

## 9. 秋季から春季に至る街路樹緑陰下の外気温の変化

Conditions of Outside Temperature Change on Tree Shade from Autumn to Spring

技術調査課 岩屋隆夫

### 1. はじめに

街路樹の緑陰、つまり木陰には多様な効用がある。こうした街路樹の緑陰効果の一部は、既に、地表温度を指標した解析結果を発表している<sup>1)~3)</sup>ので、ここでは、外気温を指標にして緑陰効果を述べることにする。すなわち、2005年10月、公園緑地部からの依頼により、新たに開始した街路樹の緑陰効果の測定と検証である。測定場所は、図-1に示す環状七号線の歩道に植樹された街路樹で、測定開始は10月21日である。本論は、一連の測定、解析のなかから、秋季から春季に至るデータを基本にして、街路樹緑陰下の外気温の変化を述べる。これを通して、街路樹の緑陰効果の一端が明らかになる。

### 2. 実験条件

#### (1) 試験体と測定項目

さて、本論で述べる緑陰効果の測定は、前述した



図-1 街路樹緑陰の測定場所

ように環状七号線の街路樹を対象に行っている。常磐線亀有駅の東側をほぼ南北に走る環状七号線にあって、幹線の西側の歩道に植樹された街路樹、つまり、歩行者が毎日、視覚の上から、また体感上から、寒暖などの状態を感じる街路樹である。換言すれば、身近に存在する街路樹が測定対象である。

試験体は、写真-1から写真-4に掲げた4本の街路樹、すなわち樹冠が大きな常緑樹（樹種名、クスノキ。以下、「常緑樹大」と言う。）、樹冠が小さな常緑樹（樹種名、クスノキ。以下、「常緑樹小」と言う。）、樹冠が大きな落葉樹（樹種名、モミジバフウ。以下、「落葉樹大」と言う。）、樹冠が小さな落葉樹（樹種名、トウカエデ。以下、「落葉樹小」と言う。）である。これに加えて、緑陰の対極に位置する場所を測定箇所として選定している（以下、当該測定場所を「裸地」と言う。）。写真-5に示す裸地がそれで、当該箇所は、街路樹による陰影が得られない場所に相当し、直射日光は歩道へと直接、入射する環境に置かれている。

そして、以上の各試験体を対象として、歩道から1.5m高の樹幹で外気温を測定し、且つ歩道から1.0m高の位置で日射量を測定している。さらに、常緑樹大の試験体では、緑陰下に相当する歩道面、つまりアスファルトの表面温度を、また裸地にあっても同様、直射日光が入射する位置の歩道面の表面温度を計測している。

表-1と表-2は、前記の各試験体における測定項目と測定機器の一覧である。ここで測定仕様を付記すれば、各試験体の外気温の測定にあたり、温度



写真-1 常緑樹大



写真-2 常緑樹小



写真-3 落葉樹大



写真-4 落葉樹小



写真-5 裸地

表-1 試験体と測定項目

試験体名称	樹種名	測定項目
常緑樹大	クスノキ	外気温、日射量、歩道表面温度
常緑樹小	クスノキ	外気温、日射量
落葉樹大	モミジバフウ	外気温、日射量
落葉樹小	トウカエデ	外気温、日射量
裸地	—	外気温、日射量、歩道表面温度

表-2 測定項目ごとの測定機器

測定項目	測定機器	測定間隔とデータ収録
外気温	温度センサー/UIZ9631-21+ラジエーションシールド	10分間隔の連続観測 データは温度ロガー、電圧ロガーに格納
日射量	全天日射計/MK-020V+水平調整台	
歩道表面温度	温度センサー/UIZ9631-21	

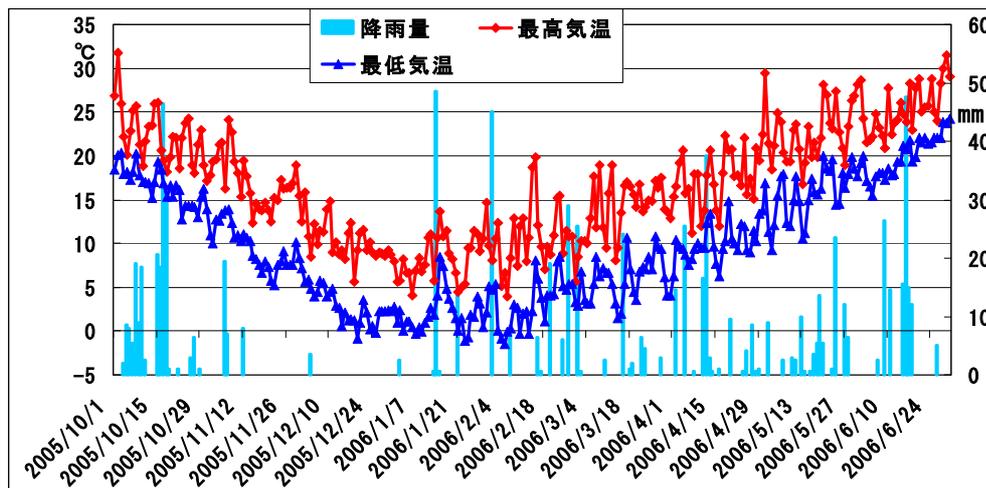


図-2 2005年秋季から2006年春季に至る気象条件 (気象庁の大手町データ)

計のセンサー部は日射の影響を受けないよう、写真-1から5に見るようにセンサー部を百葉箱と同等の機能を持つラジエーションシールドに格納している。従って、歩道から1.5mの高さで計測した温度は、外気温と同義である、とみなしている。なお、

測定データには、一部欠測日がある。測定機器の不良がその最大の原因であるが、これ以外にも落葉樹小では日射計の盗難があり、このため、落葉樹小の測定場所は測定開始時から変更して、2006年1月20日、写真-4に示す「トウカエデ」に変えている。

従って、落葉樹小の温度ならびに日射量データは、2006年1月20日まで欠測扱いとしている。

## (2) 測定期間の気象条件

次に、2005年秋季から2006年春季に至る気象条件を図-2に示す。気象条件は測定結果を大きく規定する因子の1つであって、この気象条件の選定如何によって、測定結果の評価も自ずと異なる。問題は測定地点近傍の気象条件が得られなかったことで、このため、ここでは気象庁の気象観測点の1つ大手町の気象条件、つまり2005年10月1日から翌2006年6月30日に至る間における日最高気温と最低気温、日降雨量の推移を図-2に示す。

図-2を見ると温度の季別変動が判る。これを具体的にみると、大手町では、2005年10月2日に日最高気温31.7℃と、この年最後となる夏日を記録した後、漸次気温が下降し、11月8日に22.7℃を記録して以降、翌2006年4月4日に至るまで、連日20℃未満の日が継続している。測定期間、つまり測定開始の10月21日以降にあって、秋季における日最高気温の最高値は10月25日の24.1℃、春季を5月31日までと仮定すれば、春季における日最高気温の最高値は5月1日の29.4℃、第2位が5月31日の28.1℃となる。他方、日最低気温は10月8日に20.2℃を記録した後、暫時低下し、11月14日に日最低気温10.3℃を記録して以降、11月29日の10.2℃という例外日を除き、翌2006年3月17日に至るまで、連日10℃未満の日が継続している。これも同様、10月21日の測定開始以降の測定期間にあって、秋季における日最低気温の最高値は測定開始日、10月21日の16.1℃、春季も同様、日最低気温の最高値は5月20日の20.0℃で、秋季から春季の日最低気温の最低値は12月19日に記録した-0.8℃となっている。

一方、降雨は図-2に見るように、ほぼ間断なく記録され、測定期間にあって連続干天日数（無降雨期間）の極値は2005年12月5日から翌2006年1月1日に至る28日である。換言すれば冬季渇水に相当する期間がこれである。降雪は、測定期間にあって2度記録されている。2006年1月21日の積雪量90mm、2月7日の20mmである。

## 3. 測定結果から見た緑陰効果

前章では、測定結果は気象条件に大きく規定されること、そして測定期間における気象条件の特徴などを述べたところである。そこで、本章では、前述した気象条件を参考にしながら、緑陰下の温度変化を幾つかのステージに分けて考察していくことにする。測定結果は、気象条件を指標にして分類することによって、緑陰下の温度変化の特徴、言い換えれば緑陰効果が最も的確に表現できると考えるからである。そして、ここでは、4つのステージ、すなわち、前章で掲げた日最高気温や日最低気温を記録した日の前後、また積雪日の前後を挙げることにする。

### (1) 秋季、晴天高温時における緑陰下の外気温

秋季にあって日最高気温24.1℃を記録したのは、前述したとおり2005年10月25日であるから、以下、25日前後の緑陰下の外気温の測定結果を見ていく。秋季、晴天高温時における緑陰下の外気温の変化である。図-3に見るのが外気温の変化、そして日射量の変化を示すのが図-4である。天候は10月24、25の両日が全日晴天で、26日は曇り後雨となっている。ここで試験体の状態を付記すれば、落葉樹は、この時期、未だ落葉するに至っていない。

秋季、高温時における街路樹の緑陰下の外気温は、図-3に見るように、常時、直射日光の下にある裸地の外気温と殆ど差異が認められない。例えば、裸地の外気温が25.0℃と最も上昇した10月25日の13:40、この時の落葉樹大の外気温は24.2℃、常緑樹小が25.0℃、常緑樹大が24.1℃であり、裸地との較差は最大で1℃未満である。測定値を樹冠の大小から比較しても、樹冠の大きな落葉樹や常緑樹の外気温は、樹冠の小さな常緑樹より僅かに低い、という傾向が見られるに過ぎない。しかし、日射量の較差は歴然としている。図-4のとおり、裸地の外気温が25℃と最も上昇した10月25日の13:40、裸地の日射量が0.51W/m<sup>2</sup>であったのに対し、落葉樹大、常緑樹小、常緑樹大の日射量は各々、0.05、0.48、0.06W/m<sup>2</sup>と小さい。樹冠によって日射が遮蔽された結果として、街路樹の緑陰下の日射量は裸地に比べて小さくなったのである。

一方、夜間温度はどのようにになっているか。10月

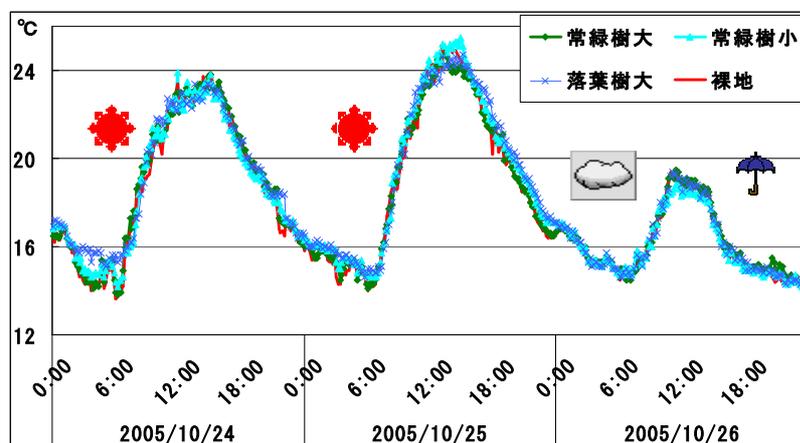


図-3 2005. 10. 24-26 の温度変化

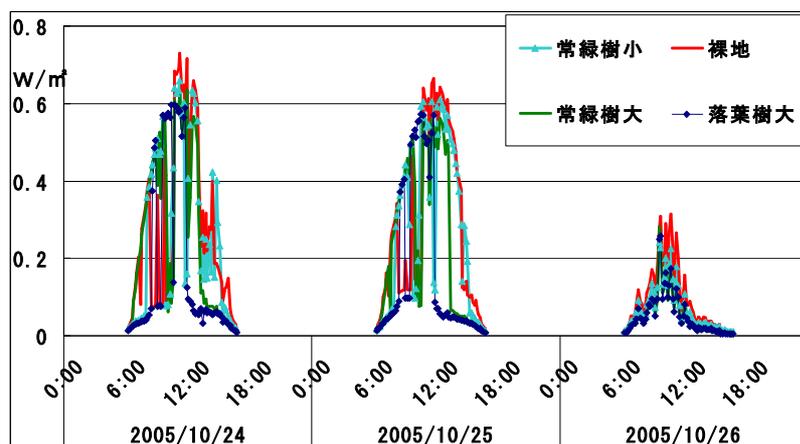


図-4 2005. 10. 24-26 の日射量の変化

24日から26日の3日間、試験体の外気温の差異は殆ど無い。従って、秋季には、常緑と落葉の違い、また樹冠の大小によって、緑陰下の夜間の外気温は左右されないとみられる。

他方、日射が殆ど得られない曇天、雨天という気象条件下にある10月26日は、裸地、落葉樹大、常緑樹小、常緑樹大の何れもが同等の日射量の数値を示し、外気温にも差異が無い。

このように、秋季の晴天高温時、街路樹は樹冠によって日射を遮るけれども、この日射の遮断は直ちに、緑陰下における外気温の低下となって表れない。秋季の24°C内外の高温時には街路樹の緑陰効果の発現、換言すれば緑陰下の外気温の低減は顕著なあたりで発現されないと考えられ、この一方で、雨天時は、樹冠による日射の遮蔽が期待されないから、この結果として、緑陰効果の発現も見られない。

#### (2) 冬季、晴天低温時における緑陰下の外気温

秋季から春季に至る間であって、冬季に相当する12月19日、測定期間で日最低気温の最低値-0.8°C

が早朝に記録された。昼間の最高気温は12:00に記録された7.8°Cと低く、当日は一日を通して寒い日であった。以下、この時の街路樹の緑陰下の外気温の変化を見ていく。そこで、図-5に示すのが12月18日から20日の3日間における緑陰下の外気温の変化である。なお、19日の前後1日は全日、晴天で、試験体のうち落葉樹は完全に落葉状態にある。

図-5に見るように、冬季、晴天低温時における街路樹の緑陰下の外気温は、昼間であって、常緑樹と落葉樹、また樹冠の大小や有無による差異が殆ど無い。例えば、12月19日12:00の常緑樹大の外気温は8.9°C、常緑樹小が8.8°C、落葉樹大が8.8°C、裸地が9.3°Cとほぼ同数値を示す。これに対し、裸地の舗装表面温度は、緑陰下の外気温より3から4°C低く、前記の12:00の時間帯で5.3°Cを示す一方で、これとは逆に、常緑樹大の緑陰下の舗装温度は、9から10°C台を記録している。他方、日射量は、裸地 > 落葉樹大 > 常緑樹小 > 常緑樹大という関係で、裸地の数値が最も高いけれども、各試験体相互の較差

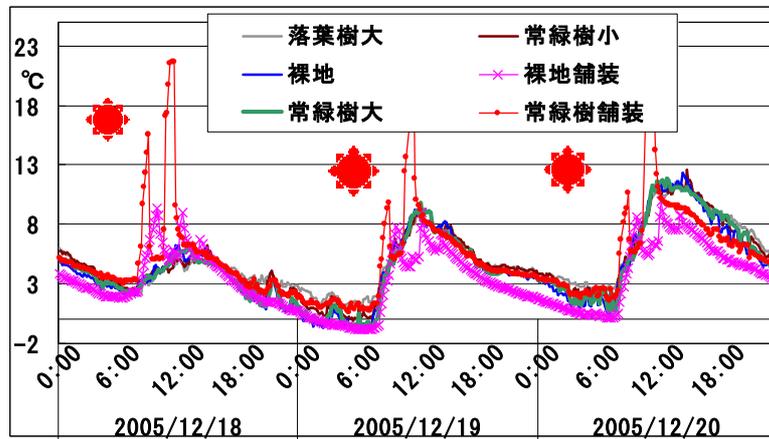


図-5 2005. 12. 18-20 の温度変化

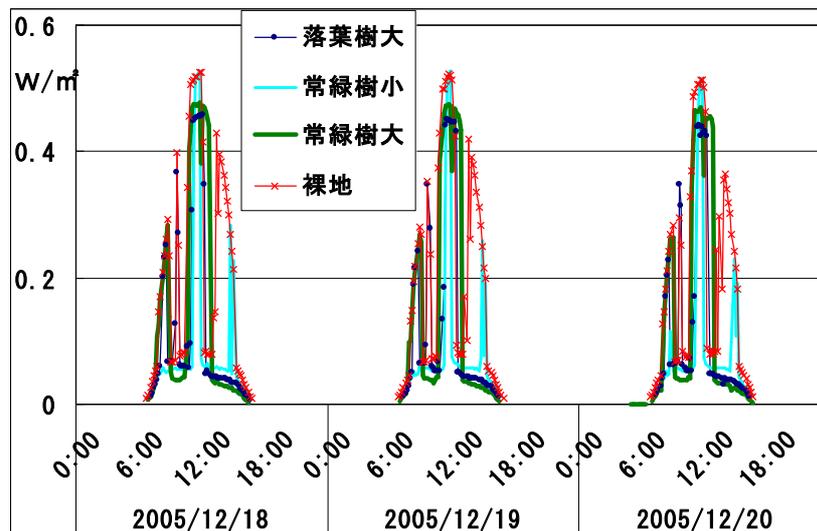


図-6 2005. 12. 18-20 の日射量の変化

は  $0.08$  から  $0.05\text{W}/\text{m}^2$  の範囲にあり、秋季、晴天高温時における日射量の較差と比べると、その差は小さい。

このように、冬季、晴天低温時における街路樹の緑陰下の外気温や日射量は、昼間にあって、常緑樹と落葉樹、また樹冠の大小や有無による差異が殆ど無いのに対し、舗装温度は、緑陰の有無によって温度差が大きく出ている。これは、裸地の舗装温度が高い、という通常観念から外れた意外な結果と言わざるを得ない。

ところで、常緑樹の街路樹は、デメリットの一つとして、冬に寒い、としばしば言われるようである。依って立つ理由が樹冠による日だまりの遮断である。しかし、測定結果を解析する限り、冬季、晴天低温時の昼間にあって、樹冠の大きな常緑樹の街路樹の緑陰下の外気温は、落葉樹の緑陰下や裸地の外気温より低いとは必ずしも言い切れないことが判る。

冬季、寒冷状態にある昼間、常緑樹の街路樹の緑陰下の外気温は、落葉樹や裸地と匹敵するような外気温を保持しているのである。

### (3) 冬季、積雪日における緑陰下の外気温

測定期間にあって、最多の積雪量を記録したのは前述したように2006年の1月21日である。そこで、ここでは21日の前後、延べ3日間の外気温の変化を図-7に示す。なお、天候は、20日が曇り、21日が全日、雪、22日は晴れ一時曇りで、また1月20日はデータ回収日と重なっていたため、図-7の測定値はデータ回収による欠測時間を外した20日15:00以降のものである。

さて、積雪日の21日を中心にして街路樹緑陰下の外気温を見ると、常緑樹と落葉樹、樹冠の大小による温度差、裸地との温度較差は殆ど無い。例えば、21日12:00の外気温は、常緑樹大が  $0.8^\circ\text{C}$ 、常緑樹小が  $0.7^\circ\text{C}$ 、落葉樹大が  $0.7^\circ\text{C}$ 、落葉樹小が  $0.4^\circ\text{C}$ 、

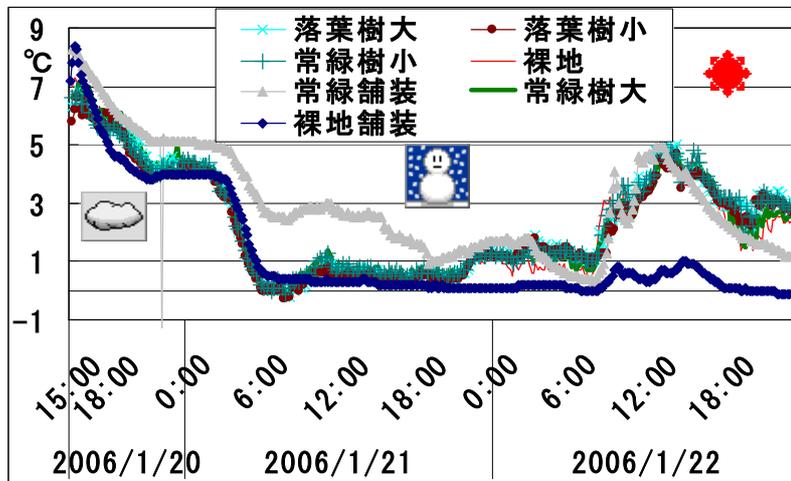


図-7 2006. 1. 20-22 の温度変化

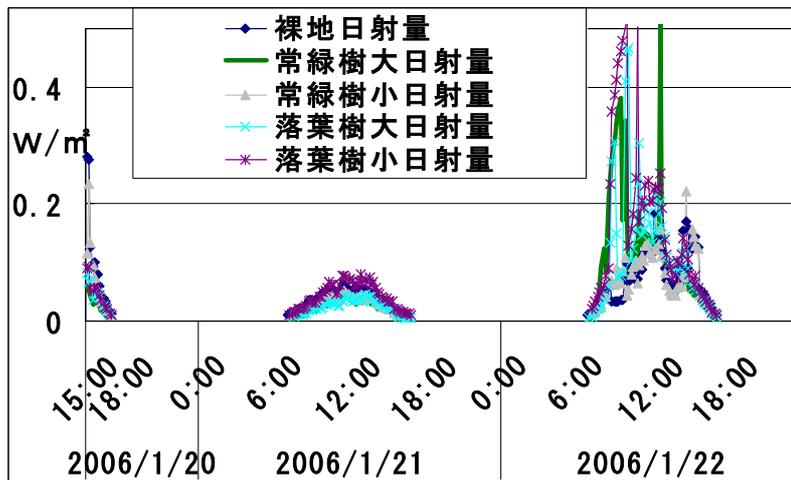


図-8 2006. 1. 20-22 の日射量の変化

裸地が 0.5°Cである。落葉樹小の緑陰下の外気温が他より多少低い傾向を示すけれども、数値に大差は無く、これは図-8に示す日射量も同様である。しかし、舗装温度を見ると、その差は歴然としており、同日同時刻の裸地が 0.3°Cであったのに対し、常緑樹大の緑陰下では 2.7°Cと高く、この常緑樹大の緑陰下の舗装温度は図-7に見るように、積雪前から積雪後まで常に高く、他方、裸地の舗装温度は常に低温傾向ある。樹冠によって降雪が遮断された常緑樹大の緑陰下の舗装部と、積雪が認められる裸地の舗装部の積雪状態の違いが、舗装の表面温度の差異となって表現されたと考える。

このように、積雪時における街路樹緑陰下の外気温は、常緑樹と落葉樹、樹冠の大小による温度差が殆ど無い。従って、積雪時には、外気温を指標にした街路樹の緑陰効果の発現は殆ど認められないと考えられる。

#### (4) 春季、晴天高温時における緑陰下の外気温

測定期間にあつて、春季に日最高気温を記録したのは前述したとおり、5月1日である。ところが、当該日の測定データは、測定機器の不良のため欠測が余りに多いので、ここでは春季にあつて第2位の日最高気温 28.1°Cを記録した5月31日前後の緑陰下の外気温を見ていくことにする。当該日の天候は、5月30日が曇り時々晴れ、5月31日と翌6月1日は晴れである。なお、5月末と言えば、落葉樹は当然、新緑の状態にある。

そこで、図-9に示すのは、5月31日を挟んだ30日から6月1日の外気温の変化である。なお、当該期間にあつても、裸地の舗装温度、落葉樹大の外気温、また常緑樹大と裸地の各日射量が欠測となっている。

図-9で特徴的なのは、常緑樹大の舗装温度と裸地の外気温が、他より抜きん出て高い数値を示すこ

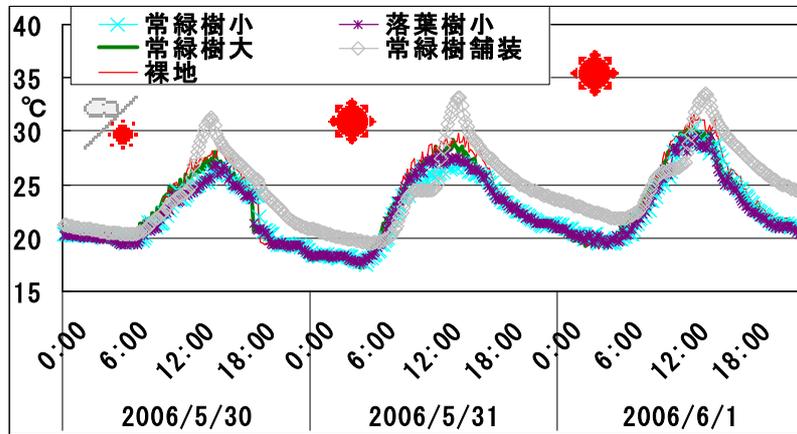


図-9 2006.5.30-6.1の温度変化

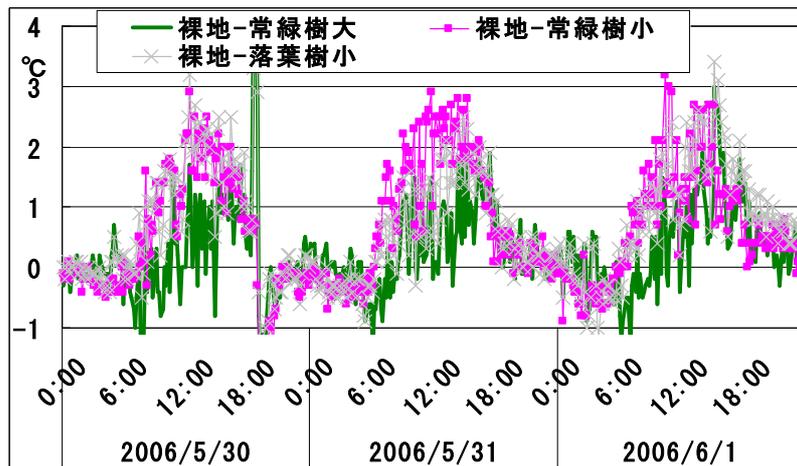


図-10 裸地を指標にした温度較差

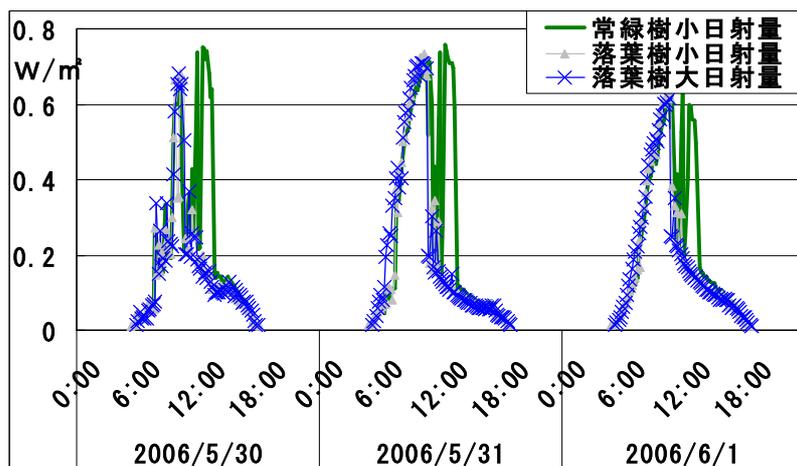


図-11 2006.5.30-6.1の日射量の変化

とで、また裸地の外気温は常緑樹大や落葉樹大、落葉樹小という街路樹の緑陰下の外気温より、数段高い値を示している。ここで、裸地の外気温を指標にして、常緑樹大、常緑樹小、落葉樹小との温度較差をとると、その特徴が的確に表現される。すなわち、裸地の外気温から、常緑樹大、常緑樹小、落葉樹小の外気温を差し引いた数値を図化した図-10 であ

る。図-10を見ると、温度較差の各数値は夜間から早朝にかけてマイナス側に位置しているけれども、昼間はほぼ全時間帯を通してプラス側を示している。つまり、常緑樹大、常緑樹小、落葉樹小の緑陰下の各外気温は、日中、裸地の外気温より確実に低下していることがここから判る（当該期間にあて、裸地の日射量は欠測のため、裸地と緑陰との日射量の比

表-3 2006.5.30-6.1における裸地と街路樹緑陰下の外気温の較差

	昼間の平均較差(5:00-18:30)	昼間ピークの平均較差(9:00-15:00)	昼間較差の最大値
常緑樹大	0.5℃	0.6℃	3.0℃
落葉樹大	1.1℃	1.6℃	3.2℃
落葉樹小	1.2℃	1.5℃	3.4℃

較は出来ないが、各試験体の日射量は、参考値として図-11に提示しておく。)

そこで、街路樹による外気温の低減効果を数値として示したのが表-3である。なお、表中に昼間とあるのは、日の出後30分から日没前20分の間を指し、例えば、5月30日の日の出と日の入りは、4:27 また 18:50、6月1日の日の出と日の入りは4:27 また 18:51であるから、表中の昼間時間とは5:00から18:00までの13時間である。一方、昼間ピークとは、12:00を挟んだ前後3時間、つまり昼間にあって暑さを実感する延べ6時間としている。こうした昼間時間や昼間ピークという表現、また考え方は、緑陰効果を検証する際、適当であるか否かは議論が分かれるかも知れないけれども、何等かの指標となる時間軸を示さない限り、評価は先へと進展しないから、ここでは前記のような時間軸を使用している。

さて、表-3を見ると判るように、街路樹の緑陰による外気温の低減は、1℃内外ある。最大値で3℃ある。秋季、晴天高温時、つまり24.1℃という気象条件下では、最大値で1℃未満の外気温の較差であったから、表-3に示す温度較差、つまり春季、晴天高温時における温度差は、街路樹の緑陰による外気温の低減効果が発現されたと認めるに充分である。

#### 4. まとめ

本論は、これまで、環七の街路樹を対象にして行った緑陰効果を、幾つかのステージに分けて述べてきたので、以下、4点を挙げて本論のまとめとする。なお、環七における測定は以降、2006年10月31日まで継続することとしている。通年測定の結果は、改めて一論を整理したいと考えている。

- ①秋季、晴天高温時、街路樹の緑陰による外気温の低下は殆ど認められない。
- ②冬季、晴天低温時、街路樹の緑陰と裸地の外気温は殆ど較差が無いけれども、常緑樹の街路樹による外気温の低下も殆ど認められない。
- ③冬季、積雪日、街路樹の緑陰と裸地の外気温は殆ど較差が無いけれども、常緑樹緑陰下の舗装温度は裸地のそれより2℃以上高く、樹冠による降雪遮断効果が発現されたとみられる。
- ④春季、晴天高温時、街路樹の緑陰と裸地の外気温は常に1℃内外の較差があり、街路樹緑陰による外気温の低減効果が認められる。

#### 謝辞

本論で挙げた緑陰効果の測定にあたり、公園緑地部計画課ならびに第五建設事務所には、多大な援助を頂いた。各位には、ここに記して謝辞を表す。

#### 参考文献

- 1) 街路樹の緑陰効果の検証(中間報告)(2005):岩屋隆夫、石丸仁、緑化に関する調査報告(その32)、東京都建設局、79-89.
- 2) 冬季における緑陰の温度変化(2005):岩屋隆夫、竹垣敏郎、平成17年度東京都土木技術研究所年報、281-284.
- 3) 地表の温度変化を通してみた街路樹の緑陰効果(2006):岩屋隆夫、緑化に関する調査報告(その33)、東京都建設局、41-55.