

ヒートアイランド現象に果たす都市河川の役割

1. はじめに

都会は砂漠と言われるほど、夏は暑くそして乾燥しています。いわゆるヒートアイランド現象で、都市の等温線を描いて見ると、高温部分が島状になることからこの名前がつけられました。ヒートアイランド現象の強さは都市人口と相関があり、日本の場合、都市内外の気温差が、人口100万人程度の都市では4℃程度、1000万人ともなると7～8℃にもなると言われており¹⁾、気温の上昇に伴い夏季の電力供給が逼迫しているのは承知の事実です。

この原因としては、クーラーや自動車から生じる人工排熱の増加、風の通りにくい都市形状、コンクリートやアスファルトに覆われた地表面等が考えられ、これらが都市を加熱する要因となっています。一方、水や緑は都市における唯一の冷却源となっており、河川や緑地は都市の熱環境を改善する重要な要素です。

本報では、東京工業大学土木工学科池田研究室及び建設省荒川下流工事事務所の協力により、平成4年7月に東京都荒川で行った気象観測結果²⁾を元に、都市の熱環境と熱環境に果たす河川の役割について述べて見たいと思います。

2. 都市の熱環境を考えて見ると

(1) 都市の人工排熱

図-1は、東京の8月の平均日射量と都市部で代表的な土地利用別に発生する人工排熱量を示しています³⁾。日射量は1㎡当たり170wと最も高い値を示しますが、都心部で土地利用頻度が高い商業地、業務地でもおよそ日射量の半分にも及ぶ排熱量を示しています。人体から発生する熱量も以外に多く1人当たり100w程度の熱を発生しており、都会の人混みが如何に熱源となっているかが解ります。また、図には載せていませんが、普通自動車からの排熱は通常走行の場合で20,000w程度の排熱が発生すると考えられ、都心部の渋滞は猛烈な排熱発生源となります。

このように、商業地や業務地からの人工排熱、都心の人混みや渋滞といった様に都会は熱源で溢れています。なお、これらの排熱量は日平均の値となっており、社会活動が活発化する日中を考えれば局所的、瞬間的に日射量を上回る排熱を発生している可能性があり、都市の熱環境に人工排熱が与える影響がいかにか大きいか解ります。

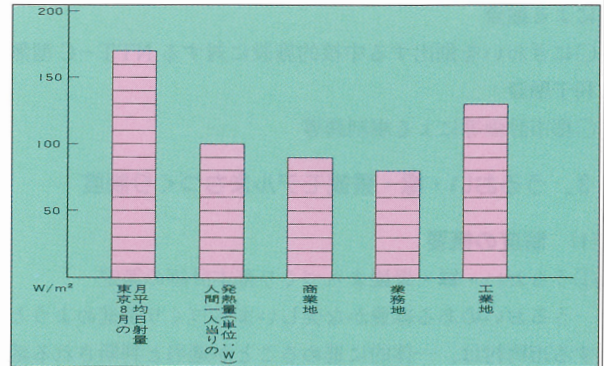


図-1 東京における8月の平均日射量と土地利用別排熱量

(2) 地表面の改変と都市の熱環境

①基本的な熱の流れ

人工排熱だけでなく、コンクリートやアスファルト地表面の改変も都市の熱環境を変える重要な要素です。地表面の改変と熱環境との関連を考える前に、少し熱の流れに関する概念を説明しましょう。

天空から地表に到達するエネルギーとしては波長の短い短波放射と波長の長い長波放射に分類できます。短波放射とは太陽が射出するエネルギーで、地表に到達した後一部は反射し、残りが地表に吸収されます。この反射率はアルベドと呼ばれ、白い物質ほどアルベドは大きくなります。一方、長波放射とは、我々を取り巻くどんな物質からも射出されているエネルギーで、温度が高いほど大きなエネルギーを射出します。当然、大気からも地表面からもそこを構成する物質の温度によって長波放射を射出しています。

以上から、地表面が実質的に受ける正味のエネルギーは

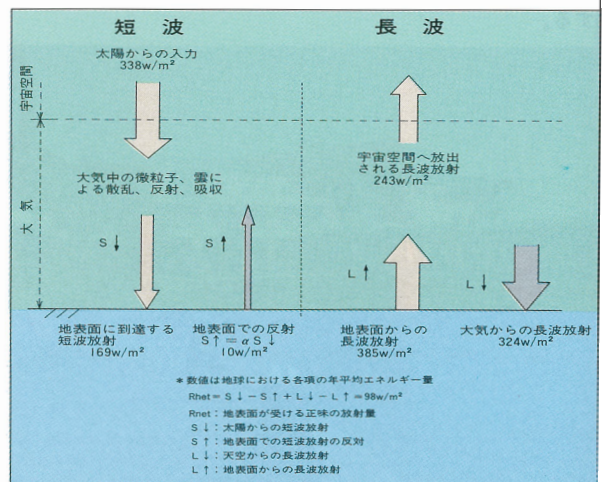


図-2 地表が受けるエネルギーとその内訳

短波放射と長波放射の差として図-2の様に表わすことができます。

ここで、平均的な各項の大きさは都心部と郊外で若干変わりますが、実質的に地表が獲得する正味のエネルギー Rnet にはそれほど差がありません。問題となるのは、この受け取ったエネルギーをどのように“処理”しているかであり、これが、アスファルトと緑地や水面で大きく異なるのです。

では、地表が受け取ったエネルギーはどのような形に変わるのでしょうか。変化の仕方により3つに分類することができます。

1つは地中もしくは水中へと伝導していく部分で、この量が地表や水を温めることとなります。表-1は地表や大気を構成する物質の熱容量を示しますが⁹⁾、水はどの物質よりも熱容量が大きく土壌、コンクリート、アスファルトと比べると概ね2倍、空気と比べると400倍もの容量を持っています。このため、水は容易に温まることがなく、河川水温も年間を通して比較的安定しています。

表-1 地表や大気の構成物質の熱容量

項目	熱容量 (J・m ⁻³ K ⁻¹ × 10 ⁶)
アスファルト	2.06
コンクリート	1.87
土壌 (砂状、飽和)	2.96
水	4.16
空気	0.0012

次は、**顕熱**と呼ばれるもので、空気によって運ばれる熱です。地表が温まるとその熱は地表の上層の非常に薄い気層を分子運動を通じて空気へと伝わり、それより上層では、温まった空気の浮力や風によって周辺へと運ばれていきます。この顕熱の輸送量は、地表と周辺の空気との温度差、地表上の風速と大きな関係があり、温度差が大きいほど、風速が大きいほど顕熱輸送量は大きくなります。

最後が**潜熱**です。潜熱は水と水蒸気との相変化に伴い現れる熱です。地表面や水面の水分を蒸発させた結果として生じ、“**潜む熱**”と表す様に、我々には熱として感じる事ができません。先ほど、水の熱容量は大きいと言いましたが、気化熱は更に大きく、1kgの水を蒸発させるのに必要な熱量は、6kgの水を0°Cから100°Cまで昇温させるのに必要な熱量に匹敵するほどです。従って、水蒸気には我々が感じる事の出来ない莫大な熱エネルギーが貯蔵さ

れており、熱エネルギーを貯蔵したまま大気に乗って熱を輸送します。潜熱輸送量も顕熱と同様に、地表面とその周辺の水蒸気圧の差、地表上の風速と大きな関係があり、水蒸気圧差が大きいほど、風速が大きいほど潜熱輸送量は大きくなります。

地表に達した正味のエネルギーは、以上3つの熱のどれかに変わるわけですから、地表面における熱収支の関係は以下の様に表わすことができます。

$$Rnet = G + H + 1E$$

G：地中もしくは水中へと伝導する熱量

H：顕熱輸送量

1E：潜熱輸送量

②水面とアスファルト面における熱特性の違い

では、実際にアスファルト面と河川でこの熱収支がどの程度違うかを見てみましょう。図-3は、14時におけるアスファルト面、河道内の高水敷及び水面における熱収支を示しています。高水敷、水面における熱収支は今回荒川で行った観測結果から、アスファルト面での結果は浅枝らの行った実験⁹⁾を流用しました。

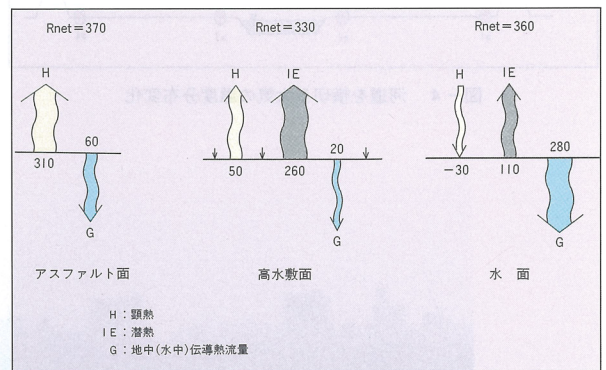


図-3 アスファルト面、高水敷面、水面における熱収支

まず、アスファルト面では潜熱輸送がありません。表面に水分がないから当然ですが、熱容量、気化熱ともに大きい水に熱を託せないことは熱環境上極めて不利な条件となっています。この結果、顕熱輸送は310w/m²にも達しており、これは、Rnetのおよそ80%にも当たります。アスファルト面に立っている人は、このような顕熱輸送による熱気以外にも、高温になったアスファルト面からの長波放射も受け、これが夏のアスファルトを地獄の様な世界にしているわけです。

一方、河道内の高水敷面と水面の特徴は、なんとと言っても顕熱が小さい事です。高水敷面では50w/m²、水面に

至っては水温が大気温度よりも低いために熱を大気から吸収しています。また、植物が存在する高水敷面では盛んに蒸発散が行われ、Rnetの79%が潜熱へと変換されています。潜熱は厚さを感じさせないので、これは非常に都合の良い事です。また、水面ではRnetの78%が水中へと吸収されていますが、水温自体の変化はあまりありません。河川の良いところは水の熱容量の大きさもさることながら吸収した熱を更に水の豊富な海にまで運んで行ってくれることで、これが池や沼といった浅い停滞性の水域となると状況は異なります。

では、このような結果として河道内の温度がどの程度冷却されるかについて見てみましょう。図-4は、大気が河

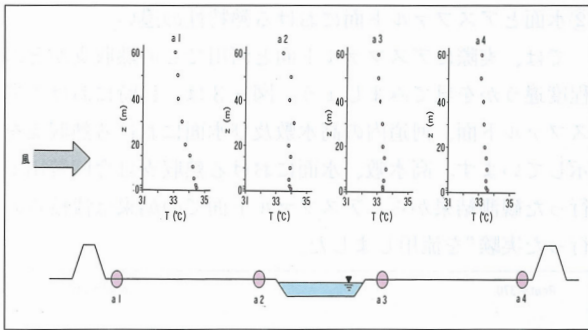


図-4 河道を横切る大気の温度分布変化

道を横切って吹送した場合に気温分布がどのように変化するかを、荒川での係留気球による観測結果を元に示しています。大気が河道に入ったばかりのa1地点では大気は地表面ほど温度が高くなっています。しかし、大気が河道内を吹送するにつれ温度分布が変化しa4地点では、地表面の近傍でおよそ1°Cの低下、地表から30mの高さまでこの影響を受けています。

この温度分布の変化から、河川がどの程度の熱量を大気から吸収するかを見積って見ましょう。図-5は大気が河

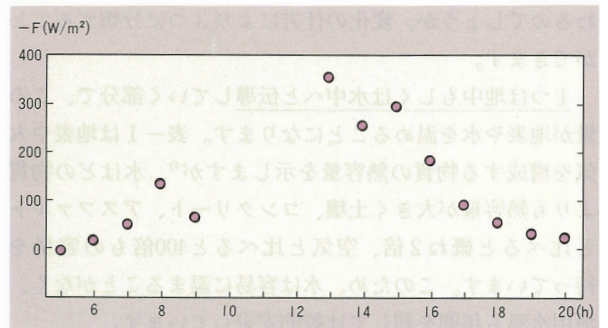


図-5 大気が河道で失う熱量

道を吹送する間に失った熱量の日変化を示します。10時から12時までは風向が安定せず熱量を見積ることができませんでした。吸熱量は最大で1㎡当り400w程度の熱量が吸



荒川における気象観測の様子

取されており、この値は前述した人工排熱量を上回る熱量となっています。このように、河川は大気を冷却するという点では非常に優れた熱特性を有していますが、河川の存在が夏期の都市気温低下にどの程度寄与しているのかについてはまだ解明されていません。しかし、水と緑は都市における唯一の冷却源であることは間違いなく、水辺の価値一つの側面と認識しておくべきでしょう。

参考文献

- 1) 朴恵淑、1987、「日本と韓国における都市規模とヒートアイランド強度」、地理学雑誌
- 2) 池田、武若他、1993、「都市内河川周辺の夏期の熱環境」、水工学論文集
- 3) 浅枝他、1991、「道路舗装の熱環境に及ぼす影響」、環境システム研究
- 4) 成田健一他、1984、「都市地表面物質の熱特性」、地理学雑誌

建設省土木研究所に河川環境研究室が発足

河川環境研究室長 島谷 幸宏

平成5年度（1993）から、建設省土木研究所に環境部が発足しました。環境部は5研究室からなり、河川環境研究室もそのひとつとして同時に発足しました。また、これに伴い、総合治水研究室が行ってきた研究は新組織における都市河川研究室が引き継ぎ、河川部は4研究室体制となりました。

河川環境研究室は、河川、湖沼、湿地などの、水が主体となる場に関する環境問題を扱う研究室として、都市河川研究室が従来から行ってきた研究を継承し、発展させます。

研究は、“水を中心とした環境場のあり方の確立”といった理念的なものから、“水環境の保全・創造技術の開発”といった技術的なものまで幅広く行っています。また、これらの研究の遂行に当たっては、生物や心理などの各種分野との研究交流の促進、実験やフィールド調査の重視、物質やエネルギー循環などを念頭に置いていきます。以下に河川環境研究室が取り込んでいる主な研究課題を紹介します。

①水辺の価値に関する研究（基礎研究）

水辺の経済的、非経済的な環境価値を求めることにより、水辺環境の保全・創造への妥当投資額を明らかにします。

②水辺風景の保全に関する研究（基礎、応用、開発研究）

日本人の心に響く風景とはどのような風景なのか、そのような風景を創造するためにはどのようにすれば良いのかを明らかにします。

③多自然型河川整備に関する研究（応用、開発研究）

魚類、鳥類などの生物に配慮した河川整備の理念、計画論、魚道・護岸などの構造物の設計方法などについてフィールド調査、実験などの手法を用い研究します。

④水質浄化手法に関する研究（応用、開発研究）

「景観」、「飲料水の安全性、おいしさ」、「生物の生息」などから見た新たな水質指標を提案するための研究を行っています。

また接触酸化法、酸素供給法などの河川および湖沼の直接浄化手法の改良・開発を行っています。

