

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	田中 宣多
論文題目	Thermal mitigation effects of hydroponic rooftop greening in urban areas (都市域における屋上水耕栽培の熱緩和効果)		
(論文内容の要旨)			
<p>ヒートアイランド対策の1つである屋上緑化は、屋上熱環境を緩和するための重要な方法である。緑化による熱緩和効果を十分に発揮するために、本研究では、屋上でイネを水耕栽培することによる熱緩和効果を実験的に評価し、緩和効果に影響する要因と熱緩和メカニズムを解明することを目的とした。本論文は、6章から構成されており、各章の概要を以下に述べる。</p> <p>第1章では、本研究の背景と目的、本論文の構成を述べた。</p> <p>第2章では、屋上緑化の熱緩和効果に関する既往研究を概観した。屋上緑化は、都市気候の緩和に向けたアプローチ方法として重要な方法の1つである。屋上緑化による熱緩和効果に関する既往研究を、観測によって明らかにする研究、評価モデルを用いた数値計算によって明らかにする研究に分けてまとめた。さらに、屋上緑化による熱緩和効果に影響を与える熱緩和メカニズムを、観測に基づいた屋上熱収支を推定することで明らかにする研究と熱移動に関する数値計算によって明らかにする研究に分けてまとめた。</p> <p>第3章では、本研究を行うために用いた材料と方法を述べた。本研究は、2か所の屋上で2013年と2014年の都市気温が高温となりやすい夏期に行われた。2か所の屋上は、異なる気象状態であった。水耕栽培による屋上緑化は、3つの水槽と2つのタンクで構成されており、すべてをつなげて水を循環させる形で構築した。実験は、通常屋根面の対照区と水耕栽培を行う緑化区で行い、広さは約25 m²であった。解析対象期間は、7月1日から8月31日までの2か月間とした。2013年は大阪で、2014年は京都で行った。対照区と緑化区の両方において、気温、表面温度、伝導熱フラックスの観測と気象観測を行った。本研究において、気温緩和や表面温度緩和、伝導熱フラックス緩和を表す指標を熱緩和指標として定義し、解析を行った。屋上熱収支は、観測データから推定し、解析に用いた。</p> <p>第4章では、結果を述べた。水耕栽培による屋上緑化の熱緩和効果は、観測データを用いて示された。さらに、屋上水耕栽培による熱緩和効果に影響する要因と熱緩和メカニズムについて検討した。</p> <p>気象状況としては、2013年の観測では、対照区と緑化区における気温は、7月から8月中旬まで徐々に増加し、両区の気温差は1.8 °Cとなった。2014年の観測では、対照区と緑化区における気温は、7月中は徐々に増加し、両区の気温差は1.9 °Cであった。平年値と比較することで、2013年と2014年の気象状況を明らかにした。</p> <p>屋上水耕栽培による気温低下、表面温度低下、および伝導熱フラックスの減少を示した。屋上水耕栽培による熱緩和効果に関係する気象要素を明らかにするため、実験場所で観測された気象項目と熱緩和指標の回帰分析を行った。高い寄与率を示したものは、屋上気温と日射量を説明変数とし、回帰分析を行った場合であった。他の気象項目を説明変数とした回帰分析では、屋上気温と日射量に比べて、低い寄与率となった。特に、日射量は高い寄与率を示し、熱緩和効果との関係がみられた。</p> <p>屋上水耕栽培による熱緩和効果に関係する熱緩和メカニズムを明らかにするため、屋上水耕栽培における熱緩和指標と熱収支の関係を検討した。実験場所で観測されたデータを基に屋上水耕栽培における熱収支を推定し、熱収支項目と熱緩和指標の回帰分析を行った。高い寄与率を示したものは、純放射量と潜熱フラックスを説明変数とし、回帰分析を行った場合であった。特に、潜熱フラックスは高い寄与率を示し、熱緩和効果と関係があることが明らかになった。</p>			

第5章では、考察を述べた。屋上水耕栽培による熱緩和効果に影響する要因の検討において、屋上気温と日射量は、回帰分析によって気温緩和指標と関係がみられた。特に、日射量は高い寄与率を示したため、屋上水耕栽培システムからの蒸発散によって気温上昇の緩和に影響する要因と考えられる。また、日射量は、表面温度緩和指標と高い寄与率を示し、関係がみられた。日射量は、表面温度上昇の緩和に対しても影響を与える要因であることが考えられる。屋上水耕栽培による熱緩和効果に影響を及ぼす要素として、日射量は重要な要素である。

屋上水耕栽培による熱緩和メカニズムの検討において、観測データを基にした熱収支項目から熱緩和効果を解析した結果によると、複数年次の熱緩和指標を潜熱フラックスのみで評価することは難しいことが示された。そこで、屋上熱収支構造の変化メカニズムを基に、潜熱フラックス、水体貯熱量の変化そして両区の伝導熱フラックスを合成した変数を用いて、複数年次の熱緩和指標との関係を回帰分析によって検討した。複数年次の熱緩和指標と新たに考案した説明変数の関係は、高い寄与率を示し、潜熱フラックスを説明変数とした場合の寄与率に比べて、改善された。

第6章では、結論を述べた。本研究は、気象の影響を含めて、都市屋上熱環境における屋上水耕栽培の効果を明らかにした。さらに本研究によって、屋上水耕栽培における熱緩和メカニズムを明らかにし、熱緩和効果を評価するモデルを構築することができた。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

都市における屋上緑化は、屋上熱環境を緩和するための重要な方法である。屋上緑化の熱緩和効果は知られており、さまざまな場所で導入されている。しかし、その熱緩和効果に影響を与える要素について、観測値をもとに明らかにした研究はほとんどない。本論文は、屋上緑化によって生じる熱緩和効果を効果的に発揮するために、屋上でイネを水耕栽培することによる熱緩和効果を実験的に評価し、熱緩和効果に影響する要因と熱緩和メカニズムの解明を行ったものである。本論文の評価できる主な点は以下の通りである。

1. 実験は屋上において通常屋根面の対照区と水耕栽培を行う緑化区で行った。両区において、気温、表面温度、伝導熱フラックス、および気象要素の測定を行い、屋上水耕栽培による気温低下、表面温度低下、伝導熱フラックスの減少を評価し、都市における屋上水耕栽培の熱緩和効果を示すことができた。

2. 屋上水耕栽培による気温低下と表面温度低下を表す指標として、熱緩和指標を定義し、屋上水耕栽培による熱緩和効果と関係のある気象要素を検討した。気温と表面温度の熱緩和指標を目的変数とし、気象要素を説明変数として回帰分析を行った。屋上気温と日射量は、熱緩和指標との関係において高い寄与率を示した。特に、日射量は熱緩和指標と高い寄与率を示し、日射量は屋上熱環境を評価する上で重要な要素の1つであることを明らかにした。

3. 屋上水耕栽培による気温低下と表面温度低下を表す熱緩和指標と屋上熱収支の関係を検討した。熱緩和指標を目的変数とし、熱収支項目を説明変数として回帰分析を行った。純放射量と潜熱フラックスは、熱緩和指標との関係において高い寄与率を示した。さらに熱収支構造の変化メカニズムを基に考案した要因(潜熱フラックス、水体貯熱量の変化、両区の伝導熱フラックスを合成した変数)は高い寄与率を示し、複数年次観測データを評価できることを明らかにした。

以上のように、本論文は、都市における屋上水耕栽培の熱緩和効果の影響要因を明らかにし、屋上熱環境において現れる熱環境の改善効果を評価する新たな手法を提案したものであり、環境物理学、都市計画学、地域環境科学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成30年2月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降(学位授与日から3ヶ月以内)