

[資料]

「熱中症発症リスクの検討」 ～屋外駐車車両における暑さ指数(WBGT)の測定～

福 士 裕 紀 久保田 弘 子 村 山 志津子 三 田 禮 造
青森中央学院大学 看護学部

キーワード：熱中症、暑さ指数（WBGT）、屋外駐車車両

Key Words：Heat stroke, Wet-Bulb Globe Temperature(WBGT), Outdoor parked vehicle

要 旨

近年、日常生活における熱中症発生の増加が指摘されており、駐車車両内への子供の置き去りが原因となり熱中症を発症し、死亡したという事例が発生している。熱中症の予防に関しては「暑さ指数（WBGT）」の有用性が示されており、本研究では「暑さ指数（WBGT）」を用いて、屋外駐車車両における熱中症の発症リスクを検討することを目的とした。方法として、屋外駐車車両内外の暑さ指数（WBGT）を測定し、比較した。また、エアコン停止から30分間の車内における暑さ指数（WBGT）を測定し、変動を観察した。結果、屋外の暑さ指数（WBGT）と比較し、屋外駐車車両内における暑さ指数（WBGT）が高値となり、「危険」の基準値を大きく上回る数値となった。エアコン停止後からの測定では、暑さ指数（WBGT）は2分後より上昇がみられ、6分後には「危険」レベルとなった。屋外駐車車両は暑さ指数（WBGT）が上昇しやすく、熱中症発症リスクが高いことが示唆された。

Abstract

In recent years there has been a marked increase in outbreaks of heat stroke in daily life. One such cause of heat stroke has been linked to leaving children in outdoor parked vehicles. Many of these instances of heat stroke have resulted in death.

The WBGT "heat index" has been shown to be useful in the prevention of heat stroke.

In this study we use the WBGT heat index to examine the onset risk of heat stroke in outdoor parked vehicles. Our method was to measure the heat index of the air inside and outside the outdoor parked vehicle and compare the difference. In addition, we measured the heat index of the air inside of the car for up to 30 minutes after shutting off the air conditioner and compared the change in temperature.

We found that the WBGT index of the inside of the car was significantly higher than that of the fresh air outside, and was in the high end the danger zone. When we measured the WBGT index of the inside of the car after shutting off the air conditioner,

we measured a difference in temperature after just two minutes, and after six minutes the temperature had entered the danger zone.

In conclusion, it was found that the temperature inside the car was quick to increase, and that the onset risk of heat stroke was high.

I. はじめに

近年、ヒートアイランド現象や地球温暖化の影響により、日常生活における熱中症の発生の増加が指摘されている¹⁾。例年、6月～9月にかけて熱中症患者が増加する時期である。全国における熱中症による死亡者数は、平成25年6～9月では1036人、平成26年6～9月では489人である²⁾。また、熱中症による救急搬送人員数の累計は、平成27年5月～9月では55,852人である³⁾。駐車車両内への子供の置き去りが原因となり熱中症を発症し、結果死亡したという事例も発生している。2016年7月では、2歳児を保育園に預けるのを忘れ、車内に8時間放置し、死亡するという事故が発生している⁴⁾。車内へ放置する事例は多く、全日本遊技事業協同組合連合会によると、平成27年度子ども事故未然防止事案報告は38件あり、被害児童は47人であると報告している⁵⁾。JAFによるアンケート調査では、28.2%が「子どもを車内に残したまま車を離れたことがある」といった結果が得られたことが報告されている⁶⁾。また、2014年7月1日～8月31日の2ヶ月間、JAFが出動した「キー閉じ込み」の救援のうち、子どもが車内に残されたままであったケースは全国で438件あったとの報告もされている⁷⁾。しかし、屋外駐車車両内における車内環境について調査されたものはあまり見られない。本研究では、「暑さ指数(WBGT)」を用いて、屋外駐車車両における熱中症の発症リスクを検討することを目的とした。

II. 方法

1. WBGT(湿球黒球温度)の算出方法
 - 1) 屋外： $WBGT=0.7 \times \text{湿球温度 (RH)} + 0.2 \times \text{黒球温度(TG)} + 0.1 \times \text{乾球温度(TA)}$
 - 2) 屋内： $WBGT=0.7 \times \text{湿球温度 (RH)} + 0.3 \times \text{黒球温度(TG)}$
2. WBGT(暑さ指数)判定基準
日本気象学会「日常生活における熱中症予

防指針」Ver.3⁸⁾によった(表1)。

測定 1

1. 測定期間：平成28年5月26日～6月30日
2. 測定環境および測定項目
スーパーやコンビニ等の駐車場に駐車中の車両を想定し、樹木や塀等の無いコンクリートにて舗装された駐車場の外気のWBGTおよび、その場に駐車した車両内のWBGTを測定した(図1)。車内の測定機器はダッシュボード上に設置した。屋外における測定に関しては、ダッシュボードと同様の高さとなるよう、地上から1100mmとした。
3. 測定時間：10時、12時、14時
4. 測定機器
 - 1) 屋外測定：熱中症暑さ指数SK-150GT(佐藤計量機製作所)を使用した(図2)。所在地の暑さ指数(WBGT)を環境省熱中症予防情報サイト⁹⁾より入手し、使用した。
 - 2) 屋外駐車車両内測定：
継続的な測定が可能である、熱中症指数計WBGT-213B(KEM)を使用した(図3)。
 - 3) 測定機器の違いが測定結果へ影響をすることがないことを確認した。
5. 得られた測定データの処理にはSPSS 22.0を用いた。

測定 2

1. 測定期間：平成28年8月12日～8月13日
2. 測定環境
車両駐車時にエンジンを停止した場合を想定し、車内WBGTの変化を測定した。測定場所は測定1と同様とした。
3. 測定時間：12時00分～12時30分
4. 測定方法
エアコンを作動させていた車両内にて、エアコン停止からの暑さ指数(WBGT)の推移を測定した。

測定項目、測定機器、暑さ指数（WBGT）の判定基準、データ処理に関しては、測定 1 と同様とした。屋外における暑さ指数

（WBGT）と温度（TA）の測定に関しては、ダッシュボードと同様の高さとなるよう、地上から 1100mmとした。



図 1 測定に使用した車両
測定機器の設置はダッシュボード上とした。



図 2 熱中症暑さ指数 SK-150GT
（佐藤計量機製作所）



図 3 熱中症指数計
WBGT-213B（KEM）

表1.日常生活における熱中症予防指針

温度基準 WBGT	注意すべき 生活活動の目安	注意事項
危険 31度以上	すべての生活活動 でおこる危険性	高齢者においては安静状態でも発生する危険性が大きい。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
厳重警戒 28～31℃		外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。
警戒 25～28℃	中等度以上の生活活動で起こる危険性	運動や激しい作業をする際は定期的に十分に休息を取り入れる。
注意 25℃未満	強い生活活動で起こる危険性	一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。

日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針」Ver.3

III. 結果

1. 分析対象

1) 測定1

5月26日～6月30日（計測器設定のため、5月30日は除く）の測定にて得られた35日間のデータを図4～7に示した。

2) 測定2

平成28年8月12日の測定にて得られたデータを図8～9に示した。

2. 暑さ指数(WBGT)の比較

測定1の期間中のWBGTにおける外気の平均値は19.5℃であった。最高値は26.9℃

であり、「日常生活における熱中症予防指針」⁸⁾に基づいた判定を行った場合、「警戒」レベルに相当した。一方、屋外駐車車両内での平均値は33.6℃であり、最高値は45.5℃であった。同様の判定基準を用いて判定を行うと、「危険」レベルとなる(図4)。天候が晴れ又は曇りの日における屋外駐車車両内の暑さ指数(WBGT)は、「警戒」～「危険」レベルに相当した。また、天候が雨の日における屋外駐車車両内の暑さ指数(WBGT)は、「嚴重警戒」～「注意」レベルに相当することが多かった。

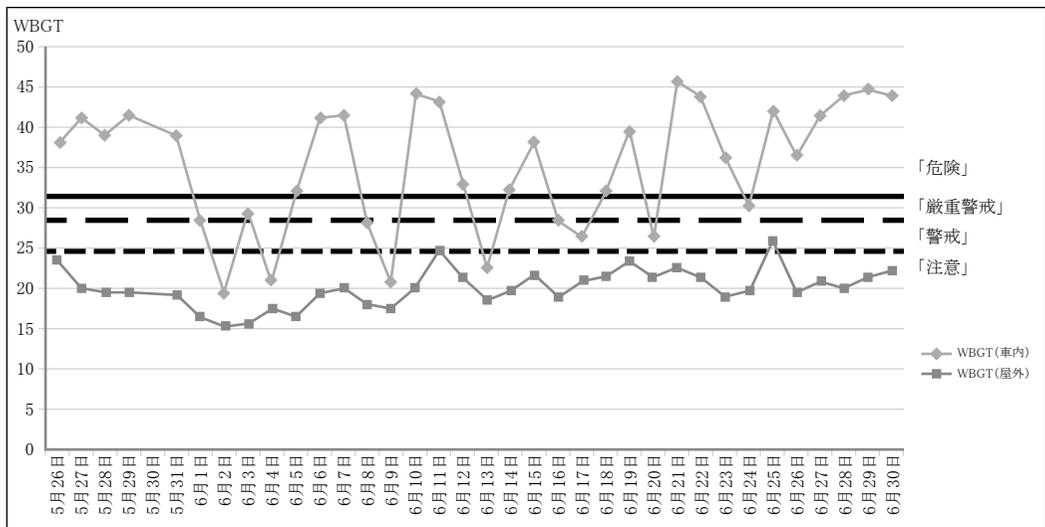


図4.暑さ指数(WBGT)の比較

図4は測定期間内における暑さ指数(WBGT)の推移を比較したものである。

3. 乾球温度(TA)の比較

外気の平均値は19.8℃であり、最高値は27.4℃であった。一方、屋外駐車車両内で

の平均値は45.7℃であり、最高値は67.3℃であった(図5)。

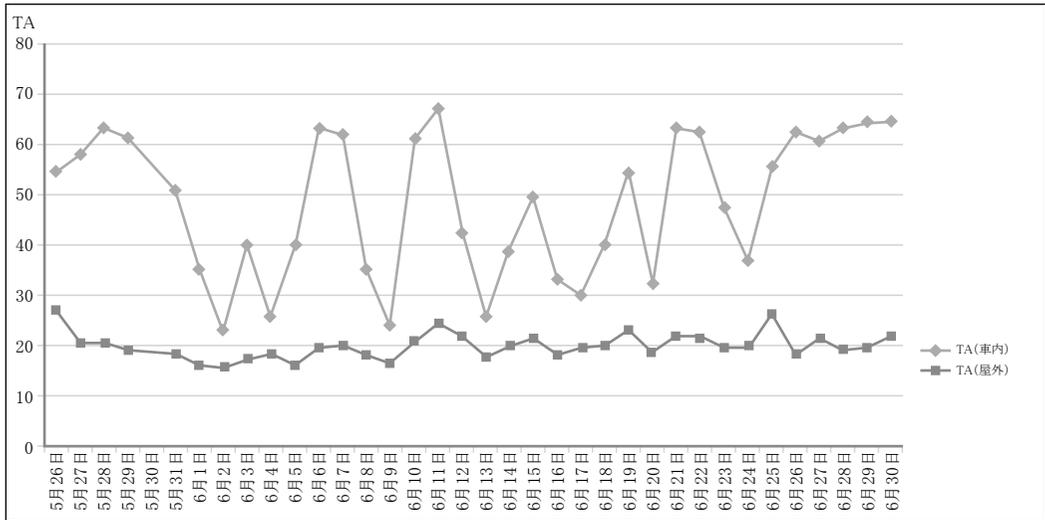


図5.温度(TA)の比較

図 5 は測定期間内における温度 (TA) の推移を比較したものである。

4. 黒球温度 (TG) の比較

外気
の平均値は 30.8°C であり、最高値は 45.1°C であった。一方、屋外駐車車両内で

の平均値は 50.4°C であり、最高値は 74.9°C であった (図 6)。

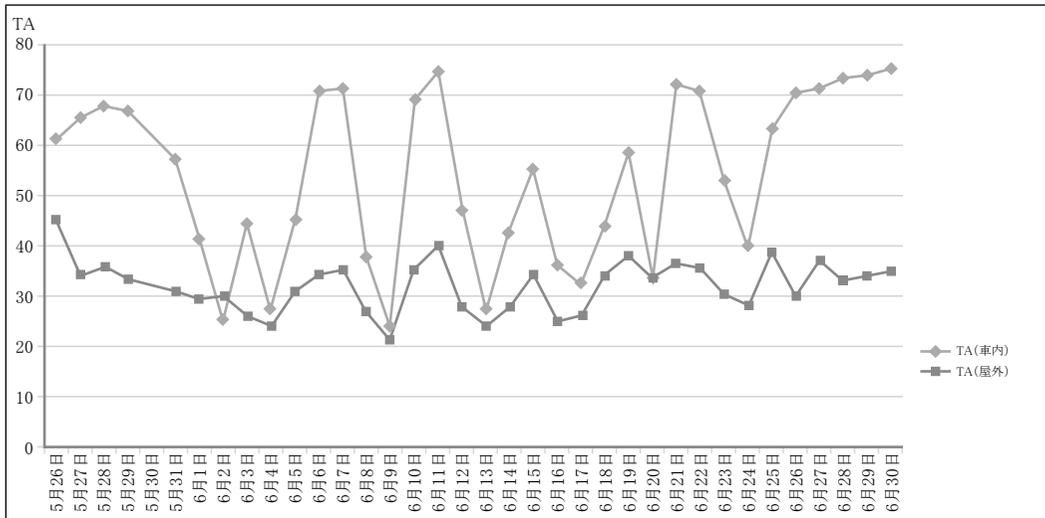


図6.黒球温度(TG)の比較

図 6 は測定期間内における黒球温度 (TG) の推移を比較したものである。

5. 湿度 (RH) の比較

5月26日~6月3日迄の8日間の測定データにて比較した。外気の平均値は43.2%

であり、最高値は71.1%であった。一方、屋外駐車車両内での平均値は26.5%であり、最高値は62.5%であった(図7)。

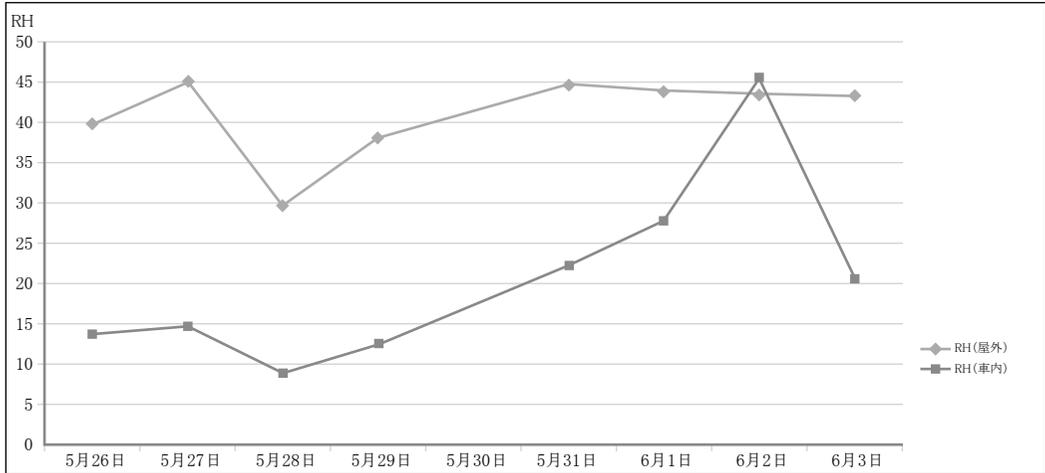


図7.湿度(RH)の比較

図7は測定期間内における湿度 (RH) の推移を比較したものである。

6. エアコン停止後の暑さ指数 (WBGT) の推移

測定開始時の WBGT (屋外) は 29.6℃、エアコン作動時の WBGT (車内) は 26.7℃であった。エアコン停止後、2分後より WBGT は上昇し、エアコン停止から6分後

では、車内の WBGT が 31.2℃まで上昇し、「危険」レベルとなった(図8)。エアコン停止から30分後では、34.8℃まで上昇がみられた。

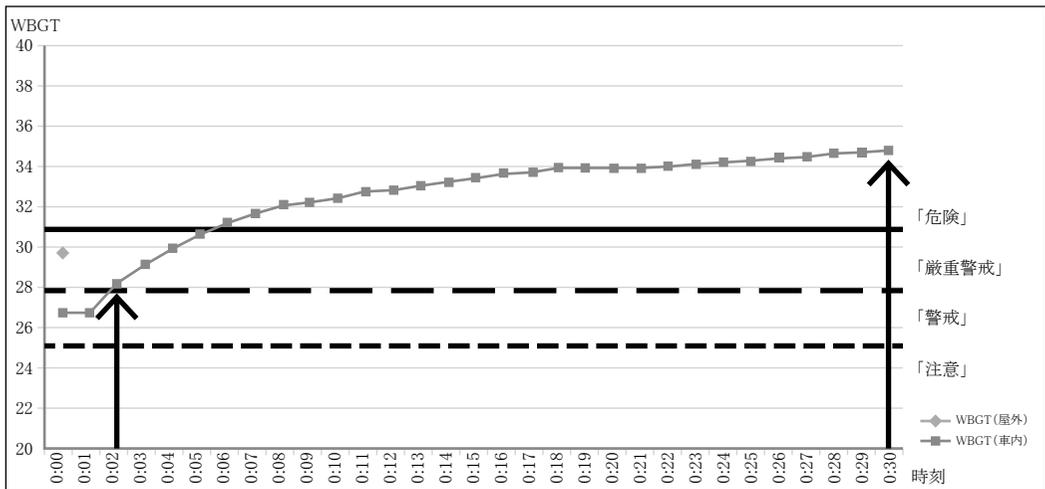


図8.エアコン停止後の暑さ指数(WBGT)の推移(8月12日)

図 8 は屋外駐車車両内における、エアコン停止後の暑さ指数 (WBGT) の推移を比較したものである。矢印は、温度が上昇し始めた時間と最高値を示した場所である。

7. エアコン停止後の暑さ指数 (WBGT) の推移
測定開始時の TA (屋外) は 31.8℃、エアコン作動時の TA (車内) は 34.7℃であった。エアコン停止後 1 分後より TA の上昇がみら

れた。エアコン停止から 4 分後では、車内の TA が 41.6℃まで上昇がみられた。エアコン停止から 30 分後では、50℃まで上昇がみられた (図 9)。

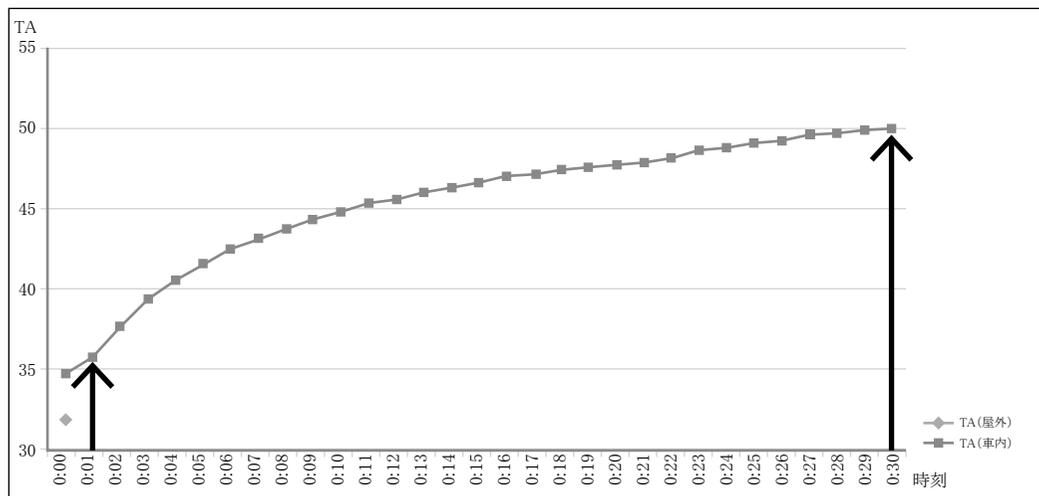


図9.エアコン停止後の乾球温度(TA)の推移(8月12日)

図 9 は屋外駐車車両内における、エアコン停止後の乾球温度 (TA) の推移を比較したものである。矢印は、温度が上昇し始めた時間と最高値を示した場所である。

IV. 考察

三宅ら¹⁰⁾は、車内における熱中症が 2 例あったと報告しているが詳細については記載されていない。先行研究より、屋外駐車車両における車内環境を調査することの必要性が考えられた。環境省によると、「暑さ指数 (WBGT) は、労働環境や運動環境の指針として有効である」と示されている⁹⁾。また、日本体育協会では、「環境条件の評価には WBGT が望ましい」と示している¹¹⁾。

屋外における暑さ指数 (WBGT) が「注意」レベルであっても、屋外駐車車両内における暑

さ指数 (WBGT) は「警戒」～「危険」レベルに相当する日が多くみられ、屋外駐車車両内は熱中症発症リスクが高いことが示唆された。このことから、屋外における暑さ指数 (WBGT) が低い日であっても、屋外駐車車両内における暑さ指数 (WBGT) が高くなることが示され、注意を要すると考える。

天候による暑さ指数 (WBGT) の違いをみると、天候が晴れ又は曇りの日における屋外駐車車両内の暑さ指数 (WBGT) は「警戒」～「危険」レベルに相当することが多く見られた。また、天候が雨の日における屋外駐車車両内の暑さ指

数(WBGT)は「嚴重警戒」～「注意」レベルに相当することが多く見られた。このことから、天候が曇り又は雨の日においても熱中症を発症する可能性があり、注意を要すると考える。

エアコン停止後における暑さ指数(WBGT)、乾球温度(TA)の推移を検証した結果、暑さ指数(WBGT)ではエアコン停止から数分後には「危険」レベルまで上昇がみられた(図8)。また、乾球温度(TA)ではエアコン停止から数分後には温度の上昇がみられた(図9)。本研究にて得られた測定結果に加え、日本自動車連盟(以下JAF)による調査では、エアコン停止からわずか15分で、熱中症指数が危険レベルに達したと報告されている¹²⁾。屋外駐車車両内は熱中症を発症しやすい環境であり、車内へ滞在する際には注意が必要である。また、時間の長短に関わらず車内へ小児や高齢者を放置することは、熱中症発症リスクが高め、危険であると考えられる。

屋外駐車車両内では、太陽光による輻射熱により車内温度が上昇したと考えられ、車体が金属であることや、車内色が黒であることも温度が上昇しやすい要因と考えられる。気象条件によっては、車両内は温室効果により身体よりも外気温が高くなることが予測される。外気温が身体よりも高いため、熱は放射によっては失われず、皮膚表面からの汗の蒸発により過剰の熱が除去されるのみである¹³⁾。そのため、体温が上昇しやすく、熱中症を発症しやすい環境と考えられる。特に乳幼児や小児は体温調節機能が未発達であり、高齢者は加齢に伴い、体温調節機能が低下するため大変危険であるとされている¹⁴⁻¹⁵⁾ため注意が必要と考える。

湿度(RH)における比較では、屋外駐車車両内の測定値が低い結果となった。測定車両は窓を閉め切っていた為、絶対湿度の変化は考えにくく、車内温度が上昇したことで相対湿度が低下したと考える。

今回の測定にて得られたデータからも推測されるが、屋外駐車車両内では熱中症を発症

するリスクが高く、危険であることが明らかとなった。対策として窓開けやサンシェードを使用する方法もあるが、効果に関しては不十分と考えられる。JAFによる調査では、サンシェード対策や窓開け対策をしていても温度抑制効果は低く、人や動物が耐えられない温度となり、車内温度の上昇を防ぐことはできない¹¹⁾とされている。また、車内温度の低下や温度上昇抑制を目的として、エアコンを使用することが多いと考えられるが、問題点が存在する。JAFによる調査では、エアコン作動車では、温度の上昇は防げるが、エンジンをかけたままだと、誤操作で車が動いたり、燃料切れでエンジンが止まってしまう可能性がある¹¹⁾という報告がされている。また、外気温が30.4℃の際にエアコンを使用していても、2時間後には車内温度が37.6℃まで上昇していたという報告もされている¹⁶⁾ことから、可能な限り車内へ滞在することは避ける必要があると考えられる。車内での滞在が必要な際には、車内環境の調整と共に、衣服の調節や水分補給等脱水の予防にも努めていく必要がある¹⁷⁾。

例年、熱中症による死亡事故は発生していることから、熱中症予防に関する適切な対策が実施されていない状況であり、熱中症に関する情報提供が必要であると考えられる。現在では、環境省、消防庁、日本気象協会、厚生労働省、JAF等のホームページ内にて熱中症に関する情報提供がされており、専門的な知識がなくとも理解出来るような工夫がされている。登内ら¹⁸⁾は熱中症予防情報サイトの利用を勧めている。日本生気象学会では、WBGTによる環境チェックが重要であると述べており⁸⁾、三田ら¹⁹⁾は、熱中症予防にはWBGTを測定し、温熱環境を適正に管理することが有用であると述べている。また、星ら²⁰⁾は熱中症発生に対する指標としてWBGTの有意性を認めている。熱中症予防の指標として暑さ指数(WBGT)を測定し、様々な

社会資源を活用しながら熱中症に関する注意喚起をすることで、熱中症による事故の予防に寄与できると考える。

車両の大きさや車体色、駐車場の環境（アスファルト、芝、砂利、樹木や塀等の遮蔽物の有無等）、測定車両の環境（窓を開けることやサンシェードの使用の有無）による車内環境の相違による変化についても興味を持たれるところである。

V. 結論

樹木や塀等の無いコンクリートにて舗装された駐車場の屋外駐車車両内における暑さ指数(WBGT)は、屋外の暑さ指数(WBGT)と比較し、高くなることが示された。特に晴れ又は曇りの日における屋外駐車車両内の暑さ指数(WBGT)

は「警戒」～「危険」レベルに相当することが多く見られ、熱中症発症リスクが高いことが示唆された。窓開けやサンシェード、エアコンを使用する方法もあるが対策としては不十分であるため、注意を要する。また、乳幼児や小児は体温調節機能が未発達であり、高齢者は加齢に伴い体温調節機能が低下することから熱中症を発症しやすいと考えられるため、車内へ滞在させることは大変危険である。

熱中症に関する知識の周知を促すツールとして、環境省の熱中症予防情報サイト等の活用が有用である。本研究にて得られたデータは僅かであるが、各種指導の場において活用できるものとする。

なお、本研究の一部は第65回東北公衆衛生学会にて発表した。

VI. 引用・参考文献

- 1) 環境省環境保健部環境安全課：熱中症環境保健マニュアル2014, 環境省, 2014, p10-12
- 2) 厚生労働省大臣官房統計情報部：人口動態統計月報(概数), 厚生労働省, 2016.2, p36
- 3) 消防庁救急企画室：平成27年の熱中症による救急搬送状況, 総務省消防庁, 2015.10.16
- 4) 産経ニュース：【衝撃事件の核心】2歳児を保育園に預け忘れ、車内に8時間放置して死なす「仕事のことを考えていた」と言うけれど…
入手先<<http://www.sankei.com/affairs/print/160807/afr1608070003-c.html>>, (参照 2016.8.8)
- 5) 全日本遊技事業協同組合連合会：平成27年度 子ども事故未然防止事案報告
入手先<<http://www.zennichiyuren.or.jp/assets/files/2016/04/child26.pdf>> (参照 2016.7.1)
- 6) 一般社団法人日本自動車連盟(JAF)：JAFアンケート調査, (online),
入手先<http://www.jaf.or.jp/eco-safety/safety/environment/enq/2011_01.htm>, (参照 2016.7.1)
- 7) 一般社団法人日本自動車連盟(JAF)：JAFニュース, (online),
入手先<http://www.jaf.or.jp/profile/news/file/2015_16.htm>, (参照 2016.7.1)
- 8) 日本生気象学会：「日常生活における熱中症予防指針」Ver.3 確定版
入手先<<http://seikishou.jp/>>, (参照 2016.7.1)
- 9) 環境省：熱中症予防情報サイト, 入手先<<http://www.wbgt.env.go.jp/>>, (参照 2016.7.1)
- 10) 三宅康史他：本邦における熱中症の実態－Heatstroke STUDY2008 最終報告－, 日救急医学会誌, 21, 2010, p230-244
- 11) 川原貴他：スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, 公益財団法人日本体育協会, 2013
- 12) 一般社団法人日本自動車連盟(JAF)：JAFユーザーテスト, (online),
入手先<<http://www.jaf.or.jp/eco-safety/safety/usertest/temperature/detail2.htm>>, (参照

2016.7.1)

- 13) エレイン N. マリーブ：人間の構造と機能（第2版），（訳）林正健二他，医学書院，2005.3.1, p440
- 14) 環境省：熱中症予防 声かけプロジェクト 子ども（保護者）への声かけ
入手先 <<http://www.hitosuzumi.jp/child>>, (参照 2016.8.8)
- 15) 環境省：熱中症予防 声かけプロジェクト お年寄りへの声かけ
入手先 <<http://www.hitosuzumi.jp/elderly>>, (参照 2016.8.8)
- 16) 一般社団法人日本自動車連盟（JAF）：JAF ユーザーテスト，（online），
入手先 <http://www.jaf.or.jp/data/06usertest/index_b.htm>, (参照 2016.8.8)
- 17) 環境省：熱中症対策リーフレット
入手先 <<http://www.fdma.go.jp/html/data/tuchi2705/pdf/270501-1.pdf>>, (参照 2016.7.1)
- 18) 登内道彦他：熱中症予防情報サイトの利用方法, Geriatric Medicine, 46 (6), 2008.06, p607-612
- 19) 三田禮造他：暑さ指数（WBGT）による温度管理環境—老人・医療施設において—,
青森中央短期大学研究紀要, 27, 2014, p127-133
- 20) 星秋夫他：東京都と千葉市における熱中症発生の特徴, 日生氣誌, 44 (1), 2007, p3-11
- 21) 公益財団法人日本体育協会：スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, 2015
入手先 <<http://www.japan-sports.or.jp/publish/tabid/776/Default.aspx#guide01>> (参照 2016.7.1)
- 22) 日本気象協会：熱中症ゼロへ, 入手先 <<http://www.netsuzero.jp/learning>>, (参照 2016.8.8)
- 23) 星秋夫, 稲葉裕：人口動態統計を利用した発生場所からみた暑熱障害の死亡率, 日生氣誌, 39 (1,2), 2002, p37-46
- 24) 窪山泉他：20歳未満の熱中症—東京都における救急搬送からみた特徴—,
国土館大学体育・スポーツ科学研究, 7, 2007.03, p61-64
- 25) 三宅康史：熱中症：発症メカニズムと最新の治療, ICU と CCU, 38 (7), 2014.07, p441-451
- 26) 渡辺俊樹：体温調節機構（総説）, ICU と CCU, 38 (7), 2014.07, p433-439
- 27) 菅屋潤壹, 小川徳雄：体温調節の限界—暑熱耐性に影響する要因について—, 発汗学, 18, 2011.07, p19-25
- 28) 飛田国人他：オンラインコミュニティへの質問投稿者が有する熱中症への関心,
日生氣誌, 52 (2), 2015, p105-117
- 29) 齊藤宏一他：夏季屋外環境における簡易型を含む市販 WBGT 測定器等の測定精度に関する検討,
労働安全衛生研究, 8 (1), 2015, p41-48
- 30) 持田徹他：WBGT 指標の科学, 日生氣誌, 48 (4), 2011, p103-110
- 31) 大橋唯太他：都市域のさまざまな活動空間での WBGT の比較, 日生氣誌, 46 (2), 2009, p59-68

（青森中央学院大学 看護学部 助手 ふくし ゆうき）
（青森中央学院大学 看護学部 助手 くぼた ひろこ）
（青森中央学院大学 看護学部 准教授 むらやま しづこ）
（青森中央学院大学 看護学部 教授 みた れいぞう）