

水辺における熱ストレスと心理ストレスの同時観測

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻
東京理科大学理工学部土木工学科
東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻

学生会員 ○遠藤 亮之輔
正会員 二瓶 泰雄
学生会員 塩田 彩夏

1. 序論

“風の道”の整備に代表されるように、沿岸部から都市部に吹き込む海風が有する冷却効果を有効利用した街づくりが進められつつある。これは、海岸や河川の水辺そのものが夏季では冷源となり、熱ストレス緩和効果を持つためである。一方、水辺には、心理ストレス緩和効果、いわゆる癒し効果を有することが各地で報告されており、医療・福祉分野においても注目されつつある。現在では、唾液アミラーゼ活性を用いることにより、心理ストレス状況を簡易かつ短時間で計測できる方法が開発されており、その方法により、親水性の高い水辺では、心理ストレス軽減効果が見られることが定量的に明らかにされている(本宮・二瓶¹⁾)。この水辺での癒し効果の要因としては、夏季では、第一義的に熱ストレスと関連するものと予想されるが、本宮・二瓶¹⁾では十分な熱環境計測が行われておらず、水辺における心理ストレスと熱ストレスの定量的な関係については不明なままである。そこで本研究では、人体における熱収支解析を精緻に行うことを念頭に置いた微気象観測及び心理ストレス計測を同時に実施し、河川や海岸の水辺における心理ストレスと熱ストレスの関連性について検討することを試みる。

2. 研究方法

(1) **熱負荷の評価指標**：人体への熱負荷指標として、神田ら^{2),3)}が提唱する仮想熱負荷量 VTL を採用する。

人体における熱収支解析には、**図1**に示すように、代謝量 M 、正味放射量 R_{net} 、衣服から大気への顕熱 C と潜熱 E を考慮すると、以下のように与えられる。

$$VTL = M + R_{net} - C - E \quad (1)$$

ここでは着衣状態の人体熱収支として、人体-衣服間と衣服-大気間の熱収支を次式のように与える。

$$\text{【人体-衣服間】 } VTL = M - B - E \quad (2a)$$

$$\text{【衣服-大気間】 } R_{net} = C - B \quad (2b)$$

ここで人体から衣服への顕熱フラックスを B とし、また、潜熱 C は連続条件により境界面間で変化しないものとし、式(2)より式(1)が得られる。各フラックスの与え方としては、正味放射量 R_{net} には水平方向の短波・長波放射の和、顕熱 C と潜熱 E には、衣服から大気への熱輸送 $C_{clo} \cdot E_{sw}$ 、呼吸成分 $C_{res} \cdot E_{res}$ 、皮膚からの不感蒸泄熱 E_{diff} の和とする (**図1**)。

(2) **観測概要**：観測エリア・時期としては、江戸川では夏季(2011/9/9)、稲毛海岸では夏季と冬季(2011/9/16, 12/7)とする。各エリアでは水辺と周辺域を観測地点とし、稲毛海岸では**図2**のように水辺(Stn.A1, A2)と周辺域(Stn.A3, A4)、計4地点とする。測定項目としては、熱収支では風向・風速、鉛直・水平方向日射量、純放射量、温湿度、地表面温度であり、心理ストレスには唾液アミラーゼ活性を計測する。心理ストレス試験では、試験開始から20分間不快音による負荷を掛け、その後対象地点に移動・安静状態で過ごし(開始から25~45分)、安静時の唾液アミラーゼ活性値を負荷時の値で除す「無次元唾液アミラーゼ活性」を各地点の心理ストレスの指標とする。

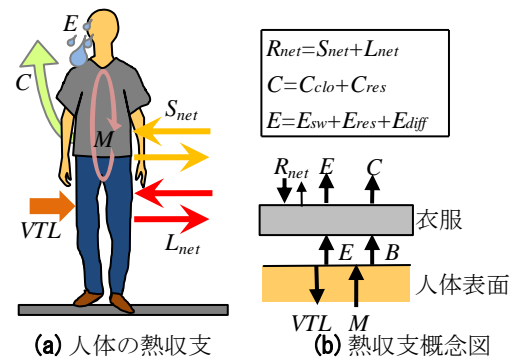


図1 人体熱収支解析の概念図

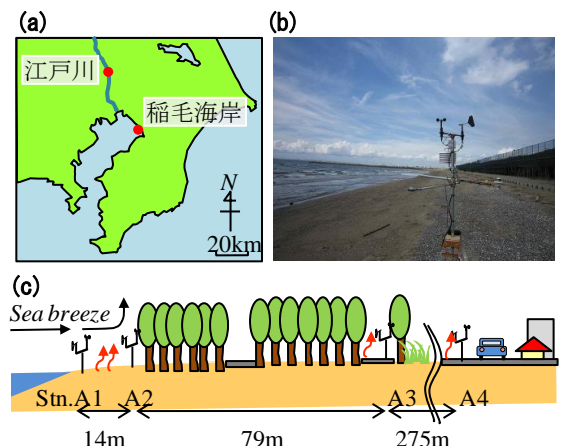


図2 稲毛海岸での観測状況 (全体地図(a),観測の様子(b),観測地点位置(c))

キーワード：水辺、熱環境、癒し効果、人体熱収支、唾液アミラーゼ活性

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL：04-7124-1501 (内線 4072) FAX：04-7123-9766

3. 結果と考察

(1) 水辺周辺域における熱環境と人体熱収支特性：水辺やその周辺域における熱環境や人体熱収支特性を把握するために、稲毛海岸における夏季(9/16)と冬季(12/7)の観測結果を図3(a)，

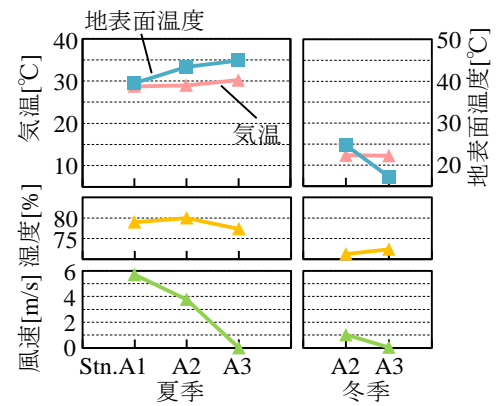
(b)に示す。ここでは、いずれも午後2時台の計測結果である。なお、冬季では水際(Stn.A1)では未計測である。これより、夏季の気象データとしては、水際(Stn.A1)では相対的に低温、高湿度、風速大となっており、水辺内の防砂林前面(Stn.A2)と周辺域(Stn.A3)となると共に高温・低湿度化、風速減少、という変化傾向が見られる。この時は夏季の典型的な海風が吹いていたので、水際は「海からの冷風に晒された」状態になるが、その空気塊が砂浜上を通過する時に高温化・乾燥化され、さらに防砂林により風速が弱められ、周辺域では「高温で風の無い」状態となっている。冬季に関しては、海風が吹いていたものの、風速レベルは夏季よりも小さく、水辺と周辺域の温湿度のコントラストもやや小さい。一方、人体熱収支としては、夏季では、放射収支では短波放射 S_{net} が卓越し、結果として R_{net} が大きい。一方、非放射収支としては、上記の熱環境を反映して、水辺(Stn.A1, A2)では顕熱や潜熱が卓越するものの、周辺域(Stn.A3)ではそれらはほぼ0である。冬季では、短波放射は正、長波放射が負となり、放射収支 R_{net} は夏季の0.3倍程度になると共に、水辺では顕熱の方が R_{net} よりも大きい。

(2) 熱ストレスと心理ストレスの関係性：上記の熱環境下における仮想熱負荷量 VTL と無次元唾液アミラーゼ活性 A' の結果を図3(c)に示す。 VTL に関しては、夏季では $Stn.A1 < A2 < A3$ となり、冬季でも $Stn.A2 < A3$ となる。これは、前述したように、水辺の方が顕熱・潜熱が大きくなっているためであり、 R_{net} が小さい冬季・水辺では VTL はほぼ0となっている。一方、無次元唾液アミラーゼ活性については、夏季では $Stn.A2 < A1 < A3$ となり $Stn.A2$ が最も低く、冬季では水辺と周辺域での差は見られない。このように、夏季では、 VTL の小さい水辺内の方が無次元唾液アミラーゼ活性 A' は小さく、大局的には熱ストレスと心理ストレスの関連性が見られるものの、冬季に関しては両者の相関性は見られない。

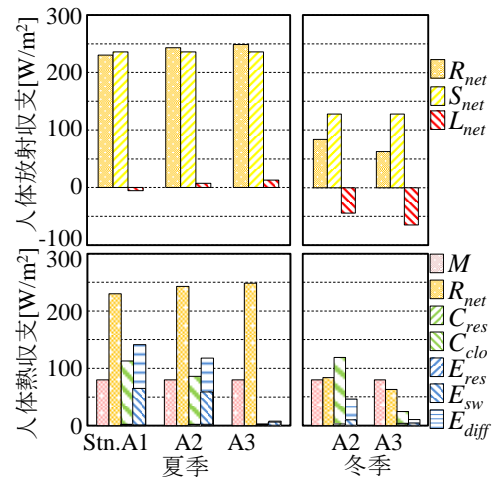
そこで、夏季における全結果に基づいて、仮想熱負荷量 VTL と無次元唾液アミラーゼ活性 A' について水辺と周辺域の結果を比較したものを図4に示す。ここでは、全データの平均値と標準偏差を示す。これより、 VTL は水辺では $95[W/m^2]$ 、周辺域では $223[W/m^2]$ と両者は大きく異なり、水辺の熱ストレス緩和効果は顕著である。一方、唾液アミラーゼ活性 A' も水辺 < 周辺域となり、水辺の癒し効果が見られ、その主要因として水辺の熱ストレス緩和機能が発揮されたためである。なお、冬季では VTL は水辺の方が低い、唾液アミラーゼ活性には場所的な差は無い。冬季の VTL は着衣により大きく変化するが、本研究の VTL 評価には着衣の差は考慮できておらず、今後の課題である。

参考文献：

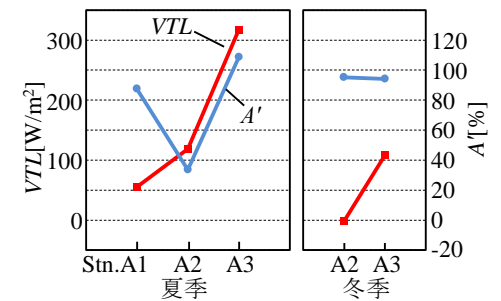
- 1) 本宮和英, 二瓶泰雄：河川技術論文集, Vol.17, pp.383-388, 2011.
- 2) 神田学, 土屋信夫：土木学会論文集, Vol.30, pp.35-44, 1995.
- 3) 神田ら：土木学会論文集, Vol.36, pp.1-10, 1996.



(a) 気象データ



(b) 人体熱収支



(c) VTL と A'

図3 水辺と周辺域における温熱環境及び熱・心理ストレスの比較(稲毛海岸, 2011/9/16, 12/7)

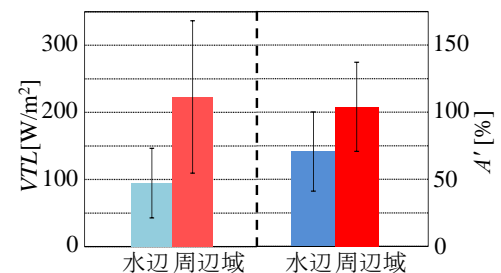


図4 夏季における仮想熱負荷量 VTL と唾液アミラーゼ活性 A' の比較