

## 別紙 4

報告番 ー	※ ー	第
----------	--------	---

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 The Effects of Street Canyon Configuration on Outdoor Thermal Environment and Flow Field

ストリートキャニオンの構成が屋外熱環境と流れ場に与える影響に関する研究

氏 名 林 曄 LIN Ye

## 論 文 内 容 の 要 旨

ヒートアイランドに代表される都市の温暖化は、建築物や舗装などの人工的地表面被覆にも由来している。周囲の環境にもたらされる有害な影響としては、都市表面蓄熱量の増加、および地表面から大気への熱フラックスの増加、そしてその結果としての気温上昇がある。太陽放射は建物壁面や道路など、都市キャニオンの表面を加熱し、強い浮力による流れ場を生じせしめる。この浮力の効果は、弱風条件下においてより明瞭なものとなる。都市における気流場は、建物の形状や表面構成材料のほか、都市キャニオンのアスペクト比（H/W：道路幅に対する道路脇建物高さの比）に強く影響される。

本研究は、スケールモデル（建物模型）による風洞実験を通じ、都市表面が加熱される条件下において、都市街区のアスペクト比や建物方位（卓越風向に対する建物形状）が流れ場に与える影響について、とりわけ弱風条件下で生じる浮力に注目し、体系的な調査を行ったものである。

3章ではLDV（Laser Doppler Velocimetry）の手法を用い、風洞実験において、実際の建築表面素材や人工太陽光ランプを用いることの可能性に加え、建物表面特殊コーティング（マイクロ材料）による、流れ場等屋内外温熱環境の改善効果を明らかにした。ここでは人工太陽としてハロゲンランプを用いている。また、屋根面素材としてはアスファルトシングルを用いている。

風速が小さい条件の下では、流れ場は建物形状や浮力の影響を受けやすい。屋上面を加熱すると、風速の増大と乱流強度の減少が見られる。これは、大気汚染物

質の混合を抑制し、かつ輸送を加速する。また、屋上面に特殊コーティングを施した場合、風速の減少と乱流強度の増大が見られる。しかしながら、放射が気温センサーに与える影響などの課題も明らかとなった。

これらの成果を実際の街区に敷衍するため、4章以降ではPIV (Particle image velocimetry) の手法を用い、都市キャニオンにおける卓越風向や加熱条件の違いがもたらす流れ場への影響や、大気汚染物質・熱拡散、人体温熱快適性への影響を明らかにし、屋上緑化や特殊表面素材の適用と街区デザインとの賢い組み合わせの有効性を提示する。ここでは、ストリートキャニオンを模したアルミニウム製のスケールモデルを用い、風上に粗度ブロックをならべて流入風速の鉛直分布を調整している。PIVカメラの使用により、斜め方向から建物に接近する風が流れ場に与える影響を、鉛直分布と水平分布の両方について、より詳細に観測することが可能となった。

5章では横に長いキャノピー (ストリートキャニオン) の中央部を対象に、気温場と流れ場の計測を行った。ここではアスペクト比を1、2、0.67の3段階とし、流入風速を0.5、1.5 m/sの2段階として、さまざまな太陽の方位角・仰角に対応させた4つの異なる加熱ケース (中立、風下側壁面と屋根面、道路面と屋根面、風上側壁面と屋根面) についての実験を行った。表面温度は120°Cに設定した。

アスペクト比が2の場合、キャノピー内外の空気交換は非常に困難である。壁面を加熱する場合、すべてのアスペクト比において、建物高さの中ほどの空気が最も高温となる。また、壁面の加熱は道路面の加熱よりも気温上昇が大きい。道路面を加熱する場合、アスペクト比が1および0.67のケースにおいて、風下に向いた面 (風上側壁面) のコーナー部分における気温上昇が大きい。一方、アスペクト比が2の場合は、風上に向いた面 (風下側壁面) のコーナー部分における気温上昇が大きい。これらは、キャノピー内に発生する渦の位置の違いによりもたらされる。

風速が0.5m/sの場合、加熱してもキャノピー内に渦は発生せず、浮力による上昇流が卓越する。一方1.5m/sの場合、ストリートキャニオンの幅が広がるにつれ、加熱の流れ場への影響は見えにくくなる。

また、深いキャニオンの場合、壁面加熱による気温上昇は大きいですが、キャニオンが浅くなるにつれ、道路面加熱による気温上昇が大きくなる。また、風下に向いた面の加熱影響が最も小さい。

6章では、さまざまな卓越風向条件を表現するため、街路に対する風向を、0°、22.5°、45°、67.5°、90° (街路に平行から垂直まで) の5種類に設定した。加えて、街路 (都市キャニオン) におけるポジションの多様性を表現するべく、3つの異なる観測断面 (平行風向に対する流入部、中間部、流出部) を設定している。

街路に対する風向が90°の場合、いずれの断面においても安定した渦がキャノピー中央に形成される。67.5°と45°の場合、流入部と中間部においてキャノピー中央

に単一渦が形成される一方、流出部においては風下に向けた面へ近づき、45°の場合では顕著に弱くなる。22.5°の場合、流入部において2つの相互に逆向きの渦が発生し、下側の渦は風上に向けた面のコーナ一部分に小さく発生する。中間部においては、一つの大きな渦のみとなり、流出部では渦が消失する。0°の場合、いずれの断面においても壁面の摩擦によるスパイラル流が見られる。

7章では、6章での実験に加熱面の違いを組み合わせた実験を行っている。一般に、流入部においては加熱の影響はまだほとんど現れていない。加熱の蓄積により、0°の場合以外では中間部における気温上昇が最も大きい。また、ほとんどのケースにおいて、道路面の加熱効果が壁面の加熱効果よりも顕著である。0°の場合、流出部においてもっとも気温上昇が大きい。

キャノピーの走向と風向との交角が減少していくと、より多くの風がキャノピー内に入り込み、蓄積した熱を効率よく運び去るようになる。これは、キャノピー内の気温低減に効果があることを意味する。

0°の場合にキャノピー内における夏季の温熱環境は最も良好な状態を示すものと考えられるが、屋根面の加熱による影響はより大きなものとなった。90°の場合、キャノピー内の流れ場は主に浮力の影響を受ける。67.5°の場合、中立の条件下では90°の場合に類似するが、加熱により変化する。交角が45°よりも小さくなる場合、流れ場は建物形状に依存するようになるが、それは表面摩擦の影響が浮力に卓越するためである。また、流入風速が0.5m/sの場合のみ、道路面加熱の影響が現れる。しかし45°の場合、道路面加熱の影響は風速に依存せず常に現れる。さらに風上に向けた面を加熱する場合、気温上昇は最小となる。交角が0°に近づくとつれ、キャノピーを渡る風により、多くの熱が運び去られ、流れ場への熱的な影響は小さくなり、スパイラル流が現れる。

8章ではこれまでの実験結果を踏まえ、東京都千代田区の街区構造評価を行った。キャノピーの向きは卓越風向に平行に設計されるのが理想的であり、表面加熱の影響が大きくなるケースにおいては、屋上緑化や特殊表面素材などを適切に導入すべきである。

従前、都市地表面における放射収支、熱容量、熱収支については、風洞実験における再現性や制御の困難さゆえに、これらの要素は陽に扱われてこなかった。ほとんどの先行研究においては、都市キャニオン内壁面加熱で発生する浮力による流れ場を創出するためには、スケールモデルの表面を電熱線等で直接加熱する方法を採用していた。しかしそれでは、表面を安定的に加熱するのみであるため、日影の効果などをうまく再現できなかった。風洞内で放射を正しく再現することは、太陽高度・方位角、日影の影響のよりよい再現や、都市ヒートアイランド現象の正しい理解に貢献しうる。

これらの研究成果は、アスペクト比や風向、風速の流れ場に与える影響を体系的に描き出しているほか、都市地表面の加熱による都市キャニオン内の大気汚染現象、屋内外温熱環境悪化を避けるための都市計画指針作りに寄与するものであることが確認された。