

ミニモデルハウスを用いた屋上緑化の環境経済性の検討

高知工科大学大学院 学生会員 ○中田智子
 高知工科大学大学院 学生会員 馬淵 泰
 高知工科大学 正会員 村上雅博

1. はじめに

近年、新築等の際に敷地と屋上に緑化を義務付ける自治体が増えてきており、屋上緑化の事例は急速に増えてきている。しかし、現状では、屋上緑化が建物の表面温度低下に効果があることは知られているが、どの程度の省エネ効果をもたらしているのかについての検討事例は少ない。さらに、日本で2005年頃導入が検討されている炭素税が、緑化をすることにより国家レベルでどの程度削減できるか具体的な数値はあまり示されていない。

本研究では、屋上緑化の熱環境特性（室温、蒸散量）を定量化し、その環境経済性を評価する手法を確立することを目的として、ミニモデルハウスを用いた屋上緑化の熱環境調査結果より¹⁾、建物一棟分をモデルとした屋上緑化の環境経済的な評価を行い、今後日本で導入される予定の炭素税を踏まえた上での屋上緑化の有効性を検証した。

2. 実験方法

ミニモデルハウスは、木製の屋根、土壌のみ、コウライシバ (*Zoia matrella*)、葉面積が小さく葉面積密度の高いツルニチニチソウ (*Vinca Major*)、葉面積が大きく葉面積密度の少ないクロトン (*Codiaeum variegatum*)、屋根の表面全体にアスファルトを塗ったモデルハウスの計6パターンを設定し、実験方法については図1のように行った。屋上緑化のみの効果を測定するためミニモデルハウスは閉めきった状態で行い、植栽別に違いを見るため与える水の量（300cc程度）も一定とした。測定期間は、6月から9月までの月1回、測定時間は、日の出前の午前4時から日没後の午後8時まで実施した。

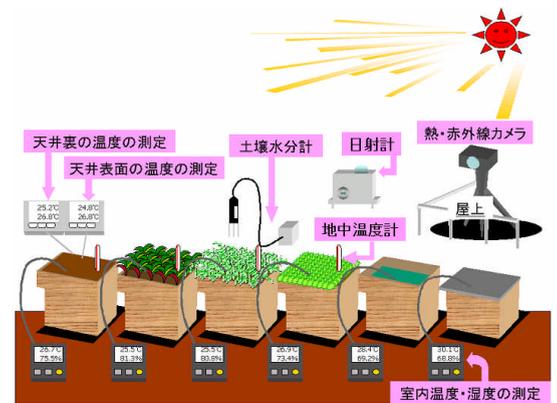


図1 実験方法

3. 屋上緑化の環境経済性の評価手法

本研究では、2003年8月22日の真夏日におけるミニモデルハウスで計測した各種温度測定結果を用いて、室内温度低下による冷房機器使用エネルギー削減効果と外気温低下による電力消費量削減効果、炭素税軽減効果の3項目についてそれぞれ環境経済性を評価し、屋上緑化の有効性を検討した。なお、屋上緑化の経済性の算定にあたっては、屋上ミニモデルハウスと同材質の屋上550m²を仮定し、そのうち400m²(ミニモデルハウスの屋根の面積:0.3869m²)のエリアを屋上緑化すると仮定して実施した。

$$Em = ((Sm - Am) / t) / Ma \times Ee \times Pa \dots (1)$$

Em 電気料金節約量(円/日)

Sm: 木製の屋根のミニモデルハウスの室内温度結果(°C/日)

Am: 土壌のみ、アスファルト、コウライシバ(*Zoia matrella*)、ツルニチニチソウ(*Vinca Major*)、クロトン(*Codiaeum variegatum*)の各ミニモデル別の室内温度結果(°C/日)

t: 室温(°C)

Ma: ミニモデルハウスの屋根の面積、0.3869(m²)

Ee: 室温が2°C低下した場合の電力量節約効果、5.4(円/日/m²)

Pa: 評価対象面積、400(m²)

3-1. 屋内におけるエネルギー消費低減効果

屋上緑化の室内温度低下効果における環境経済的な便益は、室温が低下したことによる空調機器の使用率減少に伴う電気料金削減効果の観点から評価した。電気料金の試算の際には、2°C低下した場合に5.4円/日/m²(0.56kWh/m²)の電力量節約効果があるとの調査結果²⁾を適用し、算定式(1)により算出した¹⁾。

3-2. 屋外におけるエネルギー消費低減効果

3-2-1. エネルギー消費低減量の換算

一般に、水が蒸発する際に奪われる気化熱(潜熱)は、周辺の気温を低下させる効果を有しており、天然のクーラー(冷房源)として位置づけることができる(クールアイランド効果)。この潜熱に使われるエ

キーワード：屋上緑化・環境経済性評価・クールアイランド効果・エネルギー消費低減効果・炭素税

〒782-8502 高知県香美郡土佐山田町宮ノ口185 Tel. 0887-53-1111

エネルギーを、クーラーに使用される石油エネルギー量に代替させることによって、植物のクールアイランド効果の経済性を評価することができる。そこで、8月に測定した各屋上緑化ミニモデルハウスの蒸散量計測結果から、屋上緑化することによりどの程度の電気料金が節約できるか換算した。経済性の算定式を式(2)に示す。

$$E_c = W_p \times W_h / E_h \times C \dots (2)$$

E_c : 植生ごとの蒸散量が100%クーラーの電力量に変換されると仮定した場合の電気料金削減量(円/日)
 W_p : 屋上緑化に植栽した植物の評価対象面積(400 m²)あたりの蒸散量(g)
 W_h : 水の気化熱、583(cal/g)
 E_h : 1(kWh)あたりの電力を利用して得られる熱量、860(kcal)
 C : 1(kWh)あたりの電気料金、25(円)

3-2-2.炭素税換算

3-2-1で示した屋外におけるエネルギー消費低減効果で求めた石油エネルギー換算結果より、地球温暖化の原因である二酸化炭素(CO₂)がどのくらい排出されているのか炭素排出量を算出し、炭素税率を積算することで、炭素税がどの程度軽減されるのかを検証した。

$$E_t = P_h / O_e \times C_o \times T_a \dots (3)$$

E_t : 軽減できる炭素税額(円/日)
 P_h : 植種別評価対象面積(400 m²)あたりの水の気化熱(kcal)
 O_e : 石油1(t)あたりのエネルギー量、10⁷(kcal)
 C_o : 石油1(t)あたりの炭素排出量、0.86(t)
 T_a : 炭素1(t)あたりの炭素税、30,000(円)

炭素税の算定手法は、まず石油1tが10⁷kcalのエネルギーに相当し、石油1tが燃焼すると炭素が0.86t排出されるとして、炭素排出量を算定した。次に、炭素税の算定基準として中央環境審議会の目標達成シナリオ小委員会で検討している炭素税率(炭素1tあたり3万円の炭素税で二酸化炭素(CO₂)2%削減可能)を適用した。式(3)に炭素税の算定式を示す。

4. 屋上緑化の環境経済性の評価

表1に屋上緑化別環境経済性評価を示す。木製のミニモデルハウスを基準にした時の屋上緑化したモデルの屋内温度低下量は、52,200円/日~76,764円/日の電気料金節約量に相当し、概算ではあるが屋上緑化は確実にエネルギー消費を低減できることを示している。

表1 屋上緑化別環境経済性評価(8月22日)

算定内容	コウライシバ (<i>Zoysia</i>)	ツルニチニチソウ (<i>Vinca major</i>)	クロトン (<i>Codiaeum variegatum</i>)
蒸散量	5.62mm/m ²	10.47mm/m ²	6.78mm/m ²
屋内におけるエネルギー消費低減効果	52,200円/日	76,764円/日	72,298円/日
屋外におけるエネルギー消費低減効果	38,098円/日	70,962円/日	45,994円/日
炭素税軽減効果	3,381円/日	6,298円/日	4,082円/日
屋上緑化で得られる便益	93,679円/日	154,024円/日	122,374円/日

クールアイランド源としての屋外のエネルギー消費低減量は、植生ごとの蒸散量がそのままクーラーの電力量に変換される場合、ツルニチニチソウ(*Vinca Major*)のクールアイランド効果は70,962円/日、コウライシバ(*Zoysia matrella*)は32,864円/日、クロトン(*Codiaeum variegatum*)は24,968円/日となった。また、日本で導入が

予定されている炭素税を試算した場合、ツルニチニチソウ(*Vinca Major*)を屋上緑化の材料として利用することにより軽減できる炭素税は6,298円/日、コウライシバ(*Zoysia matrella*)が軽減できる炭素税は3,381円/日、クロトン(*Codiaeum variegatum*)が軽減できる炭素税は4,082円/日であり、ツルニチニチソウ(*Vinca Major*)が炭素排出量を一番軽減できる効果を持っている。これはツルニチニチソウ(*Vinca Major*)が他の屋上緑化パターンと比較して、葉の数も多く蒸散量が多かったことが原因として考えられる。

以上の評価結果から、屋上緑化した場合、夏季において室内・屋外で30,000円/日以上クールアイランド効果をもたらす、炭素税削減効果は、建物一軒夏の日あたり3,000~6,000円/日の炭素税削減効果があることが示された。

5. 今後の課題

今後の課題は、屋上緑化工法の違いによる熱環境緩和効果への影響を明らかにするとともに、また、ミニモデルハウスの室内・室外の温度変化を年間を通して測定し、ミニモデルハウスの熱伝導拡散モデルにてシミュレーションを行い、実際の屋上緑化による室内温度低下効果を推定する一連の調査研究が必要である。

<参考文献・資料>

- 1) 中田智子、馬淵泰、村上雅博：ミニモデルハウスを用いた屋上緑化の有効性の検証、土木学会四国支部第10回技術研究発表会講演概要集(平成16年度)投稿中
- 2) <http://www.sumiheji.co.jp/service/main/sermain.html>：屋上緑化とは