

# ポリエチレンチャンパーによる放射-対流熱交換に及ぼす LAI 増加影響の評価

岡田 牧<sup>1</sup> 岡田 益己<sup>2</sup> 日下 博幸<sup>3</sup>

<sup>1</sup>筑波大院 生命環境, <sup>2</sup>岩手大 農, <sup>3</sup>筑波大 計算科学

## 1. 背景

近年、都市域において夜間の熱中症被害が目立っており、夜間のヒートアイランド対策が必要とされている。公園緑地はその対策の1つと考えられているが、最適な植生の在り方（樹木の多い公園 or 芝生の多い公園）に明確な答えは出ていない。植生と大気との熱交換はこの植生による大気冷却を理解する上で欠かせない。但し、夜間を対象とする場合、数値シミュレーションや風洞実験では調査が困難であった。そこで短波光・長波光ともによく透す性質を利用した実験装置「ポリエチレンチャンパー（以下、PEチャンパー）」を開発し、昨年秋の気象学会にて概要を紹介した。

既存の観測では、夜間において芝生上の気温が樹林内の気温よりも低いと報告されている。但し、熱交換面の多い樹冠の方が大気とよく熱交換をしており、結果として大気を効果的に冷却していると仮説が立てられる。本研究では、開発したポリエチレンチャンパーを使って、熱交換面積が、夜間の放射-対流熱交換に及ぼす影響を調べた。

## 2. PE チャンパーを使った屋外実験

PE チャンパーは全長 1.51m のトンネル形で、排気ファン（MD625-B12, オリエンタルモーター社製）を用いてチャンパー内の空気が換気されている。チャンパー中央部の天井は開放されており、厚さ 0.02mm のポリエチレンフィルム（透過率：0.85, 反射率：0.11, 射出率：0.04）で覆われている。このチャンパーを屋外に置くことでポリエチレンフィルムの下の放射環境は屋外と同程度になる。

屋外実験は、夏の晴れた夜間に筑波大学総合研究 A 棟の屋上に 2 台の PE チャンパーを並べておこなった。放射-対流熱交換に及ぼす熱交換面積の作用を調べるために、チャンパーを 2 台用意し、それぞれに熱交換面積の異なる山型に折った黒ケント紙を入れた。黒ケント紙の熱容量は非常に小さいため、大気中の葉面と同じように大気と熱交換することが期待される。本研究では面積を葉面積指数 LAI と考え、LAI=1、2、4 の 3 種の黒ケント紙を用意した。1 つの実験時間には 30 分程度を設けた。

PE チャンパー内は換気されているため、流入口と流出口の間には気温差が生じる。この気温差の他に、床面温度と紙面温度、壁・床に使われた断熱材の内外温度差を銅-コンスタンタン熱電対（φ0.32mm）で測った。また、正味放射計（Q7, REBS 社製）を使用してポリエチレンフィルム面上の正味放射量を計測した。これら全ての計測値をデータロガー（CR-1000, Campbell Scientific 社製）に 1 秒間隔で記録し、解析には 1 分平均値を使用した。計測値から、PE チャンパーの熱収支要素である換気による熱伝達量  $Q_v$ 、フィルムを通る貫流熱量  $Q_p$ 、壁断熱材を通る伝導熱量  $Q_{g-w}$ 、床断熱材を通る伝導熱量  $Q_{g-f}$  を算出した。

表 1 LAI 比較実験で計測された流出空気と流入空気の温度差と熱収支要素一覧。  $\Delta T_a$ : 流出空気と流入空気の温度差 [°C]、 $L^*_a$ : フィルム面上の正味放射量 [ $W m^{-2}$ ]、 $Q_v$ : 換気による熱伝達量 [ $W m^{-2}$ ]、 $Q_p$ : フィルム面を通る貫流熱量 [ $W m^{-2}$ ]、 $Q_{g-w}$ : 壁断熱材を通る伝導熱量 [ $W m^{-2}$ ]、 $Q_{g-f}$ : 床断熱材を通る伝導熱量 [ $W m^{-2}$ ] を表す。

Date	2013.09.27		2013.08.15		2013.09.27	
LAI	2	1	4	1	4	2
$\Delta T_a$	-1.0	-0.8	-0.9	-0.7	-1.0	-1.0
$L^*_a$	-45.5	-41.2	-37.1	-30.6	-47.9	-47.9
$Q_v$	-9.3	-7.4	-7.5	-6.7	-9.4	-8.9
$Q_p$	-0.9	-0.7	-0.8	-0.7	-0.9	-0.9
$Q_{g-w}$	-0.2	-0.4	0.0	-0.2	0.0	-0.2
$Q_{g-f}$	-0.9	-0.8	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4

## 3. 結果

LAI 比較実験の結果、LAI の大きい黒ケント紙を入れたチャンパーの  $\Delta T_a$  の方が負に大きくなることが分かった。つまり、熱交換面積が増えることでチャンパー内を通る空気がより冷却されていることを意味している。また、熱交換面積が増えることで、フィルム面上の正味放射量や換気による熱伝達量  $Q_v$  が負に増加する結果も得られた。チャンパー内の熱収支要素の中で、貫流熱量  $Q_p$  や伝導熱量  $Q_{g-w}$ 、 $Q_{g-f}$  と比べて、 $Q_v$  の占める割合が最も高かった。つまり、チャンパーから天空に逃げる放射熱量が増加した分、黒ケント紙上の対流熱交換量が増えたと考えられた。対流熱交換量が増えた結果、チャンパー内を通る空気が黒ケント紙により多くの熱を奪われたと結論付けられた。

但し、LAI=2 と 4 の比較では、両者に大きな差が現れなかった。結果を包括すると、熱交換面積の増加に伴う大気冷却効果は頭打ちになることが推測された。この結果について、PE チャンパーの熱収支を単純化した式を使って考察した。流入空気の温度固定の下、式で LAI を変化させ、流出空気とケント紙表面の温度を計算した。結果、LAI の増加に伴い、流出空気の温度が紙面温度に次第に近づいていくことが示された。

以上より、夜間において熱交換面積が増えることで、大気により効率的に冷却する結果を、チャンパー実験ならばその理論式から得た。この結果は定性的であるものの、夜間における樹木と芝生の対流熱交換率に関する知見の蓄積に資するものと考えられる。

## 謝辞

本研究は、文部科学省「気候変動適応推進プログラム (RECCA)」の支援により実施された。