

街路樹の都市表面温度抑制効果について

トウール, ムハメット
九州大学農学部農業気象学講座

鈴木, 義則
九州大学農学部農業気象学講座

<https://doi.org/10.15017/23593>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 51 (3/4), pp.179-185, 1997-03. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：



街路樹の都市表面温度抑制効果について

トゥール・ムハメット・鈴木 義 則

九州大学農学部農業気象学講座

(1996年11月29日受付, 1996年12月17日受理)

On Inhibitive Effects of Street Trees to Surface Temperature of Urban Area

Tur MUHAMMED and Yoshinori SUZUKI

Laboratory of Agricultural Meteorology, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812-81

はじめに

人間の生産・生活活動が都市に集中するにつれて、都市におけるエネルギー消費の増大, 建築物の高密度化と高層化, 路面および地面被覆のコンクリート・アスファルト化が進む一方で, 都市の植生や水域が激減し, 都市域の表面は熱を吸収しやすく, 熱を放出しにくい構造にかわり, 都市の熱環境は悪化しつつある(日野, 1992)。このような状況を食い止め, 都市に自立的, 安定的な生態系循環を取り戻し, 良好な都市環境を形成するために, 都市のなかに自然を保全・創出し, 生態系に準じたシステムを構築する提案が出されている(加藤, 1990; 森口, 1990)。このような働きの中で, 都市域の熱環境の質的改善策の一つとして, 植物による都市気象の緩和に関する研究は多くなってきた(神田・日野, 1990; 清田ら, 1995)。しかし, これらの研究の中で, 街路樹による気象緩和機能に関する研究は比較的少ない。

都市域内の植物は主に公園植物, 街路植物, 市民庭園植物, 景観植物および農林植物などの形で都市域内に分布している。本研究では, 都市域内植物の構成要素の一つである街路樹を対象に観測を行い, その気象緩和機能の実証を試みた。

観測場所および方法

観測場所

今回の観測場所としては国道3号線を挟んだ九州大学文系地区北門の向かい側の路面と街路樹を選んだ。

その概略図を Fig. 1 に示す。ほぼ南北に走る国道3号線の両歩道の車道側に沿って, この一帯では背の低い(高さ約1.2m)アベリア(*Abelia grandiflora* rehderi)が密に植えられ, さらにその中に約9m間隔で高さ約7mのポプラ(*Populus nigra*)が植栽されている。

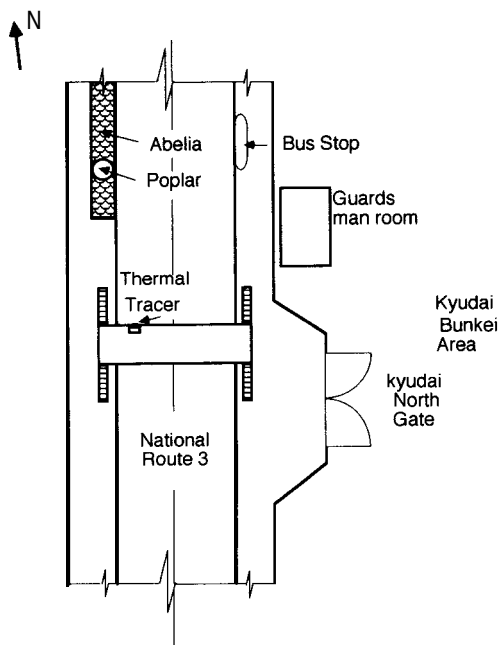


Fig. 1. Location of observation site.

観測方法

九州大学文系地区の北門のすぐそばに国道3号線を横断するための歩道橋（床面の高さは4.7m）がある。観測では、熱画像赤外温度装置（6T62型、日本電気三菱（株）製、以降“サーモレーサ”と呼ぶ）をこの歩道橋の上に設置し、歩道橋より5m離れたところから始まる3号線西側沿いの街路樹の列（アベリアとポプラ）と国道3号線のアスファルト路面がサーモレーサの同一画面に入るようにした。熱画像データを30分間隔でフロッピーディスクに記録した。また、温度センサー付きデータロガーを地上1.25mの高度に設置し、同時刻に気温を収録した。

観測の期日および天気状況

観測は1995年6月1日13時から6月2日12時までの間で行われた。6月1日に福岡市は日本海に中心をもつ移動性高気圧に覆われ、天気は11時から快晴となったが、2日には高気圧が遠ざかり、9時ぐらいから曇りが去来し始めた。概していえば、観測期間中大気はおおむね快晴であった。

観測結果および考察

街路樹とアスファルト道路の表面熱画像

6月1日の13時30分から6月2日の12時までの1時間間隔で撮った熱画像写真をPhoto. 1の(2)～(6)に示す。各写真には連続する4つの時間の熱画像が入っており、測定時刻は画像の右上角に記録されている。画面のa, eはポプラの樹冠を、b, fはアベリアの表面を、c, g, iはポプラのアスファルト路面上に投影された陰を、d, h, jはアスファルト道路の表面をそれぞれ代表している。右サイドの熱画像の色スケール表示は薄い紫色、赤色～緑色、水色、濃いブルーの順で高い温度から低い温度を示す。

Photo. 1の(2)は6月1日の13時30分、14時、15時、16時の熱画像写真で、日中におけるポプラ、アベリア、アスファルト道路の表面、ポプラの路面に投影された陰などの間の温度差と経時変化が確認できる。すなわち、日中においてアスファルト道路表面は高温を示しているのに対し、ポプラ、アベリア、ポプラの陰になった道路表面は低温である。ここで、特に注目されるのはポプラのアスファルト道路表面に投影された陰の影響である。13時30分の状況をとってみれば、太陽はやや西に偏って、道路沿いのポプラの陰は3号線の路面に投影された。そのため、直射光下のアスファルト路面の温度は40.3℃だったのに対し、ポプラの日

陰になった道路の表面温度は23.9℃に抑えられた。両者の間には16.4℃もの温度差があった。しかし、ポプラは9m間隔で植栽されていたので、画像写真からみられるように、道路表面に投影された陰は不連続であって、緑陰効果は面積的に限られている。

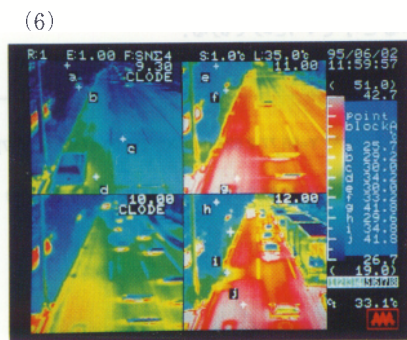
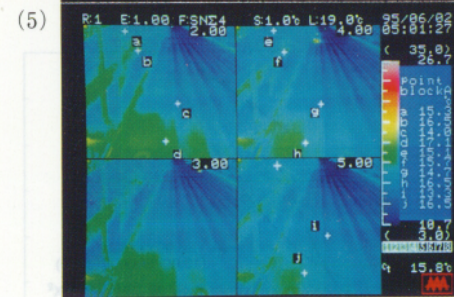
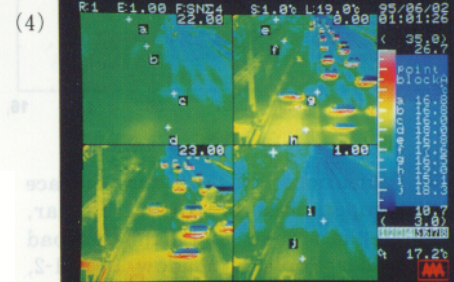
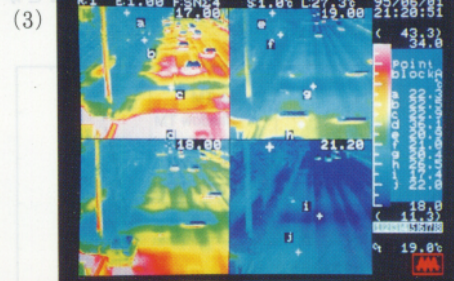
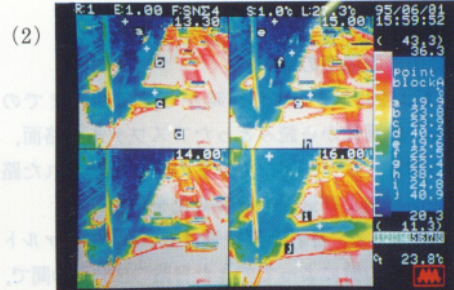
この国道3号線は南北に走っているもので、午前11時頃までは道路の東沿いのポプラの陰が路面に投影され、午後12時半頃からは西沿いのポプラの陰が投影された。また、太陽の位置の変化に伴い、その陰は長くなり短くなり変化する。例えば、午後13時30分の熱画像をみると、ポプラの陰は2m前後だったが、午後16時には、陰は国道3号線の中央線（約10m）まで広がったことがわかる。一方、背の低いアベリアの陰はアスファルト道路の表面には影響をおよぼすほどではなかった。この状況から、背の低いアベリアは表面温度が低いことから地表面温度の低減には寄与するが、ポプラのようなよく繁茂した背の高い樹のように、隣接した道路の表面に陰を投影することによりアスファルト道路の表面温度を低減させることはできないことがわかる。

Photo. 1の(3)～(5)は6月1日17時から6月2日5時までの地物表面温度の変化を示す。17時には道路表面上のポプラの陰は更に伸びて、その先端はサーモレーサの熱画像画面からはみだした。18時から日射がなくなったために、各地物が冷却しはじめ、表面温度は徐々に低下し、6月2日5時には各地物の表面温度の差は最小となった。この時の表面温度は、ポプラの樹冠で15.8℃、アスファルト路面で16.5℃、日中の陰のむらがみられる路面で13.3℃であり、依然路面は0.7～3.3℃高日であった。このように、日中のポプラのアスファルト道路表面上に投影された陰による温度のむらは2日5時の画像でも確認できた。

Photo. 1の(6)は6月2日9時30分、10時、11時、12時の熱画像を示す。朝9時から10時の間に天気が一時的に薄曇りとなったため、9時30分と10時の画像から著しい昇温は見られないが、アスファルト路面の温度が先に上昇したことは確認できる。10時30分から天気が再び快晴となり、11時と12時にはアスファルト路面の温度は急上昇した。12時には、ポプラの樹冠面の温度は29.6℃、アベリアの表面は33.1℃、アスファルト路面は41.8℃となり、夜間小さくなった温度差は日中再び大きくなった。道路の西側にある街路樹の陰は12時まではアスファルト路面には投影されない。また、観測点の反対側（東側）はバスの停留所であるため、街路樹は植えられていない。それゆえ、午前中の観測



(1)



(6)

Photo. 1. View of the National Route 3 with street trees showing their shadows on road surface (1), and thermal images of the same place at different times (2, 3, 4, 5 and 6).

画面に道路の東側からの街路樹による緑陰は見られない。

各地物の表面温度の違い

Fig. 2は1995年6月1日13時から2日12時までの30分間隔の熱画像から読みとったアスファルト路面、ポプラの樹冠、アベリア、ポプラの陰が投影された路面の表面温度および気温の経時変化を示す。

この図によると、日射を直接受けているアスファルト路面とポプラの樹によってできた日陰の部分との間で、6月1日13時の時点で約16.4℃の温度差があることが

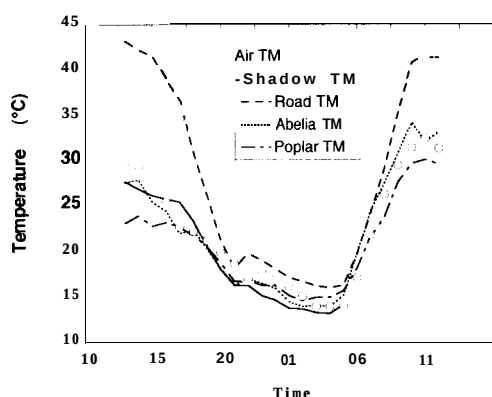


Fig. 2. Variations of air and surface temperatures of Abelia, Poplar, Asphalt road and asphalt road under Poplar's shadow (Jun.1-2, 1995).

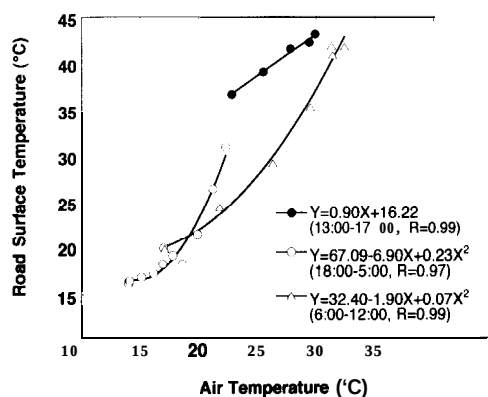


Fig. 3. Relationships between air and road surface temperatures at different times (Jun.1-2, 1995).

わかる。この温度差は17時には11.1℃、21時には1.8℃と時間の推移にともなって徐々に縮小した。しかし、夜間になっても、日中日射の直接照射を受けたところと樹陰が投影されたところとの間でおお温度差が残り、翌日の早朝5時ですら温度差は約2℃もあった。

アスファルト路面の直射光を受けた部分の表面温度は、日中、夜間ともに気温やポプラ、アベリアの表面より高温であった。特に、日中にはその温度差は大きくなり、13時に、直射部分の表面温度は気温より11.5℃、ポプラの表面より15℃、アベリアの表面と日陰部分の表面より12.5℃高い値になった。これに対し、日陰にあった部分の路面温度は、日中と夜間において気温やポプラ、アベリアの表面温度と非常に近い状態であった。

植物どうしのポプラとアベリアの表面温度にも差がみられた。6月1日13時、アベリアの表面温度はポプラの樹冠表面温度より最大で4.8℃高かったが、その差は日射の減少につれて縮小し、夜間にはポプラの方が若干高目になった場合もみられた。翌日に日の出後は、再びアベリアの表面温度はポプラの樹冠の表面温度を上回り、日射の増加につれて温度差は徐々に大きくなった。これは、ポプラとアベリアの樹高と生体構造の違いに由来したものであると考えられる。ポプラは7mの高さに、アベリアは約1.2mに直方体に刈り込まれており、アベリアに対しては幹線道路から高温気流が直接あたっていることと、アベリアの葉層は薄く、その蒸散量は生体が大きく、よく繁茂したポプラに比べると小さいためである。

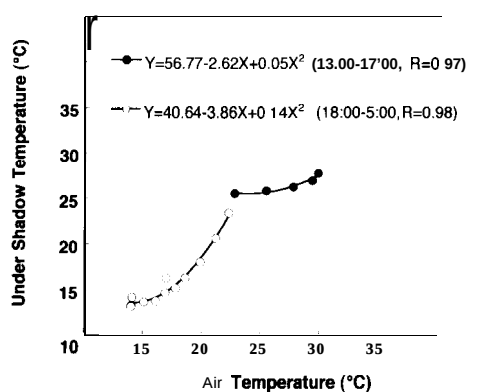


Fig. 4. Relationships between air and road surface temperatures under Poplar's shadow at different times (Jun.1-2, 1995).

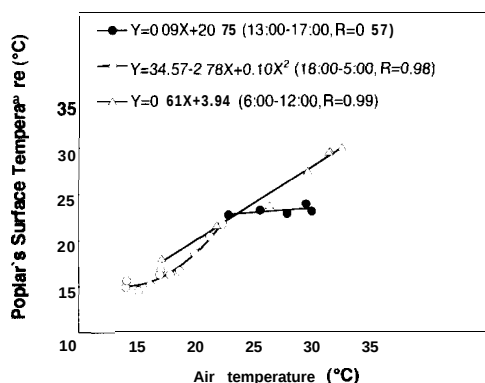


Fig. 5. Relationships between air and Poplar's surface temperatures at different times (Jun.1-2, 1995).

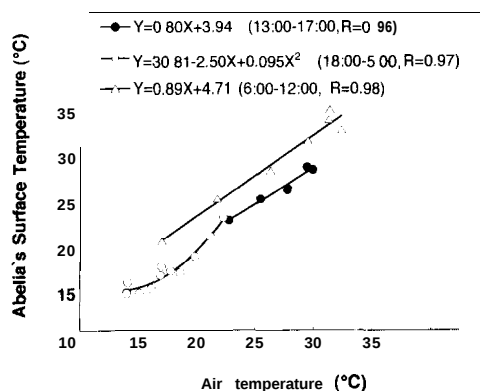


Fig. 6. Relationships between air and Abelia's surface temperatures at different times (Jun.1-2, 1995).

各地物の温度の相互関係

気温とアスファルト道路、ポプラの日陰にある路面、ポプラおよびアベリアの表面温度との関係を、日中の昇温過程（6月2日6時から12時まで）降温過程（6月1日13時から17時まで）と夜間の冷却過程（6月1日18時から2日5時まで）の区別をつけて同一図に示す形で、それぞれ Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 に示す。

(1) 日中の昇温過程 午前6時から12時までに日射量の増加に従って地物の表面温度が上昇する過程を昇温過程とする。昇温過程においては、気温の上昇につれて、アスファルト道路表面の温度は曲線的に急上昇したのに対し、ポプラとアベリアの表面温度は直線的に緩やかに上昇した。例えば、気温が1℃上昇すれば、ポプラの表面温度とアベリアの表面温度はそれぞれ0.81℃と0.89℃上昇したが、アスファルト路面の表面温度は約2℃も上昇した。即ち、潜熱がほとんど存在しないアスファルト路面では、6月初旬午前中にその表面温度の上昇率は気温の約2倍、ポプラとアベリアの約2.2～2.5倍であった。

(2) 日中の降温過程 午後13時から17時までに日射量の減少に従って地物の表面温度が降下する過程を降温過程とする。降温過程では、アスファルト道路、ポプラおよびアベリアの表面温度は気温とともに線形的に低下した。しかし、その勾配は、アスファルト路面は0.90、アベリアは0.80と大きく、対してポプラはわずか0.09と、小さかった。この時間帯においては、気温が低下してもポプラの表面温度はあまり変わらないことがわかった。これはポプラが日射量と温度に対応

して、蒸散作用を追隨させていることを物語る。一方、ポプラの日陰にあるアスファルト路面の表面温度は気温とともに曲線的に低下するが、その勾配はポプラと同様に緩やかで、約0.06となっている。

(3) 夜間の冷却過程 夕方18時から翌日5時までの日射のない夜間において、地物の表面温度が放射冷却によって冷えていく過程を冷却過程とする。冷却過程では、アスファルト道路、ポプラ、アベリアおよび日中ポプラの日陰にあったアスファルト路面の表面温度は気温とともに曲線的に低下した。ここで、冷却過程を2つの段階にわけることができる。即ち、21時までの急速に低下する前段階と、その以降の緩やかに低下する後段階である。前段階では、気温が1℃冷却すると、アスファルト道路の表面温度は約2.8℃、ポプラの表面温度は約1.4℃、アベリアの表面温度は約1.5℃、日中ポプラの日陰にあったアスファルト路面の表面温度は約2℃冷却したが、後段階ではそれぞれ0.5℃、0.4℃、0.5℃、0.6℃となり、差はあまりなかった。

アスファルト道路表面の温度と日中ポプラの日陰にあったアスファルト路面の表面温度との関係、およびアベリアとポプラとの表面温度の関係をそれぞれ Fig. 7 と Fig. 8 に示す。

Fig. 7 によると、午後の降温過程において、アスファルト道路の表面温度が1℃降下すれば、日中ポプラの日陰にあったアスファルト路面の表面温度は約0.3℃低下した。路面から大気へ放出される熱量は道路表面温度に比例するので、日陰にあったアスファルト路面から放出される熱量は直射日光を受けたアスファルト路面からの熱量のおよそ80%に相当することがわ

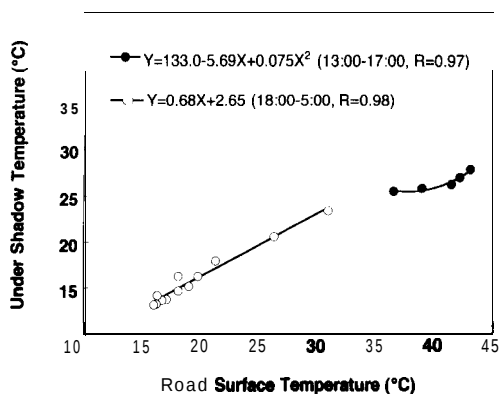


Fig. 7. Relationships between sunny and under Poplar's shadow road surface temperature at different times (Jun.1-2, 1995).

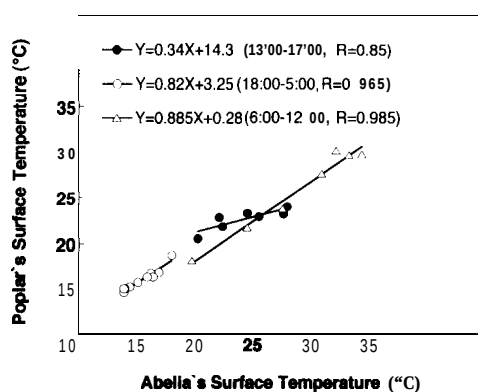


Fig. 8. Relationships between Abelia's and Poplar's surface temperature at different times (Jun.1-2, 1995).

かる。一方、夜間の冷却過程では、この両者は直線的関係にあり、アスファルト路面が1℃降温すれば、日陰にあったむらの部分は約0.7℃の割合で降温する。

Fig. 8 からアベリアとポプラとの関係をみると、日中の昇温過程において前者が1℃昇温すれば、後者は約0.88℃昇温した。降温過程では、前者が1℃降温しても、後者はわずか0.14℃しか降温せず、前者と大きな差があった。夜間の冷却過程ではアベリアが1℃冷却した場合、ポプラは0.82℃冷却し、両者の樹形と葉の構造の違いによる影響がみられた。

ま と め

都市域内の植物の気象改善機能を解明するために、都市域内植物の一種である幹線道路沿いの街路樹について観測を行い、それを解析した。得られた結果は次の通りである。

1. サーモトレーサの熱画像から幹線道路およびそれに沿って植えられた街路樹の表面熱環境が定量的に把握できた。

2. 背が高く、よく繁茂している街路樹の幹線道路面に投影した緑陰の目ざましい降温効果が確認された。

3. 都市域内の幹線道路の日中における著しい昇温とは対照的に、街路樹は低い表面温度を保っている。つまり、街路樹は都市域内のヒートアイランドを緩和する冷源の役割を果たしている。

4. 背の低い街路樹より背の高いよく繁茂した街路樹の方が、都市域内の微気象緩和に対してより効果的であることがわかった。

5. 潜熱への熱変換機能をもたないアスファルト路面では、6月初旬午前中にその表面温度の上昇速度は気温の約2倍、ポプラとアベリアの約2.2～2.5倍であった。

6. 日陰にあったアスファルト路面から放出される熱量は直射日光を受けたアスファルト路面からの熱量のおよそ80%に相当することがわかった。

すなわち、アベリアのような背の低い樹種を街路樹として道路沿いに植え込むことは道路景観上は適当であるが、その気象緩和効果はポプラのような背が高く、よく繁茂する樹種には及ばない。都市域内道路の街路樹樹種の選択および配置はその道路の場所、種類、交通安全などのニーズに左右されると考えられるが、もし樹種に対して特に制限がない場合は、高木で枝張りも広く、よく繁茂する樹種を最優先して選択することを提案したい。

一方、国道3号線沿いの街路樹のように、ポプラ単木間の9mの間隔は街路樹の気象緩和効果を発揮するには大き過ぎる。気象緩和効果を高めることが主な目的の場合の背の高い街路樹の配置はこれから研究すべき重要な課題であろう。

謝 辞

本研究の観測の遂行に際して、当講座大学院生の森牧人さん、五反田美和さん、吉越 恆君、高橋恒太君の協力を得た、感謝申し上げる次第である。

文 献

- 加藤久和 1990 都市生態学とエコポリス構想. 環境情報科学, 19(2): 2-6
- 神田 学・日野幹雄 1990 大気-植生-土壌系モデル (NEO SPAM) によるシミュレーション(2) 植生の気候緩和効果の数値実験. 水文・水資源学会誌, 3(3): 47-55

- 清田 信・伊藤孝美・高浦祐司 1995 都市(大阪)の熱環境と緑地の熱環境緩和. 第8回環境情報科学論文集: 9-15
- 森口祐一 1990 アーバン・エコロジーからみた都市環境の評価. 環境情報科学, 19(2): 7-11
- 日野幹雄 1990 ヒートアイランドとクールアイランド. 日本流体力学会編: 地球環境と流体力学. 朝倉書店, 東京, 196-229頁

Summary

A measurement was made in a street canyon with street trees (*Abelia grandiflora* rehd and *Populus nigra*.), which were planted along National Route 3 (Route 3), an asphalt- made road, in order to study inhibitive effects of street trees on surface temperature of urban area. The measurement was performed from June 1 to 2 in 1995, in Fukuoka, Japan. In this area Abelias are planted densely along both side of the road, trimmed in rectangular shape at the height of about 120 cm, while 7 m high Poplars are planted inside the bush of Abelias at intervals of 9 m.

A thermal imagery thermometer was used to study characteristics of the distribution of surface temperatures in the street. The results obtained through the measurement and data analysis can be summarized as follows :

- 1) The shadow of tall and foliated street trees projected on the surface of asphalt road had remarkable inhibitive effects on surface temperature. For example, the surface temperatures were 24°C in the shadow of Poplar's tree, and 40°C outside of the shadow at 13:30.
- 2) In contrast to the marked temperature increasing on the road in urban area, street trees keep lower surface temperatures. In other word, the street trees perform cooling functions by transpiration and decreasing functions of heat island in urban area.
- 3) The effect of tall and heavy foliated street trees were better than the short one in improving heat environment during daytime in urban area.
- 4) On the dried surface of asphalt road which is without functions of changing sensible heat into latent heat, the increasing rate of its surface temperature was twice of air temperature and 2.2-2.5 times of Poplar and Abelia.
- 5) The heat radiated from the part of asphalt road which had been under the shadow decreased to be about 80% of that from the sunny part of road during the daytime.

From the stand point of road view, it is good for the road to plant some short trees like Abelia along it, but their meteorological effect can not be equal to the tall and foliated trees. Of course, we should think over traffic safety and classes of road. If there is no special limitation on the type of tree, choosing tall and foliated trees are recommended. On the other hand, the 9 m intervals of Poplar's trees like Route 3 is too wide to cover the road surface with shadow. The method of arrangement of tall street trees is an important problem and should be researched from now on.