Title	Numerical assessment of solar PV and water retentive pavement as mitigation strategies for urban heat island
Author(s)	Cortes, Aiza Ceniza
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/59609
rights	
Note	

Form 3

Abstract of Thesis

Name (Cortes Aiza Ceniza)	
Title	Numerical assessment of solar PV and water retentive pavement as mitigation strategies for urban heat island (数値モデルを用いた太陽光パネル設置と保水性舗装による都市ヒートアイランド緩和効果の評価)

Abstract of Thesis

The understanding of urban heat island (UHI) phenomenon is crucial because it affects outdoor air quality, energy demand, distribution of pollutant and local meteorology. This study was conducted to develop of a computational fluid dynamics (CFD) model for UHI simulation and assess mitigation approaches. Chapter 1 of the thesis presented current methods to study UHI, parameters used and its existing solutions. Chapter 2 discussed the parameterization of CFD model using Reynolds-averaged equations of momentum, mass continuity and heat. These equations were solved on a staggered grid system employing finite control volume. For the application of CFD model, two real cities were simulated: Osaka City and Suita City. These areas were chosen because both are major cities in Japan and exhibit typical urban set-up.

The application of CFD model in Osaka City was presented in Chapter 3. The mitigation strategy assessed was installation of solar PV panels on building surfaces. Under clear weather conditions, installation of solar PV caused an overall surface cooling during daytime and nighttime but specific warming occurred in relation the position of the sun. During daytime, cooling effect was greater on roof because of efficient thermal convection and greater sky view factor which led to air circulation. During nighttime, cooling effect was greater on wall due to shading effect. The cooling of surface temperature eventually led to cooling of air at 1.5 m from ground surface. Presence of solar PV had no effect on waste heat but can potentially reduce sensible heat flux. Roof PV produced greater PV output than wall PV and under the assumption that the power generated will be used for cooling, a decrease in energy consumption can be expected.

For Suita City, water retentive pavement (WRP) made from fly ash was assessed as mitigation strategy for UHI. Prior to the assessment, the heat and moisture transport in WRP must be modelled. Chapter 4 discussed how the one-dimensional model was developed using conservation equations of heat and moisture in liquid and vapor form. Using the parameters volumetric water content, matric potential and evaporation efficiency, it was identified that the WRP exhibit cooling properties. Surface temperature and matric potential were inversely proportional to volumetric water content. On the other hand, WRP evaporation efficiency was maximum when saturated. It was also proven that the thermal and hydraulic performance of WRP was better than asphalt. Despite the overestimation and underestimation during specific time of the day, the model can numerically evaluate the diurnal variation in surface temperature with minimal estimated error. The increase in latent heat flux and net radiation by WRP rendered its cooling ability.

Chapter 5 discussed the coupling of one-dimensional transport model and CFD model. In this simulation, WRP was set as pavement material for main street while the rest of ground surface was asphalt. Results showed that WRP can cause a decrease in ground surface temperature. This was primarily due to the evaporation of water from WRP surfaces which caused an increase in latent heat flux. The increase in latent heat flux minimized the difference between air temperature and surface temperature which led to a decrease in sensible heat flux and longwave upward radiation. Other contributing factors to the cooling of main street surface include shadowing effect, increased albedo and lower thermal conductivity. The cooling of ground surface eventually led to cooling of air temperature. Although other factors such as vortex formation also contributed to air temperature cooling, the degree of air temperature cooling was proportional to the degree of surface temperature reduction.

様 式 7

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨 及 び 担 当 者

氏　　名	（ Cortes Aiza Ceniza ）
論文審査担当者	（職）　氏　名 主 査　教 授　近藤　明 副 査　教 授　下田　吉之 副 査　教 授　東海　明宏

論文審査の結果の要旨

ヒートアイランド現象の解明は、局所気象、空気質およびエネルギー需要に影響を与えるので、非常に重要である。本論文は、ヒートアイランド現象を解明するために必要な数値モデルを開発し、２つのヒートアイランド緩和対策である太陽光パネルの設置と保水性舗装を実在都市に適応しその効果を評価している。

これらの成果を要約すると以下のようになる。

(1)計算領域の境界条件に気象モデルであるWRF（Weather Research Forecasting）の計算結果の組み込みモジュールの開発、建物の熱負荷計算のために建物表面外皮モデルの開発、１日の非定常計算実施のために短波放射モデルと長波放射モデルの開発、保水性舗装面からの顕熱フラックスと潜熱フラックス推定モデルの開発を実施し、それらを一般的なCFD（Computational Fluid Dynamics）モデルとカップリングし、ヒートアイランド現象緩和対策を評価できるモデルツールを開発している。

(2)保水性舗材の水分ポテンシャル、蒸発効率、透水係数、熱伝導率などの物性値を室内実験により求め、保水性舗装面からの顕熱フラックスと潜熱フラックス推定モデルを開発し、数日間の屋外実験から得られる表面温度と水分蒸発量をモデル計算と比較し、保水性舗装面からの顕熱フラックスと潜熱フラックス推定モデルの妥当性を明らかにしている。

(3)大阪市中心部の数100m^{2}の地域の晴天日を対象に、全てのビル表面に太陽光パネルを設置した場合と設置しない場合の数値実験を実施し、(a)太陽光パネルの設置は、日中と夜間を通してビル表面温度を低下させるが、太陽高度によってはビル表面温度が上昇することもあること、(b)日中の屋上面の温度の低下は、対流効果により顕著になること、(c)夜間のビル側面の温度の低下は、日陰効果により顕著になること、(d)表面温度の低下により、地表面から1.5m高さの気温が低下すること、(e)太陽光パネル設置によりビルへの熱負荷の低減はほとんどないが、大気中への顕熱フラックスは減少することを明らかにしている。

(4) 吹田市中心部の数100 m^{2}の地域の晴天日を対象に、主要道路がアスファルト舗装の場合と保水性舗装の場合の数値実験を実施し、(a) 保水性舗装は、蒸発により潜熱フラックスが増加するため、アスファルト舗装より表面温度を低下させること、(b)それ以外に、ビルによる日陰効果、アルベドの変化、対流の変化も表面温度に影響を与えること、(c) ビルによる渦形成により表面温度は影響を受けるが、表面温度の低下と地表面から1.5m高さの気温低下はほぼ比例することを明らかにしている。

以上のように、本論文は環境・エネルギー工学、特に屋外環境分野に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。