

厚生労働行政推進調査事業費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
令和4年度～令和5年度 総合研究報告書
分担研究報告書

年齢別暑熱順化と内陸湖沼が暑熱環境に及ぼす影響に関する研究

研究分担者 上野 哲 東洋大学 食環境科学部健康栄養学科 教授

研究要旨:令和4年は(1)熱中症救急搬送データを用いて年齢別の暑熱順化に関する疫学研究、令和5年は(2)内陸湖沼が周辺の暑熱環境に及ぼす影響を調査した。(1)、(2)別々に以下に示す。
(1)令和4年:熱中症救急搬送者数を用い、都道府県別日別に10万人当たり1人の割合で救急搬送される日最高WBGT(W10)を求めた。少年(7-17才)では、29.9℃(7月)、31.4℃(8月)、32.0℃(9月)、成人(18-64才)では、31.6℃(7月)、32.3℃(8月)、33.4℃(9月)、高齢者(65歳以上)では、29.1℃(7月)、29.6℃(8月)、31.1℃(9月)であった。いずれの年齢でもW10は月ごとに上昇しており、暑熱順化が高まったと考えられる。増加幅は年齢階層で差がなかったが、増加した月が少年では7~8月が大きく成人、高齢者では8~9月が大きかった。
(2)令和5年:2023年7月下旬から8月上旬にかけて、渡良瀬遊水地3か所と遊水地から3km程離れた大学キャンパス内2か所でWBGT、気温、黒球温度、湿度を日向、日陰で各々測定し、最寄りの気象観測地点(古河)のデータと比較した。遊水地の水温は国土交通省のデータを参照した。最も気温が高い14時の遊水地周辺のWBGTは古河のWBGTよりも1.3~2.4程有意に高かった。最も気温が低い午前4時には、遊水地中央のWBGTが周辺よりも1ほど高く、遊水地の高い水温の影響によるものと考えられる。夏期には内陸の湖沼では暑熱ストレスが高くなり熱中症のリスクも高くなることが予想される。

(1) 令和4年度

A. 研究目的

夏季における暑熱順化の程度及び時期を予測し、熱中症の対策への参考資料とすること。

B. 研究方法

総務省消防庁が公表している都道府県別日別熱中症救急搬送者数と環境省が発表している地域別時間別WBGT予測値を用いて分析した。熱中症による救急搬送者数は年齢が5段階(新生児(生後28日未満)、乳幼児(生後28日以上満7才未満)、少年(7-17才)、成人(18-64才)、高齢者(65才以上))で示されているが新生児、乳幼児の報告数は少ないため、少年、成人、高齢者の3段階と全年齢について分析した。2015年から2021年の7年間の7~9月までの3ヶ月データを分析に用いた。暑熱環境のデータとして、都道府県別に毎日の日最高WBGTを用いた。各都府県内のWBGT観測点の中から3つの測定点を周辺人口の多い順に3つ選んで、人口による加重平均で都道府県の日最高WBGTを求めた。北海道は、面積が広いWBGT観測点を6つ選んで人口で加重平均した。人口は、2020年の国勢調査の各都道府県の人口を用いた。

各都道府県別の熱中症救急搬送者数と日最高WBGTをリンクして、WBGT1℃毎の10万人当りの日別熱中症救急搬送者数を年齢階層ごとに求めた。熱中症救急搬送者数の対数をとると、日最高WBGTに対してほぼ直線的に増加した。そこでの回帰直線の式から、1日につき人口10万人当たり1人熱中症で救急搬送される時の日最高WBGT(W10と定義)を都道府県別、月別、年齢階級別に求めた。ここで用いた分析方法は、Uenoら¹⁾に詳しく記している。

(倫理面への配慮)

本研究は、一般に公開されたデータを用いて分

析しているため研究倫理への配慮は必要ない。

C. 研究結果

神奈川県の結果を図1に示す。7月、8月、9月の各月で、各年齢階級いずれをとっても日最高WBGTに対して熱中症救急搬送者数の対数はほぼ直線的に増加していた。65歳以上の高齢者では同じ日最高WBGTに対しての熱中症救急搬送者数が最も多く、次が7-17才の少年で、18-64才の成人が最も少なかった。9月の熱中症救急搬送者数は、7月や8月と比較して少なくなっていた。図1で、熱中症救急搬送者は日最高WBGTに対してほぼ直線上にプロットされていることから、回帰直線と $y=0$ との交点(W10)を気象条件と熱中症救急搬送者数の関係を表すための指標として求めた。各47都道府県で、年齢に関しては少年、成人、高齢者の3つの年齢階層と全年齢層平均の4種類、季節に関しては7~9月の3種類の合計12個(4×3=12)のW10を計算した。

図2に46都府県(北海道はW10が22~26℃程度と低いため図から除外)のデータをプロットした。左の列は、7月と8月の年齢階層ごとのW10の比較、右の列は8月と9月のW10の比較を示す。右の列の少年の7月と8月の比較以外は、ほとんどの県で $x=y$ の直線よりも上にプロットされ、7月より8月、8月より9月の方がW10の値が高いことを示した。47都道府県のW10平均値を求めるのに、県によって人口が大きく異なるため人口で加重平均した。W10の都道府県平均値は全年齢では、30.5℃(7月)、31.3℃(8月)、32.5℃(9月)であった。少年(7-17才)では、29.9℃(7月)、31.4℃(8月)、32.0℃(9月)、成人(18-64才)では、31.6℃(7月)、32.3℃(8月)、33.4℃(9月)、高齢者(65歳以上)では、29.1℃(7月)、29.6℃(8月)、31.1℃(9月)であった。

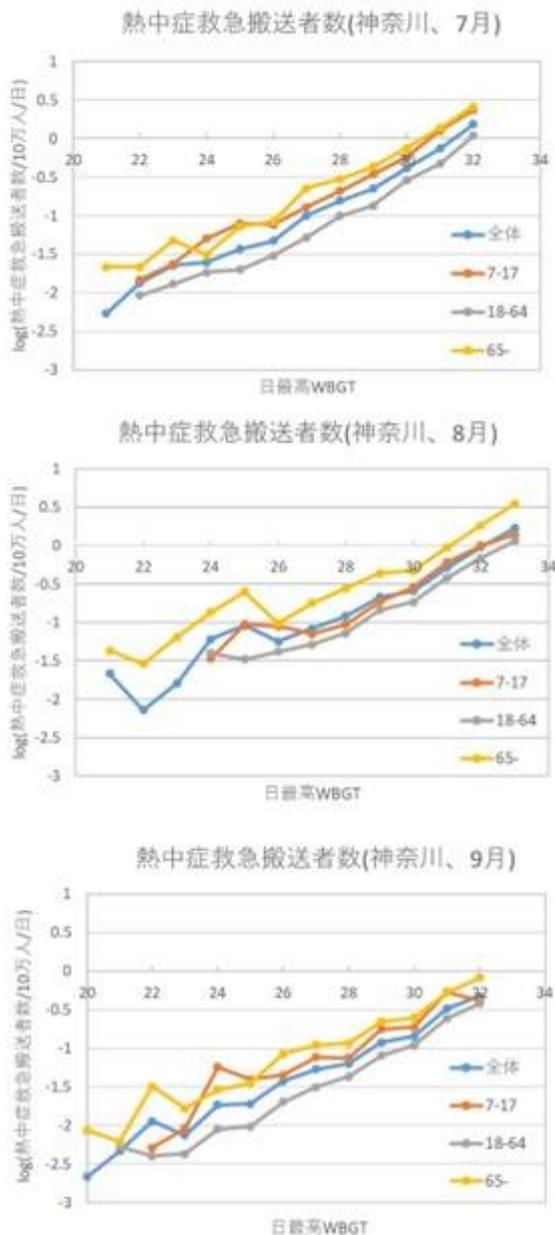


図1. 熱中症救急搬送者数(神奈川県、7、8、9月(7-17、18-64、65才以上、全年齢平均))

D. 考察

W10は1日に10万人当たり1人の割合で熱中症により救急搬送される時の日最高WBGTを表すためW10が低いほど熱中症になりやすく、高いほどなりにくい。8月で比較すると、少年で31.4℃、成人で32.3℃、高齢者で29.6℃となり、高齢者で最も低く熱中症になりやすく、次が少年で成人では最も熱中症になりにくいことを示した。

季節に関しては、少年、成人、高齢者いずれの年齢層も7月が最もW10の値が低く、9月が最も高くなり暑熱順化が夏の間進んでいることを示した。全年齢の平均では、7月から9月にかけて2.0℃の上

昇していた。少年で2.1℃、成人で1.8℃、高齢者で2.0℃の上昇となり年齢階級により大きな差はなかった。しかし、W10の上昇のタイミングに年齢による差があった。少年では、7月～8月の上昇が大きく1.5℃となっていた。それに対して成人や高齢者では7月～8月の上昇はそれぞれ0.7℃、0.5℃と小さく、8月～9月の上昇の方が大きかった。少年の方は、スポーツ等で屋外に出て暑熱ばく露を受ける機会が多いのに加えて体の順応も早いと考えられる。それに対して成人や高齢者は、屋外での暑熱ばく露の機会は少年より少なく、暑熱への体の順応も遅くなると思われる。早い段階から体の暑熱順化を少しついで暑さへの抵抗力をつけておくことが必要である。

本研究で用いたデータは2015年から2021年までの7年間のデータであるため、7年間の平均的な暑熱順化の結果が示されたと考えられる。暑くなる時期は年毎に異なるため、異なる暑熱順化を示す事が予想される。今後、更なる検討が必要である。

E. 結論

熱中症救急搬送者数のデータを用いて、暑熱順化の程度及び時期について年齢階層ごとに分析を行った。7月から9月にかけて少年、成人、高齢者のそれぞれの年齢階級で暑熱順化が進み、1日に10万人当たり1人の割合で熱中症により救急搬送される時の日最高WBGTは全国平均で2.1℃(少年)、1.8℃(成人)、2.0℃(高齢者)増加した。増加する時期は年齢階級で異なり、少年では7～8月に1.5℃だったのに対し成人、高齢者では0.7℃、0.5℃となった。暑熱順化は少年では夏の早い時期に進み、成人や高齢者では時間をかけて進むことが示された。

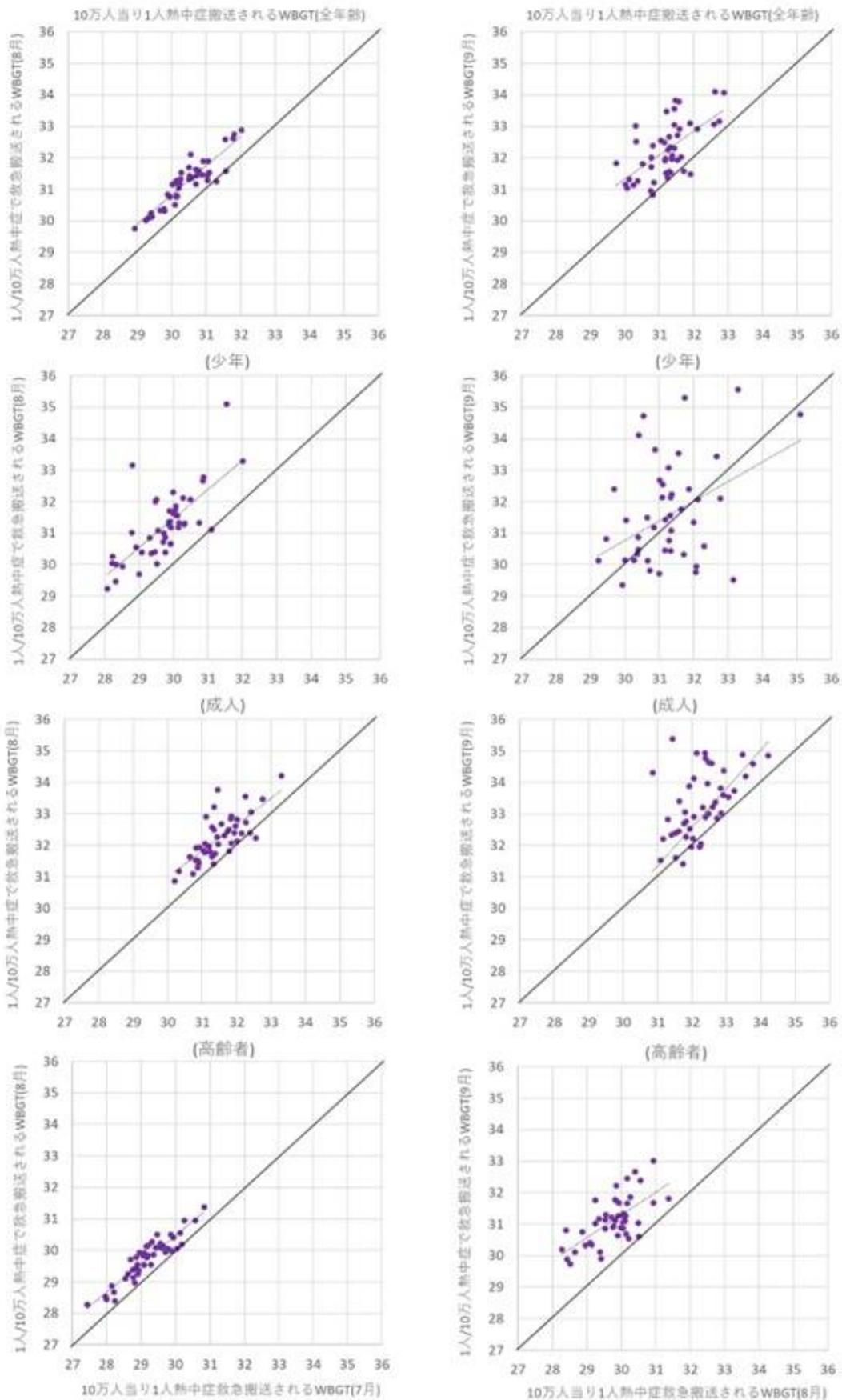


図2. 人口10万人当たり1人の割合で熱中症救急搬送される時のWBGT比較
7月対8月(左列), 8月対9月(右列)、各プロットは46都府県のデータ

(2) 令和5年度

A. 研究目的

内陸湖沼の周辺の暑熱環境に及ぼす影響を調査すること。

B. 研究方法

広大な湿地である渡良瀬遊水地で気象観測を行った。渡良瀬遊水地は南北に約9キロメートル、東西に約6キロメートル、周囲の長さは約30キロメートル、堤防や台地に囲まれ、総面積は約3,300ヘクタールに及ぶ。中心を渡良瀬川が流れ、南の利根川にそそいでいる。ラムサール条約で国際的に重要な湿地に指定されている。遊水地の中心部分(A点)、遊水地周辺(B点)は国土交通省、遊水地の公園部分(C点)は栃木市の許可を得て2023年7月7日から2023年8月6日まで環境のWBGTを計測した。渡良瀬遊水地から3km程の大学キャンパス内の芝生上(D点)、駐車場(E点)でも計測を行った(図3)。各地点では、日向と日陰の2カ所でWBGT計(WBGT301(京都電子))を三脚に固定し地上1.5mの高さで1分間隔で計測した。そして、最寄りの気象庁気象観測点の古河市の観測データと比較した。渡良瀬遊水地の水温は、国土交通省が計測したデータを用いた。



図3. 観測地点と気象台観測点

2. 統計処理

各地点の計測データ間の有意差は対応のあるt検定(Microsoft Excel)を用い $p < 0.05$ を統計学的有意とした。

(倫理面への配慮)

本研究は、国土交通省と栃木市の許可を得て環境計測を行った結果得られたデータと一般に公開してあるデータを用いて分析しているため研究倫理への配慮は必要ない。

C. 研究結果

1. 各観測点における日向のWBGTと古河の比較

最も暑い期間である2023年7月21日～8月6日までの1時間ごとの日向のWBGT平均値を図4に示す。13時から15時にかけて最もWBGT値は高く、14時の時点の平均WBGTは遊水地中心で29.5、周辺部で29.1、公園で29.1、キャンパス芝生上で29.4、駐車場で29.1を記録した。いずれも最寄りの古河の気象観測値30.5を有意に下回った。一日のうちで日の出前の4時頃が最もWBGTが低く、遊水地中心と駐車場

で有意に古河の観測点より高く、公園及びキャンパス内芝生では有意に低かった。

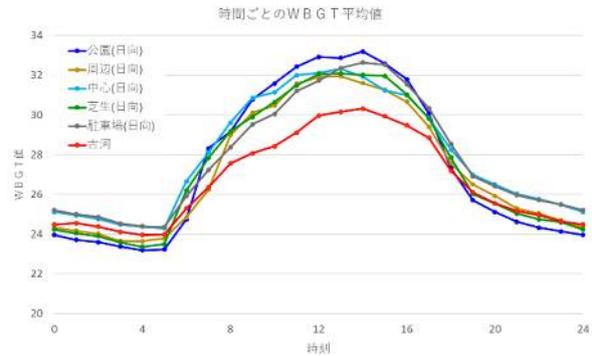


図4. 日向の計測点と古河の気象観測点の値

2. 各観測点における日陰のWBGTと古河の比較

2023年7月21日～8月6日までの1時間ごとの日陰のWBGT平均値を図5に示す。13時から15時にかけて最もWBGT値は高く、14時のWBGT平均値は遊水地中心で29.5、周辺部で29.1、公園で29.1、キャンパス芝生上で29.4、駐車場で29.1を記録した。いずれも最寄りの古河の気象観測値30.5を有意に下回った。一日のうちで日の出前の4時頃が最もWBGTが低く、遊水地中心と駐車場

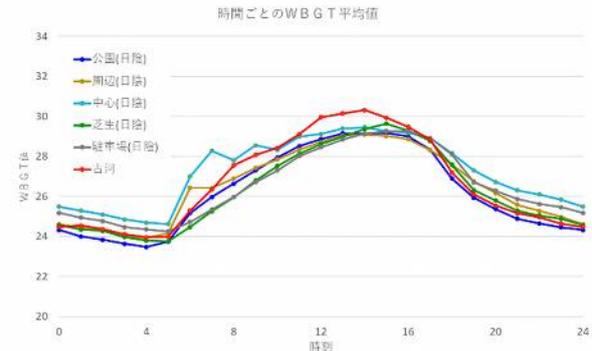


図5. 日陰の計測点と古河の気象観測点の値

3. 遊水地各観測点における気温と水温と比較

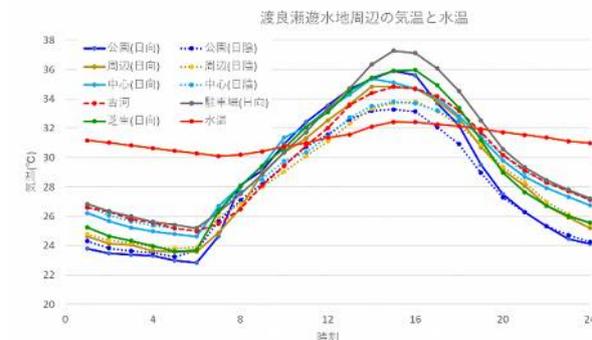


図6. 各観測点の平均気温と遊水地の平均水温

2023年7月21日～8月6日までの1時間ごとの平均気温と遊水地の水温を示す(図6)。気温は14時ごろが最も高く、日向の駐車場37.3℃、キャンパス内芝生上35.9℃、公園35.9℃、遊水地中心35.1℃、遊水地周辺34.8℃、水温32.4℃だった。遊水地中

心と周辺では気象観測所と有意差がなかった。日陰では駐車場34.6℃、キャンパス芝生35.2℃、公園33.3℃、遊水地中心33.8℃、周辺33.7℃だった。午前4時頃が最も気温が低く、昼間日向の位置では駐車場25.4℃、キャンパス芝生上23.6℃、公園23.0℃、遊水地中心24.6℃、周辺23.6℃、水温30.3℃だった。遊水地中心の日陰以外は気象観測点よりも有意に気温が低かった。

4. 各地点の黒球温度の比較

14時における最寄りの気象観測地点の黒球温度は、日向の公園より有意に低かったが、そのほかは有意差がなかった。午前4時には、古河の黒球温度は遊水地中心の日陰と駐車場の日向を除いて有意に他の地点より高くなった(図7)。

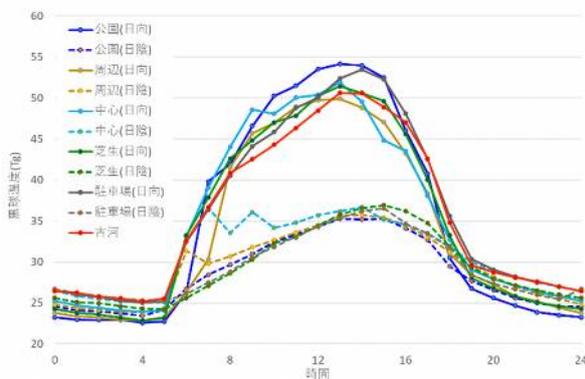


図7. 各地点の日向と日陰及び古河の黒球温度

D. 考察

本研究で、内陸の湖沼が周辺の温熱環境に及ぼす影響を調べるため日本で有数の湿地である渡良瀬遊水地で調査を行った。計測されたデータは最も近い気象観測地点のデータや遊水地の水温のデータと比較した。

1. 日向のデータと最寄りの気象観測地点のデータの比較

14時では、公園、駐車場、キャンパス芝生、遊水地中心部、周辺部の順に平均WBGTが高かった。大学内の駐車場の地面はコンクリートなので、地面が熱を持ち輻射熱も大きくなるため、平均WBGTが高くなることは予想される。公園でWBGTが高かったのは、計測器の直下は芝生であったが計測器前が砂利道だったことの影響が考えられる。

14時におけるWBGTが遊水地の周辺部や中心部で他の計測値地点よりも低かったのは、地面が芝生であることと遊水地の水温が気温と比べて低いことの影響が考えられる。

日中最も気温が高い14時頃は、遊水地中央や周辺のWBGTは古河より有意に高かったが、気温及び黒球温度に関しては有意差がなかった。WBGTを構成している気温や放射温度以外の要因は湿度と風速であるため、渡良瀬遊水地周辺では湿度が古河より高く、WBGTの有意差の要因ではないかと推測される。ただし、古河の観測点では湿度は計測されていないため、湿度の計測が必要である。

2. 日陰のデータと最寄りの気象観測地点のデータの比較

古河の気象観測点のWBGTは日陰の他の観測点よりも高かった。気象観測点では、日射がある環境で計測することになっているため日陰よりも高いWBGTが計測されている。

測定した日陰の場所は、木漏れ日がほとんどない樹木の真下だった。しかし、早朝には真横から日射が入るため日射の影響を受ける可能性がある。遊水地中心部や周辺の日陰では、早朝日向と同様の比較的高いWBGTが観測されたのはその影響だと思われる。

3. 遊水地の水温が暑熱環境に及ぼす影響

キャンパス内の駐車場で日中の平均気温が最も高かったのは、地面がコンクリートであるため温度が下がらず地面からの輻射熱が大きかったためと考えられる。最も気温が低い朝4時でも駐車場気温が高かったのは、地面が温まっていたと考えられる。

日の出前の遊水地中心部の気温は日向、日陰とも他の地点よりも高かった理由として遊水地の水温が平均で30.4℃と高かったことが考えられる。

遊水地の水温が夜間も高いため、遊水地周辺では夜間の気温高く維持されると考えられる。夜間に気温が下がらないと、睡眠不足となり熱中症の危険性が高くなることが予想される。

E. 結論

遊水地周辺では最寄りの気象観測点よりも昼間のWBGTが有意に高かった。夜間も遊水地の水温が高いことから気温が高かった。内陸の湖沼では熱中症の危険性が高くなることが予想される。

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
日本生気象学会発表予定

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし