

11. 中川緑化の効果検証に関する幾つかの指標

Several Signposts concerning valid Verification of the Functions of the Planting in Naka River

技術支援課 岩屋隆夫 杉原大介

1. はじめに

平成 19 年度に開始された河川部の重点事業、つまり平成 20 年度に「10 年後の東京への実行プログラム」として改訂された事業の一つに、「魅力ある水辺空間の創出（水辺空間の緑化の推進）」がある。いわゆる河川緑化であるが、当センターは、これの効果を検証すべく河川部から依頼を受けた。では、何をして、効果と言うか。実は、これが重要な問題である。

ところで、公共事業の実施に伴う効果検証を行う場合、検証項目や検証手法、指標等は、関係機関から予め与えられることが多い。しかしながら、河川緑化に関する検証項目や検証手法は、定まったものが無いし、明示されるような事例紹介も現在のところ無い。しかも学際的視点から論じられたものも皆無の状態である。このため、センターに求められた河川緑化の効果検証は、何も無い中からのスタート、ということになる。従って、都区内における河川緑化を効果検証するには、最も妥当な検証項目を取り出し、これ実施するに足る手順なり論理構成をあらかじめ措定しておく必要がある。本論は、これにアプローチするものであって、そう意味で、本論は先駆的な意義がある。

さて、本論で考察対象としたのは、平成 19 年度に実施された河川緑化の施工場所、つまり図-1 に示す江戸川区清新 2 丁目地先の中川左岸堤である。それ故、以下、論じる指標の考察は、中川左岸堤における河川緑化を前提にしたものであって、

ここで措定する各指標も、他河川に適用できることは限らないことを断っておく。

そこで、今回、措定した指標を冒頭に挙げると、それは河川を取り巻く自然条件と社会条件のなかから選択している。自然条件の中から、堤防の温度と緑化植物の CO₂ 削減量の 2 項目、社会条件の中から交通量を取り上げた。各計測項目と関係する計測地点や計測機器等は表-1 に示したとおりである。以下、夏季暑熱期の堤防温度、CO₂ の濃度変化、つまり緑化植物による CO₂ の削減量、そして交通量の動態変化の 3 項目を各章で述べることによって、各指標の妥当性を論じることとする。

2. 夏季暑熱期における堤防温度

検証対象の中川左岸堤は、写真-1 に見るように、文字通り三面張りのコンクリート堤防である。実は、こうした河川堤防の温度調査は、過去 3



図-1 中川左岸堤の測定場所位置図

表－1 計測項目等一覧

計測項目	計測地点	計測機器	測定間隔
日射量	天端上 1.0m	UIZ-PCM01	10 分
堤防温度	天端表面	9631-01+UIZ-3633	
堤防上温湿度	天端上 50cm	UIZ-3641	
測定箱内温度	天端上 50cm		
CO ₂ 濃度	測定箱内及び外気	VAISALA GM70+GMP222	適宜
天端上交通量	天端上	視認によるカウント	30 分累計



写真－1 中川左岸堤の現状



写真－2 堤防温度の計測状況

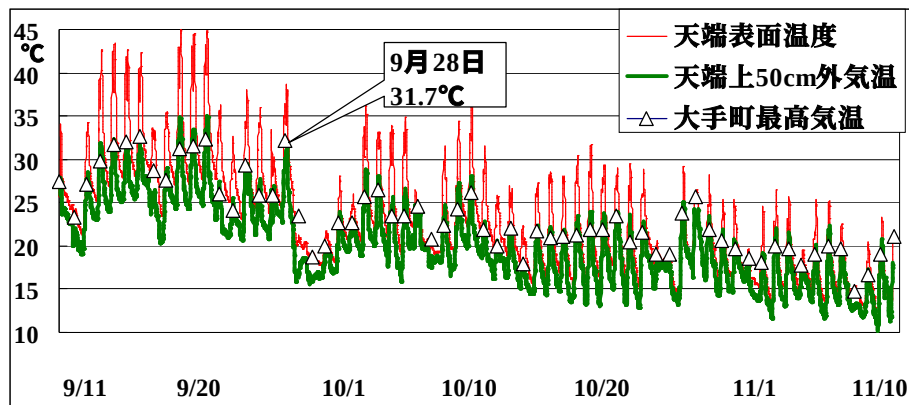
年に亘り、河川施設のヒートアイランド対策という視点で中川と隅田川で行い、その成果は既に学会等に発表している^{1～6)}。従って、夏季暑熱期における河川堤防の温度状態の大凡のところは、既に判断がついている。しかし、河川緑化の施工場所、つまり江戸川区清新2丁目地先の中川左岸堤に限定すれば、当該堤防の温度は未計測である。翻れば、河川緑化の効果検証の指標として堤防温度を用いよう、としているの

であるから、ここは正確を期した現地実測が何よりも必要である。そこで2007年9月11日から11月13日までの連続50日間、左岸堤の温度計測を行った。計測状況を示したのが写真－2である。

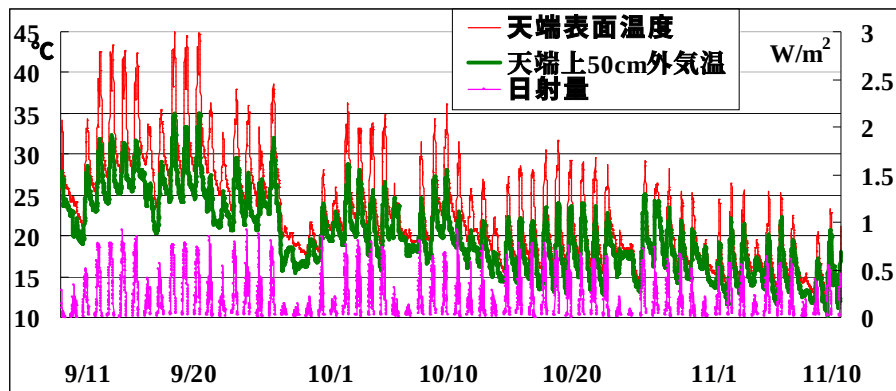
(1) 2007年の測定結果

堤防の温度計測は、河川施設のヒートアイランド対策の調査手法を踏襲し、まず天端のアスファルト面に深さ5mmほどの孔を穿ち、そこに温度センサーの先端を挿入、固定して、天端の表面温度を測定した。更に、天端上50cmの高さにラジエーションシールドを固定し、ここに温湿度計を入れ、天端上1.0mの位置には、水平台を用いて全天日射計を設置した。前者で表現されるのが天端上を流れる外気温、後者が天端に入射する日射量である。

図－1が連続50日間の堤防温度の測定結果である。中川左岸堤の天端の表面温度は、このように、9月22日まで連日、昼間時に40℃を越え、夜間温度も熱帯夜の指標となる25℃を超過して28℃以上有る。昼間時の表面温度が35℃以下に下廻るのは、雨天時に限定される。他方、天端上の外気温は、9月28日まで連日、昼間時に30℃を越え、夜間温度も25℃強ある。昼間時に記録される外気温30℃以上の期間を夏季暑熱期とすれば、中川左岸堤における2007年の夏季暑熱期の終期がこの9月28日で、これは図－1に見るように、大手町の最高気温の推移と合致する。すなわち、大手町の温度の日変化と中川左岸堤の天端上外気温の推移は、ほぼ同調している。ただし、問題は、昼間時における天端上



図－1 中川左岸堤の温度変化



図－2 天端表面温度と日射量の関係

の外気温が大手町の最高気温より確実に1から2℃高く、且つ夜間温度もまた大手町の最低気温より2から3℃高いことに有る。つまり、中川左岸堤の天端上は、夏季暑熱期にあって、大手町より温度が高く、昼夜に亘って暑い環境に置かれているのである。

次ぎに示す図－2は、天端表面温度、天端上50cm外気温と日射量の関係を表現したグラフである。天端表面温度、天端上50cm外気温と日射量は、このように同調している。測定場所の中川左岸堤は、前掲の写真－1に見るように、高層建築や工作物、樹林帯等、沿川に日射を遮る遮蔽物が全く無い状態に置かれているから、日射量の大きさが、天端表面温度や天端上50cm外気温の高騰に直結する。堤防温度という河川環境を考える場合、遮蔽物の少なさは、中川左岸堤の特徴の一つと言って良い。

では、以上のような堤防温度と河川緑化は、どのような関係があるか。つまり、堤防温度という指標を用いた河川緑化の効果検証が可能か

否か、という主題について考えてみたい。過去3年に亘って行った河川施設のヒートアイランド対策の測定結果に従えば^{1～6}、夏季暑熱期における堤防温度は、堤防の構成材料の差異、さらに遮蔽物の有無によって温度変化の状態が異なる、という結果を得ているから、以下、構成材料、つまりコンクリート堤防そのものを芝生堤防や緑地帯に変更するケースとコンクリート堤防を緑化植物で遮蔽するケースに分けて述べることにする。

(2) 河川緑化によって堤防構造を変更するケース

河川緑化という概念で河川堤防を見ると、スーパー堤防を構成する芝生堤防は、河川緑化によって堤防構造が変更されるケースの代表例と言っても過言ではない。

その一つ、隅田川の堤防を構成するスーパー堤防の場合、夏季暑熱期にあって、芝生の緩傾斜となった堤防(写真－3)は、40℃強に高騰する時もあるけれども、これに対比される直立堤

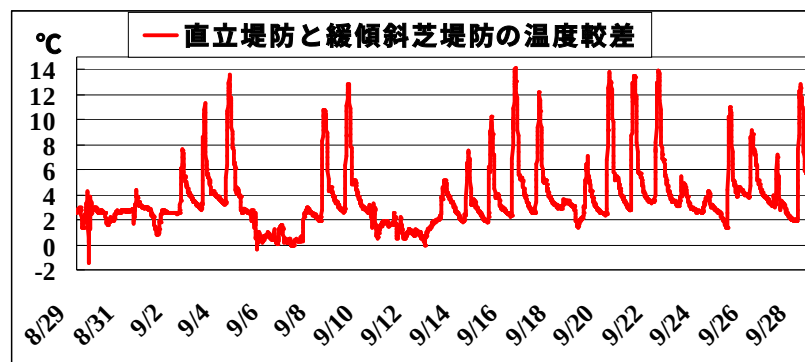


図-3 隅田川言問橋の直立堤防と桜橋の芝生緩傾斜堤防との表面温度較差（2007 年）

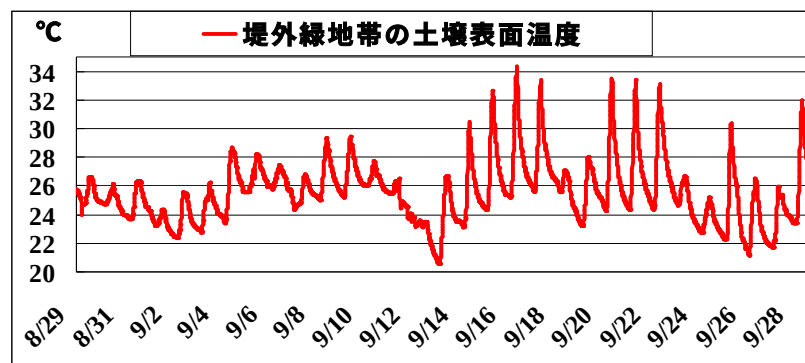


図-4 隅田川桜橋下流右岸の堤外緑地帯の土壌表面温度の変化（2007 年）



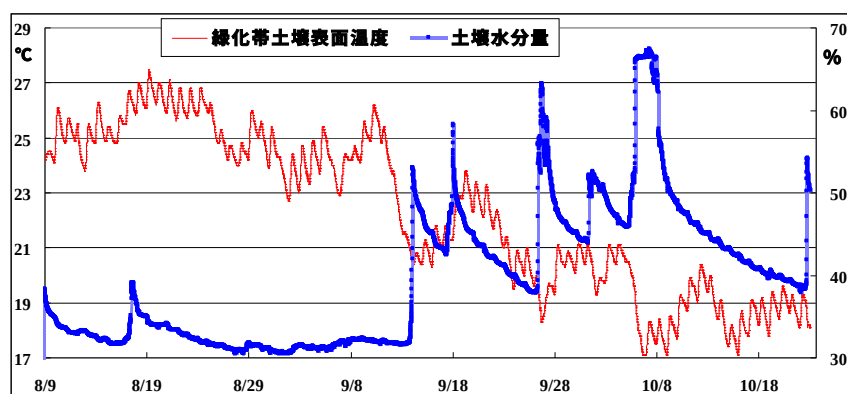
写真-3 隅田川桜橋下流右岸の芝生堤防

防（在来堤防）は、昼間時に表面温度が常に 42 から 47°C に高騰している⁶⁾。そして二者の温度差は図-3 に見るように、2 から 14°C ある。芝生で構成される堤防とコンクリートで構成される堤防との温度較差で、この較差こそが芝生を用いた河川緑化による温度低減効果である。

これとは別に、堤外地や堤内地、天端の空間を利用する緑地帯の構築、という河川緑化手法がある。この場合、堤防構造は変更されないが、堤外地や堤内地、天端の表面は、コンクリートやその 2 次製品から緑地帯へと変貌する。事例の一つ、隅田川の堤外地のテラス（遊歩道）沿

いに狭長なかたちで展開する緑地帯（ツツジ、サツキ類の灌木植栽地）等がこれに該当する。こうした緑地帯の土壌表面温度は、図-4 に見るように相応に低い⁴⁾。ただ温度変化の振幅は大きく、最大値は 34°C を記録する。

以上のように、芝生堤防、緑地帯、その何れのケースも、夏季暑熱期にあっては、コンクリート堤防より表面温度が低減する。従って、堤防温度という概念を用いた河川緑化の効果検証は、十分に成立する。但し、問題が一つある。それは、土壌水分量の増減に伴い、緑地帯の土壌表面温度が急騰したり急下降する点にある。測定場所や測定時間は、図-3、図-4 と異なるが、2006 年、隅田川龍神大橋下流右岸（白鬚地区）の堤外緑地帯で行った測定結果に従えば、こうした堤外緑地帯の土壌表面温度は、図-5 のとおり、土壌水分量の増加に伴って急下降する。緑地帯の表面温度は、このように土壌水分量に規定される。緑地帯の表面温度変化の振幅の大きさは、土壌水分量の変動に伴って生じるのである。



図－5 隅田川龍神大橋下流右岸の堤外緑地帯の土壌表面温度と土壌水分量の変化（2006 年）

実は、こうした現象は、スーパー堤防を構成する芝生堤防の表面温度も同じ傾向に有る、と理解している。芝生堤防の土壌水分量は、この間、未計測であるから、確定的なことは言えないとしても、屋上緑化ユニットの熱環境の解析結果がその傍証となる。すなわち、2003 年に土木技術研究所と環境科学研究所の共同実験として行った屋上緑化の一連の実験である。

2003 年の夏季暑熱期、土壌層厚 80mm の屋上緑化ユニット（無灌水、芝植栽）を対象として、土壌水分量と顕熱、潜熱を連続計測したところ、屋上緑化ユニットは、ある時間帯を境にして、熱発散するようになった。より具体的に言えば、植生基盤の土壌層 pF 値 2.93 前後（土壌体積含水率 17%）を境にして、屋上緑化ユニットの顕熱フラックスが急騰した。つまり、屋上緑化ユニットが温度低減に寄与しない。かえって逆効果になる、という結果を得たのである⁷⁾。

このように、芝という草本類が主体となる緑地は、灌木類が主体となる緑地よりも温度変化が激しく、且つ熱環境は植生基盤の土壌水分量に大きく規定される。東京都心の場合、無降雨の連続日数は、4 月から 10 月の多年平均（1901～2006 年）で 13 日、最大値が 33 日、11 月から 3 月の多年平均が 21 日、最大値が 71 日と意外に長いので⁸⁾、芝生堤防がコンクリート堤防より常に温度が低いと見なすのは、注意が必要がある。

翻れば、温度低減という視点で河川緑化を考える場合、コンクリート堤防と芝生堤防や緑地

帯との決定的な差異は、構成物の保水力の有無、そして植物体による蒸散機能の有無に有る。何よりも、水の気化に伴う温度低減が大きい。そうであるが故に、河川緑化手法のなかで、土壌という植生基盤を用いた堤防構造の変更では、土壌水分量と温度の双方の実測値を通した解析が求められるのである。

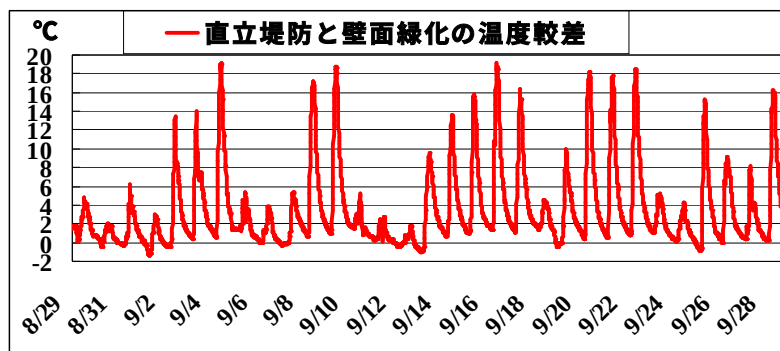
（3）緑化によって河川堤防が日射から遮蔽されるケース

匍匐植物を用いた壁面緑化、また中高木の植樹による緑陰の形成は、在来の堤防構造に基本的な変更を及ぼさない河川緑化である。このケースの期待値は、日射の遮蔽による温度低減である。

図－6 は、前者の例、つまり、隅田川のコンクリートの直立堤防と当該堤防をツタで覆った箇所（写真－4）との温度較差である。直立堤防の緑化壁面の表面温度は、一日を通して概ね 25 から 28℃の範囲にあり、在来堤防の壁面との最大較差は 20℃ある⁶⁾。壁面緑化が施工された在来堤防の表面温度は、昼間時も極めて低く、且つ在来堤防との温度較差も実に大きい。壁面緑化による温度低減効果である。

一方、河川施設から眼を転じると、街路樹の樹冠が形成する緑陰では、外気温や地表温度の低減値が確実に計測される。樹冠による日射の遮蔽が最大の要因である。

都営大江戸線、光が丘駅頭の特例都道 443 号線の中央分離帯に植樹された街路樹を対象に行なった温度測定（計測期間：2004 年 9 月 9 日



図－6 隅田川言問橋の直立堤防堤外壁面と壁面緑化場所との表面温度較差（2007 年）



写真－4 隅田川言問橋下流右岸の壁面緑化

から 2005 年 9 月 30 日) では、樹高 5.6m、下枝張り直径 $\phi 3.1\text{m}$ のクスノキの緑陰下の地表と日影が得られない裸地との地表温度の較差は、夏季暑熱期の南中時、実に 20°C 強を記録した⁹⁾。

他方、亀有駅近傍の環状 7 号線の沿道に植樹された街路樹を対象にして行った温度測定（計測期間：2005 年 10 月 21 日から 2006 年 10 月 31 日）では、樹高 7.2m、南側主要枝半径 $\phi 3.0\text{m}$ のクスノキの緑陰下の外気温（歩道上 1.0m）と日影が得られない歩道の外気温との温度較差は、夏季暑熱期の南中時、 2°C 強を記録した¹⁰⁾。

街路樹の樹冠による日射の遮蔽は、このように地表温度を確実に下げ、且つ外気温も下げる。温度低減という緑陰効果がこれである。中高木を用いた河川緑化は、夏季暑熱期における温度低減という効果が確実に期待できる、と言って良い。

堤防温度という指標を通した河川緑化の効果検証は、以上、述べたように幾つかの視点から可能である。そして、検証対象の堤防温度が高騰すればするほど、緑化による温度の低減値、

つまり効果の発現は大きくなる。そうであるが故に、夏季暑熱期、表面温度などが高騰する中川堤防にあって、堤防温度は、中川緑化の効果検証を行うに相応しい一指標と判断され、実際、高温化したコンクリート堤防の温度低減は、何よりも、大都市圏に共通する現象、すなわちヒートアイランド現象の緩和に意義がある。

3. 緑化植物による CO_2 の濃度変化

緑化による効用として、近年、脚光を浴びるのがカーボンマイナス、つまり植物体の光合成活動に伴う CO_2 吸収である。東京都は、この 2008 年 2 月、「カーボンマイナス東京 10 年プロジェクト」を発表したばかりであるから、 CO_2 の削減は、今日的な課題である。

さて、植物体の光合成活動に伴う CO_2 吸収量は、既に国の関係機関から幾つかの報告書やマニュアルが発表されている^{11)～14)}。例えば、建設省土木研究所（現・独立行政法人・土木研究所）は、樹林帯や街路樹といった高木を対象にして、樹木の純生産量を通して年間 CO_2 固定量（ CO_2 吸収量と同義）を明示し^{11)～13)}、また環境再生保全機構の「大気浄化植樹マニュアル」は、緑地には CO_2 の削減効果があるとして、独立した単木における CO_2 吸収量のモデル計算を通して、単位葉面積あたりの年間 CO_2 吸収量や季別 CO_2 吸収量を明示する¹⁴⁾。従って、これらの既存研究成果やマニュアルを用いれば、河川緑化の効果の一つとして、年間の CO_2 削減量の算出が可能である。

表-2 緑化植物単体の CO₂ 削減量測定仕様

植生基盤諸元	エコプランタル／L850・W710・H390mm
	最大貯水位 130mm 土壌厚 200mm
	使用土壌：ソレイン G・ポストンファーム II 混合
緑化植物	CO ₂ 測定仕様Ⅰ：H600mm ツツジ×5本
	CO ₂ 測定仕様Ⅱ：H400mm トベラ×4本
測定箱諸元	L 1000×W 1000×H 1000mm 完全密閉性
	側面及び天板：熱線吸収ポリカーボネイト板（PCPR9940 厚 5mm）
	但し天板は開閉式
CO ₂ 測定仕様Ⅰ	緑化基盤と緑化植物の一体構成を天端上 50cm で計測
CO ₂ 測定仕様Ⅱ	緑化基盤と緑化植物を天端上 57cm で分離、計測は天端上 72cm



写真-5 CO₂測定箱

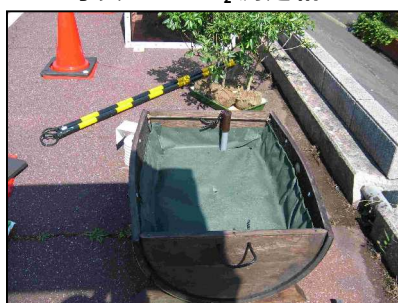


写真-6 測定に用いた植生基盤

しかし、問題は、前記の既存成果が高木を基本にして論理展開されていること、さらに既存成果を用いた計算は実証的な検証にならないことにある。つまり、中川緑化で想定される低木や草本類が主体となるような緑化の場合、実際のところ、計算どおりの CO₂ 削減量が期待できるか否かが判然としないのである。そこで 2007 年に行ったのが CO₂ 削減量の実測である。それも構内実験や室内実験では無い。測定場所は、緑化工事の施行予定地の現地、中川左岸堤である。そして、採用した測定手法は Closed System、すなわち密閉空間における CO₂ 濃度の変動の測定である。

2007 年の測定仕様の概要を示したのが表-2 である。測定場所の中川左岸堤には、まず、天端上に写真-5 に見るような 1.0m 四方の測定箱

を構築した。測定箱の四方は熱線吸収ポリカーボネイト板を用い、各辺と底は、コーキングするなどして密閉して、天版は同じ熱線吸収ポリカーボネイト板を被せる可動式とし、そして箱内に緑化植物を格納した。緑化植物の植生基盤は貯水槽 H=130mm を有したエコプランタル（無灌水仕様）を利用し、これにツツジ（H=600mm）5 本を植栽した（表-2 の測定仕様Ⅰ）。

ところで、計測場所の中川左岸堤の外気の CO₂ 濃度は、図-7 及び図-8 に見るように、早朝に 400ppm を超過し、これが時間の経過と共に減少している。一般的に大気の CO₂ 濃度は 370ppm 前後であるから、中川左岸堤にあって、早朝に記録される CO₂ 濃度、430～470ppm はかなり高い。しかし、その原因や理由は不明である。

さて、測定箱に格納した緑化植物による CO₂ 削減量の測定は、雨天を除くこととして、測定開始前、まず測定箱に天版を被せてこれを固定した後、測定箱壁面の開口部に CO₂ 濃度計（単光源 2 波長方式の拡散式サンプリング、0～2,000ppm 低濃度タイプ、精度±20ppmCO₂）のセンサー部を挿入し、CO₂ の濃度変化を連続計測した。写真-7 が計測の状況である。

植生基盤と緑化植物を格納した測定箱の CO₂ 濃度の実測結果（気圧と温度から補正後の数値）が図-9 である。図を見て判るように、CO₂ 濃度は、減少するどころか、却って急騰した。測定開始の 9:00 から 6 時間後の 14:00、CO₂ 濃度は、濃度計の計測限界 2,000ppm を記録した。理由は何か。答えは簡単である。植生基盤の土壌層に

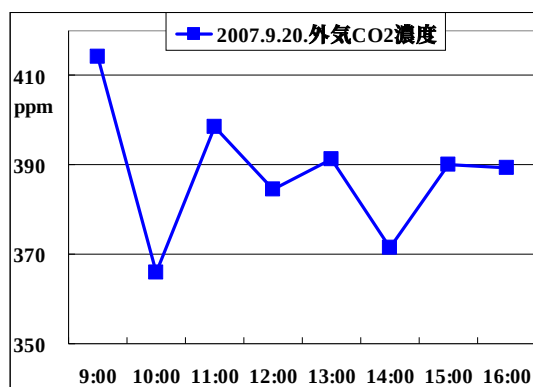


図-7 中川左岸堤の外気 CO₂ 濃度の日変化

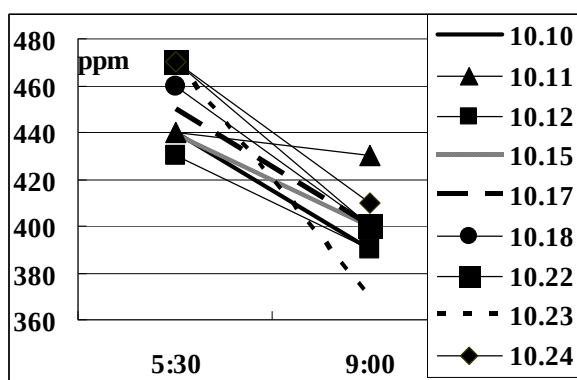


図-8 中川左岸堤の外気 CO₂ 濃度の早朝変化

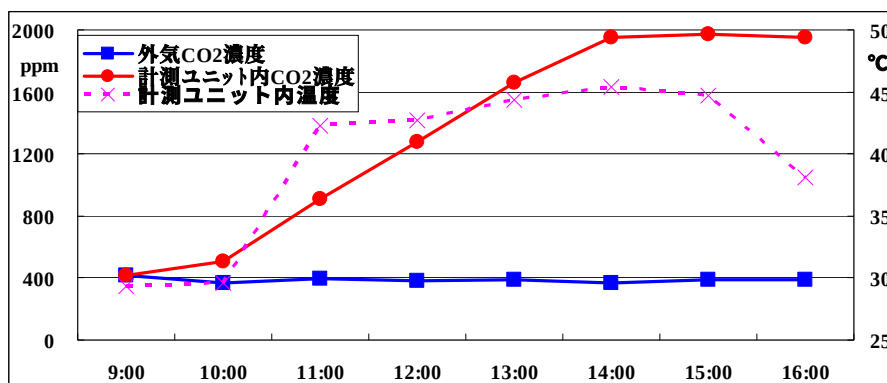


図-9 植生基盤並びに緑化植物を格納した測定箱の CO₂ 濃度の変化（測定仕様Ⅰ）



写真-7 CO₂ 計測の状況

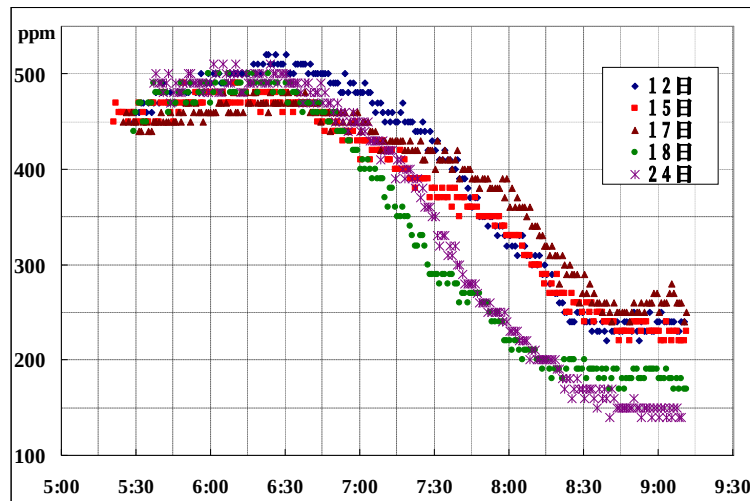
含まれる水分の蒸発、そして土壤中の微生物の活動である。土壤中の水分は CO₂ を貯め込み、これが蒸発する過程で CO₂ を放出し、土壤中の微生物もまた活性化することによって大気中へと CO₂ を放出する。こうした CO₂ の放出が、植物体による CO₂ 吸収量を超過したのである。これと同時に、密閉状態にある測定箱内の温度も 45°C に急騰した。計測場所は、日射を遮るものが無い中川左岸堤であるから、温度の急騰は必至で、測定した植物体は、この測定一日にして葉面が黄変し、枯死寸前の状態となった。

緑化植物による CO₂ 削減量を正確に測定する

には、植生基盤と切り離して植物体だけを計測する必要があり、更に Closed System という測定手法では、測定箱内の温度上昇に注意する必要があるのである。

以上の測定結果を踏まえ、CO₂ 削減量の測定仕様は、以下のように変更した。まず、測定箱内にあって、植生基盤と植物体葉面部を上下に切り離した。つまり、植生基盤の上部に上下分離板（写真-8）を設置し、植物体の主幹がこの仕切り板を上部へと貫通するように工夫し（写真-9）、植生基盤から葉面部への CO₂ 放出を遮断することにしたのである。これと同時に、測定箱内の温度上昇を避けるため、測定時間は日の出前の早朝から 9:00 までの 3 時間とし、併せて測定対象の植物体は、比較的耐暑性が高いトベラ（H=400mm）に変更した。これが表-2 で言う測定仕様Ⅱで、これによる CO₂ の濃度計測は、10 月 12、15、17、18、24 日の 5 回実施した。

測定仕様変更後の測定結果は図-10 のとおり、各計測日とも、6:20 台から 9:00 までの間で、初期値から 200～250ppm の CO₂ 濃度の低下



図－10 測定箱内の CO₂ 濃度の変化（初期値は外気 CO₂ 濃度、測定仕様Ⅱ）



写真－8 測定仕様変更状況



写真－9 上下分離板貫通部の主幹の状況

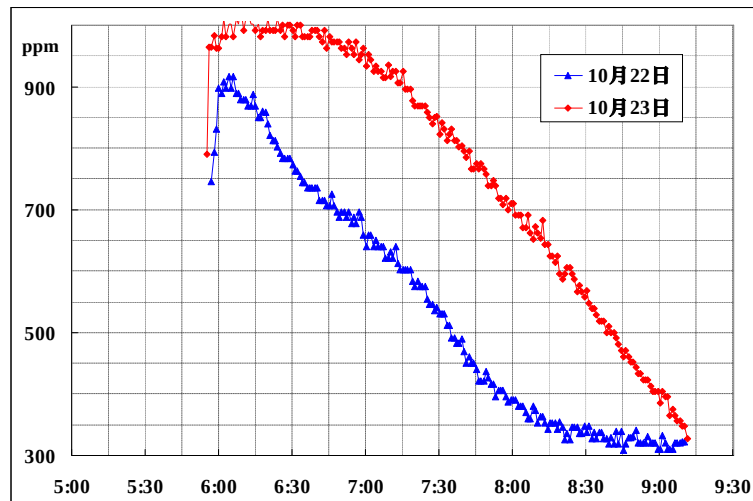
を確認した（計測間隔 1 分）。緑化による CO₂ 削減効果である。計測日の日の出は、5:44 から 5:55 の範囲にあったけれども、計測場所における日射量は、6:20 に記録が始まる。CO₂ 濃度の減少は、見事に、この時間と符合する。測定箱に格納した植物体は、6:20 頃に日射を受けて光合成作用が開始され、これに伴って箱内の CO₂ 濃度が下降を始めたのである。但し、CO₂ 濃度は 8:00 以降、減少幅が縮小し、8:30 以後、濃度変化はほぼ停止状態となった。各測定日にあって、

8:30 以後の測定箱内の温度は 26℃から 33℃、湿度は 88%から 100%と、かなりばらつきがあるから、8:30 以後の CO₂ 濃度の停滞状況は、CO₂ 濃度のレベルダウンに伴う光合成作用の休止が原因となって生じたのではないかと考えている。

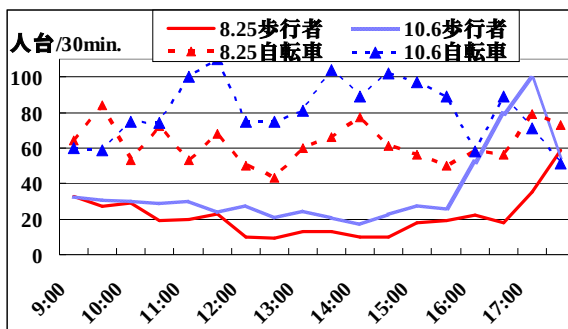
他方、測定箱に予め 1,000ppm まで CO₂ 標準ガス（純度 99.9%）を注入し、以降の濃度計測を行ったのが図－11 である（測定日は 10 月 22 日と 23 日。計測間隔は前記と同様 1 分）。このケースで CO₂ 濃度は、3 時間で 600ppm 低下した。CO₂ 濃度がある程度高いと、光合成作用が活発になり、その分、CO₂ 濃度の低減値が大きくなったと判断される。従って、通常の大気濃度より CO₂ 濃度レベルが高い中川左岸堤（前掲の図－7、図－8 参照）における緑化は、より効果的な CO₂ 削減が期待できる、と考えられる。

以上のように、河川緑化の効果検証の指標の一に挙げた CO₂ の削減は、植生基盤と植物体を分離した Closed System を構築することによって、その実測値の測定が可能となった。測定条件をここで整理して述べると、植物体の葉面を格納した上下分離板より上部の空間の体積容量は 0.58m³、CO₂ 削減量の実測値は重量換算で 230～288mg/3hr、計測対象のトベラの総葉面積は 2,479cm²（サンプリングによる 1 葉当たりの面積算出と総葉枚数の実測）である。

では、得られた実測値は、国の関係機関の報



図－11 初期値 1,000ppm からの CO₂ 濃度の変化（測定仕様Ⅱ）



図－12 中川左岸堤天端上の交通量の経時変化

告書やマニュアル^{11)～14)}が示す CO₂ 削減量と比較すると、どうなるか。そこで、ここでは、環境再生保全機構の「大気浄化植樹マニュアル」¹⁴⁾が示すトベラ（中高木）の葉面積当たりの CO₂ 日吸収量（秋季）142mg/dm²を援用した。

測定対象の総葉面積が 2,479cm² の場合、前記マニュアルの計算にしたがうと、CO₂ 削減量は 3,520mg/日、3hr 当たり 960mg（日 11hr と仮定）となる。従って、今回得られた実測値は、計算上の数値の 1/3 と過小であったことになる。

ところが、前記マニュアルは、低木や草本類が主体となる緑地や農耕地の年間総 CO₂ 削減量が、高木を主体とする常緑広葉樹の 1/3 であると述べる¹⁴⁾。つまり、2007 年に行った測定仕様は、H=400mm という低木であったから、得られた値が中高木のトベラの CO₂ 削減量の 1/3 であったとしても、何等、不都合のない実測値であった、と判断できるのである。

緑化植物による CO₂ 削減は、このように河川緑化

の沿川で多用される低木の場合も確実に計測される。しかも、緑化施工予定地の中川左岸堤の CO₂ 濃度が高ければ、その分、CO₂ 削減量の拡大が期待できる。換言すれば、CO₂ 削減量の確認は、中川緑化の効果検証を行うに適当な指標であって、この確認はまた、カーボンマイナスという今日的課題に即した検証作業なのである。但し、実際のところ、広範囲な河川緑化場所を対象にした Closed System の構築は、実現不可能である。従って、2008 年には、河川緑化場所を中心に、開放空間における CO₂ 濃度の減少値の実測を行うことにしている。

4. 交通量の動態変化

中川緑化の施工予定地の左岸堤（清砂大橋下流）の天端は、前掲の写真－1 に見るように両側 2 車線で、全幅 6.0m あり、これが清砂大橋から河口まで一直線に延びる。延長は前記区間で 2.5km ある。この天端上の交通は、車両が通行止めとなっているから、通行は歩行者や自転車通行者に限られる。そして、当該、左岸堤は河口の終点から東側へと東京湾の高潮堤防に連続し、これが葛西臨海公園まで延びる。つまり、中川左岸堤は、清砂大橋から葛西臨海公園に至る散策路と利用可能な状態になっている。

中川左岸堤は、このように、広幅員のアスファルト路面が一直線に延び且つこれが葛西臨海

公園へと続くので、とりわけ、自転車愛好者にとって、メッカ的な存在となっている。

さて、天端上の交通量調査は、2007 年の夏休み最後の土日に相当する 8 月 25 日の土曜日と 10 月の三連休初日の 6 日、土曜日の 2 回、行った。計測時間は 9:00 から 18:00 までの延べ 9 時間で、両日とも、天端上を通行する歩行者と自転車通行者の双方の計測である。そして、30 分累計の計測結果が図-12 である。因みに、天候は両日とも晴れ、8 月 25 日の大手町最高気温は 32.9℃、日の出が 5:07、日の入りが 18:19、10 月 6 日の大手町最高気温は 23.5℃、日の出が 5:39、日の入りが 17:19 である。なお、計測日を土日祭日に限定したのは、当該日における天端上の散策者数の増加を期待したからに他ならない。

ここで図-12 を見ると、中川左岸堤の交通量の特徴が幾つか見出せる。その一つは、自転車通行者が歩行者より多いこと、その二は自転車通行者、歩行者の両者とも、8 月より 10 月の数値が各時間帯で多いこと、その三は、これも両者とも、夕刻近くになって数値が急騰することにある。このように、中川左岸堤は、自転車愛好者にとってメッカ的な存在と自賛されるように、歩行者より自転車通行者が格段に多く、また交通量は夏季暑熱期によりも秋季に多くなる。

しかし秋季に多くなると言っても、12:00 から 14:00 の昼間時、歩行者は 30 分当たり 17~25 人、自転車は 30 分当たり 75~104 台に過ぎない。翻れば、場所は広幅員の直線状の通行路である。そうであるが故に、昼間時の中川左岸堤は、上下流を見渡しても閑散として、誰も居ない状態を呈している。ところが、歩行者は夕刻になって俄然増える。8 月 25 日の 16:30~17:00 の間、延べ 18 人であったものが 17:30~18:00 には 59 人と 3 倍強となる。10 月 6 日も同様、15:30~16:00 に 26 人であったものが 17:00~17:30 に 99 人を数える。つまり、日没前後の僅かな時間帯に歩行者が急増する。これは何を意味するか。夕刻前の余暇利用か、或いは直射

日光が陰り始めた時間帯の利用増なのか、何とも判断に苦しむところである。

ただ、ここで強調すべきは、沿川の歩行環境の問題である。つまり、中川左岸堤は、首都高速が高架で交差する 2 箇所（四つ木船堀線と湾岸線）以外、日影を遮る場所が皆無で、ベンチ等の休憩場所も皆無なのである。言い換えれば、緑化施工予定地の中川左岸堤は、歩行者にとって極めて苛酷な環境に置かれている。

そういう意味で、河川緑化に伴う日影や休憩場所の確保は、歩行環境の改善に直結し、歩行環境の改善の帰結として得られる交通量の増加は、河川沿い散策者の増大、河川利用率の向上という評価となって返ってくる。以上のように、交通量の動態変化は、日影や休憩場所の確保を伴った河川緑化の効果検証を行うに適当な一指標であり、これを通して、河川緑化の効果発現が論理的に説明出来るのである。

5. まとめ

本論は、これまで、中川左岸堤の河川緑化の効果検証を行うに必要な指標を明示するため、指定した各指標の妥当性を 2007 年の計測結果から論じて来た。以下 3 点を挙げ、本論のまとめとする。

- ① 夏季暑熱期における堤防温度の変化は、中川緑化の効果検証を行う際、妥当な一指標となる。この場合、堤防構造を芝生堤防等に変更するケースと樹冠によって河川堤防が日射から遮蔽されるケースに二分化するが、堤防温度の低減は、ヒートアイランド現象の緩和という視点で意義がある。
- ② 河川緑化で多用される灌木類であっても、Closed System では CO₂ 削減量が確実に計測されるので、緑化植物による CO₂ 削減は、中川緑化の効果検証を行うに妥当な一指標と成り得、しかも、この確認はカーボンマイナスという今日的課題に即した検証作業となる。これを踏まえて、2008 年には河川緑化場所を中心に、開放空間における CO₂ 濃度の

減少値を実測することになっている。

- ③ 中川左岸堤の天端における交通量の動態変化は、中川緑化の効果検証を行う際、妥当な一指標となる。この場合、日影や休憩場所の確保を伴った河川緑化が交通量の増加に直結すると考えられ、これは河川沿い散策者の増大、河川利用率の向上という点で評価すべきである。

最後に河川緑化の効果検証に関し付記すると、河川緑化とは何か、という本質的な議論を別にすれば、河川緑化の効果検証を行うには、前記に指定した検証項目の他にも、幾つかの適

当な項目がある。沿川の緑被率の向上、沿川の色調（フラクタル解析を伴う）評価、生物相の多様化、CVM 等による貨幣的（資産的）定量評価、断線した緑道（緑地帯）の接合に伴う回廊（散策路）の確立、風の道の確保、水温の低減などである。緑化手法ごとに、これらの項目を組み合わせて検証作業を進めることが望まれる。

謝辞

中川左岸堤における各種の計測に際し、河川部計画課並びに第5建設事務所工事課にお世話になった。各位には、ここに記して謝辞とする。

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、東京都建設局、41-55
- 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、土木学会第 14 回地球環境シンポジウム講演論文集、217-222
- 3) 岩屋隆夫、石原成幸、高崎忠勝(2006)：中川下流部における河川表流水の塩分濃度特性、平 18.都センター年報、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における緑地帯の温度変化、緑化に関する調査報告その 34、東京都建設局、30-45
- 5) 岩屋隆夫、高崎忠勝、杉原大介(2007)：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、平 19.都センター年報、141-152
- 6) 岩屋隆夫、杉原大介、中田逸夫、飯箸俊一(2008)：夏季暑熱期における隅田川右岸堤の温度変化、水文・水資源学会 2008 年研究発表会要旨集、31-32
- 7) 岩屋隆夫、竹垣敏郎(2005)：屋上緑化の熱環境と流出抑制の特徴、H17. 都土研年報、143-154
- 8) 岩屋隆夫(2007)：東京都心における連続干天とその特徴、平 19.都センター年報、133-139
- 9) 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、56-67
- 10) 岩屋隆夫(2007)：外気温の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、15-29
- 11) 建設省土木研究所道路部緑化研究室(1992)：道路緑化樹木の二酸化炭素固定に関する研究、土木研究所資料第 3059 号、97-103
- 12) 建設省(1995)：緑化空間創出のための基盤技術の開発報告書（第一分冊）概要、9-16
- 13) 建設省(1995)：緑化空間創出のための基盤技術の開発報告書（第三分冊）特殊空間緑化技術マニュアル（案）資料編、1-9、1-10
- 14) 独立行政法人・環境再生保全機構(2006)：大気浄化植樹マニュアル、34-57