平 19.都土木技術センター年報 ISSN 1882-2657
Annual Report
C.E.C., TMG 2007

13. 河川水散水によるヒートアイランド対策実験の結果と課題

Problem and Result of Experiment of Heat Island Effect on River Institutions by sprinkling of River-water

技術調査課　岩屋隆夫、高崎忠勝、杉原大介

1. はじめに

河川水を揚水するなどして、これを水面に散水したり、護岸に撒いたりすると、涼しげな感じがする。例えば、利根川下流部の右支川小野川には、樋橋、別名、じゃーじゃー橋という木橋がある。そこでは、橋梁下部に設置された農業用水の水路橋から、小野川の水面へと相当量の用水が落下している。要は、水路橋の漏水が原因で生じたものではあるけれども、これが佐原の観光の一役をかっている。では、河川施設のヒートアイランド対策という視点を通して考えた場合、河川水を用いた散水は、どのような温度低減効果があるか。これが以下述べる本論の主題で、河川水による冷却、そして水の蒸発気化に伴う温度低減が期待値である。夏期暑熱期における東京のヒートアイランド現象を緩和するには、兎に角、あらゆる手立てを講じて、温度低減の措置が求められるのである。

ところで、河川施設のヒートアイランド対策実験とこれに関係する測定は、河川部の依頼を受け、この間、目黒川と中川左岸堤、隅田川右岸堤で行って来た。前二者は、2005 年 7 月から 9 月にかけ実施したもので、護岸上の外気温や護岸温度、そして散水による護岸温度の変化等を実測し、その成果の一部は、「護岸緑化による護岸の温度変化」[1)]、「河川施設のヒートアイランド対策に関する考察－コンクリート護岸の温度低減実験」[2)]、「中川下流部における河川表流水の塩分濃度特性」[3)] と題して発表している。また後者は、2006 年 8 月から 10 月にかけて隅田川中流部右岸の白地区で遊歩道や緑地帯等の温度変化等を実測し、その成果の一部は「夏期暑熱期における河川周辺の外気と河川沿い緑地帯の温度変化」と題して発表している[4)]。そこで、本論は、以上の既発表成果を踏まえ、2005 年実験のなかから、目黒川の散水効果測定と中川護岸の散水効果測定、そして 2006 年の実験結果のなかから、隅田川堤外遊歩道への散水の効果測定を取り挙げ、河川水を用いた散水の温度低減の実際と河川施設のヒートアイランド対策の課題について述べることにする。

写真－1　利根川右支川小野川の樋橋の現状

2. 2005 年目黒川：水面への散水と温度変化

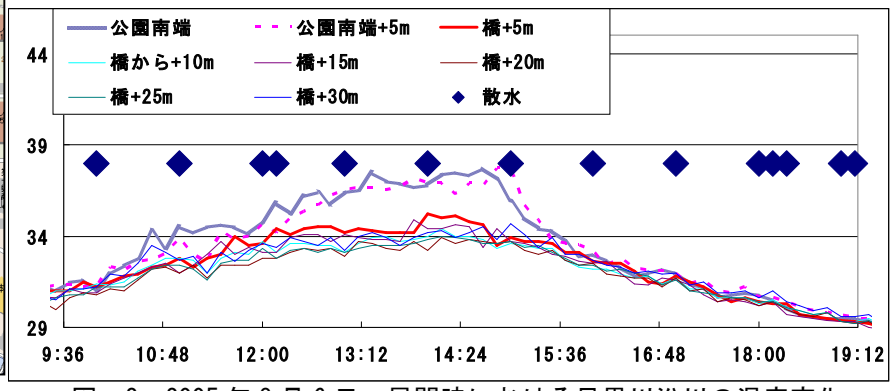
東京湾に流出する中小河川の一つ、目黒川には、前述した樋橋と若干、異なる風景を呈する散水が行わ

写真—2　目黒川御成橋の散水状況

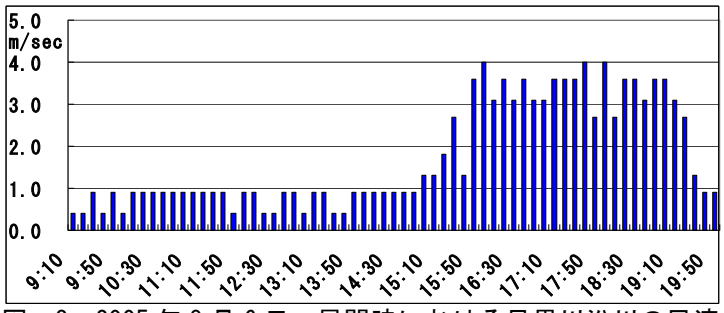
表－1　測定項目と測定機器、測定仕様

測　定　項　目	測　定　機　器	測　定　仕　様
護岸・遊歩道・地表表面温度	温度計／TR-52	表面 20mm 深さにｾﾝｻｰ部挿入
天端上・護岸上・遊歩道上の外気温	温度計／TR-52	ﾗｼﾞｴｰｼｮﾝｼｰﾙﾄﾞに格納
日射量	全天日射計／KDC-S11	水平調整台上に設置
河川上部空間の外気温	温度計／TR-52	ﾗｼﾞｴｰｼｮﾝｼｰﾙﾄﾞに格納
河川表流水水温	自記水温計／C101	水面下 30cm
風向風速	ｳｪｻﾞｰｽﾃｰｼｮﾝ／WIZARDⅢ	
データ収録	温度ロガー、電圧ロガー	10 分間隔連続計測

図－1　目黒川測定場所の位置図



図－2　2005 年 8 月 6 日、昼間時における目黒川沿川の温度変化



図－3　2005 年 8 月 6 日、昼間時における目黒川沿川の風速

れている。目黒川下流、御成橋からの散水で、品川区が目黒川の水質改善対策の一環として実施している。水源は下水道局の 3 次処理水に求め、ほぼ毎日、早朝から夜間にかけて、通年、1 時間ピッチで概ね 10 分間の散水が行われる。散水量は最大で 0.84m^3/min と大量とは言えないが、夏期は少なくとも涼しげな感じを醸し出している。

2005 年夏期、この目黒川の散水現場を対象にして、温度等の測定を行った。実施期間は 7 月 23 日から 9 月 30 日までの連続 70 日間で、ここでは御成橋から下流へと 5m おきに延べ 6 基の温度センサーを設置して、左岸堤の天端上で外気温を測定した。さらに、御成橋左岸に隣接する区立御成橋公園内のトイレ屋上に風向風速計を設置し、また公園内の緑地内の地表面には温度センサー2 基を設けた。測定機器の仕様等は表－1 のとおりであるが、天端上の外気温の測定では、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、センサー部への日射の影響等を排除している。但し、散水用水の水温の測定は行っていない。

図－2 は、目黒川における測定データのなかで、大手町で 14:00、日最高気温 34.3℃を記録した 8 月 6 日における昼間時の測定結果である。なお、当日は全日晴天で、7 月 27 日から継続する連続干天の 11

日目に相当している。

目黒川沿川の堤防天端上の外気温は、大手町温度より 1℃前後高く、しかも御成橋から 5.0m 地点の外気温は、14:00 に最高気温 35.2℃を記録するが、護岸上の外気温は、図－2 に見るように、堤内地の御成橋公園の緑地帯の地表温度より確実に 1℃強低い。天端上の外気温は、このように、堤内地より低減している。しかし、この下流左岸の天端上の外気温は、図－2 のとおり、1 時間おきに実施される河川水面への散水に対し全く変化しない。因みに、当日の沿川の風速は昼間時、図－3 のように、0.4 から 0.9m/sec と微風である。

河川水面への散水は、視覚上で涼しさを与えることが有るけれども、実測値に従えば、0.84m^3/min の水量を用いた 10 分程度の散水は、外気温を低減させるに足る効果が認められないのである。

3.　2005 年中川：護岸散水に伴う温度変化

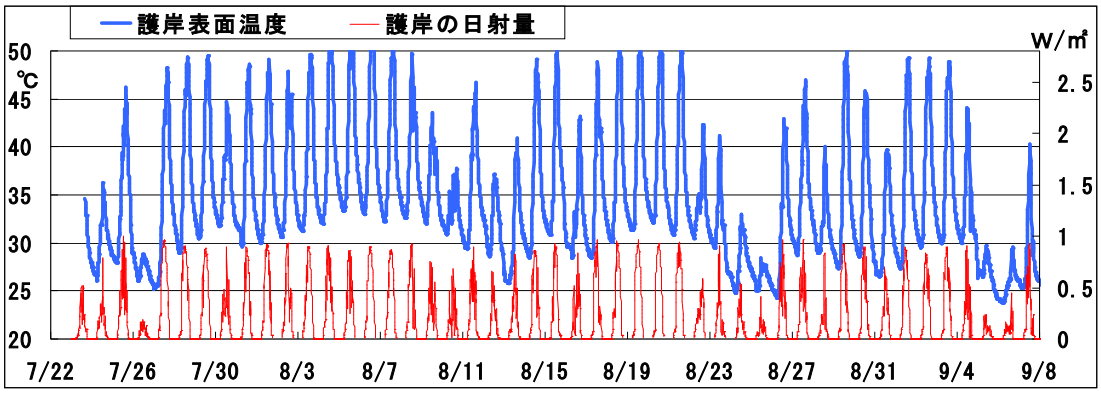
東京低地を南流して東京湾へと流出する河川の一つに中川がある。葛飾区高砂一丁目地先で新中川を分流した後、現川、中川は上平井橋以下、背割堤を隔てて東京湾まで荒川放水路と併走する。この現川、中川の左岸堤は、文字通りの三面張りコンクリート堤防である。

2005 年夏期、江戸川区松島二丁目地先の中川左岸堤を対象にして、温度等の測定を行った。実施期間は 7 月 22 日から 10 月 3 日までの連続 74 日間で、ここでは左岸堤のコンクリート護岸斜面に延べ 14 基の温度センサー、全天日射計 2 基を設置して、護岸表面温度と護岸上 50cm の外気温や日射量等を測定し、また中川の水面下 30cm の位置に水温計を、前記測定場所の真横に位置する下水道局西小松川ポンプ所の堤外水門の管理通路を利用して、中川の満潮位から 2.0m 高の位置に風向風速計と温度センサーを各々、取り付け、水温、河川上部空間の外気温、風向風速を計測した。そして、中川の水面下 30cm の河川水を揚水して、これを護岸上部まで導水し、1 日に 1 回、10 分から 30 分、堤外地の護岸に連続散水して、護岸温度の低減状態を確認した。一連の測定で使用した機器は、前掲の表－1 のとおりであるが、護岸上 50cm の外気温、河川上部空間の外気温の測定では、前章で述べた目黒川と同様、温度センサーをラジエーションシールドに格納し、また、水温計と揚水機には、浮き袋を付帯して、水面下 30cm の位置を常時、維持するようにしている。写真－3 は、河川水を用いた護岸散水の散水直後の状況で、散水の開始、終了の時刻は、揚水機のオン、オフをタイマーでセットすることによって設定し、また散水量は、護岸の全面を均一に流れるよう水量を事前に調整して 5.5 ﾘｯﾄﾙ/min としている。散水対象の護岸の水平延長は 10m であるから、10 分間の散水量を降雨高に換算すれば 5.5mm/10min となる。

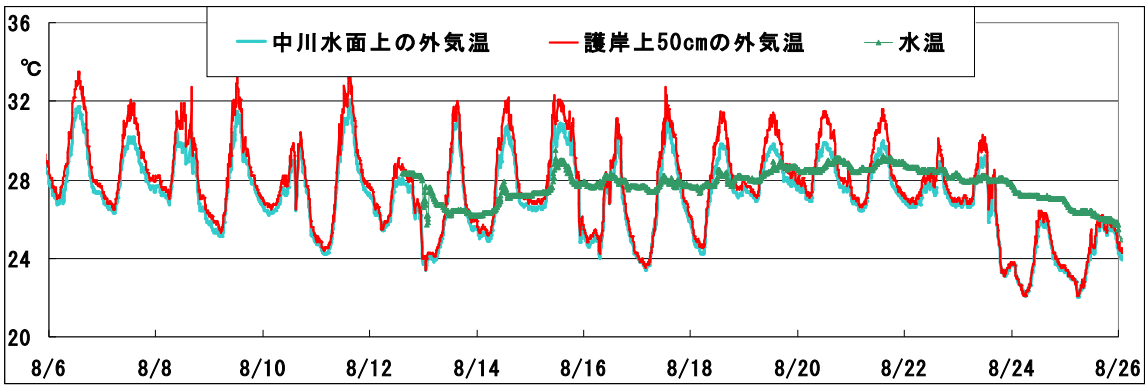
夏期暑熱期における中川左岸堤の状態を一言で言えば、前章で述べた目黒川沿川より兎に角、暑い。目黒川下流部の御成橋地点は、両岸に中低層の建築物が建ち並び、これが直射日光を一時的に遮蔽するのに対し、中川左岸堤は日射を遮るものが皆無で、このため昼間は、連日、炎天下にあるのが最大の原因である。実際、堤外地の川沿いに設けられた遊歩道（テラス）には、昼間時に人影を見ることが無い。

図－4　中川測定場所の位置図

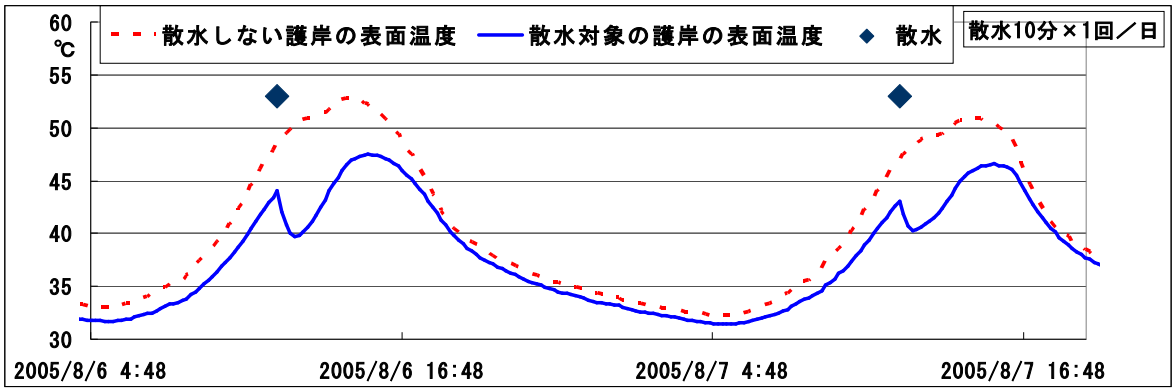
写真－3　中川護岸散水の状況



図－5　2005 年夏期における中川左岸堤の護岸日射量と護岸表面温度の変化



図－6　中川水面上の外気温と護岸上 50cm の外気温、水温の変化

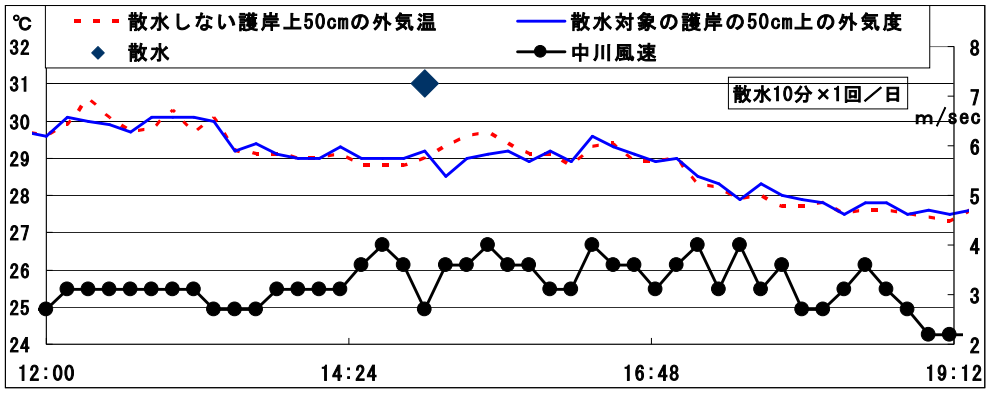


図－7　散水による護岸表面温度の変化

中川左岸堤の暑さを実証するものとして、護岸の表面温度がある。堤外側の護岸の表面温度は、夜間から早朝にかけて 30℃前後であったものが、直射日光を受けて昼間時に 50℃前後へと急騰する。護岸が受ける日射量と護岸表面温度は、図－5 に示すように、完全に同調し、中川左岸堤の堤外のコンクリート護岸は、夏期暑熱期にあって、このように、日射を受けて高温化しているのである。

一方、護岸上 50cm の外気温は、図－6 に見るように、中川の水面上の外気温より常に高く、最大較差は 12:00 から 15:00 にかけて 2℃を記録する。これに対し、中川の水面下 30cm の水温は、日変動の振幅が小さく、27℃、28℃台を推移する。護岸上 50cm の外気温の高温状態は、このように、水面上の外気温と対比することによって明瞭になる。昼間時に日射を受けたコンクリート護岸は、表面温度が高温化すると同時に、護岸上 50cm の外気温を 2℃前後押し上げているのである。つまり、コンクリート護岸が発する輻射熱の影響である。

では、高温化したコンクリート護岸に河川水を散水すれば、どうなるか。護岸表面温度は、図－7 に示すように、散水によって確実に低下する。測定日を前章の目黒川の事例に併せ 8 月 6 日とすれば、この日の 12:00、44.0℃あった護岸表面温度は、12:00



図－8　2005 年 8 月 2 日に行った散水直後の護岸上 50cm の外気温変化

からの 10 分間の散水によって 40 分後の 12:40 に 39.6℃と 4℃強低下した。

このように、高温化したコンクリート護岸に 28℃前後の河川水を散水すると、護岸表面温度は散水直後に 4℃程度、急降下する。そして、散水によって護岸斜面を流れ下った水は、湯水へと変化する。散水後の水温の上昇は、それ自体が護岸表面温度の低減に寄与したことを如実に語っている。しかし、護岸の表面温度の低減は、散水の継続時間に規定され、10 分間の散水の場合、散水後 2 時間、30 分間の散水の場合、散水後 4 時間で元の高温状態に戻ってしまう。しかも、早朝や夜間に実施した散水は、低減幅が 1℃未満と小さい。つまり、河川水を用いた散水は、3 時間とか 4 時間といった連続散水を行わない限り、得られる護岸表面温度の低減効果は一時的なものになり、且つ水温が 28℃前後、護岸表面温度が 30℃前後、と両者の温度が近似する時間帯、すなわち早朝や夜間に行う散水では、温度低減という効果の発現が余り期待できないことが判る。

他方、図－8 に示すのは、8 月 2 日 15:00、風速が 3.0m 前後と弱風の時に実施した 10 分間の散水に伴う護岸上 50cm の外気温の変化である。15:00 に 29.0℃あった護岸上の外気温は、同時間に行った散水によって 10 分後の 15:10 に 28.5℃に低下している。較差は 1℃未満であるけれども、護岸上 50cm の外気温は、散水によって確実に低下したことになる。ただ問題は、温度低減の持続時間が短いことにある。つまり、温度低減効果の発現は瞬間的である。

以上のように、5.5 ﾘｯﾄﾙ/min（10 分間の散水の場合、降雨高換算で 5.5mm/10min）の水量の河川水を 10 分から 30 分間、コンクリート護岸に散水すると、護岸表面温度と護岸上の外気温は確実に低下する。温度の低減値は前者で 4℃程度、後者で 1℃未満、そして温度低減の持続時間は短時間である。ところで、こうした河川水を用いた護岸散水には、実は、幾つかの課題があるが、これはまとめて第 5 章で後述する。

4.　2006 年隅田川：遊歩道散水に伴う温度変化

東京を代表する河川と言えば隅田川であろう。歴史的に見ても、隅田川は江戸時代から憩いの場として、また文芸の素材として取り上げられて来た。そして、隅田川の両岸を画する直立のコンクリート堤防、揶揄して表現されるカミソリ堤防は、全国区レベルで余りに有名な河川施設である。このコンクリート堤防を廃して構築されたのがスーパー堤防、つまり緩傾斜型堤防である。

2006 年のヒートアイランド対策実験は、このスーパー堤防を対象に実施した。場所は隅田川中流部右岸、荒川区南千住八丁目地先の白地区のスーパー堤防である。実施期間は 8 月 8 日から 10 月 23 日までの連続 77 日間である。ここでは、堤外の川沿いに設けられた遊歩道（テラス）等に延べ 8 基の温度センサーを設置して、遊歩道の表面温度と遊歩道上 50cm の外気温等を測定し、また隅田川の水面下 30 cm の位置に水温計を、前記測定点の真横に位置する下水道局白鬚西ポンプ所の排水門の手摺りを利用して全天日射計、温度センサー、風向風速計各 1 基を各々、取り付け、水温、遊歩道上 6.0m の河川上部空間の日射量、外気温、風向風速を計測した。そし

図－9　隅田川測定場所の位置図

写真－4　隅田川水面に浮かぶ揚水機の浮き袋

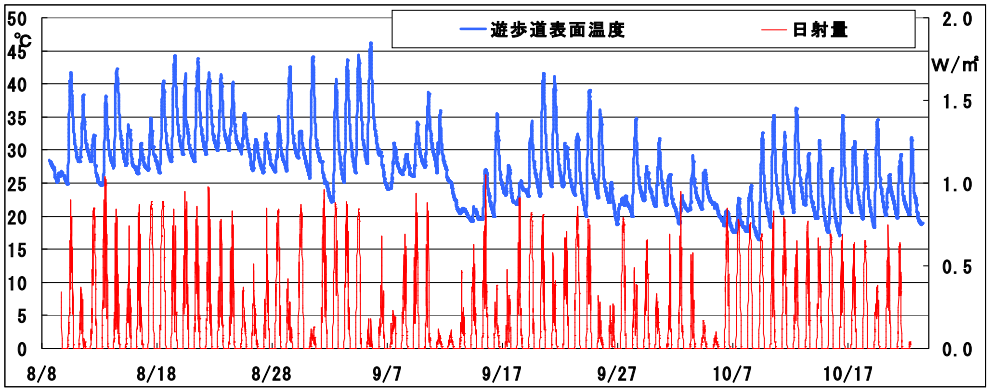
写真－5　隅田川遊歩道の散水の状況

て、隅田川の水面下 30cm の河川水を揚水して、これを遊歩道へと導き、1 日に 1 回、30 分から 120 分、堤外の遊歩道に連続散水して、遊歩道の温度の低減状態を測定した。一連の測定で使用した計測機器は、前掲の表－1 と同じで、また遊歩道上 50cm の外気温、河川上部空間の外気温の測定に際しては、これも 2005 年の目黒川、中川の測定と同様、温度センサーをラジエーションシールドに格納し、水温計、揚水機もまた 2005 年の中川と同じように、機器に浮き袋を付帯させて水面下 30cm の位置をキープしている。写真－4 は、隅田川の水面に浮かぶ揚水機付帯の浮き袋の状況で、写真－5 は、河川水を用いた遊歩道への散水直後の状況である。なお、河川沿い遊歩道は、全幅 3.75m、表層はアスファルトとコンクリート平板を用いて舗装された構造であって、川側へと 2.0%のカントがついているが、遊歩道の表面温度と遊歩道上 50cm の外気温の測定点は、後者のコンクリート平板によって舗装された箇所である。また、散水の開始と終了時刻の設定手法は、2005 年中川と同様、揚水機のオン、オフの設定で、散水量は散水対象の遊歩道の全幅員にまんべんなく水が流れるように水量を事前に調整して 0.14 ﾘｯﾄﾙ/min としている。散水対象の遊歩道の水平延長は 4m であるから、1 時間の散水量を降雨高に換算すれば 2.1mm/hr となる。

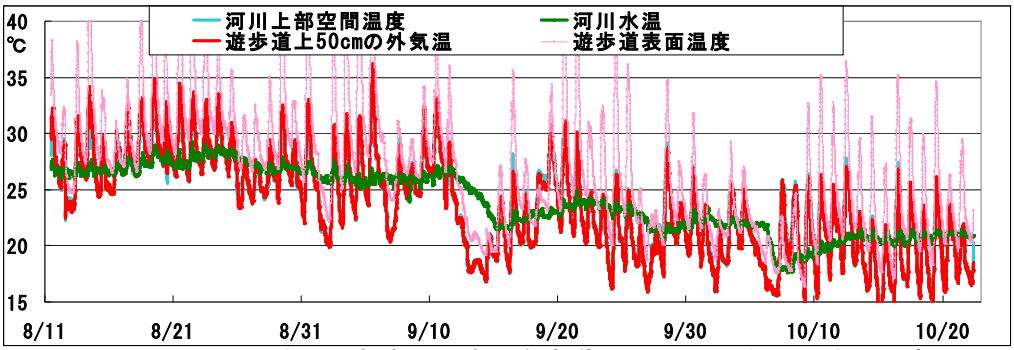
ところで、測定場所の隅田川の白鬚右岸堤は、2005 年の中川と同様、夏期暑熱期に極めて暑い。隅田川における既存の直立のコンクリート堤防とは異なり、測定場所は堤外の堤防法面が 1:4 の緩傾斜となって、傾斜部に芝生が植栽され、堤防法尻には横断方向に 5.5m の幅をもった緑地帯（主にツツジ類）が設けられている。従って、中川左岸堤と比べれば、間違いなく緑豊かで且つ開放感がある。しかし、白鬚右岸堤の堤外地は、日射を遮るものが皆無で、昼間は、連日、炎天下にある。このため、夏期暑熱期の昼間時は、閑散として誰も居ない。場所が広々とした開放空間であるだけに、無人の様は異様ですらある。それが、日没近くなると、沿川に居住する人達が三々五々、ジョギングや散策しながら集まって来る。そういう意味で考えれば、暑さ対策さえ施せば、昼間時、沿川に集う人々が増えていくはずである。そう思わせるに充分な場所である。

さて、図－10 に示すのは、測定期間における河川沿い遊歩道の表面温度と日射量の変動である。遊歩道の表面温度は、昼間時に 45℃へと高騰し、夜間も容易に 25℃を下廻らないことが判る。そして、遊歩道の表面温度は、前章の中川左岸の護岸と同様、日射量に同調し、日射を受けて温度が急騰している。

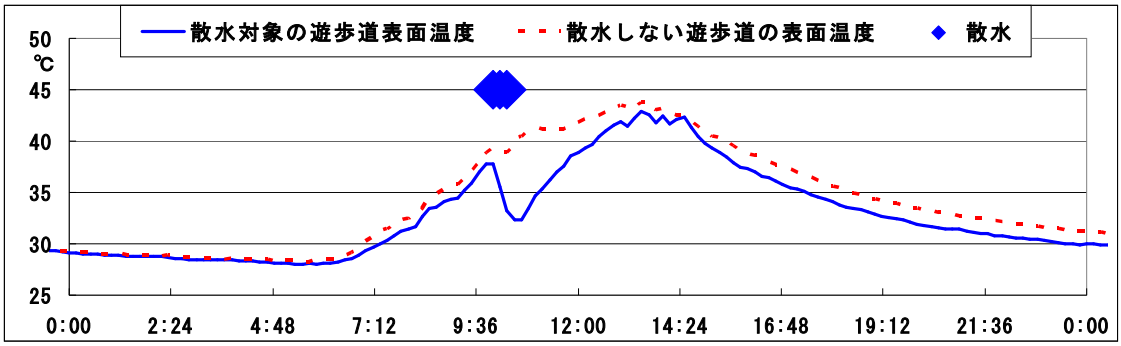
一方、遊歩道上 50cm の外気温は、図－11 に見るように、河川上部空間温度（前述したように遊歩道上 6.0m の外気温）と全体に重なり合っている。つまり、温度差が殆ど無い。他方、これを遊歩道の表面温度と比較すると、昼夜の較差が特徴的である。



図－10　2006 年夏期における隅田川右岸堤の河川沿い遊歩道表面温度と日射量の変化



図－11　隅田川の水面上部空間温度と遊歩道上 50cm の外気温、水温の変化



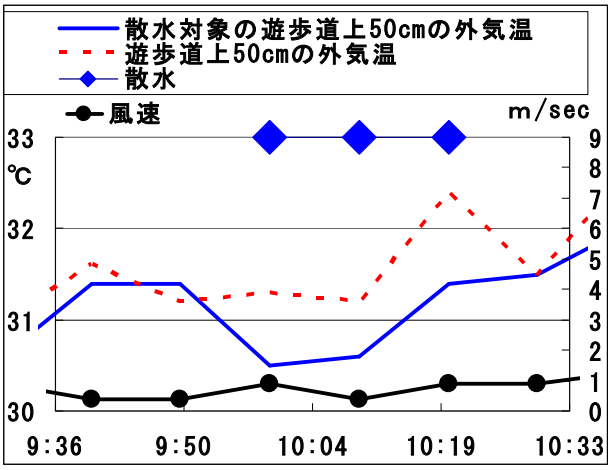
図－12　2006 年 8 月 21 日に行った 30 分散水による遊歩道表面温度の変化

昼間時、双方の温度は急騰するけれども、遊歩道の表面温度は遊歩道上 50cm の外気温より必ず 5℃前後高いのに対し、夜間の温度較差は 1℃前後へと縮まる。遊歩道上 50cm の外気温は、このように、昼間時、日射を受けて急騰する遊歩道の表面温度と同調するかたちで上昇するのであって、遊歩道の輻射熱の影響下にあることが示唆される。なお、夏期暑熱期における隅田川の水温は、2005 年の中川の測定値と比べて、平均で 27.8℃と中川より若干、低めである。

では、夏期暑熱期の昼間時、45℃と高温化する遊歩道に河川水を散水すれば、どうなるか。図－12 は、大手町で 13:00 に日最高気温 32.6℃を記録した 8 月 21 日に行った 30 分間の散水による温度変化である。なお、当日は 8 月 19 日から継続する連続干天の 3 日目に相当し、全日、晴天である。

隅田川の河川水を遊歩道に散水すると、表面温度は、図－12 に見るように、散水直後から急降下し、散水終了の 30 分後には 5℃低下した。しかし、散水の終了と同時に表面温度は上昇を開始し、3 時間後には 43℃と元の温度に戻ってしまう。120 分という長時間の散水の場合も同様、遊歩道の表面温度は散水終了後 3 時間で元に戻る。しかも、早朝や夜間の散水は、2005 年の中川の実験と同じように、低減幅が 1℃弱である。

護岸の温度低減の持続時間は一時的で、また早朝や夜間に行う遊歩道への散水には、期待される温度低減が発現されない。2005 年の中川における護岸散



図－13　8 月 21 日の散水による外気温の変化

水と全く同様の結果である。

他方、図－13 は、遊歩道への散水による歩道上 50cm の外気温の低減状態を示したもので、風速が 1.0m/sec 以下と微風で且つ全日、晴天であった 2006 年 8 月 21 日の 10:00 から連続 30 分の散水時のデータである。遊歩道上 50cm の外気温は、このように、散水直後に 1℃低下する。温度低減の持続時間は、散水時間帯に限られ、散水終了と共に、元に戻るけれども、散水によって外気温は確実に低下したことになる。

以上のように、0.14 ﾘｯﾄﾙ/min（1 時間の散水の場合、降雨高の換算で 2.1mm/hr）の水量の河川水を 30 分から 120 分間、堤外地の遊歩道に散水すると、遊歩道の表面温度と遊歩道上の外気温は間違いなく低下するが、温度の低減値は前者で 5℃、後者で 1℃、温度低減の持続時間は短時間である。そして、河川水を用いた散水には、次章で述べるように、解決すべき幾つかの課題が残されているのである。

5.　河川水を用いた散水の課題

2005 年中川、2006 年隅田川と、河川水を用いた散水によるヒートアイランド対策実験は、過去 2 年実施してきた。前章までは、この 2 ヶ年の実測値を示して、散水による温度低減の実態とその特徴を述べて来たところである。しかし、河川水を用いた散水には、実は幾つかの課題がある。その一つが、排水処理である。

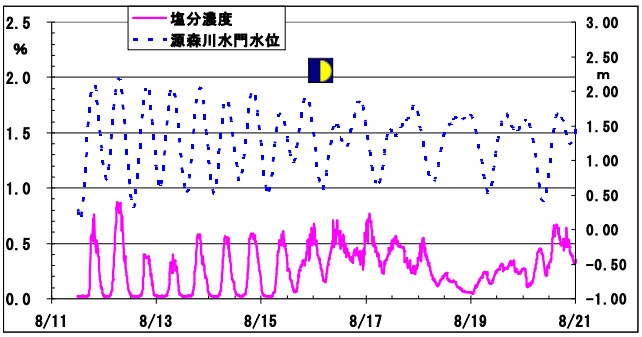
言うまでもなく、河川水を用いた散水は、散水対象の温度を平衡状態に至るまで、つまり河川水が 27℃ならば当該温度に至るまで、温度低減させることが理論上は可能である。そのためには、間断なく散水を継続する必要がある。しかし、中川左岸堤の場合、散水された後の残水は、湯水となって、これが護岸法尻に構築された緑地帯へと流れ込んでしまう。緑地帯への温水の流入は、緑化植物の成長を阻害することになるから、中川左岸堤で散水を計画するは、予め、残水の排水処理計画をたてる必要があるのである。

課題の二は、歩行者への影響、換言すれば歩行環境の変更である。2006 年隅田川のように、河川沿いの遊歩道に散水すると、当たり前のことではあるが、遊歩道は濡れた状態に転じる。晴天であるにも拘わらず、歩道が濡れている訳である。従って、遊歩道への散水は、それを是とする市民権を獲得した上で、つまりヒートアイランド対策への理解を求めた上で実施するのが好ましいと言える。

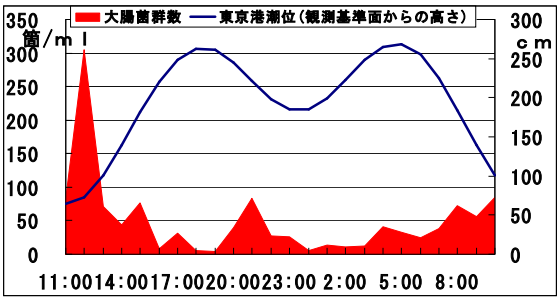
さて、河川水を用いた散水の最大の課題は、河川水の水質にある。塩分濃度、そして大腸菌である。

ここで 2005 年中川、2006 年隅田川の散水仕様の詳細を述べると、各年の散水の開始時間は、必ずしも定刻では無かった。散水の目的は、言うまでも無く、温度低減であるから、散水の開始時間は、護岸や遊歩道の表面温度が上昇する時、或いはピーク値が記録される時にあわせて行うのが適切で有効である。しかし、各年の散水の開始時間は、日毎に設定した。その理由は、塩分濃度の高い河川水を散水することによって生じる残留塩に有り、感潮河川、中川と隅田川の河川水は、この残留塩の問題を抜きにしては利用出来ないのである。2005 年中川では、散水後の排水処理が確立されない状態、つまり散水後の残水が緑地帯へ流入する状態で開始したから、高濃度の塩分が緑地帯へと流れ込まないようにするには、また 2006 年隅田川では、河川水の乾燥した後に、遊歩道に白く塩が残らないようにするためには、淡水取水を前提にして日毎に、散水時間を設定する必要があったのである。

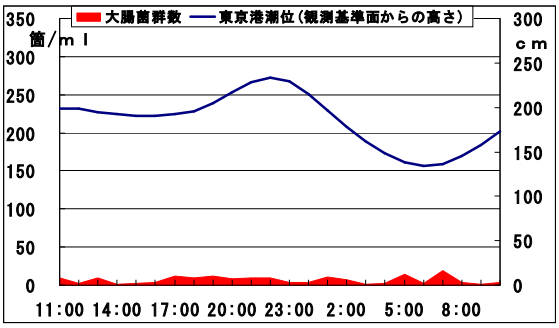
そこで、中川と隅田川の塩分濃度特性を概術すると、中川の江戸川区松島二丁目地先では、4 月 26 日



図－14　隅田川中流の塩分濃度の変化



図－15　隅田川の大腸菌群数の変化(2006. 7. 11.)



図－16　隅田川の大腸菌群数の変化(2006. 8. 31.)

から 9 月 10 日の間にあって、大潮の日の前後 4 日間で東京港満潮時刻の前後 4 時間が 0.1%以上の塩分濃度となり、この時間帯に限って淡水の取水が不能である（詳細は「中川下流部における河川表流水の塩分濃度特性」[3] 参照）。他方、隅田川の荒川区南千住八丁目地先では、図－14 に示すように、大潮の日の翌日から小潮の日の前日の間にあって、各日の引き潮ピーク時の前後 2～3 時間に限り塩分濃度 0.1%未満の河川水の利用が可能である。

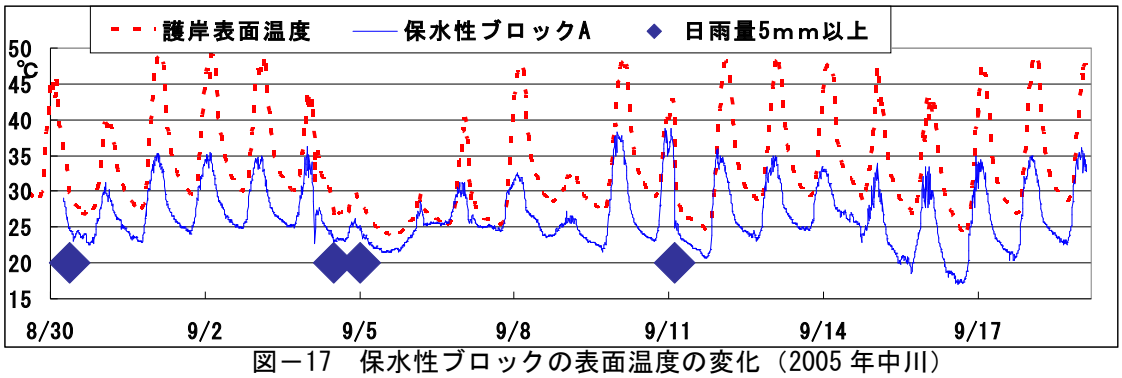
中川や隅田川という感潮河川の河川水を揚水して散水を実施する場合には、残留塩に対する事前策を構築するか、若しくは揚水時間を日毎に設定する必要があるのである。なお、前述した塩分濃度特性は、各年の実験場所地点のものであって、当該場所より下流では、海域の影響をより強く受けることになるから、淡水の出現時間もまた更に短くなることは言うまでもない。

他方、河川水を用いた散水の水質問題の二点目として、法令上の約束事がある。例えば、「再生水利用に関する水質基準」(国土交通省技術基準) には、河川水というカテゴリーは明示されていないけれども、下水処理水等を散水用水や親水用水に利用する場合、大腸菌が検出されないこと、とある。従って、これを準用する限り、飛沫などが生じる散水、つまり河川水と人が接触する可能性があるような散水では、大腸菌が検出される河川源水の利用が出来ないことになる。

ところが、2006 年 7 月 11 日（大潮）、8 月 3 日（小潮）、8 月 24 日（大潮）、8 月 31 日（小潮）の 4 日間、荒川区南千住八丁目地先の隅田川中流部右岸の水面下 30cm の河川水を 1 時間おきに 24 時間に亘り採水し、これをデソキシコール酸塩干天培地法により分析したところ、隅田川では、図－15、図－16 に見るように、日時に関係なく大腸菌群数が検出された。このため、隅田川の河川水を揚水して散水するには、河川水と人が接触することが無いような散水手法が求められるのである（中川の河川水は、大腸菌群数の水質検査を実施していないので不明）。

なお、隅田川の大腸菌群数の継時変化とその特徴を付記すれば、大腸菌群数は、大潮日の干潮時間帯、すなわち引き潮時に最も高くなっている。図－15、図－16 は、隅田川の支川また荒川本川の出水が確認されない日時の事例、すなわち平水時における大腸菌群数の変動であり、8 月 31 日の小潮日における数値に対し、7 月 11 日の大潮日における数値が極めて大きい。この高い数値は、海水の遡上の影響が最も少ない時間帯、すなわち前述した隅田川の塩分濃度が最も低下する時間帯、換言すれば隅田川の自流量が顕著に表れる時間帯に刻まれる。隅田川における大腸菌と言う場合、そのソースは、隅田川の自流に求められることになる。

何れにしろ、ヒートアイランド対策として、河川水を護岸や遊歩道に散水するには、以上のような排水問題、歩行環境の変更、塩分濃度、大腸菌とこれに規定される散水手法などを念頭に置いた計画の策定が必要であると考えられる。



図－17　保水性ブロックの表面温度の変化（2005 年中川）

6.　河川施設のヒートアイランド対策に求められる幾つかの課題

本論では、これまで過去 2 年に実施した河川施設のヒートアイランド対策実験のなかから、2005 年目黒川、2005 年中川、2006 年隅田川で得られたデータを通して、河川水を用いた散水による温度低減の実際を述べて来た。

なかでも 2005 年中川、2006 年隅田川の実験では、河川水をコンクリート護岸や堤外の遊歩道に散水し、これを通して、護岸と遊歩道の表面温度、そして護岸上また遊歩道上 50cm の外気温の低下を確認した。温度低減値は、前者で 4～5℃、後者で 1℃程度であり、これをして、低減値が小さい、と評価することも可能ではあるが、少なくとも、効果の発現時期は夏期暑熱期における昼間時である。しかも散水対象は、在来のコンクリート護岸またコンクリート平板である。言い換えれば、河川施設の構造に変更を加えない、という前提条件で行った実験であり、且つ実験は護岸延長 10m また遊歩道延長 4m という小規模なエリアである。つまり、施設構造に変更を加えずに行った小規模の実験であるだけに、得られた温度低減値は必ずしも小さく無い、と考えている。

写真－6　保水性ブロックの設置状況

いわんや、揚水の対象は、河川施設の目前を流れる無効放流の河川水である。すなわち、流出先の海域の影響有無を度外視して考えると、地先以下の下流部に主たる利水活動が存在しない中川、隅田川という河川における河川水の利用であるから、散水は無効放流水の有効利用、ということになる。河川水を用いた散水には前章で述べた幾つかの課題が存在するけれども、河川水を用いた散水は、この点において、意義がある。

次ぎに、在来のコンクリート護岸また遊歩道の舗装構造に変更を加えた場合、どうなるか、という視点で、保水性ブロックの温度低減値を参考に挙げておく。2005 年の中川の実験に際し、ブロックのメーカーから提供を受けた保水性ブッロクＡを中川左岸堤のコンクリート護岸の法尻末端の犬走りのコンクリート壁の上に仮置きし、これの表面温度を連続計測した（写真－6 中、最奥の検体）。測定期間は、8 月 30 日から 9 月 19 日までの連続 21 日間で、図－17 がその温度変化である。この測定期間にあって日雨量 5mm の日は 4 回記録し、保水性ブッロクに与えられた水は、この 4 回の降雨に限られる。因みに、使用した保水性ブロックＡは、製紙産業廃棄物を高温焼成して製品化されたもので、ブロック内に多孔質のセラミック構造を有し、間隙は体積比で 30～37%ある。この間隙に降雨が捕獲され、当該水分が外気温の上昇に伴って蒸発気化して、ブロックの表面温度が下がる。

図－17 を見ると判るように、護岸の表面温度は、連日、昼間時に 45℃を超過して 50℃近くに高温化するのに対し、保水性ブロックの表面温度は、それよりも確実に 10℃以上低くなっている。ここで注目す

べきは、保水性ブロックの表面温度が夜間、熱帯夜の指標となる25℃を下廻ることである。

保水性ブロックは、このように在来のコンクリート護岸、また遊歩道の表層を形成するコンクリート平板より、確実に表面温度が低い。しかも、蓄熱作用が無く、この点において熱帯夜対策に有効である。そういう意味で、保水性ブロックは、河川施設の部材の一つとして利用するに、検討するに充分値すると考えられる。

さて、前述した2005年中川、2006年隅田川の散水実験と温度測定を通して結論的に言えることは、中川左岸堤、また隅田川の白鬚右岸堤は、夏期暑熱期に余りに暑いことにある。暑さの根源は、日射にある。つまり、堤体や堤防周囲の河川施設に入射する日射を遮蔽するものが無く、護岸や遊歩道の表面温度の上昇は、日射量に規定されている。昼間時にあって、河川沿いに人影を見ないのも、日影の欠如が最大の原因に有るとみている。

日影と温度低減という視点で以下、過去行った測定結果から、緑化と関係するものを概述すると、例えば、2005年中川では、左岸堤の法面へと匍匐するツタの日影部の護岸表面温度を測定している。ツタは法面の全面を覆うに至っていない貧弱な状態であるにも拘わらず、このツタによって日射が遮蔽されたコンクリート護岸の表面温度は、最大で10℃、平均で 2.3℃、在来の護岸の表面温度より低かったのを確認している[1)]。このケースでは、ツタによる日射の遮蔽が在来護岸の日射量 1W/m^{2}の 50%程度である。また2006年隅田川では、堤外の河川沿い遊歩道に平行して構築された緑地帯（前述したように幅5.5m、ツツジが主体）の土壌表面温度は、夏期暑熱期の昼間時にあっても 30℃を越えず、最高値が27.4℃、遊歩道の表面温度との較差は 17℃に達し、しかも隅田川の河川水の水温より常時、低いのを確認している[4)]。隅田川中流部の白鬚右岸堤のなかで、最も温度が低いのが、緑地帯の土壌表面温度である。

他方、樹木が歩道などへと投影する緑陰は、木陰の道と称され、都区内のクールスポットの一つを形成している。良く知られた事実である。実際、公園緑地部から依頼を受けて行った調査結果からも、街路樹の緑陰効果が示される。例えば、光が丘駅頭を東西に走る特例都道443号線の中央分離帯における街路樹の緑陰調査（2004年9月から2005年9月）では、夏期暑熱期の昼間時、街路樹の緑陰下の地表温度は裸地に比べて確実に低く、温度較差は 7℃強を記録した。日射量は、実に、直射日光の下にある裸地の1/6である[5)]。これに引き続き行った亀有駅近傍の環状7号線における歩道上の街路樹の緑陰調査（2005年10月から2006年10月）では、夏期暑熱期の昼間時、街路樹の緑陰下の外気温（歩道面から1.0m高）は裸地に比べて低く、2℃の温度較差を記録した。日射量は、裸地の1/4である[6)]。

緑化による日射の遮断は、このように、著しく温度低減に寄与している。勿論、こうした緑化は、河川施設を対象にした場合、高水対策への障害有無を抜きにして実施することが出来ないけれども、それが温度低減という絶大な効果を発揮するだけに、緑陰の形成は、河川施設のヒートアイランド対策を進めるキーワードの一つと言って良い。河川緑化の効用、そしてその是非は、以降、護岸緑化やヒートアイランド対策の調査を継続するなかで検証していきたいと考えている。

7. まとめ

以上のように、本論では、河川水を用いた散水による温度低減の調査結果とその特徴を述べ、更に河川水を用いた散水の課題、そして河川施設のヒートアイランド対策に求められる幾つかの課題を述べて来たところであるが、本論の最後に以下、5 点を挙げて本論のまとめとする。

① 河川水面への散水は、視覚上で涼しく感じることが有るけれども、目黒川の散水現場の実測値に従えば、0.84m^3/min の水量を用いた 10 分程度の散水は、外気温を低減させるに足る効果が認められない。

② 5.5㍑/min程度の河川水を10分から30分間、コンクリート護岸に散水すると、護岸表面温度と護岸上の外気温は確実に低下する。温度の低減値は前者で4℃程度、後者で1℃未満を確認する。但し、温度低減の持続時間は短時間である。

③　0.14 ㍑/min 程度の河川水を 30 分から 120 分間、河川沿いの遊歩道（テラス）に散水すると、遊歩道の表面温度と遊歩道上の外気温は間違いなく低下するが、温度の低減値は前者で 5℃、後者で 1℃程度、温度低減の持続時間は短時間である。

④　ヒートアイランド対策として、河川水を護岸や遊歩道に散水するには、散水後の排水処理、歩行環境の変更に対する市民感情、塩分濃度、大腸菌とこれに規定される散水手法などを念頭に置いた計画の策定が必要である。

⑤　保水性ブロックや緑化は、温度低減に寄与するところ大であるから、河川施設のヒートアイランド対策のメニューとして取り上げるだけの価値がある。

謝辞

本論で挙げた温度等の測定にあたり、河川部計画課には多大な援助を頂いた。また、2005 年実験では、第五建設事務所、下水道局東部第二管理事務所、品川区まちづくり事業部、2006 年実験では第六建設事務所と下水道局北部第一管理事務所にお世話になった。各位には、ここに記して謝辞を表する。

参　考　文　献

１）岩屋隆夫（2006）：護岸緑化による護岸の温度変化、緑化に関する調査報告（その 33）、pp.56-67.

２）岩屋隆夫、佐藤俊彦、杉原大介、石原成幸、高崎忠勝（2006）：河川施設のヒートアイランド対策に関する考察－コンクリート護岸の温度低減実験、土木学会第 14 回地球環境シンポジウム講演論文集、pp.217-222.

３）岩屋隆夫（2006）：中川下流部における河川表流水の塩分濃度特性、平成 18 年東京都土木技術センター年報、pp.89-96.

４）岩屋隆夫（2007）：夏期暑熱期における河川周辺の外気と河川沿い緑地帯の温度変化、緑化に関する調査報告（その 34）、東京都建設局、pp.30-45.

５）岩屋隆夫（2006）：地表の温度変化を通してみた街路樹の緑陰効果、緑化に関する調査報告（その 33）、東京都建設局、pp.41-55.

６）岩屋隆夫（2007）：外気温の温度変化を通してみた街路樹の緑陰効果、緑化に関する調査報告（その 34）、東京都建設局、pp.15-29.