

クールルーフによる空調負荷及びCO<sub>2</sub>削減量のシミュレーション

1053155 上坂 美雪  
指導教員 成田 健一

**1. 研究目的** 近年、ヒートアイランド対策として、建物屋上面の表面温度を抑制し、室内への熱負荷を低減する屋上緑化や高反射率塗料が注目されている。これらの対策手法は、総称してクールルーフと呼ばれている。実際の事務所建築の条件を用い、クールルーフの条件(土壌厚、蒸発効率、日射吸収率など)の変化により、建物への熱負荷とCO<sub>2</sub>削減量がどう変わるか、断熱材など建物性能を考慮しながら、数値計算により検討を行った。

**2. 研究概要** 表2、3の条件を用い、表1の手順に従い屋上緑化及び高反射率塗料のピーク時における熱負荷量を算出した。1日の時間別の熱負荷量の情報が無いため、ここではピーク時における熱負荷量に空調時間と0.7を乗じたものを熱負荷量の日負荷累計とみなし算出した。そして、日負荷累計に空調運転期間と月別平均負荷比を乗じ、各月ごとの空調負荷を算出した。月別平均負荷比は『事務所建築月別の熱負荷パターン』<sup>1)</sup>より、冷房時8月の平均負荷はピークの8割、暖房時1月の平均負荷は空調時間が日中であることを考慮しピークの4割と想定し、8月と1月を基準に各月の負荷を算出したものを用いた。各月の空調負荷を合計しCOP(表4)で除すことにより消費電力を求め、消費電力にCO<sub>2</sub>排出原単位(表4)を乗じて施工前及び施工後のCO<sub>2</sub>排出量を算出し、削減量(kg-CO<sub>2</sub>/年・m<sup>2</sup>)を求めた。

**3. 結果・考察** 緑化による熱負荷削減量及びCO<sub>2</sub>削減量(図1 a, b)は、断熱材0mmと150mmでは約12倍違い、厚くなるほど緑化効果が薄い。熱負荷量は150mmの方が小さく、4倍差がある。土壌厚比較では、熱負荷量とCO<sub>2</sub>削減量に大きな変化は無く、断熱材と土壌では10倍熱伝導率が違うため(表2)と思われる。蒸発効率は芝やセダムなど植物の種類により異なり、蒸発効率が高くなると植物の蒸散により潜熱が消費される。蒸発効率が高くなるにつれ、削減量(図2 a, b)は多くなった。図3の高反射率塗料では、断熱材厚による変化は、図1(a)と同じように曲線的であり、CO<sub>2</sub>削減量も(b)と同様の変化となる。日射吸収率が0.4の場合において、断熱材0mmと150mmとでは削減量が約6倍違い、日射吸収率が小さいほど熱負荷削減量が多くなるが、建物表面と建物内との温度差が小さくなり、建物内に熱が侵入しにくいいため断熱材を厚くした時の変化は乏しくなる。

図4は屋上緑化による大気加熱量変化の結果である。断熱材厚が増えるほど大気加熱量は増えるが、熱負荷削減量と違い、大気加熱削減量は削減効果が一定となっていた。

**4. まとめ** クールルーフによる熱負荷削減量及びCO<sub>2</sub>削減量は建物性能に左右され、屋上スラブに入っている断熱材が厚くなるほど小さく、クールルーフの必要性は薄くなる。大気加熱削減量は建物性能には左右されずある一定の削減効果が得られる。

表1 熱負荷量算出の手順

①相当外気温度を算出する。  

$$T_{ed} = \frac{a \times S - \varepsilon \times L}{\alpha_o} + T_a$$
 Ted: 相当外気温度(°C)  
 a: 日射吸収率  
 S: 全日射量(W/m<sup>2</sup>)  
 ε: 放射率  
 L: 長波放射量(W/m<sup>2</sup>)  
 α<sub>o</sub>: 外表面熱伝達率(W/m<sup>2</sup>·K)  
 T<sub>a</sub>: 外気温度(°C)

②湿相当外気温度を算出する。  

$$T_{ew} = A \times T_{ed} + C$$
 東京A=0.3825  
 C=11.7676  
 T<sub>ew</sub>: 湿相当外気温度(°C)  
 A: 地域係数

③蒸発効率βが1でない場合補正を行う。  

$$T_{ew} = T_{ew} + (T_{ed} - T_{ew}) \times (1 - \beta)$$

$$T_{ew} = T_{ew} + (T_{ed} - T_{ew}) \times (1 - \beta)$$
 β: 蒸発効率

④熱負荷率を算出する。  

$$K = \frac{1/\alpha_o + \sum d/\lambda + 1/\alpha_i}{d}$$
 K: 熱負荷率(W/m<sup>2</sup>·K)  
 d: 材料の厚さ(m)  
 α<sub>o</sub>: 外表面熱伝達率(W/m<sup>2</sup>·K)  
 λ: 熱伝導率(W/m·K)  
 α<sub>i</sub>: 内表面熱伝達率(W/m<sup>2</sup>·K)

⑤熱負荷(負流熱量)を求める。  

$$Q = K \times (T_{ew} - T_i)$$
 Q: 熱負荷(W/m<sup>2</sup>)  
 T<sub>i</sub>: 室内設定温度(°C)

⑥大気加熱量算出式  

$$T_s = T_{ew} - (Q/\alpha_s)$$
 T<sub>s</sub>: 表面温度(°C)  

$$H = \alpha_s \times (T_s - T_a)$$
 H: 大気加熱量(W/m<sup>2</sup>)

表2 事務所建築断面仕様

材料	厚さ mm	熱伝導率 W/m·K
屋根		
防水	15	0.11
コンクリート	150	1.40
断熱材	変数	0.04
保護コンクリ	80	0.78
仕		
空気層		0.15
棟		
石膏ボード	12	0.17
緑	土壌	変数 0.40
北	保水シート	35 0.2

※空気層の欄には熱抵抗値(m<sup>2</sup>·K/W)を記述

表4 その他に使用した条件

	冷房	暖房
エアコンCOP(kW/kWh)	2.7	3
冷暖房時間(時間/日)		12
運転期間(日/月)		20
CO <sub>2</sub> 排出原単位(kg-CO <sub>2</sub> /kWh)		0.555

表3 ピーク時における条件

	夏季	冬季
全日射量S(W/m <sup>2</sup> )	500	150
長波放射量L(W/m <sup>2</sup> )	100	50
日射吸収率α(緑化)	0.8	
放射率ε(高反射率塗料)	変数	変数
蒸発効率β	0.95	
外気温度T <sub>a</sub> (°C)	33	5
室内設定温度T <sub>i</sub> (°C)	26	22
外表面熱伝達率α <sub>o</sub> (W/m <sup>2</sup> ·K)	22.6	
内表面熱伝達率α <sub>i</sub> (W/m <sup>2</sup> ·K)	6.13	9.3

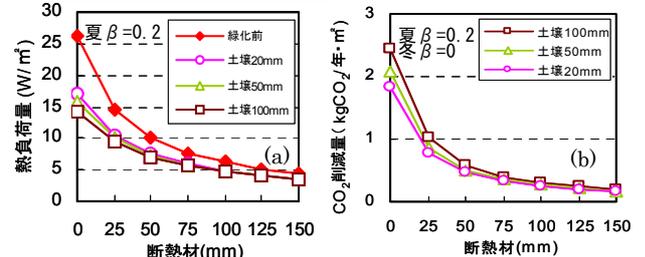


図1 屋上緑化による熱負荷量[夏季] (a) とCO<sub>2</sub>削減量 (b) の変化

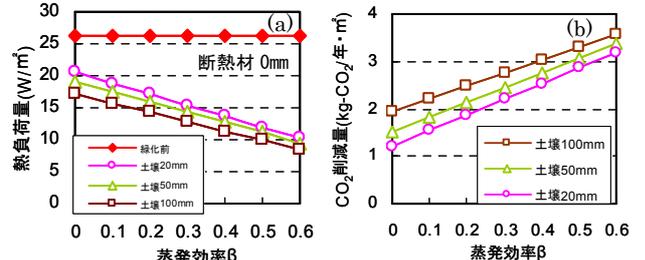


図2 蒸発効率による熱負荷量[夏季] (a) とCO<sub>2</sub>削減量 (b) の変化

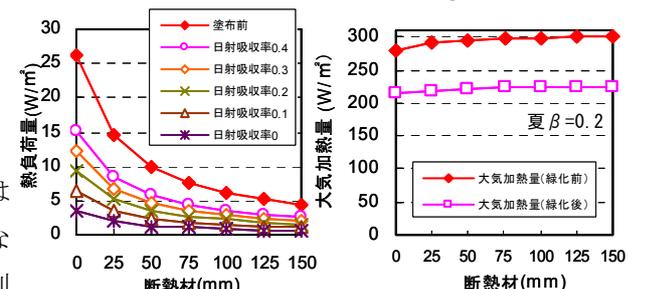


図3 高反射率塗料による熱負荷量の変化[夏季]

図4 屋上緑化による大気加熱量の変化[夏季]

参考文献 1) (社) 日本エネルギー学会編: 天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2005, 日本工業出版