

# 河川の気象緩和機能についての基礎的検討

研究第二部 主任研究員 森 貴史

## 1. はじめに

近年、世界においては平成2年の「地球温暖化防止行動計画」、平成3年の「リオデジャネイロ・サミット」等の一連の動きに見られるように、環境に関わる問題は以前にも増して国民の注目を集めるものとなっている。

本検討においては特に都市の温暖化（ヒートアイランド現象）とその緩和に効果があるとされる都市河川に注目して、各研究機関、研究者の成果を収集し現在までの知見を整理するとともに今後の課題を抽出することにした。

## 2. 都市の熱環境

### 2.1 ヒートアイランド現象

ヒートアイランド現象は、都市を含む地域の気温の等値線を描くと等値線で書いた地図上の島のように都市上に閉曲線の形態が現れるところから、その名が付けられたものである。

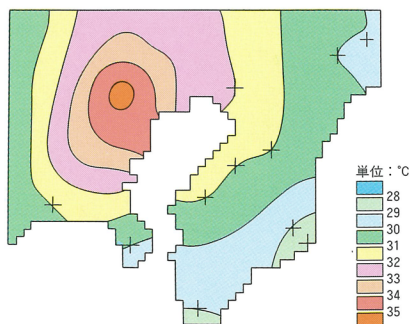
### 2.2 ヒートアイランドの影響

都市域が暑くなるヒートアイランド現象はわが国のように夏の暑熱環境を有する地域では、生活環境を悪化させる。気温の上昇は冷房負荷をほぼ線形に上昇させ、そのエネルギー消費が更なるヒートアイランドの助長に結びつく。

### 2.3 ヒートアイランドの発生メカニズム

#### (1)発生要因の分類

ヒートアイランドを発生させる要因は2つに大別される。一つは、人間の使用するエネルギーの増大に伴う廃熱の増加である。もう一つは、人間活動による諸変化（地表の人工物による蓄熱、緑地・水面減少による潜熱変換減少、大気汚染による温室効果等）による間接的な熱量増加である。



(出典) 環境総合研究所、首都圏広域大気動向調査、1992

図一2.1 首都圏の真夏の都市環境気温の地域差

(出典：環境総合研究所、首都圏広域大気動向調査、1992)

図一2.1は、東京のヒートアイランド現象を表すもので、1983年から1987年の真夏（8月）の午後3時における地域的な平均気温変化を示したものである。

## 3. 都市の熱環境緩和における河川の役割とその効果

### 3.1 都市の熱環境緩和への水空間の可能性

地表が天空から受け取ったエネルギーは、変化の仕方により3つの形態に分類することができる。

#### ①地中や水中へ直接伝導するエネルギー

地中や水中へ直接伝わるエネルギーで、地表や水を温める。地表や大気を構成する物質の熱容量を表一3.1に示す

表一3.1 地表や大気の物質の熱容量

項目	熱容量 ( $J \cdot m^{-3} K^{-1} \times 10^6$ )
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	4.18（水温25°C）
空気	0.0012

(出典：「建設省土木研究所環境部河川環境研究室資料」に一部加筆)

これを見ると、水はどの物質よりも熱容量が大きく、土壌、コンクリート、アスファルトに比較し約2倍程度、空気に比較すると4,000倍もの容量を持っている。このため水は容易に暖まることなく、河川水温も年間を通して比較的安定している。

#### ②顕熱

地表が暖まるとその熱は地表の上層の非常に薄い気層に分子運動を通じて伝わり、それより上層では暖まった空気の浮力や風によって周辺へと運ばれていき、文字どおり気温を高める。

#### ③潜熱

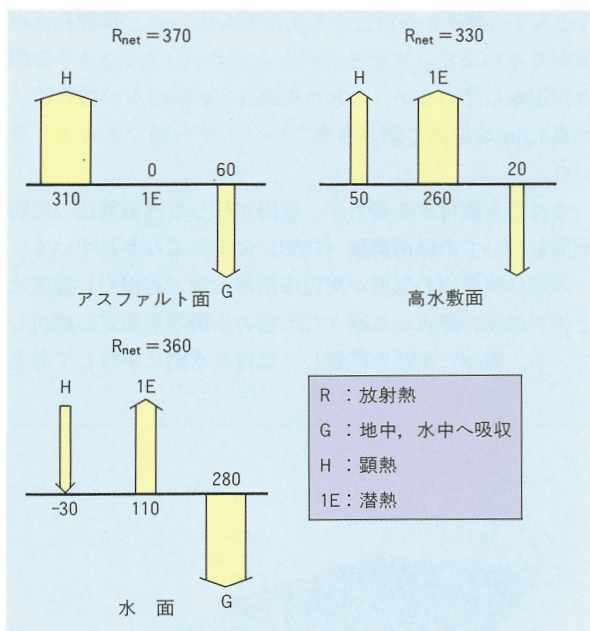
水の熱容量は大きいですが、気化熱はさらに大きく、1kgの水を蒸発させるのに必要な熱量（25°Cにおいて582cal/g）は約6kgの水を0°Cから約100°Cまで昇温させるのに必要な熱量に匹敵する。従って水蒸気には我々の感じることができない気温上昇に関係しない莫大な熱エネルギーが蓄えられている。

地表に達したエネルギーは3つの熱のどれかに変わるわけであり、熱収支の関係は以下のように示すことができる

$$R_{net} = G + H + 1E$$

ここでR (Radiation heat)：放射熱

G (Ground) : 地中、水中へ伝導する熱量  
 H (Heat, Sensible Heat) : 顕熱輸送量  
 1E (Latent Heat, Evaporation Heat) : 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  
 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以下に示す。



図一3.1 アスファルト面、高水敷面、水面における熱収支  
 (出典：「建設省土木研究所環境部河川環境研究室資料」)

図一3.1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の熱収支を示す。高水敷、水面における熱収支は建設省土木研究所が荒川で行った観測結果(1986年測定)から、アスファルト面での結果は浅枝らの行った実験(1990年度測定、道路舗装の熱環境に及ぼす影響：1991)を流用している。

まず、アスファルト面においては表面に水分が存在しないため潜熱輸送はない。この結果、顕熱輸送量は310w/m<sup>2</sup>に達しており、これはRnetのおよそ80%にもあたる。これに加え高温になったアスファルト面からの長波放射があり、夏のアスファルト上を地獄のようにしている。

これに対し、河道内の高水敷面と水面では顕熱が小さく、高水敷面では50w/m<sup>2</sup>、水面にいたっては水面が大気温度よりも低いために熱を大気から吸収している。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る。潜熱は暑さを感じさせない

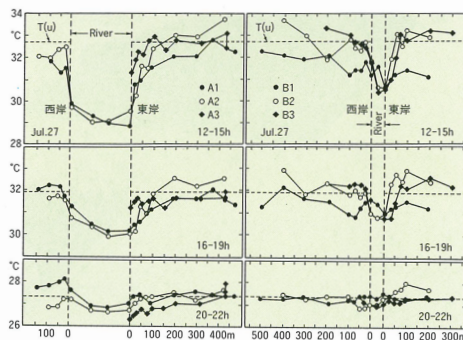
いため夏場は非常に好都合となっている。また、水面ではRnetの78%が水中へと吸収されるが、熱容量が大きいため水温自体の変化はほとんどない。

以上のことから、河川周辺の地物の状況や地形的要素を考慮しない場合、河川は確かに水空間として気候快適化機能が認められ、都市の中での貴重な空間となると思われる。  
 ※参考、引用：建設省土木研究所資料、島谷幸宏氏他「都市河川による気候の快適化機能に関する研究」

### 3.2 実測に見る河川周辺の熱環境

#### (1)河川周辺の地表温度及び気温

村川、関根他(1990)は広島市内の太田川下流部のデルタ地帯で、河川周辺部における気温の状況を自転車により移動観測している。



図一3.2 移動観測による各ルートの温度分布  
 (出典：「都市内河川が周辺の温熱環境に及ぼす効果に関する研究(統報)」、村川 他)

これらの結果には風や周辺地物の影響が多分に含まれ、解析も行われているが、ここでは河川周辺の気温の状況を示す。図一3.2において移動観測は比較的広い川幅を持つ太田川と中河川の天満川を横断し、周辺市街地までの各ルートで行われる。

河川上は各ルートの橋上での気温であるが、それによれば河道周辺の温度は市街地と比較し、いずれも2~4℃程度の気温低下がみられる。また、このことは河道幅の広い太田川の方が顕著であり、流水による気温低下作用が大き

いことがうかがわれる。

(2)風の吹送による河道周辺市街地への影響

武若、平山らは建設省土木研究所河川研究室が1年間(1986年4月~1987年3月)にわたって荒川周辺(四つ木橋付近)で行った定点観測を用いて、風向と気温の関係を示している。測定点は、左岸側・右岸側の市街地と河道であり、夏期に左岸から右岸方向に風が吹いた場合、河道で気温が低下し右岸側市街地で気温低下が認められた割合は77%あり、右岸から左岸方向に風が吹いた場合、左岸側市街地で気温低下が認められた割合は61%あった。これより、風が河川を横断的に吹いたときには多くの場合風下側の市街地の気温が低くなること、つまり河道の冷気が風下市街地に移流されていることが考えられる。

3.3 河川の熱環境緩和に対する市街地形状の影響

村上、関根ら(1990)は広島市内の太田川下流部のデルタ地域で移動観測を行い、道路幅や家屋の密集度合い、堤

体などの影響による河川の熱環境緩和効果の影響範囲を解析している。図-3.2において風はほぼ河川に平行に吹いている。なお街路幅はA1、A3、A2の順に広がっている。

河川と直行する街路沿いの気温分布は、 $A1 > A2 > A3$ の順に河川による気温低下の範囲が広がっている。A1とA2の関係から直行する街路幅が広いほど影響範囲が広がるといえる。またその点からみれば、A2とA3の関係が逆転しているが、これは街路A3が橋のない街路で、比高4.8mの堤防に閉ざされているのが一因であるとしている。

これらを裏付ける報告が、成田が行った河道周辺の建物配置についての風洞実験(1992)によってなされている。

成田は河道内の気温が周辺市街地へ及ぶ過程を、湿度比と相対湿度の観点から様々な形態の市街地を想定し解析している。風洞に水路を設置し、気流を水路に平行して発生

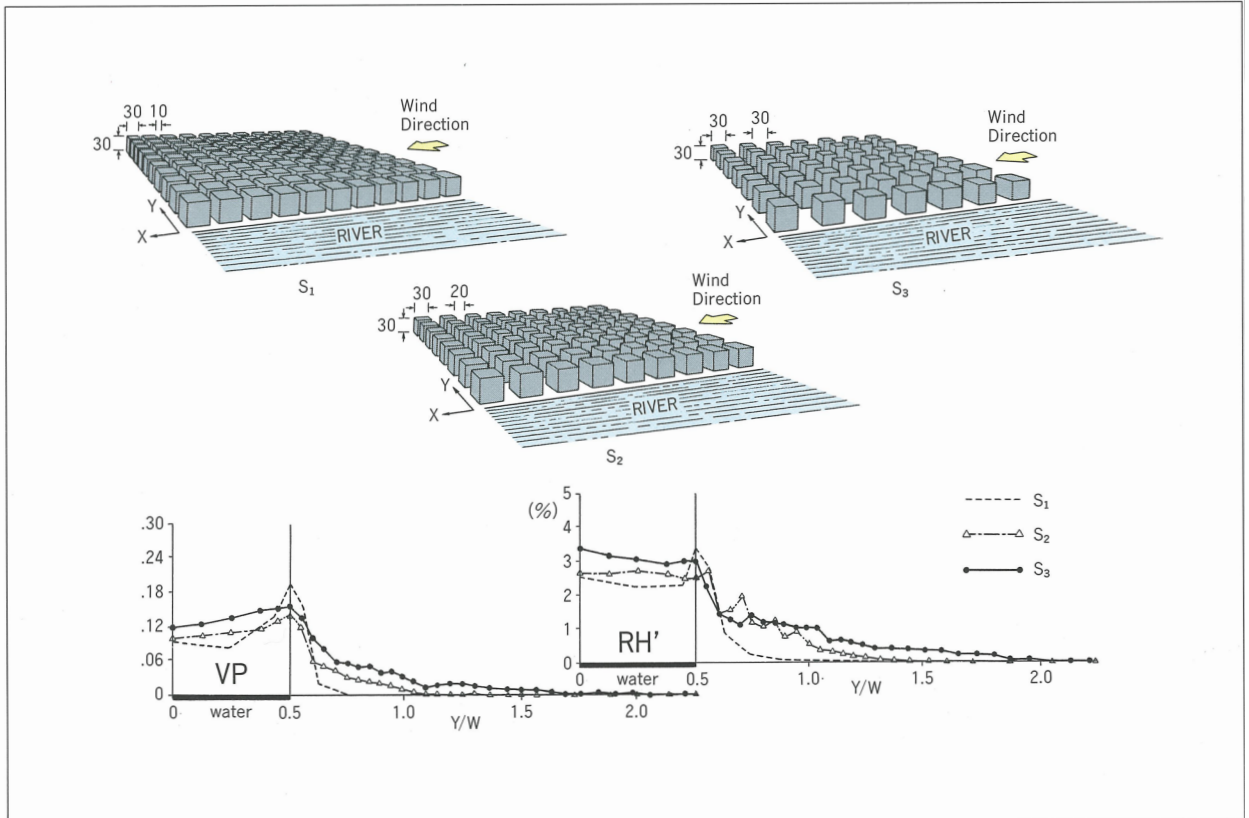


図-3.3 建物密度による影響 (VP:湿度比 RH':相対湿度)

(出典:「都市内河川の微気象的影響範囲に及ぼす周辺建物配列の影響に関する風洞実験」、成田健一)

させた。また、水路の影響範囲を把握するため、測定点の蒸気圧と水路の水温に対する飽和蒸気圧の比（湿度比VP）と各測定点における容量型湿度計から出力される相対湿度（RH'）の2つの指標を設定した。模型を配置した各ケースにおける測線は水路と直行する代表的街路の中心としている。

それによれば、建物密度（建ぺい率）を56%、36%、25%と低下させていくに伴い、河川による影響範囲が広がっている。また、河道に直行する街路をつくり、街路幅を変える実験を行ったところ、街路幅を拡大するにつれ、河川の影響は広がった。このことより、建物の平面的配列について、河川の影響を市街地に取り込むには建物間の街路幅を確保し風通しをよくすることが有効であるとしている。

成田は、同実験の中で堤体の高さについても解析を行っている。周辺建物の高さに対し、堤防高を1/3、2/3、1倍とした場合について比較をした結果、堤防が高くなるに従い遮蔽効果が顕著となる傾向が明らかとなり、（堤防高）＝（建物模型高）で完全に遮蔽された。これにより、堤防高さが1/3以下であればある程度の拡散は確保されるといえる。堤防を低くすることは現実には厳しいことから、逆に周辺建物を積極的に高くするという対策も考えられるとしている。

### 3.4 総合所見

多くの研究者や研究機関において、河川の気象緩和機能の効果とメカニズムを模索するさまざまな研究が行われているが、それらの研究結果の概要は入手した報文・文献によると以下のようにまとめることができる。

- ①水は比熱が大きく、夏期は周辺の気温より水温が低く冷却源となり、冬季は水温のほうが高く熱源となる。植生には蒸発散作用による熱の吸収があり、都市域で気象緩和機能を有するものは水辺と緑地であり、これらには大きな期待がもてる。
- ②河道周辺では、水辺空間のない都市中心部に比較し、夏期には明らかな気温低下が認められ、その低下温度は概ね2～4℃程度と観測されている。
- ③周辺への気温低減効果は河道幅（水面幅）、風向、風速が大きく影響しており、河道の風下が気象緩和作用の影響を受け、気温の低下量は風速に比例する。
- ④河道は卓越した風の通り道となっている。特に海岸部に位置する都市では、海風を都市中心部へと取り込む風の道としての大きな役割を担っている。

- ⑤河川の周辺部への気象緩和効果の影響範囲は、河道周辺部の建物配置や街路幅に大きく影響される。また、堤防は市街地へ空気が流通する際の阻害要因となっている。
- ⑥河川には物理的要素の他、心理面に与える快適化機能があり、同じ気温、湿度であっても水辺の方が快適と感じるという結果も得られている。

### 3.5 今後の課題

河川の水辺空間の魅力には、親水活動各種余暇活動など交流の空間、開放感のある精神的やすらぎの空間、さまざまな生物が生息する空間など多くの要素がある。また、今回検討した河川の気象緩和機能は、河川や水辺空間の快適性の重要な要素の一つであると考えられる。

今後、河道内において冷却された空気の周辺市街地に及ぶメカニズムが明らかになっていけば、河川の気象緩和機能の全体像が浮き彫りになると思われる。

また、河川における効果的な大気の冷却を行うため、次のような具体的な条件設定による検証や解析を行い、今後の微気象を考慮した河川空間の設計に役立てる必要があると思われる。

- ①堤体形状による大気冷却効果の観測、解析
    - ・堤体高、堤体幅の違いによる比較
    - ・スーパー堤防地区における観測、解析
  - ②流水の状況等による大気冷却効果の観測、解析
    - ・水面積の拡幅（流路拡幅またはワンド設置）による効果
    - ・瀬、落差工などの流水の液膜破断による冷却効果の検討
  - ③河川材料による大気冷却効果の比較
    - ・コンクリートブロック護岸と覆土護岸など護岸材料の違いによる大気冷却効果の検証及び高水敷の利用形態による大気冷却効果の検証
- さらには、河川改修や河川空間の設計にあたって、河川の気象緩和機能が水辺の魅力の重要な要素の一つであるという事実を念頭に、快適な川づくりを行っていくことが切望される。