

【 論 文 】

Solar Pond의 出力에 따른 對流層에서의
溫度分布에 관한 研究

A Study on the Temperature Distribution of Convecting
Layer of the Solar Pond According to Output

서 정일* 이 영수** 강 우***
(J. I. Seoh) (Y. S. Lee) (W. Kang)

ABSTRACT

The aims of this study is to examine closely the temperature distribution of the solar pond for conditions of Seoul area climate and to prove capability of the solar pond utilization in Seoul area. In this study the equations for the convecting zone temperature of the solar pond were derived from Rabl and Nielsen's model. As the result of computer simulation, it was found that the average temperature of convecting zone is over 100°C under conditions which is no output and 120cm depth or over of the insulating layer. Consequently if solar pond is constructed in Seoul area, it is a effective heat storage system.

記 號 說 明

$H(x,t)$:	Solar radiation at time reaching depth x of the pond
\bar{H}	:	Average solar radiation of $H(x,t)$
\tilde{H}	:	Amplitude of $H(x,t)$
$H_s(x,t)$:	Solar radiation incident at earth's surface
\bar{H}_s	:	Average solar radiation of $H_s(x,t)$
\tilde{H}_s	:	Amplitude of $H_s(x,t)$
kg	:	Thermal conductivity of ground
kw	:	Thermal conductivity of water
ks	:	Thermal conductivity of salt water
L_c	:	Depth of convection
L_i	:	Depth of insulating layer
T	:	Temperature of convection zone
T_a	:	Ambient air temperature
α_g	:	Diffusivity of ground
α_s	:	Diffusivity of salt water
δ	:	Phase lag of convection zone temperature relative to insolation
δ_a	:	Phase lag of air temperature relative to insolation
γ_n	:	Fraction of solar radiation having absorption coefficient

* 正會員：漢陽大學校 工科大學

** 正會員：漢陽大學院

*** 韓國科學技術院

μ_n	:	Absorption coefficient for the nth portion of the solar spectrum
τ	:	coefficient of transmission
ω	:	$2/1 \text{ year}^{-1} = 2\pi/365.25 \text{ days}$

1. 序 論

Solar Pond는 鹽水池로서 池底部로 갈수록 鹽度勾配가 큰 것으로서 太陽熱 集熱 및 蓄熱에 利用되는 시스템이다.

Solar Pond의 起源은 1920년에 V. Kallecsinsky¹⁾가 헝가리의 自然湖에서 湖底의 鹽分이 水中에 녹아 형성된 自然的 濃度勾配에 기인한 對流抑制作用으로 湖底部로 갈수록 溫度가 높아져서 水深 1.3 m에서 70°C의 溫度가 維持되고 있는 것을 관찰한 후 이 現象을 에너지蓄熱에 利用하려는 착상으로부터 시작 되었다. 또 1948년 이스라엘의 死海研究所의 R. Block²⁾ 등은 鹽水의 濃度勾配를 人工적으로 形成한 Solar Pond의 構想을 提案하였다. 또 그들은 넓이 25 m × 25 m, 깊이 80 cm의 實驗 연못에서 池底部의 溫度를 90°C까지 上昇시켰다. 實用化에 대한 檢討로는 1961년 H. Tabor³⁾가 최초로 Solar Pond를 動力源으로 利用할 수 있는 可能性을 提示하였다. 뒤 이어 1963년에 H. Weinberger⁴⁾는 Solar Pond의 全般的인 現象을 解析하여 이스라엘의 氣象條件下에서의 溫度上昇, 集熱 効率, 最適負荷등을 檢討하였다. 最近에는 美國, 英國을 비롯하여 소련, 인도등에서 研究가 활발히 進行중이고 實用化를 위한 구체적 設計段階로 접어들고 있다. 특히 美國의 Rabi와 Nielsen⁵⁾ 등은 空調用 Solar Pond의 理論과 모델을 提案하여 Solar Pond의 性能과 經濟性을 검토한 결과 매우 有用한 空調用系임을 確認하였다. 現在는 Solar Pond 設計의 基礎資料가 되는 小型實驗 Pond에서의 測定結果, 濃度勾配層의 安定化에 관한 研究,

外部로는 最適에너지 抽出方法의 研究등 基礎的 研究結果가 계속 發表되고 있다.^{6)~ 11)}

本 研究에서는 Solar Pond內的 溫度分布를 解析하기 위하여 Rabi와 Nielsen의 모델을 基礎로 해서 對流層에서의 理論溫度式을 구하였다. 이 理論溫度式을 서울地域의 氣象條件에 대하여 시뮬레이션 함으로써 Pond性能을 考察하였다. 또한全體깊이 240 cm, 300 cm 및 360 cm의 Pond를 選定하여 出力變化, 非對流層 및 對流層두께에 따른 對流層에서의 溫度分布를 각각 比較檢討하였다.

2. Solar Pond의 原理와 構造

Solar Pond의 原理는 池底部로 갈수록 濃度가 큰 鹽度勾配를 가진 水槽에 太陽 에너지가 入射되면 물의 選擇吸收性으로 인하여 短波長의 太陽에너지만 池底部까지 沈透되어 바닥에 吸收된다. 그 結果 池底部의 溫度가 時間이 경과함에 따라 上昇되어 對流가 일어난다. 그러나 이 對流層의 成長은 鹽度差에 의한 對流抑制作用으로 멈추게 되고 對流層위로 非對流層이 生成된다. 對流層의 熱은 非對流層에서 傳導만으로 損失되는데 물의 非傳導性으로 인하여 非對流層은 斷熱作用을 하게 되고 多量의 太陽에너지가 對流層에 蓄熱된다. Fig. 1은 Solar Pond의 概略圖이다. 이 構造의

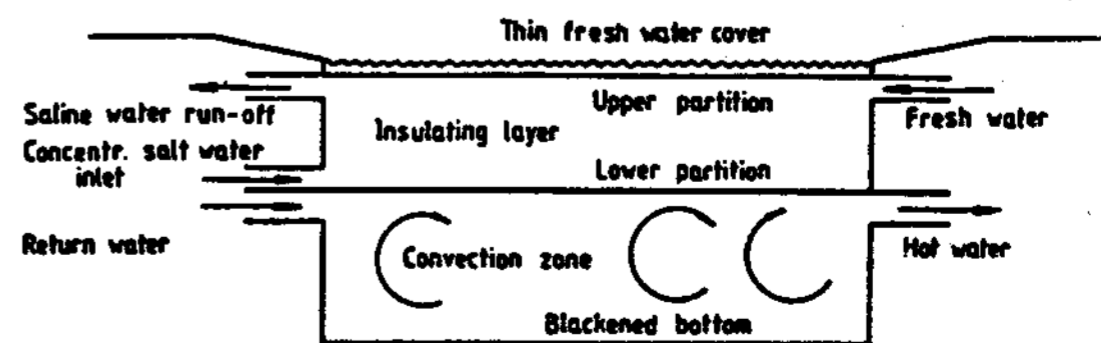


Fig. 1. Schematics of solar pond

경우 上部의 鹽度勾配를 가진 非對流層과 下部의 對流層사이의 투명한 薄膜을 만들어주면 鹽度勾配의 安定性을 높이고 熱抽出을 용이하게 하며 非對流層 表面위에도 얇은 薄膜을 設置하여 바람이나 물결등에 의한 外亂이나 먼지의 沈透등을 防止한다. 또 非對流層의 下部에는 25 ~ 30 %의 MgCl₂ 또는 NaCl의 飽和溶液을, 上部에는 純水나 낮은 濃度の 溶液을 계속 注入시켜 濃度勾配를 維持한다.

3. 理論 解析

Solar Pond를 解析하기 위한 모델은 Fig. 2와 같다.

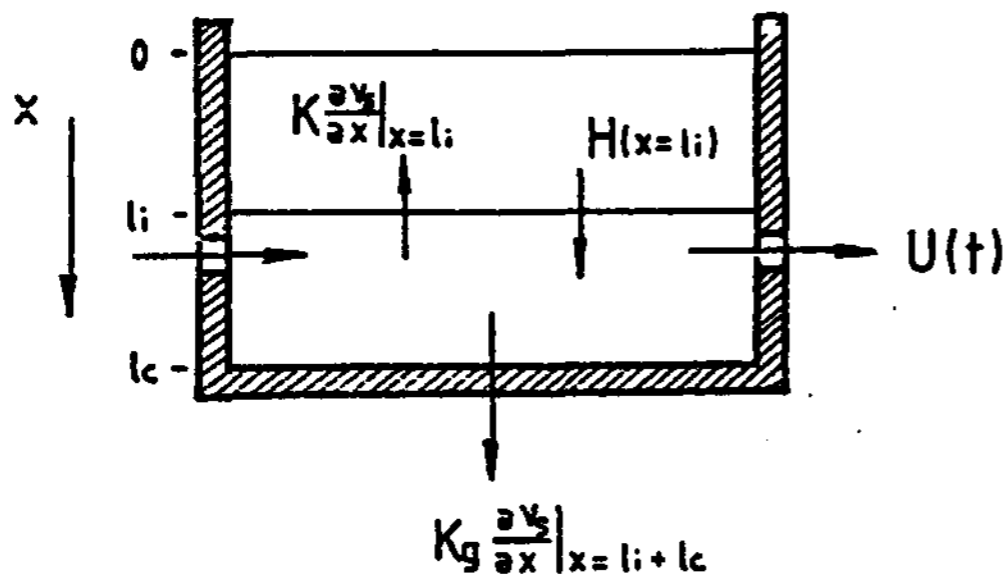


Fig. 2. Model of the solar pond adopted for calculation

理論的인 解析을 위한 基本的인 假定은 아래와 같다.

- 1) 非對流層에서의 傳熱은 1次元 熱傳導이다.
- 2) 蒸發과 外氣影響에 의한 熱損失은 無視한다.
- 3) Pond 表面溫度는 外氣溫度와 같다.
- 4) Pond 上面의 對流層은 無視한다.
- 5) 鹽度勾配는 충분히 安定하다.

여기서 日射量을 $H(t) = \bar{H} + \tilde{H}_0 \cos \omega t$, 外氣溫度를 $T_a(t) = \bar{T}_a + \tilde{T}_{a0} \cos(\omega t - \delta_a)$ 의 週期函數形으로 表示하면 Pond 內의 溫度도 週期函數形태로 된다. 또한 對流層에서의 溫度 T를 $T = \bar{T} + \tilde{T}_0 \cos(\omega t - \delta)$ 라 하고 平均

溫度 \bar{T} , 振幅 \tilde{T}_0 , 位相角 δ 를 구하기 위하여 支配方程式을 時間에 變化하지 않는 항과 時間에 變化하는 항의 두가지 나누어 구하였다.

3.1 時間에 變化하지 않는 項

對流層에서의 에너지方程式은 다음과 같다.

$$F(x=Li) = K_s \frac{\partial \bar{v}_s}{\partial x} \Big|_{x=Li} + \bar{U} \dots (1)$$

非對流層에서의 熱傳導方程式은

$$\frac{d\bar{H}}{dx} = K_s \frac{d^2 \bar{v}_s}{dx^2} \dots \dots \dots (2)$$

이고 境界條件은

$$\begin{aligned} x=0 \text{에서} \quad \bar{v}_s &= \bar{T}_a \\ x=Li \text{에서} \quad \bar{v}_s &= \bar{T} \end{aligned}$$

이다.

$\bar{H} = \bar{H}_s \exp(-\bar{\mu}x)$ 의 單一指數函數로 하여 구하면 다음의 式을 얻는다.

$$\begin{aligned} \bar{v}_s(x) &= \bar{T}_a + \frac{\bar{H}_s}{\bar{\mu} K_s} [1 - \exp(-\bar{\mu}x)] + \\ &\frac{x}{Li} \left[\bar{T} - \bar{T}_a - \frac{\bar{H}_s}{\bar{\mu} K_s} \{1 - \exp(-\bar{\mu}Li)\} \right] \dots (3) \end{aligned}$$

式(3)을 式(1)에 代入하여 平均溫度 \bar{T} 를 구하면

$$\begin{aligned} \bar{T} &= \bar{T}_a + \frac{\tau \bar{H}_s}{K_s} \sum_{n=1}^4 \frac{\gamma_n}{\bar{\mu}_n} [1 - \exp(-\bar{\mu}_n Li)] \\ &- \frac{Li}{K_s} \bar{U} \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

이 된다.

3.2 時間에 變化하는 項

對流層에서 에너지方程式은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \tilde{H}(x=Li) &= K_s \frac{\partial \tilde{v}_s}{\partial x} \Big|_{x=Li} + \tilde{U}_0 - \\ K_g \frac{\partial \tilde{v}_s}{\partial x} \Big|_{x=Li+Lc} &+ \rho_w Lc \frac{d\bar{T}}{dt} \dots \dots (5) \end{aligned}$$

Pond 바닥의 溫度는 無限固體에서의 熱傳導로 볼 때 對流層溫度 $T = \bar{T} + \tilde{T}_0 \cos \omega t$ 에 따른 溫度는

$$\tilde{v}_g(y) = \bar{T} + \tilde{T}_0 \exp(-y/\sigma_g) \cos(\omega t - \delta - y/\bar{\sigma}_g) \dots \dots \dots (6)$$

이고, 여기서 $y = x - Li - Lc$,

$$\sigma_g = \sqrt{(2\alpha_g/\omega)} \text{이다.}$$

非對流層에서 熱傳導方程式은

$$\frac{\partial^2 \tilde{v}_s}{\partial x^2} - \frac{1}{\alpha_s} \frac{\partial \tilde{v}_s}{\partial t} = \frac{1}{K_s} \frac{\partial \tilde{H}}{\partial x} \dots (7)$$

여기서 $\alpha_s = K_s/\rho c$ 이다.

\tilde{H} 를 $\tilde{H}_{so} \exp(-\bar{\mu}x)$ 의 單一指數函數로 놓으면 式(1)은

$$\frac{\partial^2 \tilde{v}_s}{\partial x^2} - \frac{1}{\alpha_s} \frac{\partial \tilde{v}_s}{\partial t} = -\frac{\tilde{\mu} \tilde{H}_{so}}{\partial t} \cos \omega t \exp(-\bar{\mu}x) \dots \dots \dots (8)$$

가 된다.

境界條件은

$$x = 0 \text{ 일때 } \tilde{v}_s = \tilde{T}_{ao} \cos(\omega t - \delta_a)$$

$$x = Li \text{ 일때 } \tilde{v}_s = \tilde{T}_0 \cos(\omega t - \delta)$$

이다.

式(8)을 境界條件에 대하여 풀면 다음의 式을 얻는다.

$$\begin{aligned} \tilde{v}_s(x, t) = & R_e \tilde{T}_{ao} \exp i(\omega t - \delta_a) \text{ Sinh} \\ & \{(1+i)(Li-x)/\sigma_s\} / \text{Sinh}\{(1+i)(Li/\sigma_s)\} \\ & + \tilde{T}_0 \exp i(\omega t - \delta) \text{ Sinh}\{(1+i)(x/\sigma_s)\} \\ & / \text{Sinh}\{(1+i)(Li/\sigma_s)\} + (\tilde{H}_{so}/2\bar{\mu}K_s) \\ & [\bar{\mu}^2 \sigma_s \exp(i\omega t) / (\frac{1}{2}\bar{\mu}^2 \sigma_s^2 - i)] [\text{Sinh} \\ & \{(1+i)(Li-x)/\sigma_s\} + \exp(-\bar{\mu}Li) \\ & \text{Sinh}\{(1+i)(x/\sigma_s)\}] / \text{Sinh}\{(1+i)(x/\sigma_s)\} - \exp(-\bar{\mu}x) \dots \dots \dots (9) \end{aligned}$$

여기서 $\delta_s = \sqrt{(2\alpha_s/\omega)}$ 이다.

式(6)과 式(9)를 式(5)에 代入하면 時間 t에 대한 $\cos \omega t$ 와 $\sin \omega t$ 의 값에 의하여 다음과 같은 두개의 式이 유도된다.

즉, $\cos \omega t$ 에 대하여

$$\tilde{H}_{so} \exp(-\bar{\mu}Li) = -2(K_s/\delta_s) \tilde{T}_{ao} (F_+ \cos \delta_a - F_- \sin \delta_a) + (K_s/\sigma_s) \tilde{T}_0 (G_+ \cos \delta$$

$$+ G_- \sin \delta) + \frac{\tilde{H}_{so}}{1 + \frac{1}{4}(\bar{\mu}\delta_s)^4} [-(\bar{\mu}\delta_s)$$

$$\begin{aligned} & \{ \frac{(\bar{\mu}\sigma_s)^2}{2} F_+ + F_- + \frac{\exp(-\bar{\mu}Li)}{2} (G_- - \\ & \frac{(\bar{\mu}\delta_s)^2}{2} G_+) \} + \frac{\exp(-\bar{\mu}Li)}{4} (\bar{\mu}\delta_s)^4] \\ & + \tilde{U}_0 + K_g (\tilde{T}_0/\sigma_g) (\cos \delta + \sin \delta) \\ & + \rho_w L_c \omega \tilde{T}_0 \sin \delta \dots \dots \dots (10) \end{aligned}$$

$\sin \omega t$ 에 대하여

$$\begin{aligned} 0 = & -2(K_s/\sigma_s) \tilde{T}_{ao} (F_+ \sin \delta_a + F_- \cos \delta_a) \\ & + (K_s/\sigma_s) \tilde{T}_0 (G_+ \sin \delta - G_- \cos \delta) \\ & - \frac{\tilde{H}_{so}}{1 + \frac{1}{4}(\bar{\mu}\delta_s)^4} [(\bar{\mu}\sigma_s) \{ \frac{(\bar{\mu}\sigma_s)^2}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & F_- - F_+ + \frac{\exp(-\bar{\mu}Li)}{2} (\frac{(\bar{\mu}\sigma_s)^2}{2} G_- \\ & + G_+) \} + \frac{(\bar{\mu}\delta_s)^2}{2} \exp(-\bar{\mu}Li)] - \\ & - K_g (\tilde{T}_0/\delta_g) (-\sin \delta + \cos \delta) \\ & - \rho_w L_c \omega \tilde{T}_0 \cos \delta \dots \dots \dots (11) \end{aligned}$$

여기서

$$F_{\pm} = \frac{\sin(Li/\sigma_s) \cosh(Li/\sigma_s) \pm \sinh(Li/\sigma_s) \cos(Li/\sigma_s)}{\cosh^2(Li/\sigma_s) - \cos^2(Li/\sigma_s)}$$

$$G_{\pm} = \frac{\sinh^2(Li/\sigma_s) \pm \sin^2(Li/\sigma_s)}{\cosh^2(Li/\sigma_s) - \cos^2(Li/\sigma_s)}$$

式(10), (11)을 연립시켜 指數函數로 δ 와 \tilde{T}_0 를 구하면 다음과 같이 된다.

$$\delta = \delta_a + \tan^{-1} \left(\frac{R\beta + \alpha}{R\alpha - \beta} \right) \dots \dots \dots (12)$$

$$\tilde{T}_0 = \frac{\alpha \cos(\delta - \delta_a) + \beta \sin(\delta - \delta_a)}{(K_g/\sigma_g) + (K_s/\sigma_s) G_+}$$

여기서

$$R = \frac{(K_s/\sigma_s) + (K_s/\sigma_s) G_+}{(K_g/\sigma_g) + (K_s/\sigma_s) G_- + \rho_w L_c \omega}$$

$$\alpha = (C - \tilde{U}_0) \cos \delta_a + \sin \delta_a + 2(K_s/\delta_s) \tilde{T}_{ao} F_+$$

$$\beta = -(C - \tilde{U}_0) \sin \delta_a + S \cos \delta_a + 2(K_s / \sigma_s) \tilde{T}_{ao} F_-$$

$$C = \tau \tilde{H}_{so} \sum_{n=1}^4 \frac{\gamma_n}{1 + \frac{1}{4} (\bar{\mu}_n \delta_s)^4} \left[\exp(-\bar{\mu}_n Li) + (\bar{\mu}_n \delta_s) \left\{ \frac{(\bar{\mu}_n \delta_s)^2}{2} F_+ + F_- + \frac{\exp(-\bar{\mu}_n Li)}{2} (G_- - \frac{(\bar{\mu}_n \sigma_s)^2}{2} G_+) \right\} \right]$$

$$S = \tau \tilde{H}_{so} \sum_{n=1}^4 \frac{\gamma_n}{1 + \frac{1}{4} (\bar{\mu}_n \sigma_w)^4} \left[\frac{(\bar{\mu}_n \sigma_s)^2}{2} \exp(-\bar{\mu}_n Li) + (\bar{\mu}_n \delta_s) \left\{ \frac{(\bar{\mu}_n \sigma_s)^2}{2} F_- + F_+ + \frac{\exp(-\bar{\mu}_n Li)}{2} (G_- + G_+) \right\} \right]$$

4. 結果 및 考察

本 研究에 使用된 熱物性値는 濃度 0.15 g/cm³의 NaCl 과 平均土壤의 값을 使用하였다. 또한 氣象資料는 中央氣象臺 觀測資料인 月別 水平面日射量(1972~1982)에서 日射量을 얻었고, 外氣溫度는 韓國氣候表(1951~1980)에서 얻었다.

Fig.3-(a)는 서울地域의 10年 平均 水平面 日射量을 $H(t) = 259 + 103 \cos \omega t$ 의 週期函數로 表示한 것이다. 여기서 $H_{max} = 362 \text{ cal/cm}^2 \text{ day}$, $H_{min} = 156 \text{ cal/cm}^2 \text{ day}$ 이다. 또한

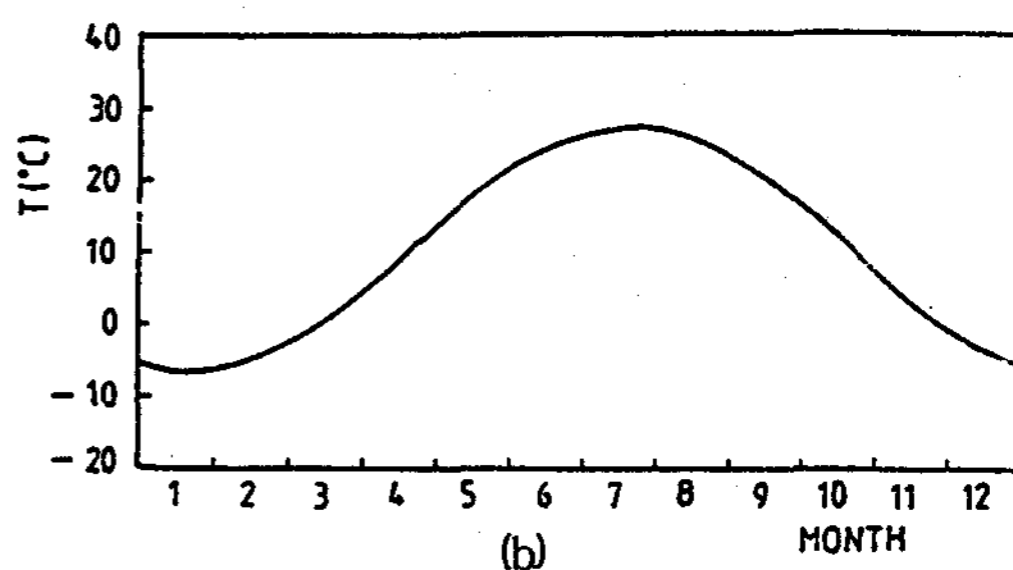
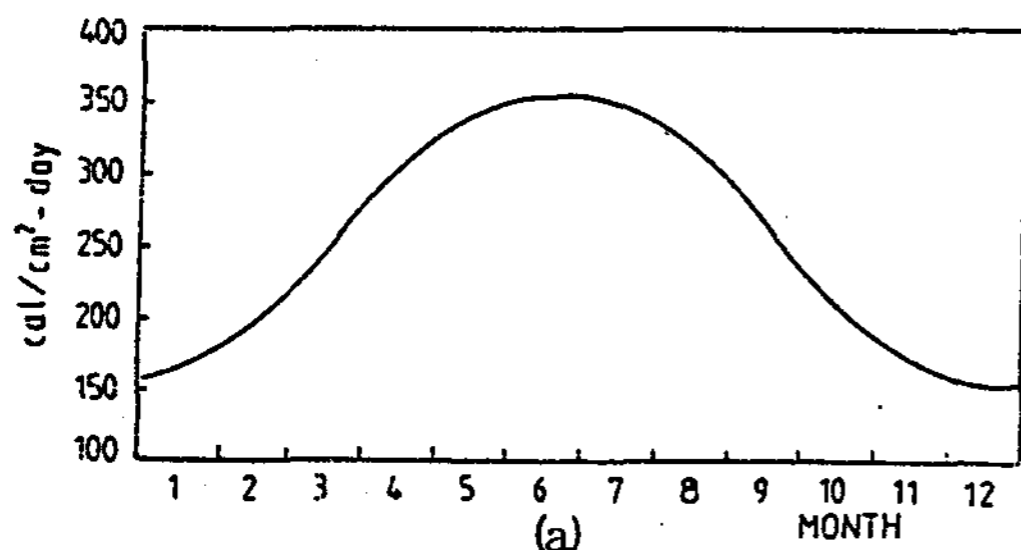


Fig. 3. (a) Solar insolation variation
(b) Ambient temperature variation in Seoul area

Fig.3-(b)는 10年間의 平均 外氣溫度를 $T(t) = 10.5 + 17.2 \cos(\omega t - 0.53)$ 의 週期函數로 表示한 것으로 $T_{max} = 27.7^\circ\text{C}$, $T_{min} = -6.7^\circ\text{C}$ 이다.

Table 1. Dependence of temperature and phase on output, Li and Lc for Seoul areas.

Output (rate of insolation)	Li (cm)	Lc (cm)	temperature of convection zone		Phase lag (rad)
			Average (°C)	Amplitude (°C)	
0 %	100	100	88.0	14.3	1.2
	100	200	88.0	10.4	1.4
	140	100	111.8	11.7	1.4
	140	200	111.8	8.4	1.5
	180	100	133.7	9.6	1.4
	180	200	133.7	6.9	1.6
10 %	100	100	66.3	11.7	1.3
	100	200	66.3	8.5	1.5
	140	100	81.3	9.1	1.4
	140	200	81.3	6.6	1.6
	180	100	94.5	7.1	1.6
	180	200	94.5	5.1	1.7
20 %	100	100	44.5	9.1	1.4
	100	200	44.5	6.7	1.6
	140	100	50.8	6.7	1.6
	140	200	50.8	5.4	1.7
	180	100	55.3	4.9	1.8
	180	200	55.3	3.5	2.0

Table.1은 出力, 非對流層 및 對流層두께 등을 變化시켰을때 對流層에서의 平均溫度, 波長, 位相角등을 나타낸 것이다.

Fig. 4, 5, 6은 Pond의 全體깊이가 240cm, 300cm 및 360cm이고, 非對流層 및 對流層의 두께가 동일한 경우 出力에 따른 對流層의 溫

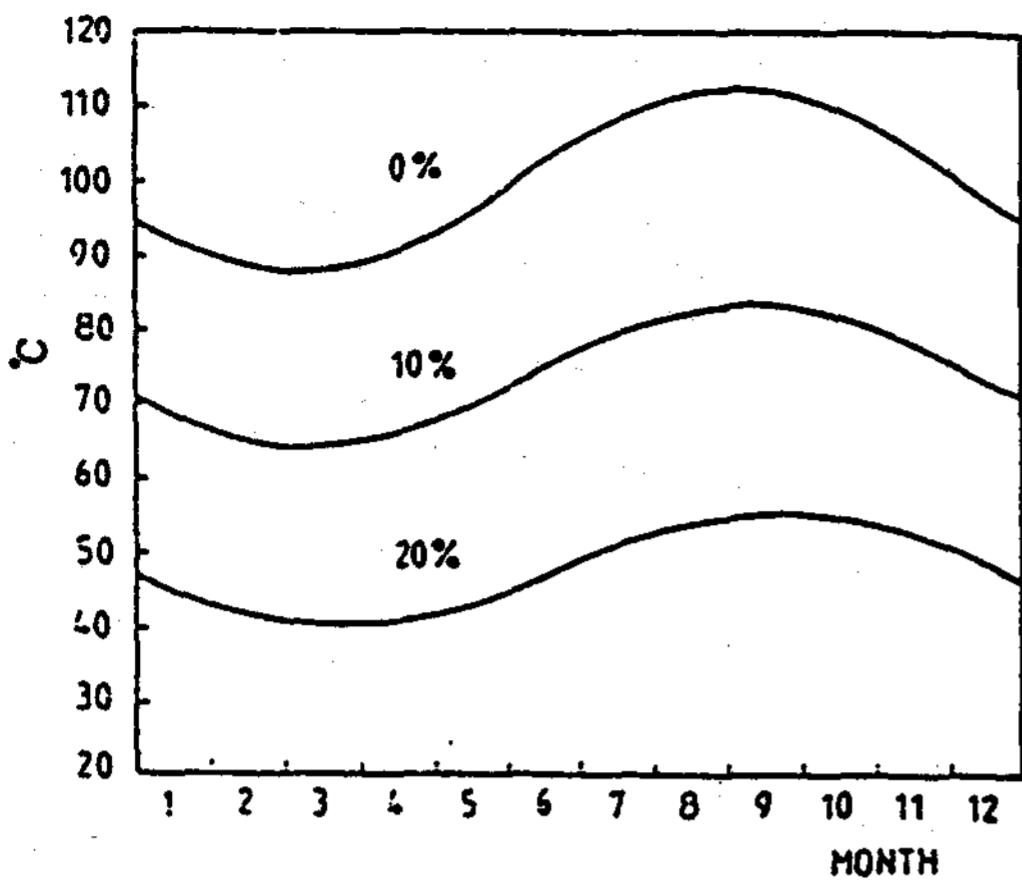


Fig. 4. Temperature variation of convecting zone of the pond with $L_i=120\text{cm}$, $L_c=120\text{cm}$ for 0%, 10%, 20% output.

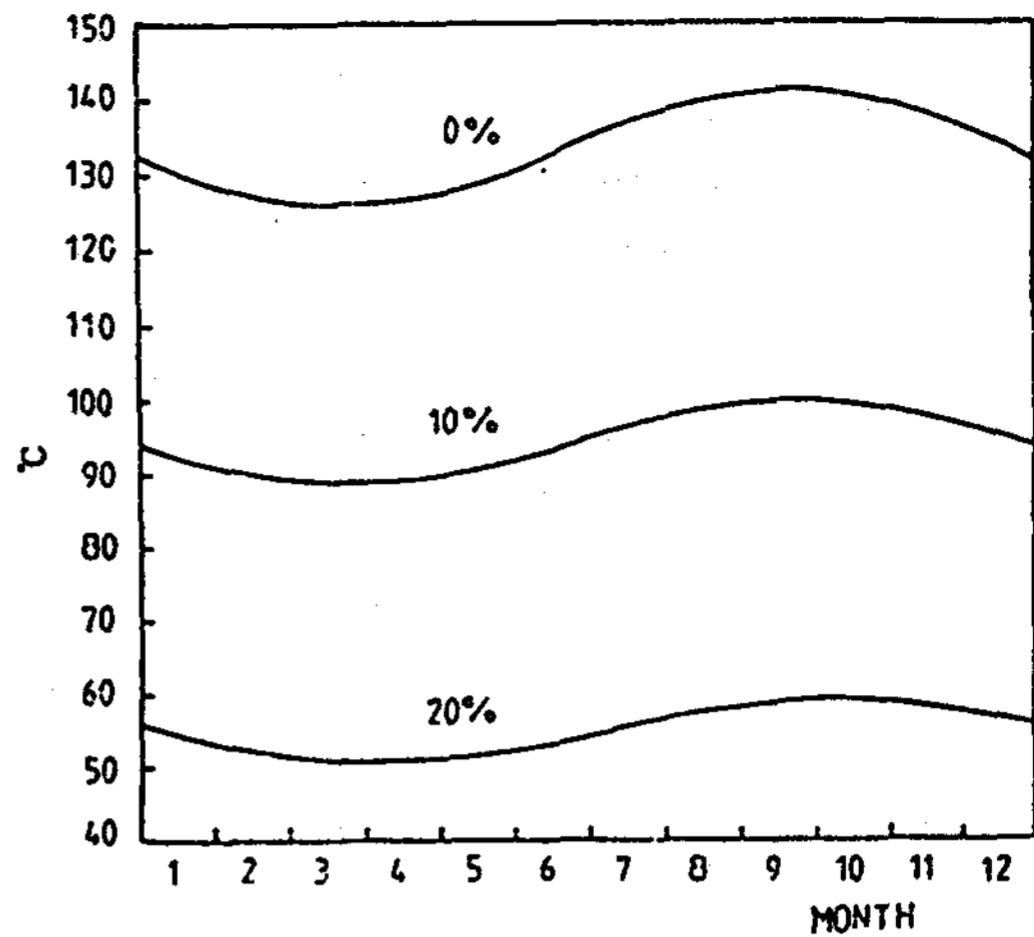


Fig. 6. Temperature variation of convecting zone the pond with $L_i=180\text{cm}$, $L_c=180\text{cm}$ for 0%, 10%, 20% output.

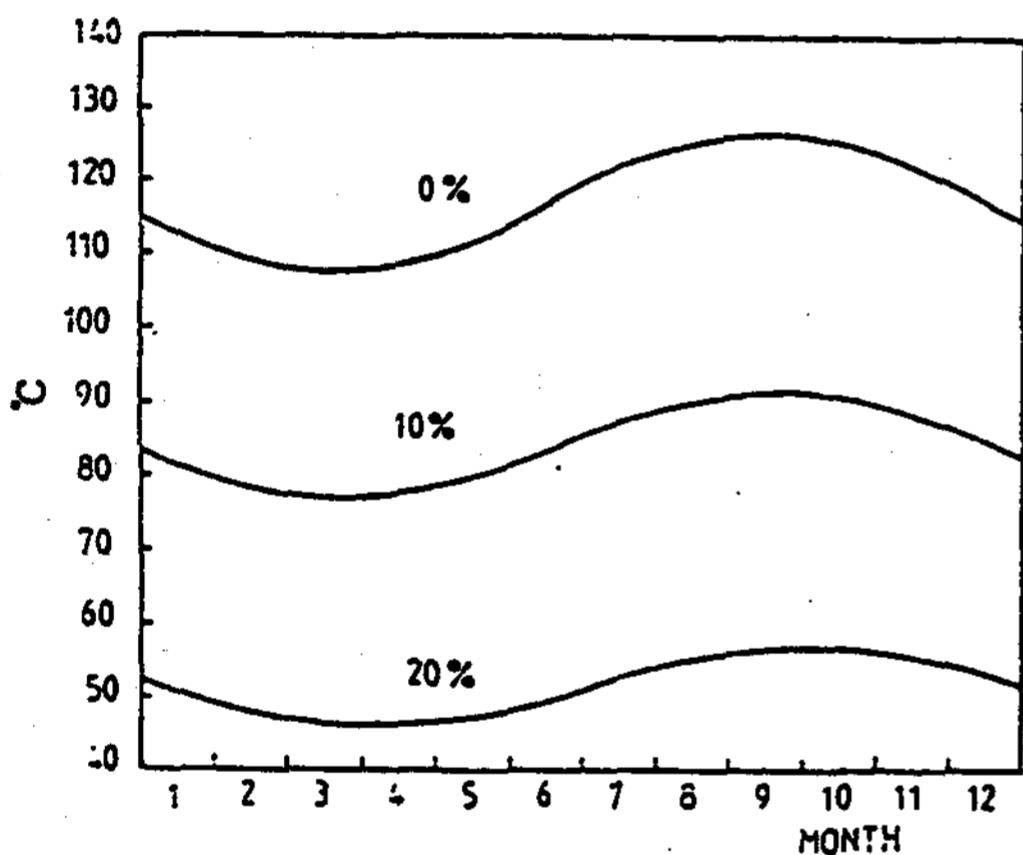


Fig. 5. Temperature variation of convecting zone of the pond with $L_i=150\text{cm}$, $L_c=150\text{cm}$ for 0%, 10%, 20% output.

$T = 94.5 + 5.5\text{Cos}(\omega t - 1.7)$, $T = 55.3 + 3.8\text{Cos}(\omega t - 1.9)$ 로 나타났다.

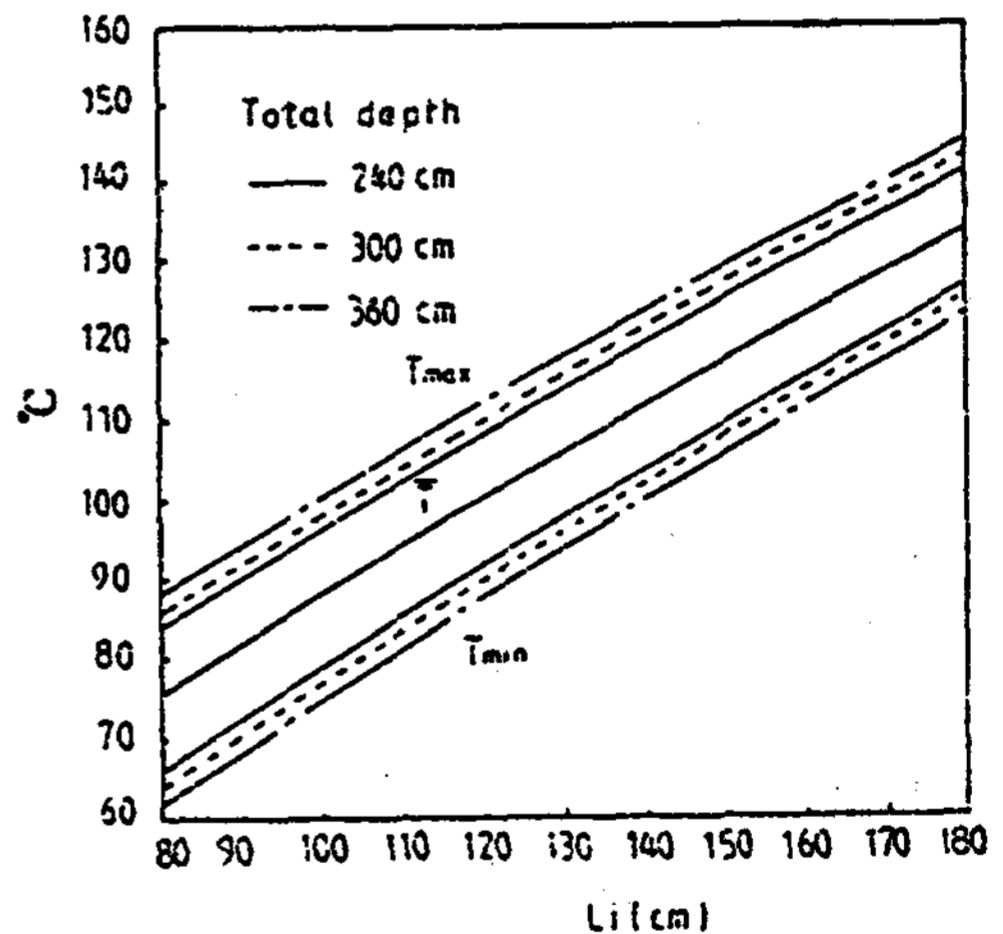


Fig. 7. Pond water temperature to the insulating layer depth for 0% output

度分布를 나타낸 것이다. Fig. 4에서 出力에 대한 日射量比가 0%일때 對流層의 溫度 $T = 100.2 + 12.1\text{Cos}(\omega t - 1.3)$ 이고 이때 $T_{\max} = 112.3^\circ\text{C}$, $T_{\min} = 88.1^\circ\text{C}$ 이다. 또한 10%일 경우 $T = 74.0 + 9.6\text{Cos}(\omega t - 1.4)$, 20%일때 $T = 47.9 + 7.3\text{Cos}(\omega t - 1.6)$ 로 나타났다. Fig. 5에서는 0%일때 $T = 117.4 + 9.4\text{Cos}(\omega t - 1.5)$, 10%일때 $T = 84.7 + 7.2\text{Cos}(\omega t - 1.6)$, 20%일때 $T = 52.1 + 5.2(\omega t - 1.8)$ 로 나타났다. 마찬가지로 Fig. 6에서도 $T = 133.7 + 7.3\text{Cos}(\omega t - 1.6)$,

Fig. 7, 8, 9는 出力에 대한 日射量比 0%, 10%, 20%와 Pond 총깊이 240 cm, 300 cm, 360 cm에 따른 對流層의 溫度를 非對流層의 두께로 나타낸 것이다. 여기서 對流層에서의 平均溫度 \bar{T} 는 非對流層 두께의 函數로 나타났고, 振幅은 對流層의 두께에 따라 差異가 있음을 알 수 있다. 또한 Pond 총깊이가 一定할 때에는 對流層의 두께는 클수록, 상대적으

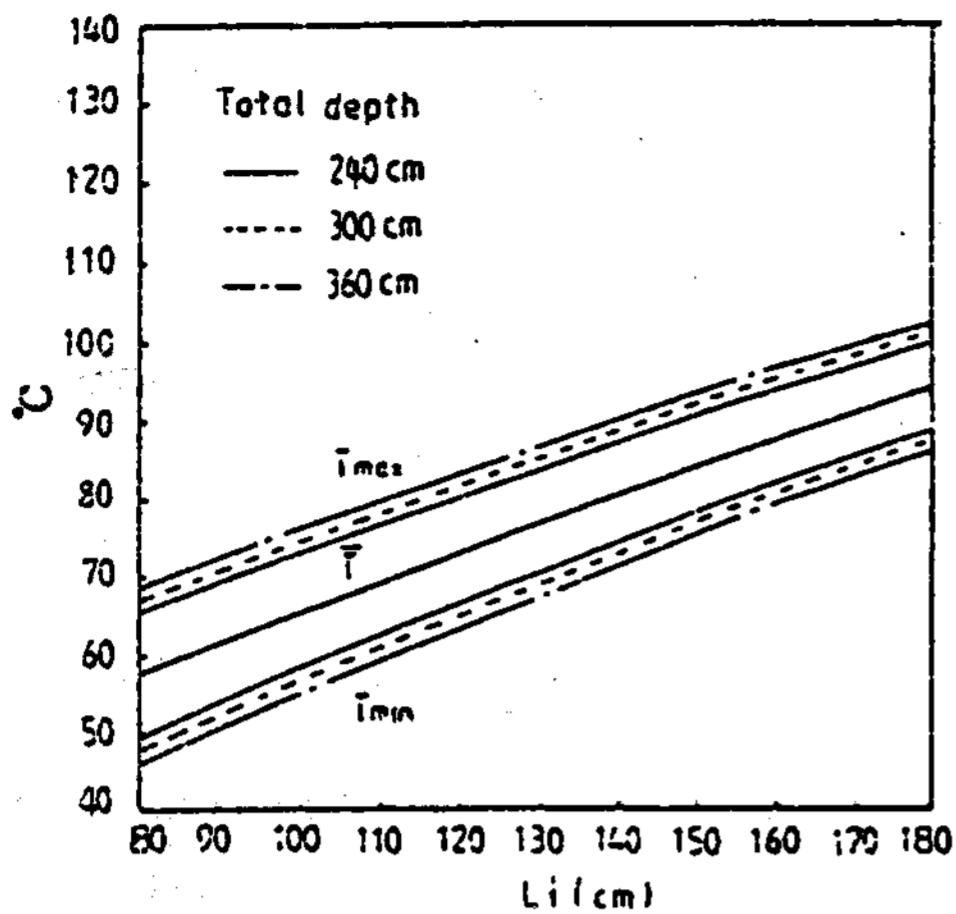


Fig. 8. Pond water temperature to the insulating layer depth for 10% output.

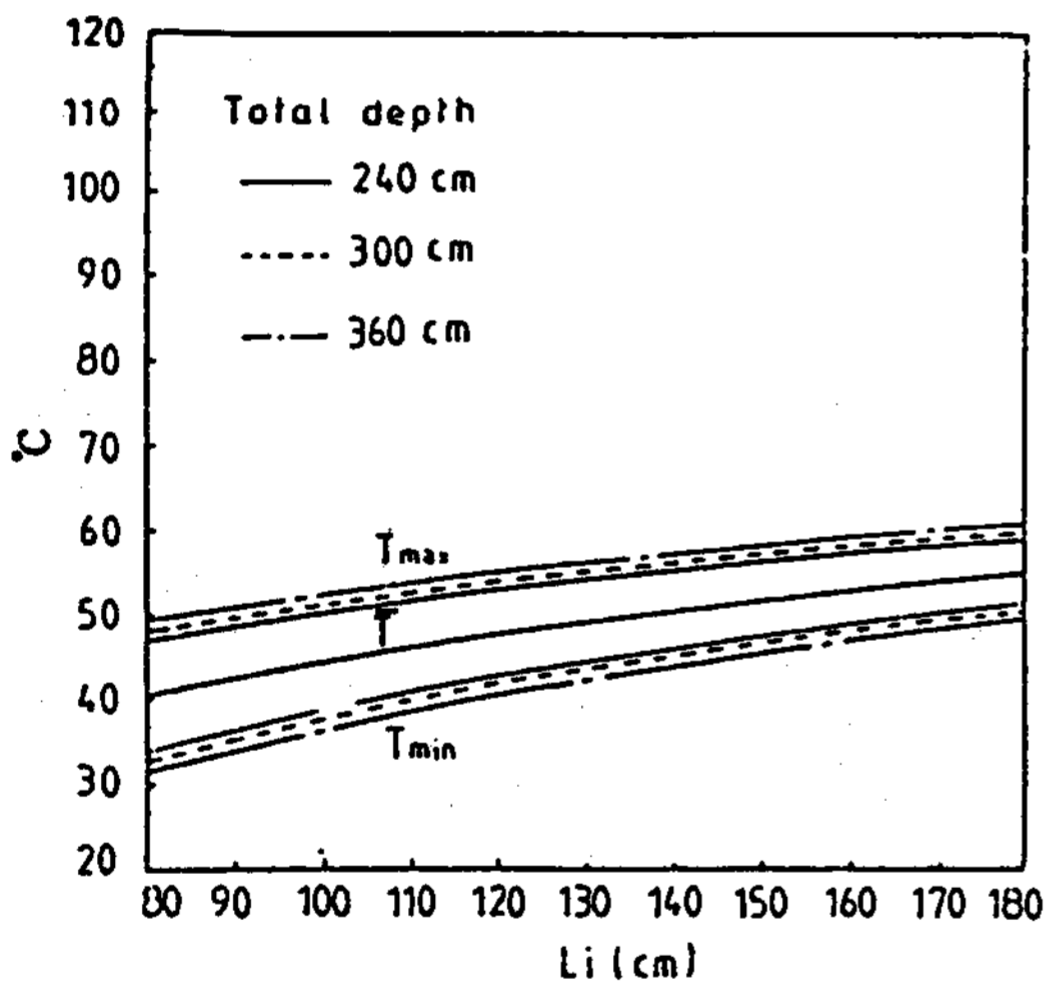


Fig. 9. Pond water temperature to the insulating layer depth for 20% output

로 非對流層의 두께는 작을수록 對流層의 溫度는 增加함을 알 수 있다. Fig. 7, 8, 9 를 각각 比較하면 出力이 클수록 非對流層의 두께에 따른 溫度變化는 작아짐을 알 수 있다.

Fig. 10은 出力에 대한 日射量比 20~30% 범위에서의 非對流層 두께에 따른 對流層의 平均溫度를 나타낸 것이다. 非對流層의 두께가 80 cm 이상 180 cm 이하의 범위에서 對流層의 平均溫度는 出力에 대한 日射量比가 24% 이하 일때 非對流層의 두께가 커짐에 따라 增加하

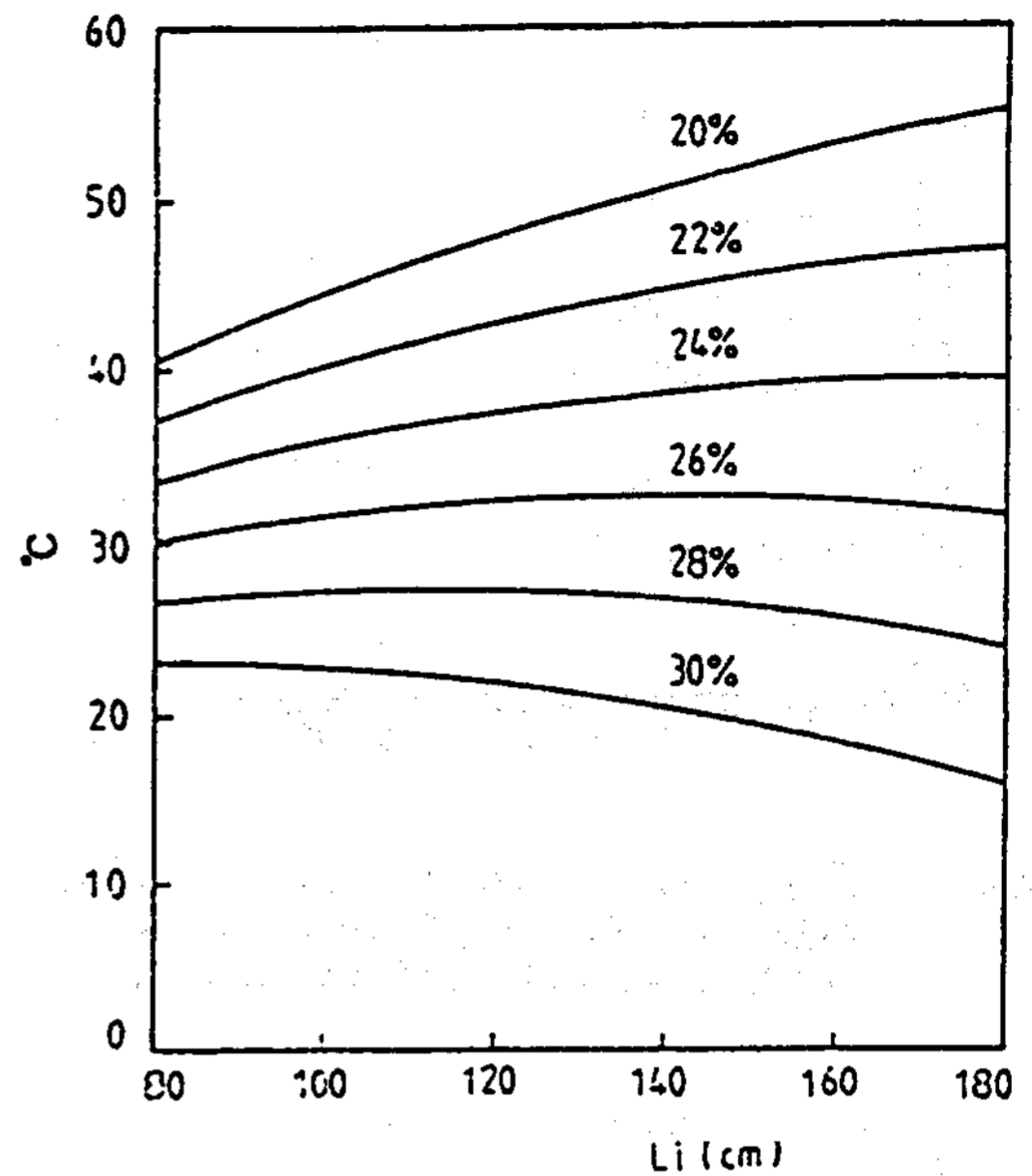


Fig. 10. Temperature distribution convecting zone on variations of insulating thickness and rates of output.

지만 25%부터는 非對流層 두께가 170 cm 일 때 平均溫度는 35.8°C, 두께 180 cm 일 때 平均溫度는 35.7°C가 되는 溫度의 減少現象이 일어난다. 또한 出力量이 커질수록 對流層의 平均溫度가 減少되는 非對流層의 두께 범위는 擴大되어 出力에 대한 日射量比가 30% 이상 부터는 非對流層의 두께가 클수록 對流層에서의 平均溫度는 減少된다. 이와같이 溫度의 最大값을 갖는 非對流層 두께와 出力率은 그 두께를 갖는 Pond의 最大有效值이며, 예를 들어 非對流層의 두께가 170 cm인 Pond의 有效出力은 日射量의 25%임을 알 수 있다.

5. 結 論

Solar Pond의 出力變化에 따른 對流層의 溫度分布를 考察한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 出力이 없고 非對流層의 두께가 120 cm 이상인 Solar Pond에서 對流層의 溫度는

100°C이상의 높은 溫度로 나타났다.

2) 出力이 日射量의 24%이하에서 全體깊이가 一定할때, 非對流層두께가 클수록 對流層의 溫度는 上昇하였다.

3) 出力이 日射量의 25%이상일때 非對流層 두께가 180 cm이하에서는 非對流層 두께

가 增加하여도 對流層의 溫度는 降下하는 現象이 일어났다. 이는 溫度의 最大값을 갖는 非對流層 두께와 出力率이 그 두께에서의 最大有效值이며 非對流層 두께가 80 cm이상, 180 cm이하에서는 有效出力이 日射量의 30% 미만임을 알 수 있었다.

References

- 1) A.V. Kalecsinsky, "Ueber die ungarischen warmen und heissen kochsalzssen als naturliche warmeaccumulatoren, sowie uber die Herstellung von warmen salzssen und warmeaccumulatoren", Annalen der Physik, 1902.
- 2) R. Block, "The Performance of an Experimental Solar Pond at the Dead Sea", The Neger Institute for Arid Zone Research, Beer Sheba, Israel, 1961.
- 3) H. Tabor, "Large-Area Solar Collectors for Power Production", Solar Energy, Vol. 7, No. 4.
- 4) H. Weinberger, "The Physics of the Solar Pond", Solar Energy, Vol. 8, No. 2, pp. 45-57, 1964.
- 5) A. Rabl and C.E. Nielsen, "Solar Pond for Space Heating", Solar Energy, Vol. 17, pp. 1-12, 1975.
- 6) K. Drumbeller et al, "Comparison of Solar Pond Concepts for Electrical Power Generation", BNWL-1951, 1975.
- 7) H.C. Bryang and I. Colback, "A Solar Pond for London?", Solar Energy, Vol. 19, pp. 321-322, 1977.
- 8) A. Akbarzaden and G. Ahmodi, "Computer Simulation of the Performance of a Solar Pond in the Southern Part of Iran", Solar Energy, Vol. 24, pp. 143-151, 1980.
- 9) J. P. Leshuk, "Solar Pond Stability Experiments", Solar Energy, Vol. 2, pp. 237-244, 1978.
- 10) C.F. Kool, "The Steady State Salt Gradient Solar Pond", Solar Energy, Vol. 23, pp. 37-45, 1979.
- 11) R. Viskanta, "Absorption of Solar Radiation in Ponds", Solar Energy, Vol. 21, pp. 17-25,
- 12) W.C. Dickinson and P.N. Chermisinoff, "Nonconvective Salt Gradient Solar Ponds", The Solar Energy Technology Handbook, pp. 345-376, 1980.
- 13) M.N.A. Hawlader, "The Influence of the Extinction Coefficient on the Effectiveness of Solar Ponds", Solar Energy, Vol. 25, pp. 461-464, 1980.
- 14) J. R. Holl, "Computer Simulation of Solar Pond Thermal Behavior", Solar Energy, Vol. 25, pp. 33-40, 1980.
- 15) C.F. Kooi, "Salt Gradient Solar Pond with Reflective Bottom; Application to the Saturated Pond", Solar Energy, Vol. 26, pp. 113-120, 1981.