

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月23日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22580030

研究課題名（和文）植物の形状を考慮した都市冷却モデルの構築と応用

研究課題名（英文）Development and application of urban cooling model considering plant shape

研究代表者

本條 毅 (HONJO TSUYOSHI)

千葉大学・大学院園芸学研究科・教授

研究者番号：60173655

研究成果の概要（和文）：

屋上緑化、壁面緑化は、都市ヒートアイランド緩和のための有効な手段である。本研究では、屋上、壁面緑化した壁面での測定をもとに、さまざまな植物形状を考慮した熱収支モデルの構築を行った。モデルの改良により測定した熱収支結果を正確に予測することが可能であった。このモデルにより、屋上や壁面を緑化した場合、さまざまなケースで、どの程度夏季の冷房負荷を低くし省エネルギーができるかを予測することが可能となった。

研究成果の概要（英文）：

Rooftop and vertical green wall is one of the effective methods for mitigating the urban heat island. In this study, energy balance of the rooftop and vertical green wall are measured and based on the measurement, simulation model that can consider various types of plant shape was developed. The model was improved to estimate the measured energy balance correctly. With the model, cooling load of various greening method in summer and effect of green on energy conservation can be estimated.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・園芸学・造園学

キーワード：シミュレーション、パッシブ冷却、ヒートアイランド、壁面緑化、屋上緑化、植物モデル、熱収支、都市モデル

1. 研究開始当初の背景

現在我が国では、夏季の省電力、省エネルギーの必要性が極めて大きくなっており、屋上緑化、壁面緑化によって、パッシブな冷却を行い、空調のエネルギー負荷を減らすことが不可欠である。これまでに、開発された建築物におけるエネルギー収支モデルでは、植物

の扱いは、極めて単純化されており、ほとんど水面やミスト冷房面と同様の扱いがされている。しかし、実際の植物の形状は、多種多様であり、どのような形状の植物を、壁面緑化や屋上緑化に使用した場合に、最大の効果が得られるかなどについては、解析的研究がほとんど行われていない。そこで、本研究

では、植物形状を考慮した、建築物のエネルギー収支モデルの構築を行い、屋上、壁面緑化の都市冷却へのより詳細な評価を行えるようにすることを目的とした。

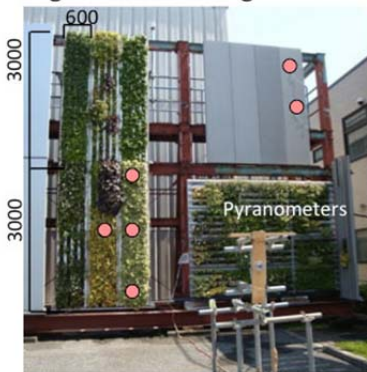
2. 研究の目的

夏季における省エネルギーが期待できるかについて、測定をもとに、実用的かつ詳細に検討を行うことのできるモデルの開発を目的とした。植物形状を考慮した屋上緑化、壁面緑化のエネルギー収支モデルの作成と、また、実際の屋上および壁面緑化を行っているサイトでの観測を行い、計算結果と測定結果との比較によりモデルの検証を行なう。そして、モデルをもとに、どの程度の緑化により、どの程度の省エネルギー効果があるかについて予測を行ない、屋上、壁面緑化による都市冷却への評価を行えるようにすることを目的とした。

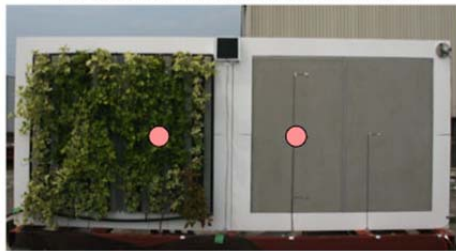
3. 研究の方法

屋上緑化、壁面緑化のエネルギー収支モデルの作成のために、測定とシミュレーションモデルの作成、モデルの検証などを行った。測定では、特に測定例の少ない壁面緑化に力を注ぎ、壁面緑化の熱収支と冷却効果を測定するために、緑化壁面と対照区として緑化のないセメント板壁面での測定を行い比較した。図1、図2に、測定例を示す。

1. Measurement to evaluate the long-term effect of green wall.



2. Measurement for the validation of simulation model.



● Measuring Points of Temperature and Heat Flux
Unit:mm

図1 測定の様子

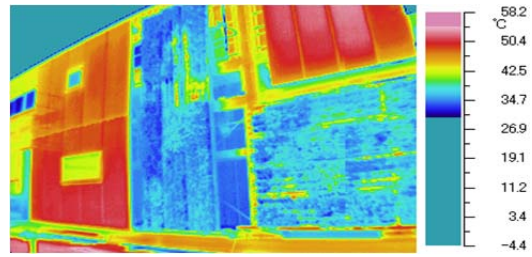


図2 熱画像測定例

シミュレーションモデルでは、最もシンプルなモデルとして、1次元の屋上、壁面緑化モデルを作成した。また、モデルと測定結果の比較を行い検証およびモデルの改良を行った。次に1次元モデルをもとに、屋上緑化、壁面緑化をした建築物の熱収支モデルを作成し、緑化の省エネルギー効果を計算、予測できるモデルを構築した。図3、図4にモデルの概要を示す。モデルの作成には、シミュレーション用プログラム言語のScilabを用いた。都市全体では、このような建物の集合体として、省エネルギー量を予測することが可能である。

Simulation model of one green wall

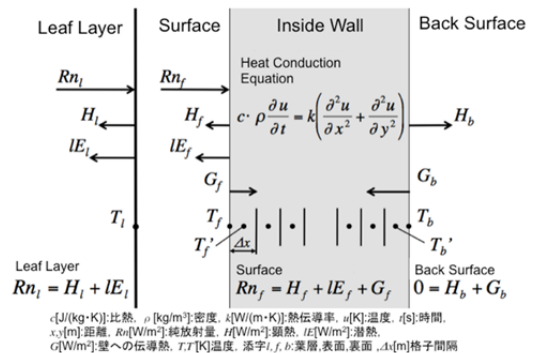


図3 一次元モデルの概要

Simulation model of simple building with green roof and green wall

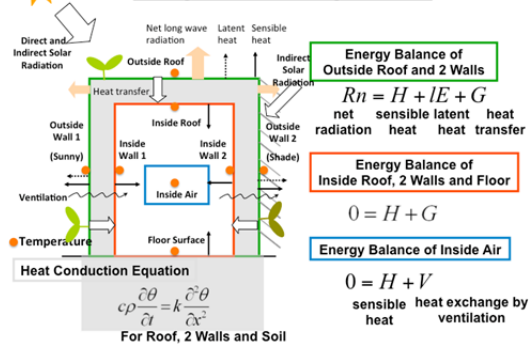


図4 建物モデルの概要

4. 研究成果

測定の結果の一例を図5に示す。コンクリート壁と緑化壁面を比較した例であるが、緑化壁面では、コンクリート面に比べ低温であることがわかる。また、緑化壁面では、日射が当たる表面の方が、日陰の裏面よりも温度が低いという予想外の結果が得られた。したがって、屋上緑化、壁面緑化による建物の冷却能力は、かなり高いものと考えられる。また、熱流を長期に測定した例では、図5の温度差を反映して緑化壁面では、熱流が裏面から表面の方向にあり、日積算をした場合、とくに晴れた夏の日では、緑化壁面の表側から熱が放散されていることがわかった(図6, 7)。

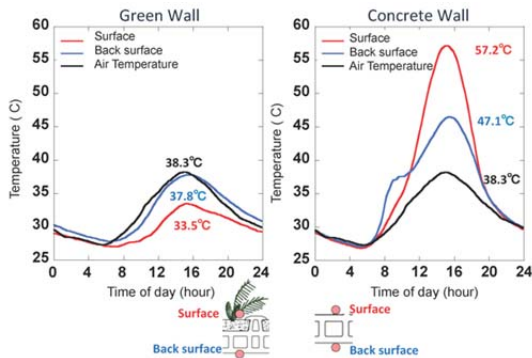


図5 コンクリート壁と緑化壁面の温度比較例

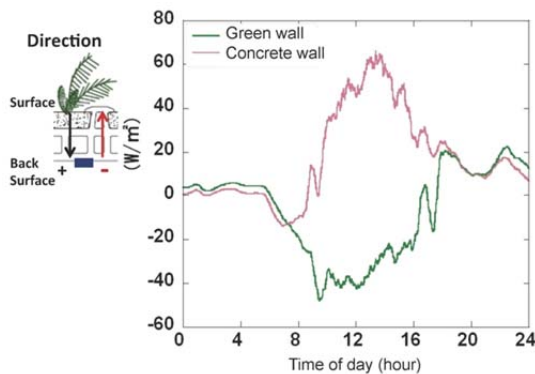


図6 緑化壁面とコンクリート面を通過する熱流の日変化

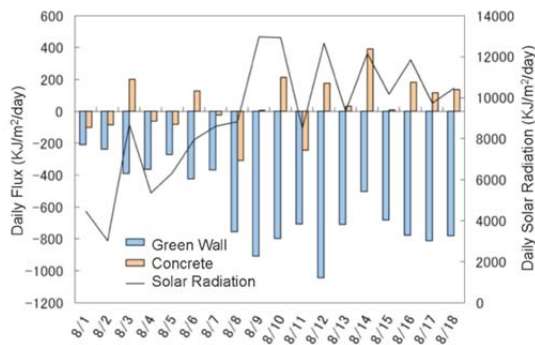


図7 熱流と垂直面日射の日積算量の例

シミュレーションと実測例の比較は、まず図3に示した一次元モデルを用いて、測定との比較を行い、モデルの検証を行った。結果の例を図8に示す。モデルと測定値はよく一致しており、今回構築したモデルの有効性が示された。また、パラメータとして植物の形状をモデルに入れこむことも可能である。

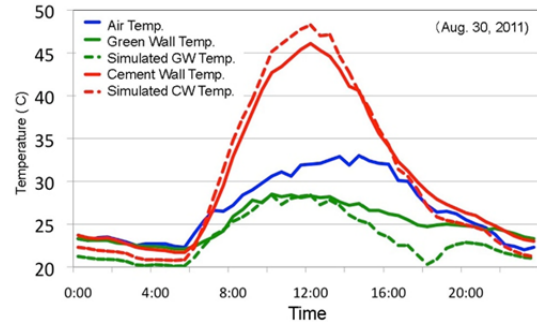


図8 モデルと測定値の比較によるモデルの検証例

図4に示した建物モデルは、1次元モデルとほぼ同じ手法を使用しているが、建物であるため熱収支の数が多いにのぼる。複雑な形状の建物は、熱収支式の数を増やすことで実現できるが、今回は比較的簡単なモデルにより建物の熱収支の予測を行った。図9に結果の例を示す。左が緑化した建物の壁面温度と屋根の熱収支、右が緑化をしないときの壁面温度と屋根の熱収支を示す。緑化による効果としては、各壁面温度と室内気温の低下、潜熱により建物から熱が放出され、顕熱は低下することがわかる。これらは、モデルによる予測結果であり、実際の検証は建物での測定が必要である。また、壁面緑化は現在壁面美化のためにおこなわれることが多く、冷房負荷を軽減するほど大面積で行われることが少ないが、特に緑化した小規模住宅などでは、屋上緑化、壁面緑化によって、夏季においては冷房負荷の軽減が期待される。

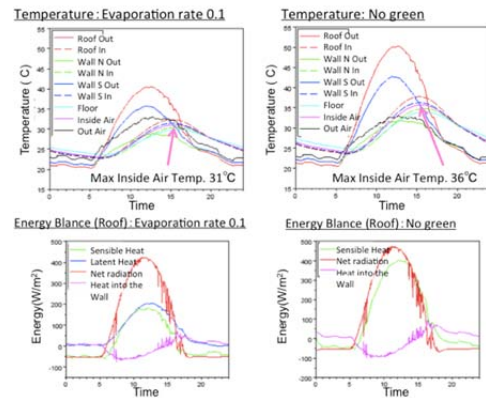


図9 緑化した建物(左)、しない建物(右)の壁面温度と屋根の熱収支(2011年8月30日の気象データを使用)

このようなシミュレーションの結果、冷房負荷を計算した例を図 10 に示す。蒸発散率は緑化植物の蒸発散能力の指標で、屋根や壁全面が水面と同等の蒸発散が行える場合は値が 1 である。冷房負荷の現象は、全く緑化しないときから、蒸発散率 0.1 とした場合の差が最も大きく、冷房負荷に及ぼす影響は、必ずしも、屋上、壁面の全面を緑化しなくても十分な効果が得られることがわかる。今後の課題として、建物での屋上、壁面緑化した場合のモデルと測定値の検証があるが、夏季の冷房負荷低減の予測モデルにより、屋上、壁面緑化のパッシブ冷房としての効果が本研究で、実証できたと考えられる

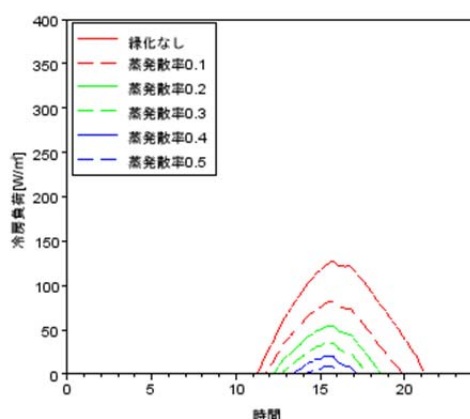


図 10 緑化の有無による冷房負荷比較
(室内温度 28℃設定, 換気 10 回, 2011 年 8 月 30 日の気象データを使用))

また、本研究でのサブモデルとして、緑化した場合の景観シミュレーションも行った。図 11 は壁面緑化した街路の可視例である。設計画像を可視化し、冷房負荷軽減などの環境的な効果についても、同時に予測を行うことができる。

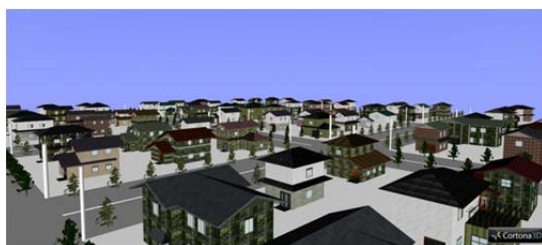


図 11 壁面緑化した街路の可視例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

①Wang, DH., Honjo, T., Hsieh, HC., Chiang, YJ., Wu, CS. and Yang, PA., 2011: Visualization with Google Earth and Gaming Engine, In proceeding of Plant Growth Modeling and Applications, 2012. PMA '12. 426-430. 査読有

②Honjo, T., Umeki K., Wang, DH., Yang, PA. and Hsieh, HC., 2011:Landscape Simulation and Visualization on Google Earth, The international Journal of Virtual Reality, 10(2), 11-15. 査読有

③ Cheng, X., Umeki, K. and Honjo, T. 2010:Size structure spatial patterns, and tree height-diameter relationship of the dominant species in a natural Pinus-Cunninghamia forest in Anhui, China. Papers on Environmental Information Science, No.24, 49-54. 査読有

[学会発表] (計 4 件)

①Honjo T., Umeki K., Hirota R. and Toba K., 2012: Simulation of energy balance of vertical green wall, ICUC8 - 8th International Conference on Urban Climates, 6th-10th August, 2012, University College Dublin, Ireland.

②廣田 陸, 鳥羽響子, 岡野達彦, 本條 毅, 梅木 清, 三浦竜一, 山本耕平, 並河康一, 眞家道博, 塩原孝英, 今野英山, 2012: 緑化壁面の熱伝導の解析, 日本農業気象学会, 2012 年全国大会(2012. 3. 14, 大阪府立大学).

③鳥羽響子, 岡野達彦, 廣田 陸, 本條 毅, 梅木 清, 三浦竜一, 山本耕平, 並河康一, 眞家道博, 塩原孝英, 今野英山, 2011: 壁面緑化の熱的効果と測定シミュレーション, 関東の農業気象, 8, 2(2011. 12. 9, 茨城県つくば市文科省研究交流センター).

④鳥羽響子, 岡野達彦, 廣田 陸, 本條 毅, 梅木 清, 三浦竜一, 山本耕平, 並河康一, 眞家道博, 塩原孝英, 今野英山, 2011: 緑化壁面の熱的特性, 日本造園学会関東支部会(2011. 10. 15, 千葉大学).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本條 毅 (HONJO TSUYOSHI)

千葉大学・大学院園芸学研究科・教授

研究者番号: 60173655