

사람몸과 천, 대기사이의 열복사교환과정에 대한 해석적연구

리광일, 석대형

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《천의 질을 높여야 하겠습니다.》(《김일성전집》 제47권 140페이지)

론문에서는 사람몸과 천, 대기사이의 열복사교환작용에 대한 해석적모형을 제기하고 수값풀이하여 천아낙면의 복사률(흡수률)이 크고 천바깥면의 복사률(흡수률)이 작으면 천의 온도가 높아진다는것을 정량적으로 론증하였다.

1. 열복사교환과정에 대한 해석모형

사람몸은 자기의 체온근방에서 피부의 복사률(흡수률)이 ~ 0.98 로서 흑체에 가깝다. 또한 사람이 내는 열량의 76%가 피부겉면에서 복사에 의해 44% 손실되고 대류와 전도에 의하여 32% 손실된다.[1-5] 즉 복사에 의한 손실은 전체 손실의 $\sim 60\%$ 이다. 따라서 복사를 중심에 놓고 천의 온도를 론하는것은 타당하다.

사람몸의 복사능과 흡수률을 E_2, A_2 , 천의 복사능과 흡수률을 E_1, A_1 , 대기의 복사능과 흡수률을 E_0, A_0 이라고 하자.

먼저 사람몸과 천사이의 열복사교환과정을 보자.(그림 1) 사람의 몸에서 나온 복사에 네르기는 천에서 반사되고 나머지는 흡수된다. 천에서 반사된 복사에 네르기는 다시 몸에서 반사되고 그 나머지가 흡수된다. 몸에서 다시 반사된 복사에 네르기는 천에서 또다시 반사되고 그 나머지는 흡수된다. 이런 과정이 사람몸과 천사이에서 계속 일어난다.

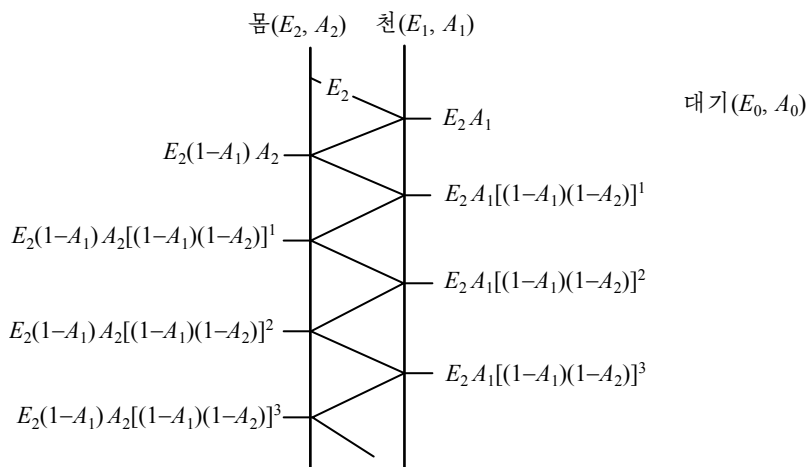


그림 1. 사람몸과 천, 대기사이의 열복사교환과정

그림 1에서 알수 있는것처럼 사람몸에서 나온 복사에 네르기가 천에 흡수되는 량은 다음과 같다.

$$E_{21} = \sum_{n=0}^{\infty} E_2 A_1 [(1-A_1)(1-A_2)]^n = \frac{E_2 A_1}{1-(1-A_1)(1-A_2)} \quad (1)$$

또한 사람몸에서 나온 복사에너지가 천에서 반사되어 다시 몸에 흡수되는 양은 다음과 같다.

$$E_{212} = \sum_{n=0}^{\infty} E_2 (1-A_1) A_2 [(1-A_1)(1-A_2)]^n = \frac{E_2 (1-A_1) A_2}{1-(1-A_1)(1-A_2)} \quad (2)$$

같은 방법으로 천에서 나온 복사에너지가 사람몸에 흡수되는 양은

$$E_{12} = \sum_{n=0}^{\infty} E_1 A_2 [(1-A_1)(1-A_2)]^n = \frac{E_1 A_2}{1-(1-A_1)(1-A_2)} \quad (3)$$

이며 천에서 나온 복사에너지가 사람몸에서 반사되어 다시 천에 흡수되는 양은 다음과 같다.

$$E_{121} = \sum_{n=0}^{\infty} E_1 (1-A_2) A_1 [(1-A_1)(1-A_2)]^n = \frac{E_1 (1-A_2) A_1}{1-(1-A_1)(1-A_2)} \quad (4)$$

천과 대기사이의 복사열교환과정을 보자.(그림 1)

같은 방법으로 천에서 나온 복사에너지가 대기에 흡수되는 양은 다음과 같다.

$$E_{10} = \sum_{n=0}^{\infty} E_1 A_0 [(1-A_1)(1-A_0)]^n = \frac{E_1 A_0}{1-(1-A_1)(1-A_0)} = E_1 \quad (5)$$

우의 식에서 대기의 흡수율을 $A_0=1$ 로 보았다.

또한 천에서 나온 복사에너지가 대기에서 반사되어 다시 천에 흡수되는 양은 다음과 같다.

$$E_{101} = \sum_{n=0}^{\infty} E_1 (1-A_0) A_1 [(1-A_1)(1-A_0)]^n = \frac{E_1 (1-A_0) A_1}{1-(1-A_1)(1-A_0)} = 0 \quad (6)$$

같은 방법으로 대기에서 나온 복사에너지가 천에 흡수되는 양은 다음과 같다.

$$E_{01} = \sum_{n=0}^{\infty} E_0 A_1 [(1-A_1)(1-A_0)]^n = \frac{E_0 A_1}{1-(1-A_1)(1-A_0)} = E_0 A_1 \quad (7)$$

대기에서 나온 복사에너지가 천에서 반사되어 다시 대기에 흡수되는 양은 다음과 같다.

$$E_{010} = \sum_{n=0}^{\infty} E_0 (1-A_1) A_0 [(1-A_1)(1-A_0)]^n = \frac{E_0 (1-A_1) A_0}{1-(1-A_1)(1-A_0)} = E_0 (1-A_1) \quad (8)$$

열평형상태에서 천에서 나가는 복사에너지의 총합은 천에 흡수되는 복사에너지의 총합과 같아야 하므로 다음의 식이 성립한다.

$$2E_1 = E_{21} + E_{121} + E_{01} + E_{101} \quad (9)$$

식 (1)-(6)을 고려하면 다음의 식이 성립한다.

$$2E_1 = \frac{E_2 A_1}{1-(1-A_1)(1-A_2)} + \frac{E_1 (1-A_2) A_1}{1-(1-A_1)(1-A_2)} + E_0 A_1 \quad (10)$$

스테판-볼츠만법칙으로부터 다음의 식을 쓸수 있다.

$$E_2 = A_2 \sigma T_2^4, E_1 = A_1 \sigma T_1^4, E_0 = A_0 \sigma T_0^4 = \sigma T_0^4 \quad (11)$$

여기서 T_2, T_1, T_0 은 각각 사람몸과 천, 대기의 온도이다.

식 (8)과 (9)를 고려하면 천의 온도에 대하여 다음의 식을 얻을수 있다.

$$T_1^4 = \frac{\frac{A_2 T_2^4}{1 - (1 - A_1)(1 - A_2)} + T_0^4}{2 - \frac{A_1(1 - A_2)}{1 - (1 - A_1)(1 - A_2)}} \quad (12)$$

천의 흡수률이 사람몸쪽에서 A_{12} , 대기쪽에서 A_{10} 으로서 서로 다르다고 하자. 이 경우 우와 같은 과정을 반복하면 천의 온도에 대하여 다음의 식이 유도된다.

$$T_1^4 = \frac{\frac{A_{12} A_2 T_2^4}{1 - (1 - A_{12})(1 - A_2)} + A_{10} T_0^4}{A_{12} + A_{10} - \frac{A_{12}^2 (1 - A_2)}{1 - (1 - A_{12})(1 - A_2)}} \quad (13)$$

2. 수값해석결과

사람몸의 온도를 33°C , 대기의 온도를 0°C , 사람몸의 흡수률을 0.98이라고 가정하자.

수값해석은 천의 안쪽(사람쪽) 면과 바깥쪽(대기쪽) 면이 같아서 모두 0.1부터 0.9까지 변할 때와 천의 안쪽(사람쪽) 면이 0.9이고 바깥쪽(대기쪽) 면이 안쪽보다 작아서 0.1부터 0.9까지 변할 때 진행하였다.

그림 2에 수값해석결과를 보여주었다.

그림 2에서 알수 있는것처럼 천안쪽과 바깥쪽의 흡수률이 같은 경우 흡수률이 커짐에 따라 천의 온도는 약간 작아지는 경향성을 보이나 거의 변하지 않는다는것을 알수 있다. 그러나 천안쪽의 흡수률이 크고 천바깥쪽의 흡수률이 작은 경우 천바깥쪽의 흡수률이 작아짐에 따라 천의 온도는 증가한다.

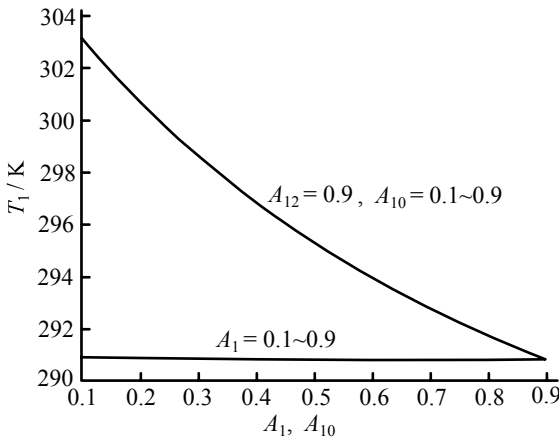


그림 2. 수값해석결과

맺 는 말

사람몸과 천, 대기사이의 열복사교환과정에 대한 해석적모형에 의하면 천아낙면의 흡수률이 크고 그 천바깥면의 흡수률이 작은 경우 천의 온도가 높아진다.

참 고 문 헌

- [1] L. Wang; International Journal of Heat and Mass Transfer, 79, 954, 2014.
- [2] M. L. Shendeleva; Applied Physics Letters, 8, 1486, 2002.

- [3] P. Roy; Physical Review Letters, 3, 483, 2000.
- [4] T. M. El-Shiekh; Energy Engineering, 1, 52, 2009.
- [5] J. Mao; Applied Physics Letters, 5, 868, 2002.

주체108(2019)년 3월 5일 원고접수

Analytic Study on Heat Radiation Exchange Mechanism between Body, Cloth and Atmosphere

Ri Kwang Il, Sok Thae Hyong

A mathematical model has been proposed describing on thermal exchange mechanism between body, cloth and atmosphere, and numerically calculated temperature of the cloth.

Key word: heat radiation exchange