

畜舍用 지붕材料的 輻射熱傳達에 關한 研究

A Study on Heat Transmission Through Roof Materials for Animal Structures

張 熙 大* · 金 文 基** · 高 在 君***
Hee Dai Jang , Moon Ki Kim , Chae Koon Koh

Summary

The objective of this study was to measure and compare the radiation heat load generated through a few chosen shade-materials that would protect animals from the direct solar radiation heat in summer condition.

The results obtained from this study are as follows;

1. when the materials were used in original state, the most effective material for radiation heat reduction was slate, followed by aluminum and galvanized steel successively.
2. The radiation heat load under the white top and black underside aluminum was 2.5 Cal. per hour per square cm less than that under the bare aluminum of their diurnal peak.
3. When the modified galvanized steel was used, the radiation heat load was reduced as much as 2.4 cal per hour per square cm by attaching plywood under the galvanized steel, 3.9 cal per hour per square cm by attaching plywood and coating white paint on the top of the galvanized steel. The galvanized steel covered by hay material shows similar result as that of the galvanized steel lined with plywood.
4. In case of slate, the radiation heat reduction value was increased by using bare slate, white top slate and white-top-black-underside slate in the descending order.
5. The calculated value of radiosity of inside surface of aluminum was about 20 percent of the radiation heat load, the reduced value of radiosity by coating paint was considered to be indirect indication of the effect of total radiation heat load reduction of painted surface.
6. About an hour of the time lag of radiation heat load peak on sept. 10 for slate materials should be investigated more comprehensively in future.

* 農村振興廳 農工利用研究所

** 忠北大學

*** 서울大學校 農科大學

I. 序 請

家畜의 環境에 對한 工學的인 研究對象中의 하나는, 어떻게 하던 經濟的으로 家畜의 生産環境을 人工的으로 造成시켜 줄수 있는나 하는 問題이다.

家畜의 生産環境은 季節的으로 또는 家畜의 種類에 따라 여러가지 側面이 있겠으나, 그 중에서 여름 酷暑中에 家畜이 露地에 放置되어 있는 環境에, 氣溫의 影響은 勿論 太陽光線에 直接 露出됨으로써 받는 輻射熱 負荷가 問題가 되고 있다.

이와 같은 輻射熱 負荷에 依한 不良한 生産環境을 人工的으로 修正시켜 주는 方法의 하나로 適當한 그늘을 形成시켜 주는 것이다.

그러나 이와 같은 그늘을 어떻게 어떠한 材料를 使用하여 形成시켜 주며, 또한 그 形成된 그늘에 依하여 얼마만큼 環境이 家畜에 快適하도록 修正되느냐 하는 것이 究明되어야 할 것이다.

本 論文에서는 몇가지 지붕 材料 및 塗色處理를 選定하여 縮少된 그늘 構造를 만들어서 材料 및 處理間의 輻射熱 負荷의 差異를 測定 및 推定함으로써 그늘 形成 設計의 資料에 供與하고자 하는 目的을 가지고 있다.

II. 研究史

Molenaar⁽¹⁾ 등은 1939年 農業建築 材料에 對한 溫度特性의 結果에 對한 論文을 發表했고, Ives⁽²⁾와 Cox⁽³⁾는 各各 1941年에 鋼鐵板 지붕斷面을 통한 뜨거운 熱의 移動에 影響을 주는 要素의 研究를 했는데 이러한 研究는 農業建築에서 지붕에서 熱의 吸收와 傳導에 依하여 變化하는, 豫期치 않은 内部溫度에 對한 疑問으로부터 始作했다. 이러한 論文들이 發表된 後 農業建築의 지붕 材料에 對한 여러 分野에서 的 研究가 活潑히 進行되었다.

Kelly⁽⁴⁾ 등은 그늘에서의 輻射熱에 關한 設計의 理論을 說明한 論文에서 輻射熱을 求하기 爲해 必要한 形態係數를 求하는 原理와 圖表를 作成했으며 輻射에너지는 그늘을 만드는 材料의 性質 뿐만 아니라 太陽과 天空으로부터의 強烈한 輻射量, 風速, 空氣 溫度等에 달려있다고 定義하였다.

繼續해서 Kelly⁽⁴⁾ 등은 6年後에 家畜이 太陽으로 부터 받는 輻射에너지의 3가지 根源을 太陽과 天空, 햇빛에 露出된 地面 및 地平으로 생각하고 草木으로 덮힌 곳의 輻射에너지는 土壤 表面에서의 輻射에너

지 보다 적다고 하였고 알미늄이나 아연판 材料의 그늘 下에서 지붕의 윗 表面을 희게 칠하고 아랫면 을 검게 칠한 結果値는 輻射熱의 負荷量을 減少시키 는데 도움을 준다고 하였다.

Dale⁽⁵⁾ 등은 지붕 材料에 對한 風速과 表面係數와 의 關係를 發表했으며, 여러가지 지붕 材料로 된 實際 建物과 實驗用 建物에서 溫度에 對한 理論的인 分析과 比較하였다. Buelow⁽⁶⁾는 太陽熱을 가장 많이 받는 지붕의 傾斜角을 緯度에 따라 알 수 있게 하였 으며, Parker⁽⁷⁾는 서로 다른 物理的인 環境下에서 家畜의 健康이 生産力에, 環境이 生産에 미치는 要因에 關하여 經濟的인 調節을 爲한 測定이라는 假定下에 家畜環境에 對하여 發表 하였다.

Bond⁽⁸⁾ 등은 그늘 材料의 設計와 理論, 여러 形態 의 그늘 材料의 影響, 그늘 높이의 效果, 그늘에 있 는 家畜과 太陽에 露出된 家畜이 받는 太陽熱과 輻射熱의 여러가지 理論과 設計에 對하여 發表하였다.

Dunkle와 Gier⁽⁹⁾는 2個의 Silver ball과 black ball 을 使用한 入射力(irradiation)의 測定 및 計算法을 開發하였다.

Bond⁽⁸⁾ 등은 畜舍 構造物內의 輻射熱 交換式, 對 流熱 交換式, 平均 輻射溫度를 求하는 式을 아래와 같이 提示하였다.

$$H_r = \epsilon \sigma (T_g^4 - T_a^4)$$

$$H_c = 0.169 \sqrt{V} (t_g - t_a)$$

여기서 H_r : 輻射熱交換量 Btu/hr. ft²

H_c : 對流熱交換量 Btu/hr. ft²

t_g : globe溫度 °F

t_a : 氣溫 °F

V : 空氣流速 ft/min

ϵ : 放射率 0.95

σ : Stefan-Boltzmann常數 0.1714×10^{-8}
Btu/hr °R⁴ ft²

$$T_g = t_g + 460 \text{ } ^\circ\text{R}$$

$$T_a = t_a + 460 \text{ } ^\circ\text{R}$$

$$T_s = t_s + 460 \text{ } ^\circ\text{R}$$

t_s : 平均輻射溫度 °F

t_s 는 위의 두式을 같게 놓으므로서

$$t_s = 100 \left[(T_g/100)^4 + 1.028 \sqrt{V} (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 460$$

III. 材料 및 方法

本 實驗을 遂行하기 爲한 構造物은 Fig.1과 같 이 設計하였으며, 그 尺寸은 70cm×80cm로 하였고

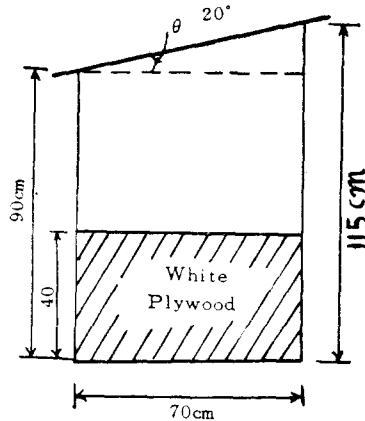


Fig. 1. Cross-section of experimental model structure

지붕 면적은 90cm×90cm로 하였다. Fig.1과 같은 구조물 9개를 동일한 치수로 제작하였으며, 지붕은 스테이트 지붕 3, 합석 지붕 4, 알미늄 지붕 2로 만들었으며, 각 구조물 밑 둘레에 흰색 칠을 한 합판을附着시켰는데 이것은 뜨거운 周邊地面으로부터의 輻射熱을 可能な 範圍에서 遮斷시켜 줌으로써, 材料의 處理 變化間의 遮熱效果를 抽出 測定하려는 目的이 있었다.

지붕의 낮은 면을 南쪽으로 향하게 하고 높은 면을 北쪽으로 향하게 한 것은, 傾斜를 줌으로써 太陽熱을 받는 面積을 넓게 해 주기 위한 것이다.

3개의 스테이트 지붕은 各 原狀 스테이트와 위를 흰 페인트 칠한 스테이트, 위를 회색 칠하고 아래면을 검은 페인트로 칠한 것으로 되어 있으며 합석은 합석 原狀과 합석에 합판을 附着시키고 위를 회색 칠한 것과, 합석 지붕 위에 乾草를 덮은 것으로 되어있으며, 알미늄판 지붕의 境遇는, 알미늄 原狀과 위를 회색 칠하고 아래를 검은 칠한 알미늄板이 사용되었으며, 各 構造物의 配置는 各 各이 서로 輻射熱에 影響을 주지 않을만큼 充分한 距離를 주었다.

使用된 페인트는 外部 白色 에나멜 페인트와 外部 黑色 에나멜 페인트로 한결 칠하였다. 使用된 各 材料의 두께는 Table-1과 같다.

Table-1. Thickness of material used.

Material	Aluminum	Galvanized Steel	Plywood	Slate	Hay
Thickness (mm)	0.5	0.4	0.32	4.5	20

溫度 測定의 迅速, 正確性을 기하기 위하여 實驗에 適合하게 設計製作된 열전대(Thermocouple)를 使用하였다. (Fig.2).



Fig. 2. Temperature measuring devices

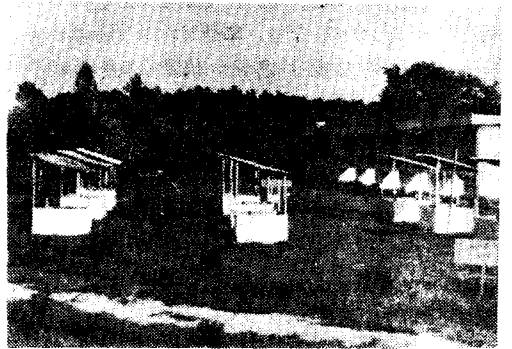


Fig. 3. General view of experiment

測定 範圍는 0°C에서 100°C까지이며, 誤差의 限界는 ±0.5°C 以內이다. Black globe는 直徑 9cm, 두께 0.2mm의 銅球의 外部에 검은색 에나멜 페인트를 칠하여 使用하였는데, 이것은 各 各의 構造物 中央支點에서 20cm 떨어진 位置에 固定시켰으며, 純輻射熱 負荷量의 測定을 爲하여 地上에서 80cm 높이에 한箇의 Black globe를 設置하였다. 風速과 日射量의 測定을 爲하여 風向風速計와 係數 0.509인 로비치 日射計를 使用하였으며, 氣溫의 測定을 爲하여는 自記溫濕度計를 使用했고, 그 外에 氣象資料는 實驗 圃場에서 1.5km 떨어진 淸州 測候所의 資料를 利用했으며, Black globe 溫度는 열전대를 Black globe 中間地點에 넣어서 指示計를 읽었으며, 지붕 表面溫度는 열전대를 内部 지붕 表面(지붕의 中央地點)에 附着시켜 指示計를 읽었다.

實驗期間은 9月 6일부터 11일까지 하였으며, 期間內에 9月 8日은 午前中 비오고 午後는 흐렸으므로 實驗目的에 附合하지 않아 除外하였다.

IV. 結枝 및 考察

1. 氣象條件과 測定溫度

構造物內의 輻射熱 負荷量에 影響을 미치는 日射量, 風速, 日照時間, 氣溫은 Table-2, Table-3, Table-4, Table-5와 같다. (단 溫度를 除外하고 表示 時刻 前後 30分에 걸친 1時間 동안의 평균치임)

Table-2. Average intensity of solar and sky radiation on the horizontal surface.

Date	Time					
	10 : 30	11 : 30	12 : 30	13 : 30	14 : 30	15 : 30
9.6	33.1	32.7	37.0	35.2	24.8	16.6
9.7	27.5	36.0	35.8	34.6	25.4	8.9
9.9	22.8	14.5	16.1	15.3	23.6	22.3
9.10	25.9	35.2	36.6	35.2	32.1	24.8
9.11	32.7	36.2	31.9	18.8	11.2	6.6

Table-3. Average Air Velocity (m/sec)

Date	Time					
	10 : 30	11 : 30	12 : 30	13 : 30	14 : 30	15 : 30
9.6	1.7	2.0	1.3	1.3	1.0	0.8
9.7	3.0	5.0	3.7	3.0	2.0	3.3
9.9	1.7	1.3	2.3	3.0	2.7	5.8
9.10	6.5	4.7	6.0	7.0	6.5	7.3
9.11	5.0	6.0	5.3	5.7	3.5	4.0

Table-4. Duration of Sunshine (0.1hr)

Date	Time					
	10 : 30	11 : 30	12 : 30	13 : 30	14 : 30	15 : 30
9.6	10	10	10	10	10	10
9.7	10	10	10	10	7	1
9.9	10	3	0	1	10	10
9.10	10	10	10	10	10	10
9.11	10	10	5	1	0	0

Table-5. Air Temperature (°C)

Date	Time					
	10 : 30	11 : 30	12 : 30	13 : 30	14 : 30	15 : 30
9.6	21.5	23.6	25.9	26.7	26.8	27.5
9.7	25.1	27.4	27.9	28.9	28.9	28.1
9.9	19.2	21.0	22.4	22.7	23.9	24.5
9.10	22.4	23.5	24.3	25.0	25.5	25.5
9.11	22.0	23.0	24.3	34.3	23.3	22.4

Black globe 溫度와 地覆 表面溫度는 9月 6日 부터 11日까지 平均值와 9月 10日의 값을 選擇하였는데, 9月 10日을 따로 選擇한 理由는 日照率이 100% 였고 바람이 平均보다 強한 날이었기 때문이다.

Table-6은 9月 6일부터 11日까지의 地覆 表面溫度의 平均值이고, Table-7은 9月 10日의 地覆 表面溫度이다. Table-8은 9月 6일부터 11日까지의 Black globe 溫度平均值이고, Table-9는 9月 10日의 Black globe 溫度이다. Table-10은 直射輻射量을 計算하기 爲한 Black globe溫度이다.

Table-6. Roof inside surface temperature (°C)

Sept. 6~11

Material	Time					
	10 : 30	11 : 30	12 : 30	13 : 30	14 : 30	15 : 30
Slate	29.8	34.3	36.0	34.5	37.7	32.0
Slate (white top)	29.3	30.6	31.3	31.5	29.5	29.7
Slate (white top black underside)	27.5	29.8	30.3	30.5	28.7	27.9
Galvanized Steel	40.3	42.0	42.9	41.5	41.1	35.0
Galvanized Steel+Plywood	34.3	35.7	37.1	36.7	35.2	31.4
Galvanized Steel+Plywood(white top)	30.2	33.5	35.3	33	33.5	28.9
Hay→galvanized Steel	32.6	34.1	36.2	37.9	35.3	34.4
Aluminum	33.7	35.5	38.2	36.1	35.5	34.3
Aluminum (white top, black underside)	31.8	33.4	37.0	34.7	34.6	31.6

Table-7. Roof inside surface temperature (°C) Sept. 10

Material	Time					
	10 : 30	11 : 30	12 : 30	13 : 30	14 : 30	15 : 30
Slate	25.5	34.0	35.5	35.0	25.0	27.0
Slate(white top)	24.5	27.0	29.0	32.5	28.5	27.0
Slate(white top black underside)	23.0	26.0	28.0	30.0	27.5	24.5
Galvanized Steel	29.0	44.0	41.0	38.0	34.0	35.5
Galvanized Steel+Plywood	28.0	30.8	34.0	29.0	27.5	28.0
Galvanized Steel+Plywood(white top)	25.0	30.0	32.0	30.0	29.5	28.5
Hay+Galvanized Steel	25.5	27.3	34.0	33.5	34.0	34.0
Aluminum	25.0	29.0	36.0	33.0	34.0	33.0
Aluminum(white top black underside)	23.5	28.0	36.0	33.6	33.5	28.0

Table-8. Black globe temperature(°C) Sept. 6~11

Material	Time					
	10 : 30	11 : 30	12 : 30	13 : 30	14 : 30	15 : 30
Slate	30.0	30.6	31.7	32.3	29.1	29.8
Slate(white top)	29.7	30.0	31.2	32.1	28.8	29.7
Slate(white top, black undreside)	28.7	29.4	30.1	30.4	28.1	28.3
Galvanized Steel	32.6	33.3	34.8	33.8	32.8	31.4
Galvanized Steel+Plywood	30.9	31.1	33.1	35.6	31.7	29.9
Galvanized Steel+Plywood(white top)	29.5	30.4	33.2	31.1	31.0	28.3
Hay-galvanized Steel	30.2	31.2	33.3	31.9	31.2	30.9
Aluminum	31.4	30.6	34.8	32.8	32.1	31.5
Aluminum(white top, black underside)	29.9	29.6	32.6	31.0	30.7	27.6

Table-9. Black globe temperature (°C) Sept. 10

Material	Time					
	10 : 30	11 : 30	12 : 30	13 : 30	14 : 30	15 : 30
Slate	25.5	28.5	29.0	32.3	29.8	27.5
Slate(white top)	25.0	26.8	28.0	31.0	28.8	27.0
Slate(white top, black underside)	24.0	26.0	27.5	30.0	28.8	26.0
Galvanized Steel	28.0	32.0	32.0	31.0	30.0	30.5
Galvanized Steel+Plywood	26.5	29.3	30.5	28.8	29.0	28.0
Galvanized Steel+Plywood(white top)	24.5	29.0	30.0	28.0	27.5	27.0
Hay+Galvanized Steel	24.5	26.5	27.5	28.0	29.0	29.0
Aluminum	25.0	29.0	30.5	28.0	26.9	27.1
Aluminum(white top, black underside)	23.8	28.0	29.0	26.8	25.4	24.9

Table-10. Temperature of black globe exposed to sunshine(°C)

Date	Time					
	10 : 30	11 : 30	12 : 30	13 : 30	14 : 30	15 : 30
9.6~11	36.1	40.7	40.5	40.0	37.7	34.3
9.10	27.5	34.0	36.0	35.0	34.0	33.0

2. 計 算

(1) 輻射熱計算

輻射熱 負荷의 推定値는 Bed for와 Warner의 方程式을 利用하여 算出하였다.

輻射熱의 負荷量을 簡略하게 $Q = \sigma T^4$ (T: Globe 絶

畜舍用 地氈材料의 輻射熱傳達에 關한 研究

對溫度, σ : Stefan-Boltzmann 常數)로 計算할 수도 있지만, 輻射熱 負荷量을 正確히 計算하려면 一般的으로 아래의 方程式을 使用한다. (4)

$$Q = \sigma T_g^4 \div 0.178 \sqrt{V} (t_g - t_a) + \sigma T_g^4$$

Q : 輻射熱 負荷量(Btu/hr-ft²)
 t_g : Black globe 溫度(°F)
 t_a : 氣 溫(°F)
 V : 風 速(ft/min)
 T_g : 平均輻射의 絶對熱度(°R)
 σ : Stefan-Boltzmann 常數
 0.1714×10^{-8} Btu/hr-(deg R)⁴-ft²

T_g : $t_g + 460$ °R
 T_a : $t_a + 460$ °R

이 公式으로 計算한 값은 Btu/hr-ft²이므로 이 단위를 C.G.S. 단위로 고치기 위하여 換算計數 Btu/hr-ft²=0.271 cal/hr-cm²를 使用하였다. 그리고

지붕 表面의 래디오시티(Radiosity)의 計算에는 다음의 近似式을 使用하였다.

$$J = \epsilon \sigma T^4$$

여기서 J : 래디오시티 Btu/hr ft²

ϵ : 방사계수
 σ : Stefan-Boltzmann 상수
 T : 지붕의 表面溫度(°R)

위의 래디오시티 計算에 使用한 近似式은 래디오시티에 對한 式 $J = \epsilon E_b + \rho \epsilon$ 에서 本計算에서는 ϵ (irradiation)을 無示하였고 理想放射體의 방사에너지 E_b 는 σT^4 으로 近似值를 計算하였다.

위에서 주어진 式들에 의하여 計算된 輻射熱負荷量은 Table-11, Table-12에 주어진 바와 같고, 直射輻射熱負荷量은 Table-13, 알미늄材料에 대한 래디오시티는 Table-14, Table-15에 각각 주어져 있다.

Table-11. Radiation Heat Load(cal/hr-cm²)

Sept. 6~11

Material	Time					
	10 : 30	11 : 30	12 : 30	13 : 30	14 : 30	15 : 30
Slate	49.1	48.5	50.3	49.8	44.3	45.3
Slate(white top)	48.6	47.6	49.6	49.8	43.8	45.2
Slate(white top black underside)	47.6	46.9	48.3	46.9	42.9	43.2
Galvanized Steel	52.3	52.9	53.9	51.7	49.6	47.7
Galvanized Steel+Plywood	50.7	49.4	51.1	49.4	48.1	45.6
Galvanized Steel+Plywood (white top)	48.4	48.3	49.7	47.9	47.2	43.2
Hay+galvanized Steel	49.4	49.6	51.4	49.2	47.3	47.1
Aluminum	51.4	48.7	53.6	50.7	48.3	47.7
Aluminum(white top, black underside)	48.9	46.7	50.3	47.9	46.6	45.2

Table-12. Radiation Heat Load(cal/hr-cm²)

Sept. 10

Material	Time					
	10 : 30	11 : 30	12 : 30	13 : 30	14 : 30	15 : 30
Slate	43.2	47.1	48.0	52.9	45.7	43.2
Slate(white top)	42.3	43.6	45.1	50.3	43.9	42.2
Slate(white top, black underside)	40.6	42.3	44.3	48.4	43.8	40.3
Galvanized Steel	46.6	52.1	52.2	49.0	48.3	48.8
Galvanized Steel+Plywood	44.9	47.7	49.6	45.9	45.7	44.1
Galvanized Steel+Plywood(white top)	41.4	47.2	48.6	44.7	43.0	42.2
Hay+Galvanized Steel	41.4	43.2	44.3	45.8	45.7	46.0
Aluminum	42.3	47.2	49.6	47.1	44.9	44.6
Aluminum(white top, black underside)	39.3	45.6	46.9	44.6	42.6	42.6

Table-13. Direct Radiation Heat Load(cal/hr-cm²)

Date	Time 10 : 30		11 : 30		12 : 30		13 : 30		14 : 30		15 : 30	
	9.6~11	58.6	65.1	65.2	62.9	59.5	51.7					
9.10	46.8	55.4	59.6	59.9	54.9	53.6						

Table-14. Radiosity(cal/hr-cm²)

Sept. 6~11

Material	Time 10 : 30		11 : 30		12 : 30		13 : 30		14 : 30		15 : 30	
	Aluminum	9.4	9.7	10.1	9.7	9.8	9.6					
Aluminum (white top, black underside)	7.3	7.5	7.8	7.6	7.6	7.3						

Table-15. Radiosity(cal/hr-cm²)

Sept. 10

Material	Time 10 : 30		11 : 30		12 : 30		13 : 30		14 : 30		15 : 30	
	Aluminum	8.4	8.9	9.8	9.4	9.5	9.4					
Aluminum (white top, black underside)	6.6	6.9	7.7	7.4	7.5	6.9						

3. 考察

a) Black globe 周圍의 輻射熱

Black globe 周圍의 輻射熱 本포상황은 Radiometer

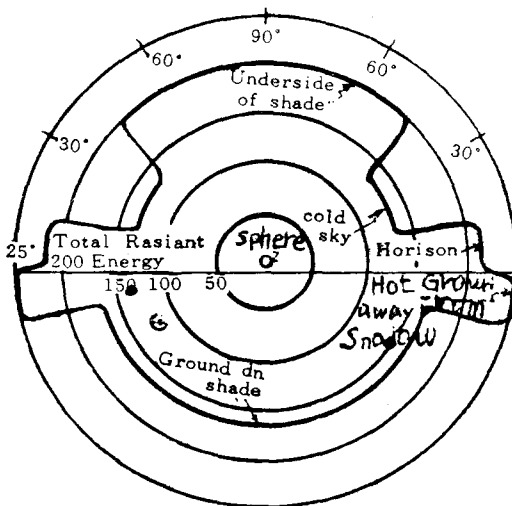


Fig. 4. Diagram indicating general magnitude of energy emission by different parts of surround making up radiation environment for animals under shade, as measured by directional radiometer

의 測定으로 알 수 있는데, 一般的으로 内部 周圍 是 完全히 다른 유형으로 分割된다고 알려져 있다. 即 그늘이 形成된 地面, 그늘 周圍의 뜨거운 地面, 地平, 天空, 그늘 材料인데 이것은 Fig. 4의 도표에서 보는 바와 같이 各기 다른 部位의 현저하게 다른 輻射熱分布의 特性을 보여주고 있다. 그러나 5部分의 輻射 에너지의 效果는 그늘을 만드는 材料의 性質뿐만 아니라 太陽의 強烈한 輻射量과 風速, 氣溫等에 달려 있다.

b) 日射量과 直射輻射量

日射量 및 輻射熱 負荷量에 있어서 9月 10日 單日 值와 5日間의 平均値를 比較 한 것이 Fig. 5에 나타나 있다. 9月 10日의 日射量이 9月 6日 부터 11日 까지의 日射量 보다도 平均 6cal/hr-cm² 만큼이나 많았음에도 불구하고, 輻射熱 負荷量이 平均 9cal/hr-cm² 낮은 理由는 Table-3에서 보는 바와 같이 輻射熱 負荷量에 絶對的 要因이 되는 風速의 影響때문으로 추정된다. 即 9月 6일부터 11日 사이의 平均 風速은 3.6m/sec 이었고, 9月 10日의 平均

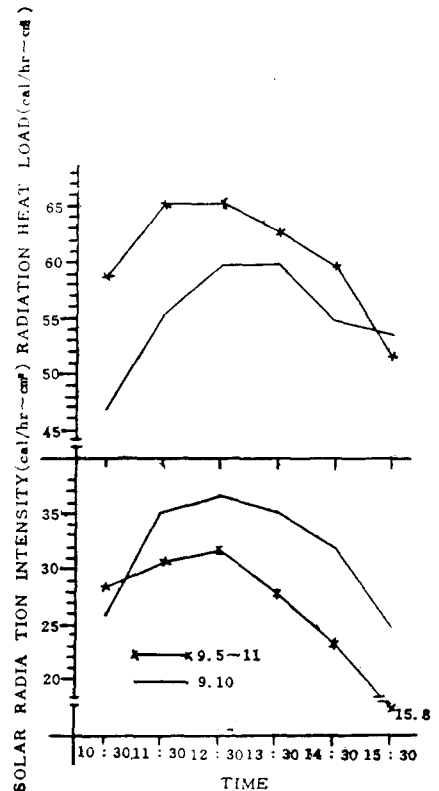


Fig. 5. Diurnal Solar Radiation and Direct Radiation Heat Load

風速은 6.3m/sec로 平均 2.7m/sec 만큼 더 強하였으
며, 時間別로는 最少 0.9m/sec에서 最大 3.9m/sec
強하였으므로 9月 10日의 直射輻射熱 負荷量이 낮은
것은, 다른 因子보다도 風速의 影響을 크게 받은것
으로 생각된다. 特히 輻射熱 負荷量의 差異가 午後
로 갈수록 점점 줄어든 것은 午後에는 周圍의 地

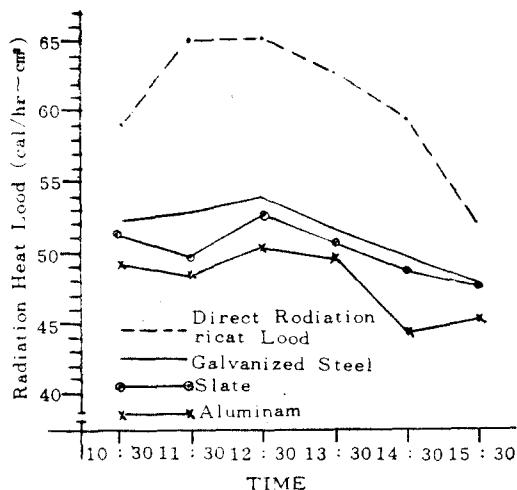


Fig. 6. Diurnal Radiation Heat Load for Three Shade Materials (average value from Sept. 6 to Sept. 11)

面, 地平, 天空으로부터의 輻射熱이 증가했음을 意味한다.

c) 그늘 밑에서의 輻射量 負荷

스레이트, 합석, 알루미늄판을 그늘 材料로 使用한 境遇에 對한 輻射熱 負荷量이 Fig. 6과 Fig. 7에 나타나 있다. Fig. 7은 바람의 影響을 比較的 많이

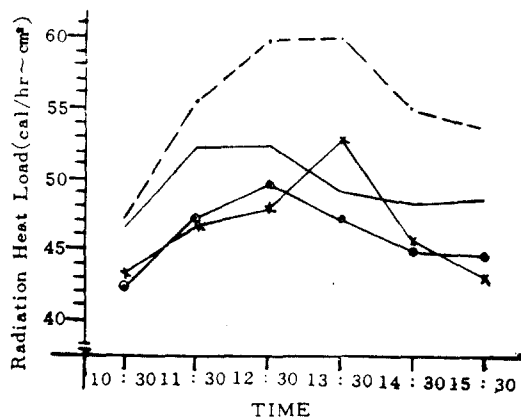


Fig. 7. Diurnal Radiation Heat Load for Three shade materials (Sept. 11)

받고 있는 9月 10日에 對한 것이고 Fig. 6은 試驗 期間의 平均値를 나타낸 것이며 當該 期間의 直射

輻射熱 負荷를 점선으로 表示하였다. 輻射熱 負荷 量은 대체로 12時 30分에 最大를 나타내고 있으나, 스테이트 材料 9月 10日의 境遇는 最大値가 한時間 지연되어 나타나고 있는데 이는 다음에 나오는 資料와 함께 論議하고자 한다.

試驗期間의 平均 輻射熱 負荷量을 直射 輻射熱

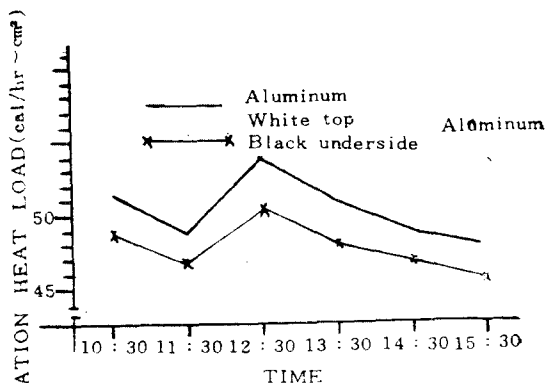


Fig. 8. Diurnal Radiation Heat Load for Aluminum (average from Sept. 6 to Sept. 11)

負荷量과 比較할때 (12時 30分 값) 합석板의 境遇 直射 輻射熱 負荷量의 83%, 알루미늄板의 境遇 81%, 스테이트板의 境遇 77%로써 스테이트板의 輻射熱 遮斷效果가 가장 크고, 알루미늄板, 아연도鋼板 順으로 輻射熱 遮斷效果를 나타내고 있다. 輻射熱 負荷 量의 平均 差異도 9月 6日에서 11日 사이의 境遇는 합석에 비해 알루미늄이 3.7cal/hr-cm², 스테이트가 3.0cal/hr-cm²로 遮熱效果를 나타내고 있다.

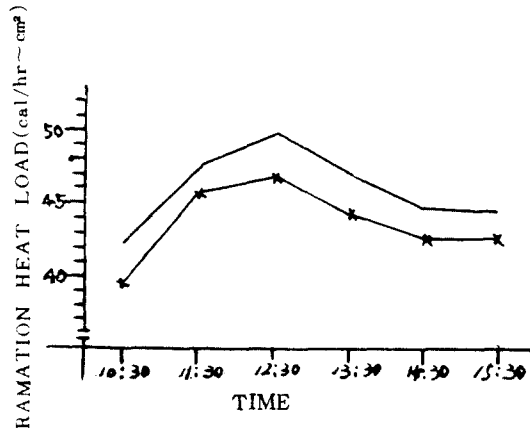


Fig. 9. Diurnal Radiation Heat Load for Aluminum (Sept. 10)

d) 그늘 재료의 處理間의 輻射熱 負荷量의 比較
 알루미늄板에 페인트 處理를 한 境遇에 對하여 輻射熱 負荷量의 減少 效果를 보기 爲한 試驗結果가 Fig. 8 및 Fig. 9에 주어져 있다. Fig. 8 및 Fig. 9는 各各 試驗期間 平均值와 9月 10日 單日值를 表示한 것으로서, 平均值의 境遇 페인트 處理를 한 境遇가 페인트 處理하지 않은 境遇보다 平均 2.5 cal/hr-cm²의 輻射熱 負荷量의 減少를 보이고 있다. 輻射熱의 peak를 나타내는 12時 30分에는 3.3 cal/hr-cm²의 差異를 나타내었다.

이와 같이 輻射熱 遮斷效果는 外部 白色 및 內部

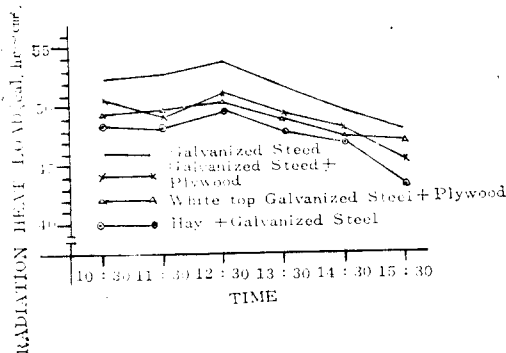


Fig. 10. Diurnal Radiation Heat Load for Galvanized Steel (average from Sept. 6 to Sept. 11)

效果가 平均的으로 비슷하게 나타났고 아연도강판보다 2.4 cal/hr-cm²의 減少를 보였으며, 아연도강판에 합판을 附着하고 흰 페인트 處理한 境遇는 3.9 cal/hr-cm²의 輻射熱 負荷의 減少를 보여 역시 흰

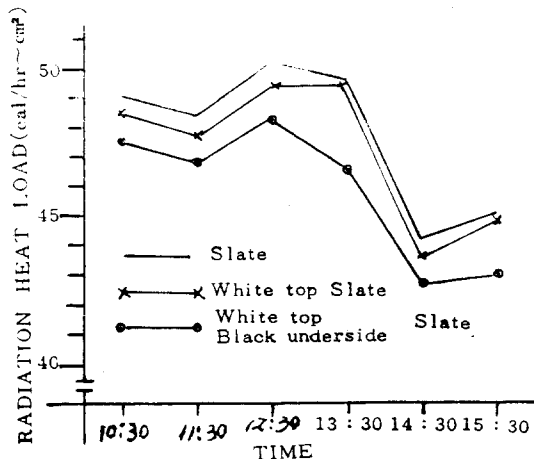


Fig. 12. Diurnal Radiation Heat Load for slate (average from Sept. 6 to Sept. 11)

黑色 페인트 處理의 反射 및 吸收의 作用으로 인한 結果로 생각된다. 9月 10日 單日值의 境遇도 日平均 2.4 cal/hr-cm², 均輻射熱 peak인 12時 30分에는 2.7 cal/hr-cm² 만큼 페인트 處理의 境遇가 遮熱 效果가 있었다.

아연도강板的 境遇 4가지 處理, 即 원상 아연도강판, 아연도 강판에 합판을 附着, 아연도강판에 합판을 附着하고 表面에 白色 페인트 및 아연도강판 위에 乾草를 덮은 것에 對한 輻射熱 負荷量의 日中變化가 Fig. 10, Fig. 11에 주어져 있다.

아연도강판에 합판을 附着시킨 것과 乾草를 덮은

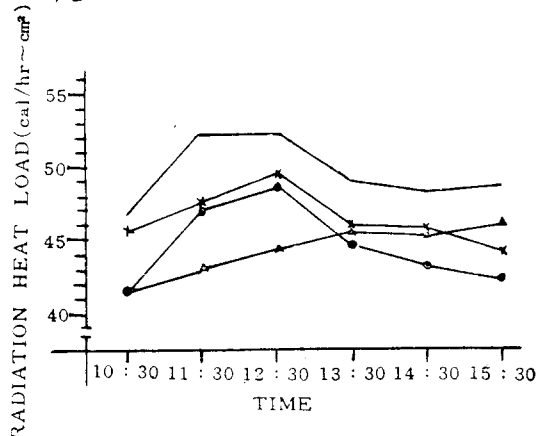


Fig. 11. Diurnal Heat Load for Galvanized steel (Sept. 10)

페인트의 反射效果를 나타내 주고 있다. 9月 10日 測定值에서 乾草를 덮은 것의 試驗值는 特殊한 現象을 보이고 있는데, 이는 여러가지 複合的인 要因에 依한 것 이므로 더 研究하여 究明해야 할 問題이다.

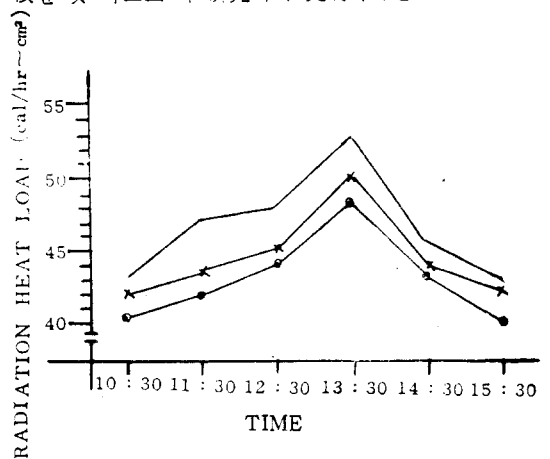


Fig. 13. Diurnal Radiation Heat Load for slate (Sept. 10)

Fig. 12와 Fig. 13의 境遇는 스테이트 지붕에서 스테이트 지붕과 스테이트 위를 회계 칠한 지붕과, 스테이트 지붕의 위를 회계 칠하고 아랫면을 검게 칠한 지붕의 境遇이다.

이들의 境遇에서도 原狀스테인 지붕보다 스테이트 지붕에 흰 페인트 칠한 것이 遮熱效果가 좋고, 스테이트 윗면을 회계 칠하고 아랫면을 검게 칠한 것에서 遮熱效果가 가장 좋은 것으로 나타나 있다.

그 遮熱效果는 實驗期間 平均, 原狀스테인보다 윗 면을 회계 칠한 것이 0.4cal/hr-cm^2 , 윗 면을 회계 칠하고 아랫면을 검게 칠한 것이 1.9cal/hr-cm^2 의 遮熱效果를 나타냈으며, 9월 10日 單日值의 境遇는 原狀 스테이트 보다 윗 면을 회계 칠한 것이 2.1cal/hr-cm^2 , 윗면을 회계 칠하고 아랫면을 검게 칠한 것이 3.4cal/hr-cm^2 의 遮熱效果를 나타냄으로써, 확실히 맑은 날에는 페인트를 칠한 境遇의 遮熱效果가 더 優秀 함을 알 수 있다.

스테인판에 있어서, 9월 10日 單日值의 境遇 앞에서 言及한바와 같이 輻射熱 負荷量의 Peak 값이 12時 30分 보다 約 한時間 遲延된 13時 30分에 顯著하게 나타나고 있는데, 이는 單純한 原因을 말하기 어려움으로 앞으로의 研究對象으로 남겨 놓겠다.

지금까지의 結果를 볼때 뜨거운 여름철에 家畜에게 生産力과 安樂感을 주기 위하여, 輻射熱 負荷量을 減少시켜 주기 위한 어떠한 그늘 材料이든지 그 그늘 材料 元來의 狀態보다는 윗 면을 흰 페인트로 칠한 것이 遮熱效果가 좋고, 윗 면을 회계 칠하고 아랫 면을 검게 칠한 境遇가 가장 遮熱效果가 높다는 것을 알 수 있다.

即 알미늄 지붕과 스테이트 지붕에서, 윗 면을 회계 칠하고 아랫면을 검게 칠한 지붕은 原狀보다 平均 2.8cal/hr-cm^2 만큼의 遮熱效果를 가져옴으로써 아연도강판에 합판을 附着시킨 것과 같은 效果를 나타내었다. 原狀 아연도강판 지붕의 境遇는 遮熱效果도 낮고, 實驗期間을 통한 觀察에 依하면 아연도강판 지붕은 強烈的 日射에 依해 鍍金이 벗겨져 腐蝕되는 短點이 있었다. 스테이트 지붕과 알미늄판 지붕은 아연도강판 지붕에 비해 遮熱效果가 相當히 좋았으며, 持히 알미늄판 지붕은 그늘면의 輻射熱 負荷量도 적고 壽命도 길며 가볍기 때문에 利用 可能性이 높을 것으로 생각된다.

e) 알미늄 지붕의 래디오시티(Radiosity)

세가지 지붕 材料中 遮熱效果가 持히 優秀한 알

미늄판 지붕의 入射力과 래디오시티(Radiosity)를 알미늄판 原狀의 지붕과, 알미늄판에 윗 면을 회계 칠하고 아랫면을 검게 칠한 狀態의 計算은 Table-14, Table-15에서 보는 바와 같다. 알미늄판 지붕의 래디오시티(Radiosity)는 試驗期間 平均值가 9.7cal/hr-cm^2 , 9월 10日의 單日值의 境遇는 9.2cal/hr-cm^2 로써 알미늄판에 對한 輻射熱 負荷量의 約 20% 였으며, 알미늄판에 윗면을 회계 칠하고 아랫면을 검은 페인트로 칠한 지붕의 平均值가 7.3cal/hr-cm^2 로 輻射熱 負荷量의 16.4%를 나타내고 있다. 輻射熱 負荷量이 가장 많았던 12時 30分의 境遇에도 原狀 알미늄판 지붕의 平均值가 10.1cal/hr-cm^2 로 輻射熱 負荷量의 18.8%, 9월 10日은 9.8cal/hr-cm^2 로 輻射熱 負荷量의 19.7% 였으며, 알미늄판의 윗면을 흰색 페인트, 아랫면을 검은색 페인트를 칠한 境遇는 9월 6日 부터 11日 사이에 平均 7.8cal/hr-cm^2 로 輻射熱 負荷量의 15.6% 였으며 9월 10日은 平均 7.7cal/hr-cm^2 로 輻射熱 負荷量의 15.6%를 나타내고 있었다.

알미늄판에 페인트 處理를 한 境遇에 래디오시티(Radiosity)가 減少되는 現象은 輻射熱 負荷量의 減少 原因을 間接的으로 說明하여 주고 있는 것이다.

摘 要

여름철 太陽의 直射熱로 부터 家畜을 保護하기 爲하여 그늘을 形成시켜 주는 境遇에 그늘 材料로 選定된 몇가지 材料에 對하여 模型을 만들어서 輻射熱 負荷量(Radiation Heat Load)을 測定하여 分析한 바 結果는 다음과 같이 綜合할 수 있다.

1. 選定된 材料를 原狀대로 그늘 材料로 使用하였을 境遇, 스테이트가 가장 遮熱效果가 좋았고, 알미늄, 아연도강판의 順序였다.
2. 原狀 알미늄판에 비해, 알미늄판에 윗면 흰색 페인트, 아랫면에 검은색 페인트 칠을 하였을 境遇가, 輻射熱 負荷의 peak에서 2.5cal/hr-cm^2 가 減少하는 遮熱效果를 보였다.
3. 아연도강판에 합판을 附着시킨 境遇 2.4cal/hr-cm^2 의 輻射熱 負荷의 減少를 보였고, 아연도강판에 합판을 附着하고 윗면에 흰 페인트를 칠한 境遇는 3.9cal/hr-cm^2 의 減少를 보였다. 아연도강판에 乾草를 덮은 境遇는 아연도강판에 합판을 附着시킨 境遇와 類似하였다.
4. 스테이트, 스테이트 윗면에 흰페인트 칠한것,

스레이트 윗면에 흰 페인트 아랫면에 검은 페인트 칠한 것은, 順次的으로 輻射熱 遮熱效果를 보였다.

5. 알미늄 材料를 選定하여 内部 表面 래디오시티(Radiosity)를 계산한 結果는 輻射熱 負荷量의 約 20% 이었고, 페인트 處理에 依한 래디오시티의 減少는 輻射熱 負荷量의 減少를 間接的으로 表示해 주고 있다.

6. 스테이트의 境遇 特定日에 輻射熱 負荷量의 peak가 한 時間 정도 遲延된 것은 앞으로 더 調査해 볼 問題이다.

引用文獻

1. Alvin C, Dale and Henry Giese (1953)
Effect of roofing materials on temperatures in farm building under summer condition.
Agricultural Engineering Vol. 34. p.p 168~177.
2. Baker V.H, Davis R.B. and Canon B.M. (1951)
Thermocouple switching assembly for recording potentiometer.
Agricultural Engineering. Vol. 32 p.p550~552.
3. Bond T.E. Kelly C.F. and Ittner N.R.(1954)
Radiation studies of painted shade materials.
Agricultural Engineering Vol. 35 pp. 389~392
4. Bond T.E and Kelly C.F. (1955)
The grobe thermometer in agricultural research.
Agricultural Engineering Vol. 36 pp. 251~255
5. Bond J.E. and Neubauer L.W. Givens R.L. (1976)
The influence of slope and orientation on effectiveness of livestock shades.
Transaction of the ASAE Vol. 19 No. 1 pp. 134~137
6. Bruhn H.D.(1950)
How to maintain a thermocouple of wet-bulb temperature.
Agricultural Engineering. Vol. 31 pp. 550~552
7. Buelow F.H. (1962)
Solar energy collector design.
Transactions of the ASAE Vol.5 No. 1 pp. 1~5
8. Cox Wansley Howard. (1939)
A Study to temperature under various sheet steel roof section
Iowa State College Library.
9. Dukle R.V. and Giet T.J. (1954)
The ball (total spherical) radiometer.
Agricultural Engineering. Vol. 35 pp. 738
10. Holman J.p.
Heat transfer.
Mc Grow-Hill pp. 235~298, 440~441
11. Ives, Norton C.(1939)
Factors affecting heat flow through roof section covered with sheet steel
Iowa State College Library
12. Kelly C.F. and Ittner N.R.(1948)
Artificial shades for livestock in hot climates.
Agricultural Engineering Vol. 29. pp. 239~250.
13. Kelly C.F and Ittner N.R. and Bond J.E. (1950)
Thermal design of livestock Shades.
Agricultural Engineering Vol. 31. pp. 601~606.
14. Molenaar, Albert and Perry P.L (1939)
Flow of heat through roofs.
Agricultural Engineering Vol. 20 pp. 221~224.
15. Parker E.F (1963)
Heat transmission characteristics of sloped roof exposed to solar radiation.
Transactions of the ASAE. Vol. 6 No. 1 pp. 1~5.
16. Threlked J.L
Thermal enviromental engineering.
Prentics-Hall cni. pp. 309~337.