

# 温室의 自動斷熱시스템에 관한 研究

## Automatic Insulation System in Greenhouses

李        錫        健\*  
Lee,      Suk      Gun

### Summary

This study was conducted to develop an automatic insulation system to reduce the heat loss through the wall of greenhouses during the nighttime in winter. A double covered model vinyl house was constructed, and blowers were used to fill or remove styrene pellets automatically the inside of the double-wall of the double covered vinyl house. The effects of insulation of the double covered vinyl house insulated with the styrene pellets were analyzed by comparing with the single covered vinyl house.

The results obtained from this study can be summarized as follows :

1. The optimum thickness of the double-wall of the double covered vinyl house was found to be 5 to 10 cm.
2. When the outside temperature varied in the range of  $-8.3$  to  $-1.5^{\circ}\text{C}$  during the nighttime, the inside temperature of the double covered vinyl house insulated with the styrene pellets showed  $7.7$  to  $11.7^{\circ}\text{C}$  and the inside temperature of the single covered vinyl house showed  $-5.8$  to  $2.3^{\circ}\text{C}$ . Therefore, the effects of insulation of the double covered vinyl house insulated with the styrene pellets were confirmed to be excellent.
3. Also, the excessive increase of the inside temperature in the vinyl house was prevented by the shading effect of the double covered vinyl house insulated with the styrene pellets during the daytime.
4. When the outside temperature varied in the range of  $17.7$  to  $30.0^{\circ}\text{C}$  during the daytime, it was possible to keep the inside temperature at  $30 \pm 4^{\circ}\text{C}$  in the double covered vinyl house by operating the insulation system.
5. The transmissivity of the double covered vinyl house with the styrene pellets removed was  $52.4\%$  on the average.

---

\* 慶北大學校 農科大學

## I. 緒 論

施設栽培作物의 生育環境은 氣溫, 光, 溫度, 炭酸가스, 空氣의 移動 等의 地上部要因과 地溫, 水分, 土壤成分 等의 地下部要因으로 區分할 수 있다. 施設園藝의 主目的이 露地에서는 栽培가 不可能한 低溫期에 保溫 또는 加溫을 通하여 施設 内部의 溫度를 上昇시켜 作物栽培를 可能하게 하는데 있다고 볼때 여러가지 生育環境要因中에서 가장 큰 比重을 차지하는 것은 溫度라고 볼수있다.

특히, 濟州道 및 南海岸의 一部地域을 除外한 大部分의 地域은 겨울철의 月平均氣溫이 零下로 내려가는 우리나라의 경우<sup>11)</sup>에는 溫室의 加溫設備나 補助被覆에 依한 熱損失의 防止는 必須的이라 할 수 있다.

一般的으로 溫室의 被覆은 單一 또는 二重으로 하는 一次被覆과 室内에 커튼이나 蔭幕을 設置하거나 補助被覆을 하는 二次被覆으로 大別할 수 있다. 被覆材의 種類 및 被覆方法에 關한 研究는 오래 前부터 遂行되어 왔으며, Whittle와 Sheldrake 等은 폴리에틸렌필름으로 二重 被覆을 한 경우에 單一被覆보다 約40%의 暖房熱量을 節減시킬수 있다고 報告한 바 있다.<sup>9,12)</sup>

溫室의 放熱損失은 換氣에 依한 傳熱損失, 地中 傳熱損失 및 壁體를 通한 貫流傳熱損失 等의 세 가지 形態로 區分할 수 있는데, 이 중 被覆材의 熱의 特性 및 構造에 影響을 받는 壁體의 貫流傳熱損失이 가장 큰 比重을 차지하고, 특히 겨울철에 外氣溫이 急激히 下降하는 夜間에는 溫室內外의 溫度差로 因한 貫流傳熱損失量을 줄이는 것이 保溫의 主目的이라 볼 수 있으며 กระจก等의 補助被覆材를 夜間에는 被覆하고 日射가 良好한 晝間에는 除去하는 경우가 많으며 이 作業에 많은 勞動力이 所要되고 있는 實情이다.

이에 本 研究는 晝間日射와 夜間放熱損失을 考慮하여 壁體를 二重으로 한 비닐하우스를 製作하고, 夜間에는 二重壁속에 스티로폴粒자를 送入하여 斷熱效果를 높이고 晝間에는 스티로폴粒자를 回收하여 日射의 透過를 良好하게 할 수 있는 二重斷熱하우스의 保溫性能을 單一被覆하우스와 比較·檢討하고, 스티로폴粒자를 自動으로 送入·回收함으로써 補助被覆材의 被覆 및 除去에 所要되는 勞動力의 節減을 도모하기 爲하여 遂行하였다.

## II. 實驗裝置 및 方法

### 1. 實驗用하우스의 構造 및 材料

實驗用 비닐하우스는 스티로폴粒자를 送入·回收할 수 있는 二重斷熱하우스와 單一被覆하우스 各 一棟씩을 잔디위에 南北方向으로 製作하였다.

하우스의 被覆材는 두께 0.08mm인 農業用 低密度 폴리에틸렌필름을 使用하였으며, 하우스의 骨組는 外徑 2cm인 플라스틱 파이프를 使用하였다.

二重斷熱하우스의 構造는 Fig. 1과 같이, 貯粒槽 (PELLETS STORAGE), 送入管 (PIPE<sub>in</sub>), 回收管 (PIPE<sub>out</sub>), 送入모타 (M<sub>1</sub>), 및 回收모타 (M<sub>2</sub>)로 되어 있다.

送入管 및 回收管은 外徑 7.5cm인 플라스틱 파이프를 使用하였고 스티로폴粒자를 送入管 및 回收管으로 誘導하기 爲하여 直徑 1.5cm의 送入口 및 回收口를 30cm간격으로 設置하였다. 또, 스티로폴粒자의 원활한 送入·回收를 爲하여 送入모터와 回收모터의 앞부분에 風量과 스티로폴粒자의 量을 調節할 수 있도록 셔터 S<sub>1</sub>과 S<sub>2</sub>를 設置하였다.

한편, 二重斷熱하우스와 保溫性能을 比較하기 爲한 單一被覆하우스는 二重斷熱하우스와 同一한 規格으로 製作하였다.

### 2. 스티로폴粒자의 循環經路

本 實驗에 使用된 스티로폴粒자 (Styrene Pellets)는 사진. 1과 같으며, 一般建築用 斷熱材로 使用되고 있는 스티로폴板을 製作하기 以前의 發泡粒자이며, 直徑 3~5mm, 重量 17kg / m<sup>3</sup>의 球形인 것을 使用하였으며, 二重斷熱하우스에 送入 및 回收時 循環經路는 다음과 같다.

가. 送入過程; 貯粒槽 → 送入모터 → 送入管 → 送入口 → 二重壁

나. 回收過程; 二重壁 → 回收口 → 回收管 → 回收모터 → 貯粒槽

### 3. 測定器具

本 實驗에서 實施한 測定項目 및 測定器具는 다음과 같다.

가. 熱傳導率; 低抗式 熱傳導率測定裝置

나. 溫度; 多點 (6點) 自動溫度記錄計

溫室의 自動斷熱 시스템에 관한 研究

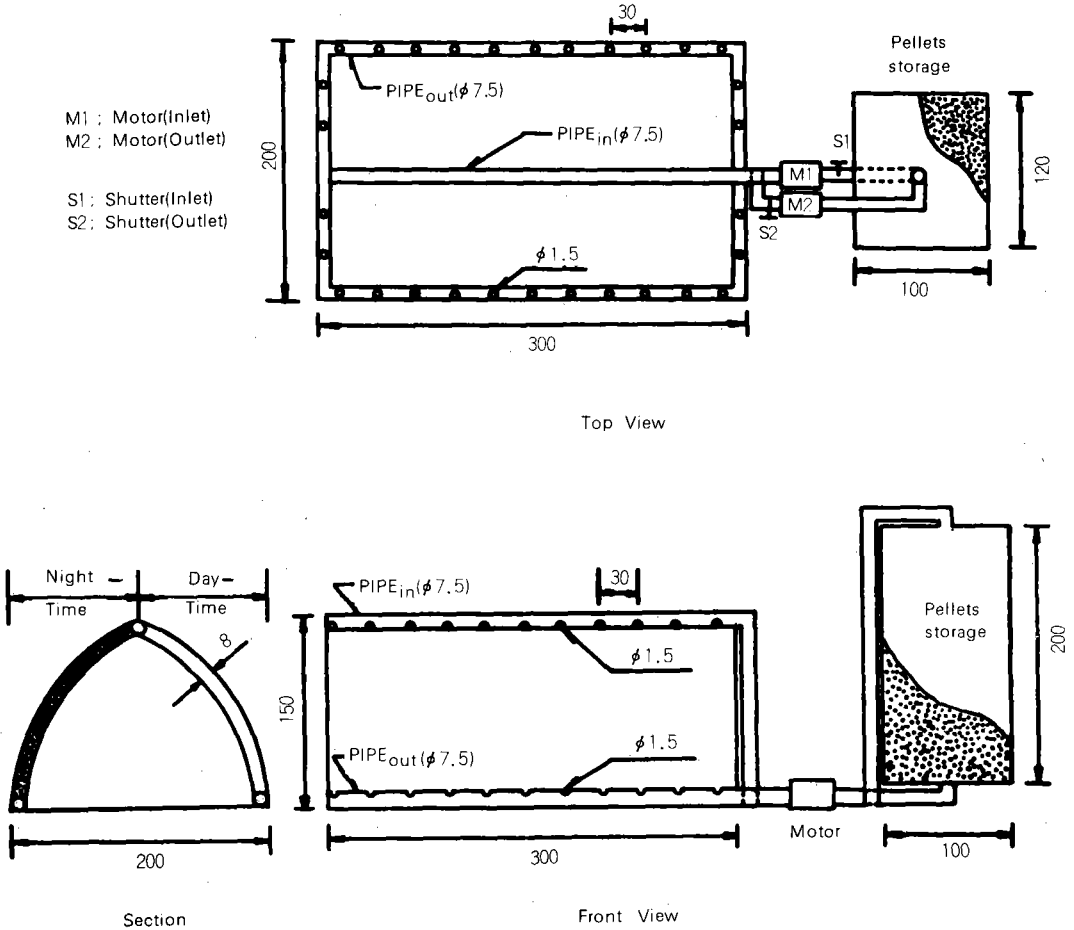


Fig. 1. Diagram of insulated house(Unit;cm)

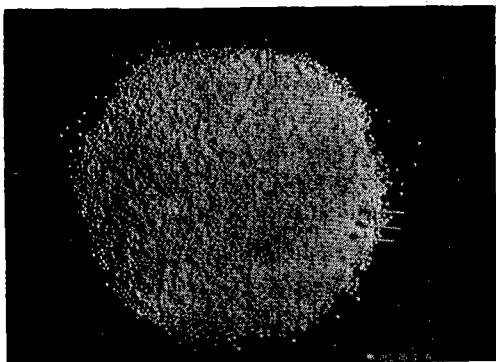


사진. 1. Shape of the Styrene Pellets

다. 日射量; 自記日射計  
라. 分 析; 마이크로컴퓨터 (NEC-8800)

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 二重壁의 間隔

本 實驗은 實驗用 하우스를 製作하기 以前에 二重斷熱 하우스에서 二重壁의 間隔을 決定하기 爲 하여 實施하였다.

二重壁 (비닐+스치로폴粒子+비닐)의 두께를 2, 4, 6, 8, 10cm로 變化시켰을때의 熱傳達係數를 測定한 結果는 Fig.2와 같다. Fig. 2에 보인 바와 같이, 二重壁으로 된 斷熱層의 두께가 增加할수록 熱傳達係數는 減少하고 하우스内外의 溫度差에 依한 貫流傳熱損失量이 줄어들지만, 斷熱層의 두께가 너무 두꺼워지면 하우스의 바닥面積이 減

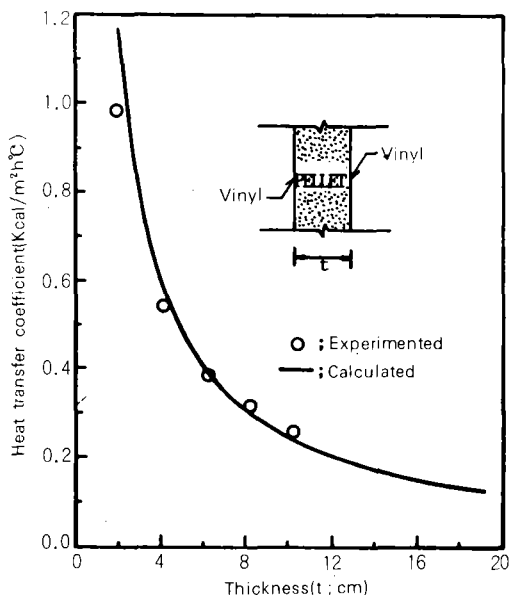


Fig. 2. Heat transfer coefficient according to the thickness of insulation with pellets

少할 뿐더러 특히 본 研究에서는 스티로폴粒子的 量이 많이 所要되어 바람직하지 못하다.

따라서, 斷熱層의 두께가 增加함에 따른 熱傳 達係數의 減少率을 考慮하면, 5~10cm의 範圍가 適當하다고 判斷되며 實驗用 二重斷熱 하우스에 있어서 二重壁의 間隔은 送入管 및 回收管으로 使用된 플라스틱파이프의 굵기를 考慮하여 8cm로 하였다.

## 2. 二重斷熱하우스의 夜間斷熱性能

諸論에서 言及한 바와 같이 본 研究는 겨울철에 夜間의 外氣溫이 急激히 下降함에 따라 하우스内外의 심한 溫度差로 因한 熱損失을 最大限으로 防止할 수 있는 自動斷熱시스템을 考案하는데 가장 큰 目的이 있다. 따라서, 實驗用 二重斷熱 하우스의 夜間斷熱性能을 檢討하기 爲하여 晝間의 日射로 因한 하우스内の 氣溫이 上昇하다가 日射量이 減少하여 하우스内の 氣溫이 急激히 下降하게 되는 日沒直前에 스티로폴粒자를 送入하여 翌日 日出時까지 二重斷熱하우스 및 單一被覆 하우스의 地上 1m地點의 溫度와 外氣溫을 測定하였다.

Fig. 3은 스티로폴粒자를 充塡시킨 二重斷熱하

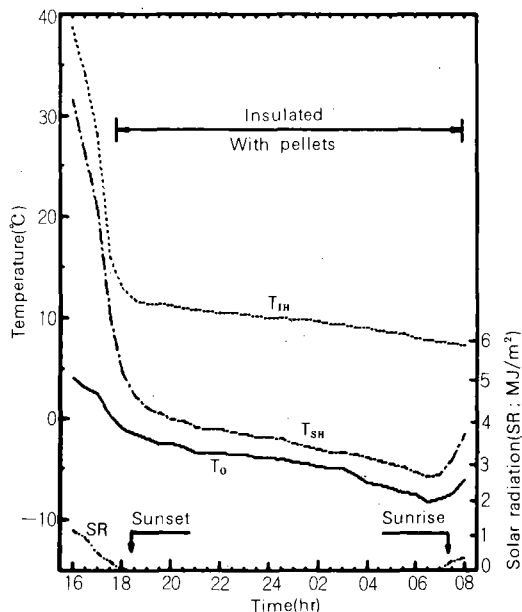


Fig. 3. Temperature variation of the insulated house during the nighttime

우스의 夜間斷熱性能을 單一被覆하우스와 比較·檢討하기 爲하여 日沒時(18時 15分)부터 翌日 日出時(07時 20分)까지 測定한 二重斷熱 하우스의 内部溫度( $T_{IH}$ ), 單一被覆하우스의 内部溫度( $T_{SH}$ ), 外氣溫( $T_O$ ) 및 日射量(SR)을 나타낸 것이다.

Fig에서 보는 바와 같이, 夜間의 外氣溫이  $-8.3 \sim -1.5^\circ\text{C}$  (平均  $-4.6^\circ\text{C}$ )인 範圍內에서 變化할 때, 單一被覆하우스의 内部溫度는  $-5.8 \sim 2.3^\circ\text{C}$  (平均  $-2.3^\circ\text{C}$ ), 二重斷熱하우스의 内部溫度는  $7.7 \sim 11.7^\circ\text{C}$  (平均  $9.8^\circ\text{C}$ )로 나타났다. 即, 單一被覆하우스의 内部溫度가 外氣溫보다 平均  $2.3^\circ\text{C}$  높게 나타난 것에 比較해서 二重斷熱하우스의 内部溫度는 外氣溫보다 平均  $14.4^\circ\text{C}$ , 單一被覆 하우스보다 平均  $12.1^\circ\text{C}$  높게 나타나 二重斷熱하우스의 夜間斷熱性能이 優秀함을 알 수 있었다.

한편, 長期間의 夜間斷熱性能을 測定한 結果에 依하면, 二重斷熱하우스의 内部溫도와 外氣溫의 差가 最大로 되는 時刻은 外氣溫이 最低일때임을 알 수 있었다. 이러한 事實은 單一被覆 하우스의 内部溫度는 外氣溫의 上昇 및 下降에 큰 影響을 받아 外氣溫과 거의 一定한 溫度差를 유지하면서 變化하지만, 二重斷熱하우스의 内部溫度는 外氣溫의 순간적인 變化에 큰 影響을 받지 않고 거의 一定한 勾配로 減少하기 때문에 外氣溫이 最低

일 때 二重斷熱하우스의 内部溫도와 外氣溫의 差가 最大로 된다.

### 3. 二重斷熱하우스의 晝間遮光效果

無加溫하우스인 경우에 内部溫도를 上昇시키는 主要因은 晝間日射이다. 換氣를 시키지 않은 密閉된 單一被覆하우스인 경우에 外氣溫이 20℃ 程度로 높아지면 하우스의 内部溫도는 40℃ 程度로 上昇하게 되어 大部分의 作物은 生育適溫範圍를 벗어나게 된다. 따라서, 本 實驗은 晝間日射가 良好하고 外氣溫이 比較의 높을때 二重斷熱하우스에 스티로폴粒자를 送入·充填하여 太陽光의 透過를 遮斷시킴으로서 하우스内部溫도의 過多上昇을 어느 程度 防止할 수 있는지를 檢討하기 爲하여 實施하였다.

Fig. 4는 日射量(SR)이 最高 3.15MJ/m<sup>2</sup>이고 外氣溫(T<sub>o</sub>)이 11.1~24.0℃인 晝間에 單一被覆하우스의 内部溫度(T<sub>SH</sub>), 스티로폴粒자를 充填한 二重斷熱하우스의 内部溫度(T<sub>IH</sub>)를 測定한 結果이다.

Fig 에 나타난 바와 같이, 單一被覆하우스의 内部溫度는 最高 41.0℃까지 上昇하였으나, 二重斷熱하우스의 内部溫度는 14.3~19.1℃의 範圍內에서 完만하게 變化하였으며, 外氣溫보다 最高5.7

℃, 單一被覆하우스보다 最高 22.6℃ 낮았다. 이러한 事實로 미루어 볼 때, 外氣溫이 높은 晝間에 스티로폴粒자를 充填시킨 二重斷熱하우스는 遮光으로 因한 하우스內의 照度는 栽培作物에 따라 問題될 수 있을지 모르지만, 溫度의 過多上昇을 防止하는 效果는 상당함을 確認할 수 있었다.

### 4. 二重斷熱하우스의 晝間溫度調節實驗

以上과 같은 二重斷熱하우스의 遮光效果를 利用하여, 外氣溫이 比較的 높은 晝間에 二重斷熱하우스에 스티로폴粒자의 送入·回收를 反復함으로서 하우스의 内部溫度를 어느 程度 範圍內에서 유지할 수 있는지를 檢討하기 爲하여 溫度調節實驗을 實施하였다.

Fig. 5는 外氣溫이 17.7~30.0℃, 日射量이 最高 3.15MJ/m<sup>2</sup>인 晝間에 二重斷熱하우스의 内部溫度를 30℃ 程度로 유지시키기 爲하여 시스템을 作動시킨 結果이다.

實驗中 시스템의 作動方法은, 二重斷熱하우스의 内部溫度가 30℃ 以上으로 上昇하면 스티로폴粒자를 하우스의 二重壁內로 送入하고 30℃ 以下로 下降하면 스티로폴粒자를 하우스의 二重壁內로 부터 回收하였으며, 09時부터 17時 30分까지 5回 送入, 5回 回收하였다.

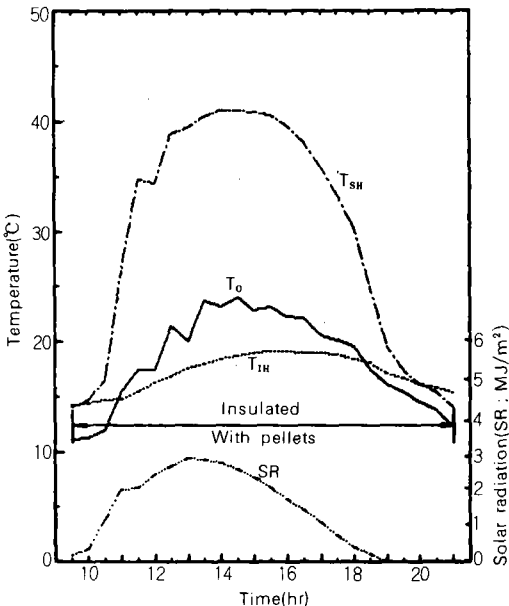


Fig. 4. Shading effect of the insulated house during the daytime

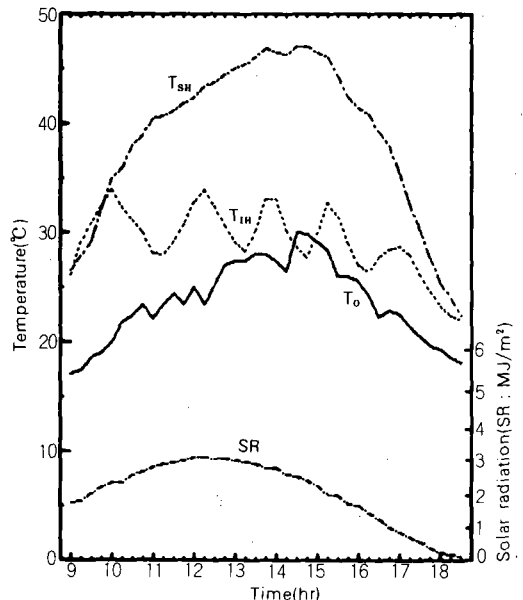


Fig. 5. Temperature control of the insulated house during the daytime

그림에서 보는 바와 같이, 測定時間中 單一被覆하우스의 内部温度는 26.6~47.0°C의 範圍內에서 變化하였으나, 二重斷熱하우스의 内部温度는 26.0~34.0(30±4)°C의 範圍內에 유지시킬 수 있었다.

### 5. 二重斷熱하우스의 透光性

하우스内部의 光環境은 外部의 日射量, 被覆材의 透光性, 温室의 構造, 作物의 群落形態 및 放射特性 등에 依하여 決定된다. 이 中에서 被覆材의 透光性은 하우스의 内部温度 및 照度에 큰影響을 미치게 된다. 特히, 本實驗에 使用된 二重斷熱하우스는 二重壁으로 되어 있기 때문에 水蒸氣의 浸透를 完全히 防止할 수 있을 程度로 密閉시키기 어려운 同時에 二重壁사이 에 送入된 스티로폼粒子的 回收後에도 一部는 二重壁의 内側비닐에 부착되어 晝間의 日射透過에 問題가 있을 것으로 豫想된다.

이러한 問題를 究明하기 爲한 實驗으로, 스티로폼粒子的를 回收한 直後 스티로폼粒子的의 一部가 비닐에 부착된 狀態에서 二重斷熱하우스의 透光性을 檢討하기 爲하여 하우스内外의 日射量을 測定한 結果는 Fig. 6과 같다.

그림에 나타난 바와 같이, 外部의 日射量(SR<sub>0</sub>)

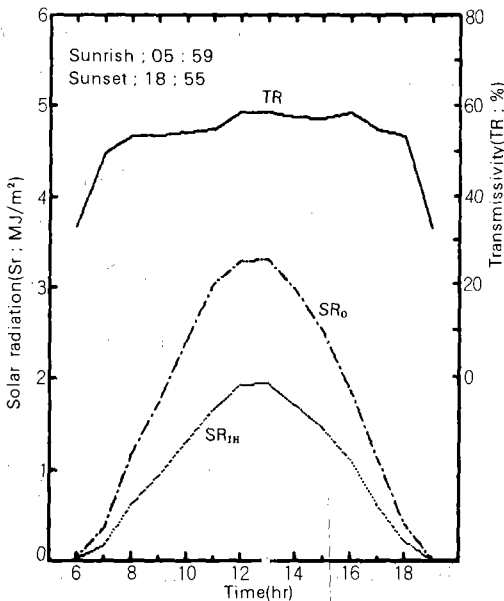


Fig. 6. Transmission characteristics of the double covered vinyl house with the pellets removed

이 最高 3.31MJ/m<sup>2</sup>일때 하우스内部의 日射量(SR<sub>ih</sub>)은 最高 1.95MJ/m<sup>2</sup>로 나타났으며, 透光率(Transmissivity; TR =  $\frac{SR_{ih}}{SR_0} \times 100$ )은 太陽의 高度에 따라 差異가 있으나 平均 52.4%로 나타났다. 前述한 바와 같이, 本實驗에 使用된 二重斷熱하우스는 構造上 透光性이 매우 不良할 것으로 豫想되지만, 스티로폼粒子的의 送入 및 回收가 反復되는 過程에서 비닐面의 内部를 닦아주는 效果가 있는 同時에 振動으로 因하여 비닐面의 外部에 먼지 등의 汚物이 부착되는 것을 다소 防止하는 效果가 있기 때문에 構造物의 密閉度를 높이고 스티로폼粒子的의 流動으로 因한 마찰로 發生되는 靜電氣를 減少시킬 수 있는 스티로폼粒子的의 外面코팅 등을 通하여 透光率을 보다 높일 수 있을 것으로 생각된다.

### IV. 結 論

温室에 있어서 겨울철 夜間에 壁體를 통한 貫流熱損失을 줄일 수 있는 自動斷熱시스템을 開發할 目的으로 二重壁内部에 스티로폼粒子的를 自動으로 送入·回收할 수 있는 實驗用 二重斷熱하우스를 製作하여 斷熱性能을 實驗한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 二重斷熱하우스에서 二重壁의 間隔은 斷熱層의 熱傳導係數를 分析한 結果, 5~10cm가 適當한 것으로 나타났다.

2. 外氣溫이 -8.3~-1.5°C인 夜間에 있어서 單一被覆하우스의 内部温度는 -5.8~2.3°C로 나타났고 二重斷熱하우스의 内部温度는 7.7~11.7°C로 나타나, 二重斷熱하우스의 夜間斷熱性能이 優秀함을 알 수 있었다.

3. 外氣溫이 11.1~24.0°C로 比較的 높은 晝間에 있어서, 單一被覆하우스의 内部温度는 最高 41.0°C까지 上昇하였으나, 스티로폼粒子的를 充填한 二重斷熱하우스의 内部温度는 14.3~19.1°C로 나타나, 二重斷熱하우스는 内部温度의 過多上昇을 防止할 수 있는 遮光效果가 있음을 確認할 수 있었다.

4. 二重斷熱하우스의 遮光效果를 利用하여, 外氣溫이 17.7~30.0°C인 晝間에 스티로폼粒子的의 送入·回收를 反復함으로써, 二重斷熱 하우스의 内部温度를 30±4°C의 範圍內에서 유지시킬 수 있었다.

5. 스키로폴粒자를 回收한 直後, 二重斷熱하  
우스의 光透過率은 平均 52.4%로 나타났다.

參 考 文 獻

1. Challa, H. and J. V. D. Vooren, A strategy for climate control in greenhouses in early winter production, *Acta. Horti.*, 106 : pp. 159-164, 1980
2. H. MINAGAWA and K. TACHIBANA, The heat insulation efficiency of greenhouses and their covering materials(2)-Relation between the area ratio of floor surface to covering surface and the overall heat transfer of greenhouses, *J. of Agr. Met. in Japan*, 38(3)4: pp. 253-259, 1982
3. H. MINAGAWA and K. TACHIBANA, The overall heat transfer of greenhouses covered with PE and PVC single layer, *J. of Agr. Met. in Japan*, 38( 1 ) : pp. 15-22, 1982
4. I. KIYODA, Energy saving strategies of horticulture facilities in KANAGAWA Prefectures, *S. A. S. in Japan*, 12(2) : pp. 37-41, 1982
5. K. IIDA, Experimental studies of greenhouses on the utilization of solar energy, *S. A. S. in Japan*, 12(2) : pp. 54-59, 1982
6. Killen, N., A first step in microcomputer control of the greenhouses environment, *Acta. Horti.*, 106 : pp. 91-108, 1980
7. K. W. Winspear, Energy saving strategies in greenhouses industry of United Kingdom, *S. A. S. in Japan*, 10(2) : pp. 119-130, 1980
8. M. OKADA and T. TAKAKURA, The heating load of greenhouses, *J. of Agr. Met. in Japan*, 37(3) : pp. 211-219, 1981
9. Sheldrake, R. and Langhams, R. W., Heat requirement of plastic greenhouses, *Pro. of Amer. Sec. of Hort. Sci.*, 80 : pp. 666-669, 1962
10. T. TAKAKURA and K. TACHIBANA, Heat balance of greenhouses, *J. of Agr. Met. in Japan*, 24(2) : pp. 115-118, 1968
11. T. TAKAKURA and M. OKADA, Experimental determination of greenhouses heating load coefficient, *J. of Agr. Met. in Japan*, 27(3) : pp. 93-98, 1972
12. Whittle, R. M. and Lawrence, W. J. C., The climatology of greenhouses-The heat consumption of greenhouses, *J. of Agr. Res.*, 5 : pp. 399-409, 1960
13. Y. MIHARA and M. HAYASHI, Studies on the insulation of greenhouses(1)-Overall heat transfer coefficient of greenhouses with single and double covering using several material curtains-, *J. of Agr. Met. in Japan*, 35 (1) : pp. 13-19, 1979
14. 金光植 外, 韓國의 氣候, 一志社; pp. 322~330, 1982
15. 位田藤久太郎 編著, 施設園藝의 環境と栽培, 誠文堂新光社; pp. 145~148, 1977
16. 三原義秋 編著, 溫室設計의 基礎と實際, 養賢堂; pp. 170~180, 1980

\*本 研究는 1984年度 韓國科學財團의 研究費 支援에 의하여 遂行된 것임.