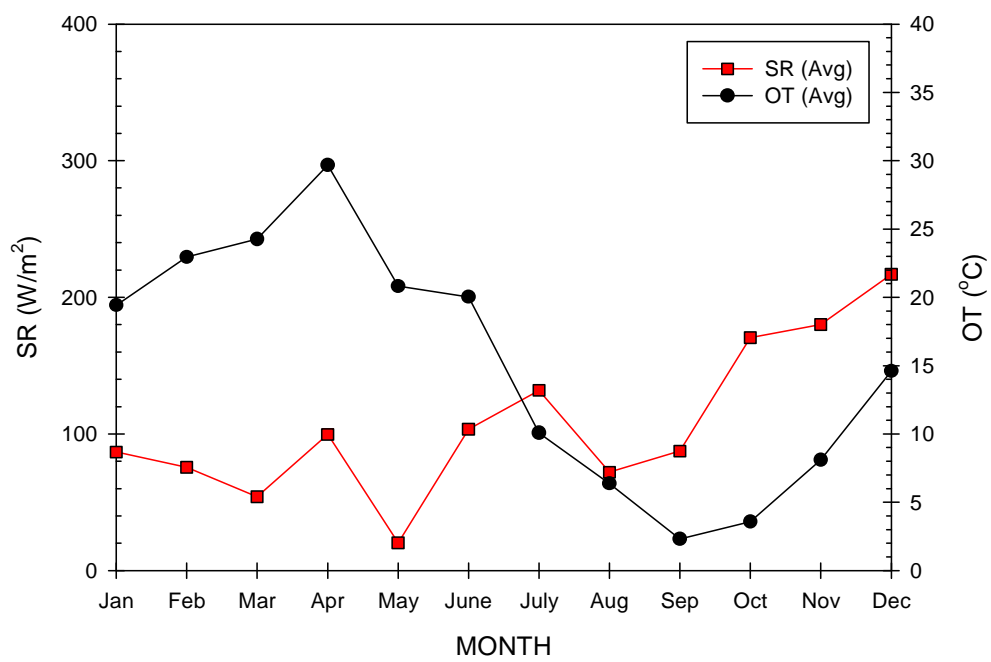


Fig. 69 The Solar Radiation and the Outside Temperature
 (Total Average)
 (2007.05~2008.04)

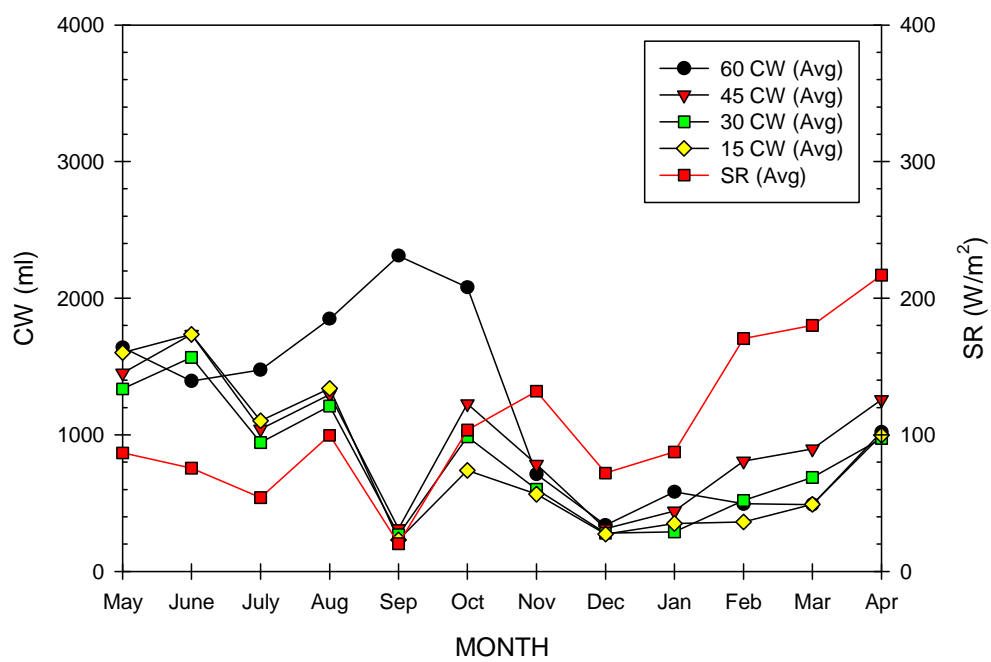


Fig. 70 The Condensed Water and The Solar Radiation (Total Average)
(2007.05~2008.04)

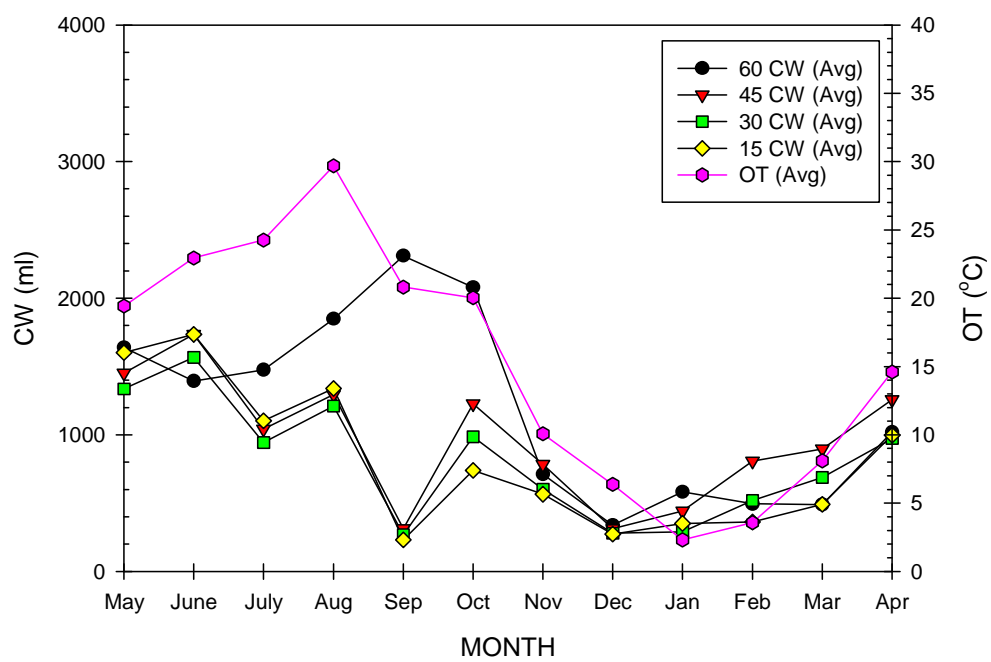


Fig. 71 The Condensed Water and the Outside Temperature
 (Total Average)
 (2007.05~2008.04)

3.3 응축수량에 따른 집열면적

Table. 3.1 The volume of classified by each structure(mm^3)

Part Angle	Surface Area of Water	Volume of Water	Air Space	Total
60°	720000	72000000	705184462	777904462
45°	720000	72000000	468000000	540720000
30°	720000	72000000	331061487	403781487
15°	720000	72000000	230815538	303535538

Table. 3.2 The volume of classified by each structural air space(mm^3) and condensed water($m\ell$)

Angle	Air Space (mm^3)	Total (mm^3)	Condensed Water in Spring ($m\ell$)	Condensed Water in Summer ($m\ell$)	Condensed Water in Autumn ($m\ell$)	Condensed Water in Winter ($m\ell$)	Average of Condensed water ($m\ell$)
60°	705184462	777904462	1749	1753	834	597	1233.25
45°	468000000	540720000	1747	1978	956	624	1326.25
30°	331061487	403781487	1886	2066	735	546	1308.25
15°	230815538	303535538	2012	2130	650	505	1324.25

위의 Table. 3.1에서 보듯이 각 장치에 72ℓ의 물을 채우고 실험을 시작하여, 물의 표면적으로부터 장치내의 제한된 공간으로 증발된 수분을 유리면에서 응축시키는 양을 측정함으로써 진행하였다.

각 장치는 같은 면적에 같은 양의 물을 채웠으므로 증발면적, 즉 물의 표면적과 체적은 모든 구조에서 동일하며, 입사각을 각각 60°, 45°, 30°, 15°로 제작함으로써 물이 차지하는 공간을 제외한 공간의 체적이 각기 다르다.

체적이 다른 정도와 계절에 따라 맑은 날씨에 생산된 응축수량을 경사각별로 Table 3.2로 나타냈다. 경사각이 60°의 경우 장치내의 물을 제외한 공간이 705184462mm^3 으로 45°의 468000000mm^3 로 약 1.5배, 30°의 경우 331061487mm^3 로 약 2.13배, 15°의 경우 230815538mm^3 로 약 3.06배 크다.

성인 기준 하루 평균 물 권장량 2ℓ를 기준으로 60°의 경우 총 체적이 777904462mm^3 에서 평균 1233.25(ml)를 생산하여 기준 2ℓ를 생산하기 위해서는 약 1261551935mm^3 의 체적이 필요고, 45°의 경우 약 705749293.1mm^3 , 30°의 경우 약 506113490.5mm^3 , 15°의 경우 348598131.8mm^3 의 체적이 필요할 것으로 추정된다.

우리나라의 홍수나 가뭄은 여름철에 주로 나타나므로 여름철에 가장 많은 응축수를 생산한 경사각이 15°인 경우가 가장 적합할 것으로 사료된다.

제 4 장 결 론

본 연구에서는 입사각이 60°, 45°, 30°, 15°의 경사면을 가진 육면체에서, 태양빛이 투과되는 경사면인 유리를 제외한 전체의 면을 단열시키고 흑색의 FRP로 제작된 태양열에 의한 증발장치에서 계절의 날씨에 따른 각 구조별 증발 및 응축현상을 실험하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

봄

1. 일조량이 거의 측정되지 않는 17시부터 20시까지 많은 응축수를 생산하였다.
2. 맑은 날씨의 경우 경사각이 60°의 경우 1749ml, 45°의 경우 1747ml, 30°의 경우 1886ml, 15°의 경우 2012ml를 생산하였으며 15°와 30°가 45°와 60°보다 더 많은 양의 응축수를 생산하였다.
3. 황사가 있는 날의 응축수 생산량은 경사각이 60°의 경우 308ml, 45°의 경우, 566ml, 30°의 경우 478ml, 15°의 경우 332ml를 생산하였으며, 다른 맑은 날보다 적게 생산되었다.
4. 내부의 상부 온도가 하부의 온도보다 낮아지는 시간대에 가장 많은 응축수를 생산하였다.

여름

1. 장마철이 있는 다른 계절보다 일조량이 적게 측정되었다.
2. 맑은 날씨에는 경사각이 60°의 경우 1753ml, 45°의 경우 1978ml, 30°의 경우 2066ml, 15°의 경우 2130ml를 생산하였으며 봄과 마찬가지로 경사각이 15°인 경우가 많은 응축수를 생산하였다.
3. 비가 오는 날인 경우 일조량은 거의 측정되지 않았지만 외기온도는 다른 계절에 비해 높았다.
4. 비가 오는 날에는 경사각이 60°의 경우 906ml, 45°의 경우 365ml, 30°의 경우 307ml, 15°의 경우 367ml를 생산하였으며 경사각이 60°인 경우에 많은 응축수를 생산하였다.

5. 갑작스런 소나기가 내린 경우 모든 경사각에서 응축수는 불규칙적으로 생산되었으며 경사각이 60°의 경우 2962ml, 45°의 경우 1209ml, 30°의 경우 1033ml, 15°의 경우 1300ml를 생산하였으며 경사각이 60°인 경우에서 응축수 생산량이 월등함을 알 수 있다.

가을

1. 맑은 날씨의 응축수 생산량은 경사각이 60°의 경우 834ml, 45°의 경우 956ml, 30°의 경우 735ml, 15°의 경우 650ml를 생산하였으며 경사각이 60°와 45°가 30°와 15°보다 많은 응축수를 생산하였다.

2. 봄이나 여름의 맑은 날씨에서는 경사각이 15°와 30°에서 많은 응축수를 생산하였지만, 가을의 경우 경사각이 45°와 60°에서 많은 응축수를 생산하였다.

3. 강수량이 많은 비가 오는 날의 경우 경사각이 60°의 경우 2962ml, 45°의 경우 1252ml, 30°의 경우 914ml, 15°의 경우 694ml를 생산하였으며, 경사각이 60°인 빗줄기가 끊어지기 전까지는 다른 경사각들과 비슷한 응축수를 생산하였지만 빗줄기가 끊어진 시간부터는 불규칙적으로 많은 응축수를 생산하였다.

겨울

1. 일조량은 여름보다 많았으나 외기온도는 낮았다.

2. 맑은 날씨의 응축수 생산량은 경사각이 60°의 경우 597ml, 45°의 경우 624ml, 30°의 경우 546ml, 15°의 경우 505ml를 생산하였으며 가을과 마찬가지로 경사각이 60°와 45°에서 많은 응축수를 생산하였다.

3. 폭설이 내린 날은 낮은 온도와 일조량이 없어 증발이 이루어지지 않아 응축수 생산이 없었으며, 그 다음 맑은 날씨의 응축수 생산량은 경사각이 60°의 경우 321ml, 45°의 경우 373ml, 30°의 경우 233ml, 15°의 경우 310ml를 불규칙적으로 생산하였다.

참 고 문 헌

1. Richard H. Pierce, L. Kellie Dixon, 1992, Innovative Solar Technologies Demonstration Program "A Solar Distillation Project" Mote Marine Laboratory Technical Report No. 280.
2. Robert E. Foster, Martin Romero, Sharon Eby-Martion, Gregory R. Vogel, Michael Cormier, William Amos, Vipin Gupta, 2002, American Solar Energy Society Reno, Nevada, "Solar Distillation Providing Potable Water for Border Colonias"
3. W.R.McCluney, 1984, "Solar Distillation of Water", Energy Note FSEC - EN - 80 February 1984.
4. Brace Research Institute, "How to make a Solar Still(Plastic-Covered), Do-it-Yourself Leaflet No, L-1, MacDonald College of McGill University, February 1973.
5. "Low Cost Portable Solar Still", Sunworld, Vol3, No.6, 1979, p172
6. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Solar Distillation and a Means of Meeting Small-Scale Water Demands, United Nations Sales Section, New York, 1790.
7. United States Department of the Interior, Office of Water Research and Technology, The A-B-C of Desalting, Superintendent of Documents, Government Printing Office, Washington D. C. 1977.
8. Campbell, George, "How To Get Pure Drinking Water From The Sun", Popular Mechanics, Volume 157, No.3, March 1982.
9. Halacy.D.S "How To Build And Use A Solar Still", Moter Earth News, No.29, September 1974, pp.72-74.
10. Hoew,D, "Water Spply and Sun Power", Naturalist, 1973, pp.22-29.
11. Howe, Everett D, "Solar Distillation of Water : An Introduction", Sunworld, Vol.6, No.1, 1982, pp.2-3.
12. Kettani.M,Ali, "Review of Solar Desalination", Sunworld, Vol.3, No.3, 1979.
13. Probststein, Ronald F. "Desalination", American Scientist, Vol.61, No.3, 1978, pp.280-293.
14. Takla, Assad, "Solar Water Distillation", Bulletin, New Mexico Solar Energy Association, Vol.3, No.10, 1978, pp.15-16.
15. Lourdes Garcia-Rodriguez, Carlos Gomez-Camacho, 1999, "Preliminary Design and cost analysis of a solar distillation system", Desalination 126,

1999, pp.109-114

16. A. E. KLabel, M. A. Rayan, "Theoretical and Experimental Investigation on the Influence of Still Glass Cover Cooling on Water Productivity"
17. Delyaannis. A. A., and Delyannis, E., "Solar Desalination", Desalination, 1984, Vol.50, pp.71-81.
18. Dunham, D. C., Fresh Water from the Sun, Agency for International Development, Department of State, Washington, D. C., 1978, p.133.
19. Koelzer, V. A., "Desaltin", National Water Commission, May 1972, p.134
20. Water Desalination Report, Maria Carmen Smith Publisher, PO Box 35-K, Tracey's Landing, MD20779.
21. 에너지관리공단, 1982, 한국 태양열 집열기 시공기능요원 교육교재,pp 36-51.
22. 태양에너지 이용 활성화에 따른 절감효과 분석 자료집 중 (2001. 1. 에너지대안 센터)

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 학문적 지도와 격려를 아낌없이 해주신 김병철 지도교수님께 깊은 감사를 드립니다. 아울러 본 논문의 심사를 맡아 조언과 격려를 해주신 홍석주 교수님, 이동석 교수님께도 진심으로 감사를 드리며 학위 과정동안 깊은 관심과 격려를 해주신 기계공학과 교수님들께도 깊은 감사를 드립니다.

대학원 생활에 디딤돌이 되어 준 선배이자 친구인 김진현이, 실험실에서 미우나 고우나 옆에서 도움을 많이 준 정현철 형, 실험실은 떨어져 있지만 많은 도움을 준 최병희 박사님, 김광호 박사님, 이승철 박사님께 깊은 감사를 드립니다. 늘 열심히 생활하는 후배이자 친구 같은 오정교 그리고 민관웅, 김미애, 유동가시화.광탄성.시스템제어.전산설계 실험실에서 생활하고 있는 모든 기계과 대학원 원우회원들 및 많은 도움을 준 첨단부품소재 인력양성 사업단 선생님들께도 감사의 말을 전합니다.

유년시절부터 나의 든든한 버팀목이 되어준 승욱이, 재경이, 재욱이, 광민이, 문수, 정근이, 찬호, 바른길로 인도해주신 서연수 선생님에게 감사의 마음을 전합니다.

학문에 정진할 수 있도록 모든 환경을 뒷받침 해주신 아버지, 어머니께 진심으로 감사드리며, 부족한 동생인 저를 이해해주고 따뜻하게 감싸준 형과 누나 그리고 형수님께 또한 감사의 말을 전합니다.

마지막으로 늘 용기와 격려, 희망을 준 사랑하는 이들에게 진심으로 감사드립니다.

2008년 열에너지 실험실
윤재원 올림

