

I 研究の概要

I-1 研究テーマおよび研究期間

研究テーマ：

甲府盆地地域の夏季暑熱環境の実態とヒートアイランド現象の緩和要因についての研究

研究期間：

平成 22 年度 ～ 26 年度（5 年間）

I-2 研究体制

研究代表者：宇野 忠（環境共生研究部）

共同研究者：赤塚 慎（環境共生研究部）

池口 仁（環境共生研究部）

杉田 幹夫（自然環境研究部）

十二村 佳樹（岐阜大学地域科学部）

I-3 研究背景と目的

近年、温室効果ガス濃度の上昇にともなう地球規模での温暖化（地球温暖化）によってもたらされる気温の上昇が懸念されている。1906 年～2005 年の世界の気温上昇幅は、IPCC 第 4 次評価報告書によると 0.74℃/100 年であり、第 3 次評価報告書での 0.6℃/100 年より大きいことが報告されている。山梨県甲府では 1.7℃/100 年の気温上昇幅であり、日本全体の 1.0℃/100 年と比較して高く、東京や大阪などの大都市でのおよそ 3.0℃/100 年より低い。各地域における気温上昇傾向の違いには、様々な要因が関係しており、そのひとつである都市化に伴う温暖化の影響をふまえた対策が求められている。山梨県は本州のほぼ中央の内陸部に位置し、太平洋側気候区分に分類され気候型として内陸性気候である。内陸性気候は気温の日較差、年較差が大きい特徴があるが、人口の多くが集中している甲府盆地地域と周りを囲む山岳地域では標高差による気温の差も大きく、生活において厳しい温熱環境にさらされる。特に、甲府盆地地域は、2004 年に甲府気象観測所で日最高気温 40.4℃が記録されたように、全国的にみても酷暑環境が形成されやすく様々な問題をもたらしている。

このような酷暑となる高温環境がもたらす問題のひとつに「熱中症」があげられる。熱中症はからだの中に熱が蓄積し体温が上昇することに伴い頭痛や吐き気、めまい、ケイレンが引き起こされる症状であり、重度の症状となると意識障害、中枢神経障害、体温調節機能の消失を経て死亡に至る危険がある。山梨県における熱中症の発生については、1995 年より熱中症症状で救急搬送された患者の情報が集計されており、2003 年までは 45.1 人/年であったが、猛暑だった 2004 年（平成 16 年）に 127 人と倍増し、2009 年まで 116.7 人/年で推移している（図 1）。これまで猛暑であった年に熱中

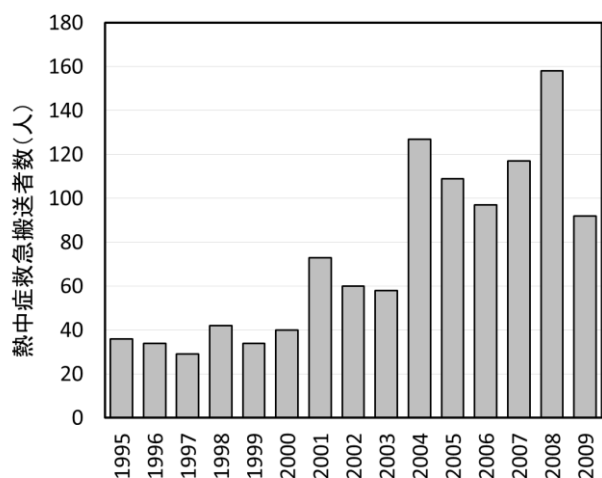


図 1. 1995～2009 年の山梨県における熱中症救急搬送者数の推移

症救急搬送者が増えていることから、今後温暖化が進行し夏季の気温が上昇する場合に熱中症発生のさらなる増加が懸念される。

熱中症の発生を予防するためには発生時の状況や原因を明らかとし対策することが望まれる。そのため熱中症の発生傾向について各都道府県で日最高気温や日平均気温との関連や年齢階層別、行動別などでの発生状況の違いなどが報告されている。山梨県においても 1995 年より熱中症による救急搬送者の情報から発生傾向が見られているが、県内各地域によって気象環境の違いや年齢層、産業、行動に異なる特徴があることから熱中症の発生傾向が異なることが考えられる。熱中症の予防対策を推し進めるためには、地域に即した予防対策を実施することが効果的であり、そのためには県内各地域での熱中症発生における地域的特性を明らかとすることが必要である。そのため「サブテーマ 1：山梨県内の熱中症発生傾向の地域的特性の把握」を設け地域ごとの熱中症発生傾向の違いを明らかとし、地域に即した対策への取り組みに資する情報の提供を目的とした。また、近年全国的に熱中症の発生は増加傾向であり山梨県でも熱中症救急搬送者数に顕著な増加が見られる。急増する熱中症発生に対応するためには以前と比較し増加している熱中症の発生状況が何であるかを明らかとし、刻々と変化する社会情勢や生活環境に対応した対策に取り組むための知見が必要であり、そのために「サブテーマ 2：山梨県内の熱中症発生状況の解析」を設けた。

人口が集中する都市部では、都市化に伴う都市温熱環境の高温化である都市温暖化によって地球温暖化でもたらされる気温の上昇に加え、さらなる気温上昇が起こっている。この都市温暖化はヒートアイランド現象として都市部に島状の高温エリアを形成し様々な問題を生じさせている。我々は、プロジェクト研究「夏季の高温環境と心理的ストレスにおける健康影響と熱中症警報システムの構築についての研究」（平成 19～21 年度）による甲府盆地地域での実態調査から甲府盆地中心部に日中のヒートアイランド現象の発生を報告している（図 2）。熱中症の発生は日中に多いが近年夜間の熱中症発生の割合が上昇しており、近年の熱帯夜増加による睡眠障害が熱中症の発生に影響しているとの報告もある。しかし、夜間のヒートアイランド現象の緩和を目指した対策や提案は少なく検討は十分に行われていない。今後の夜間に形成されるヒートアイランド現象を緩和するためには夜間の甲府盆地における都市温熱環境の実態把握が必要であり「サブテーマ 3：夏季甲府盆地地域に形成される温熱環境の地域的特性の解明」を設け取り組んだ。

また、ヒートアイランド現象への対策として海や山に接して発達している都市が多いわが国では、海陸風や山谷風などの局地循環風を十分に考慮した土地利用計画や市街地形態の誘導などを取り入れた対策が有効であることが知られている。周囲を山岳に囲まれている盆地都市である山梨県においては市街地に隣接する山間部斜面からの冷気の滲み出しや流れである斜面冷気流を有効に活用し得る建物配置や土地の利用、被覆状態を考慮した都市設計につながる情報の蓄積が重要であると考えられる。そのために「サブテーマ 4：甲府盆地における山岳部からの冷気の滲み出しおよび斜面冷気流の夜間温熱環境改善への有効性の検討」により甲府盆地北側地域における斜面冷気流の実態把握を行った。

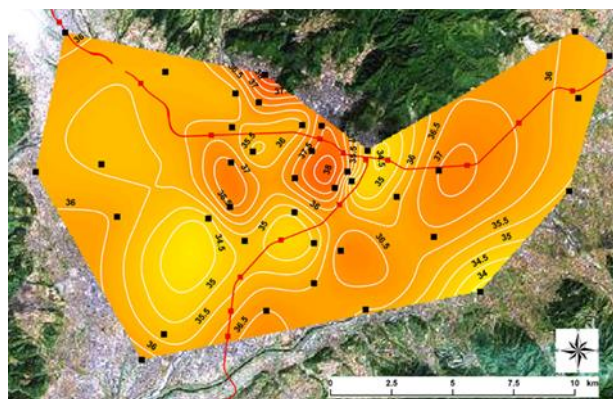


図 2. 猛暑日における都市環境気候図の例
(気温分布図、2008 年 8 月 8 日 14:00、
黒点は観測地点)

熱中症の発生に関連している要因として気温があげられる。日最高気温や日平均気温と熱中症救急搬送者数に関連があることが報告されている。これらのことから各地の気象台の気温に関する予報をもとにした熱中症への注意喚起がなされている。このような広域的にとらえた温熱環境をもとにした注意喚起は熱中症の予防に一定の効果があるが、近年急増している熱中症は発生傾向が変化し多様化してきており適切な対応を実施するためには、個々の置かれている環境に目を向けた狭域的なアプローチが必要と考えられる。そこで「サブテーマ 5：街路空間に形成される温熱環境の実態調査」を設けることにより近年熱中症のリスクにおける温熱環境の評価に用いられてきた WBGT (Wet-Bulb-Globe-Temperature) による街路空間に形成される温熱環境の把握を行った。WBGT は気温に加えて湿度と気流、輻射熱の 4 つの人体の熱収支に関わる温熱環境要因によって算出され、近年暑さ指数として用いられてきている。WBGT の導入は前述の気温のみによる注意喚起ではカバーしきれない熱中症の発生を防ぐために有効である。WBGT (暑さ指数) の運用は予測値として各気象観測地域レベルで算出し熱中症の注意喚起に用いられているが、WBGT 算出の要素である輻射熱および気流の影響は個々を取り巻く周囲の狭い環境によって大きく異なることが予想され、県や地方レベルの広域的な空間よりさらに狭域的なスケールである街区スケールにおいて対応することが必要であると考えられる。

以上のように本研究では、山梨県内の熱中症発生の予防、軽減のための対策に取り組む上で重要な知見を得ることを目的とし、これまでに行われてきた広域的な視点でのアプローチに加えて狭域的な視点、スケールで研究対象を取り上げた 5 つのサブテーマを設け実施した。

サブテーマ

1. 山梨県内の熱中症発生傾向の地域的特性の把握
2. 山梨県内の熱中症発生状況の解析
3. 夏季甲府盆地地域に形成される温熱環境の地域的特徴の解明
4. 甲府盆地における山岳部からの冷気の滲み出しおよび斜面冷気流の夜間温熱環境改善への有効性の検討
5. 街路空間に形成される温熱環境の実態調査

I-4 研究成果の概要

I-4-1 山梨県内の熱中症発生傾向の地域的特性の把握

山梨県における熱中症発生状況の地域的特性を明らかにすることで各地域における熱中症対策に資する情報の提供を目的とした。各消防本部の管轄地域と気象庁の気象予報区域を基に山梨県を6地域に区分し、2004年から2012年までの熱中症による救急搬送者データを利用し、人口10万人あたりの熱中症救急搬送者数から各地域における熱中症発生の実態把握を行った(図3、4)。その結果、全体では19歳以下の若い世代の運動中と65歳以上の高齢者の熱中症救急搬送者が多い傾向にあった。地域的な特性は以下の通りである。

- ・甲府地域では熱中症による救急搬送者の総数が県内の6地域の中で最も多く、人口10万人当りの熱中症搬送者数では19歳以下の若い世代における運動中の熱中症の発生が有意に多い。
- ・峡北地域は65歳以上の高齢者で熱中症の発生が有意に多い。
- ・峡東地域は人口10万人当りの熱中症搬送者数が県内の6地域の中で最も多く発生する。また、65歳以上の高齢者で熱中症の発生が有意に多く、屋内や日常生活行動中に熱中症を発症することが有意に多い。
- ・峡南地域では作業中に熱中症を発症した搬送者と40歳以上の熱中症搬送者が有意に多い。
- ・東部地域では人口10万人当りの熱中症搬送者数が県内の6地域の中で2番目に多い。
- ・富士五湖地域でも熱中症が発生し、19歳以下の若い世代において熱中症を発症することが多い。



図3. 山梨県内の6地域の解析区分

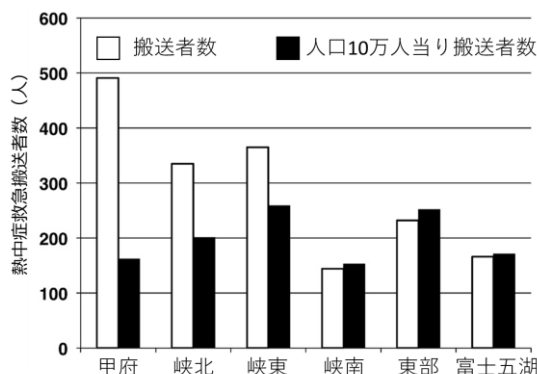


図4. 各地域における熱中症救急搬送者数および人口10万人当り搬送者数

このように、山梨県内での熱中症の発生状況に地域特有の傾向があることが明らかとなった。特に農業従事者が多い峡東地域とスポーツなどのアクティビティが盛んな富士五湖地域において特徴的な傾向が見られた。このことから気象条件の違いによる影響に加えて、主要産業などの地域ごとの特徴を考慮した熱中症対策が重要であると考えられる。また、地域ごとの日最高気温と最大日 WBGT から得た熱ストレス指数と熱中症発生率について非線形回帰分析を用いて解析を行った。その結果、すべての地域において相関が見られたが、熱中症予防のための適切な熱ストレス指数は地域によって異なっていた。したがって、熱中症発生率と熱ストレス指数との関係の地域特性を考慮して、地域ごとに熱中症対策のための温熱的基準を決定する必要があると考えられる。

I-4-2 山梨県内の熱中症発生状況の解析

山梨県内での熱中症による救急搬送状況の時系列的な変化の解析から近年の熱中症の発生状況の実態把握を目的とした。1995年から2014年における山梨県内での熱中症救急搬送者数の推移を図5に示す。それまで50人前後であった熱中症救急搬送者数は猛暑であった2004年におよそ倍増している。さらに猛暑の2010年を境に急激に増加し、それ以降も多くの熱中症救急搬送者が発生している。このような夏季に酷暑環境が形成される年に増加し、その後も同水準で推移する傾向は全国での熱中症救急搬送者数においても同様に見られる。温暖化や高齢化などの環境や社会の変化とともに変わりゆく熱中症の発生要因に適切に対応した予防対策を行うために近年の熱中症救急搬送者の増加がどのような要因によるものかを明らかとする必要がある。そこで、本研究では急増した2010年以降の5年間でそれ以前の2005年から2009年の5年間の熱中症救急搬送者の情報を比較することで近年の山梨県での熱中症発生増加の要因について検討した。その結果、2005～2009年(123±31人/年、14.0±3.5人/年/10万人)に対し2010～2014年(340±38人/年、39.9±4.4人/年/10万人)での熱中症救急搬送者数は人口変動を加味した10万人当りの搬送者数とともに有意に増加していることを確認した。熱中症救急搬送者が発生した日の日最高気温において、2005～2009年(33.86±3.04℃)に対し2010～2014年(34.81±3.05℃)で有意に高いことが認められ、これまでの報告と同様に日最高気温は熱中症発生に影響していることが示唆された。2005～2009年に対し2010～2014年にて有意に多くの熱中症救急搬送者数を示しているのは、性別において「女性」、年齢では「65～74歳」と「75歳以上」、発生時間帯では「18時～24時」と「0時～6時」、発生場所では「屋内」、行動では「日常生活」であることが明らかとなった。また、ロジスティクス回帰分析から2005～2009年に対し2010～2014年の熱中症搬送者増加に独立して影響を及ぼしている要因として性別(女性)、年齢(加齢)、日最高気温および発生時間帯(6時～12時に対する18時～24時)が抽出され、これらに当てはまる場合に熱中症への注意喚起を集中的に行うことでより効果的な予防となすことが考えられる。これまで屋外での作業や運動時を中心とした熱中症への注意喚起がなされてきたが、今後は屋内、日常生活といった普段の生活においても十分な熱中症予防の配慮が必要な状況へと変わってきていることが示唆された。さらに、夜間の熱中症の増加傾向は近年の熱帯夜日数の増加との関連も考えられ、これまでと異なる熱中症への予防意識を持つことが近年の熱中症発生を予防する上で重要であると考えられる。

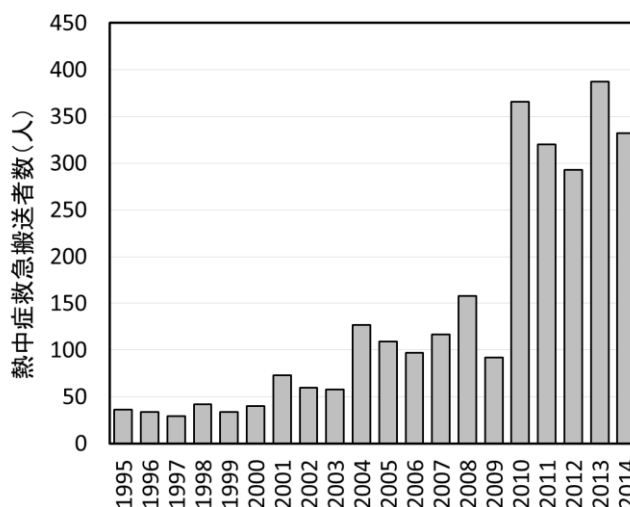


図5. 1995～2014年の山梨県における熱中症救急搬送者数の推移

I-4-3 夏季甲府盆地地域に形成される温熱環境の地域的特徴の解明

I-4-3-1 夜間甲府盆地地域に形成される温熱環境の実態把握

熱中症の発症要因のひとつとして気温が挙げられる。熱中症の発症は昼間が多く、日中に形成される高温環境との関連が多く報告されている。加えて、夜間の高温環境も中途覚醒による睡眠不足や睡眠の質の低下を招き、身体の疲労回復が妨げられ熱中症の発症に影響を及ぼすことが考えられる。近年、甲府において夜間の気温が上昇し 25℃以下に最低気温が下がらない熱帯夜日数が増加する傾向が見られる（図 6）。このような問題は都市部において顕著であり、都市温暖化により生じるヒートアイランド現象が日中の気温の上昇よりも夜間の気温低下の抑制に強く働くことに起因する。そこで、およそ 40 校の小学校の百葉箱への温湿度データロガーの設置

により得られた多点同時測定データを用いて、甲府盆地における夏季夜間の暑熱環境の実態を明らかにした。その結果、甲府地方気象台で記録された熱帯夜日数と本調査の測定地点で観測された平均熱帯夜日数に違いは見られなかったが、個別の熱帯夜日数では 2 倍以上となる観測地点が確認され、気象台発表より多くの熱帯夜日数となっているエリアがある可能性が示唆された。次に、夜間に降水現象が観測されなかった日の各時刻における平均気温分布図から甲府盆地中心部における朝方までの島状の高温域が見られ夜間甲府盆地でのヒートアイランド現象が確認された（図 7）。熱中症の発生への気温以外の要因の影響として気流があげられる。気流は体外に熱を放出する発汗の蒸発を促すため風速が高いと体内への熱の蓄積は抑制される。8 月の山梨県内の熱中症救急搬送者データと甲府地方気象台における気象要素（気温、湿度、風速）を用い熱中症発生への気象要素の関連を検討した。図 8 に示すように不快指数 75 以上、風速 3m/s 以下で熱中症搬送者が発生し、不快指数 80 を超えると、風速が 3m/s 以上であっても熱中症による搬送者が発生する傾向にあることが明らかとなった。

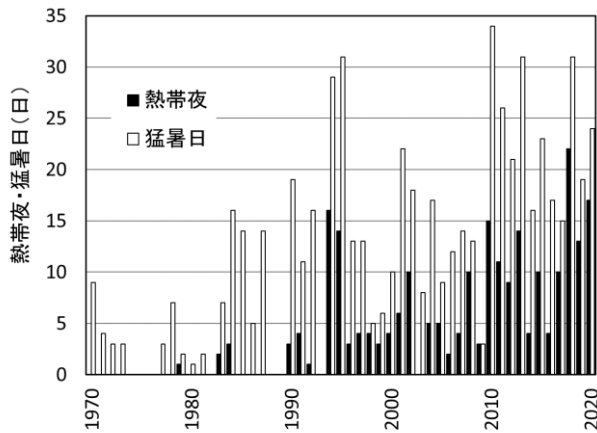


図 6. 1970 年以降における甲府地方気象台での熱帯夜・猛暑日の推移

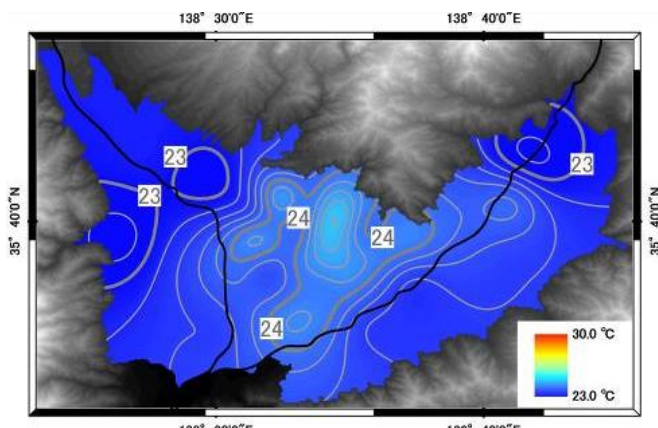


図 7. 甲府盆地地域の夜間の平均気温分布図（5：00）

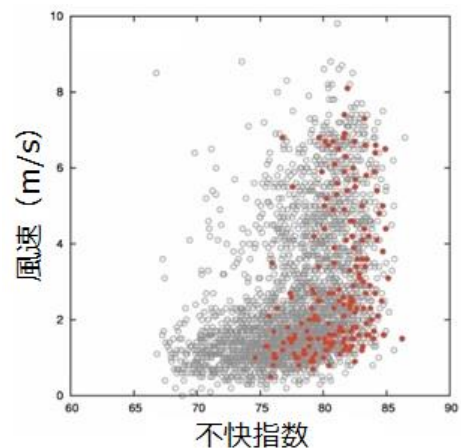


図 8. 8 月の不快指数と風速との関係（赤丸は熱中症による救急搬送者が発生した時刻の不快指数と風速）

I-4-3-2 甲府盆地地域に形成される温熱環境の地域的特徴の解明

風は都市内の熱を拡散するとともに、海上や山間部から冷気を運ぶ機能も有しており、ヒートアイランド現象の緩和に重要な要因である。地上付近の風の状況は主に気圧配置などによる気圧勾配によってもたらされるが、海や山、河川などの地形によって地域特有の特徴をあらわすことが多く温熱環境の形成に影響を及ぼしている。その他にも日中の太陽エネルギーの蓄熱に土地被覆状況が影響しており、特に人工被覆面は蓄熱量が多く熱帯夜の形成への働きが大きいことが考えられる。これらのことから、甲府盆地の温熱環境の地域的な特徴を風況と土地被覆状態から検討することを目的とした。

甲府盆地では、夏季晴天日には河川に沿った明確な風系が形成されていることが報告されている。甲府盆地内には主要な河川として釜無川、笛吹川、荒川の3つの河川が流れており、荒川は笛吹川へ合流し、さらに釜無川と笛吹川が盆地の南端で合流し富士川となり太平洋へと注いでいる。そこで本研究では、3つの河川を基に小学校百葉箱に設けた気温測定点を4つのグループに分け、衛星リモートセンシングデータから求めた土地被覆状態と暑熱環境の特徴の関係を検討した(図9)。その結果、記録された熱帯夜日数は甲府盆地西部釜無川沿いのGROUP1<甲府盆地東部笛吹川沿いのGROUP4<釜無川と荒川に挟まれたGROUP2<甲府盆地中心部のGROUP3であった。土地被覆状態と気温変化から考察するにGROUP1は植生が多く人工被覆面が比較的少ないことが日中の気温の上昇を抑え熱帯夜日数が少なくなっていると考えられる。GROUP4も同様な土地被覆状態であるが、日中の気温上昇は高くGROUP2と同程度となる。しかし、夜間の温度下降が大きいことで熱帯夜日数が少なくなっていると思われる。植生が比較的少なく人工被覆面が多いGROUP2及びGROUP3では、朝方まで高温域が確認され、熱帯夜が多く記録される傾向が見られた。GROUP2は夜間の温度下降が小さく熱帯夜日数が多くなったと考えられる。GROUP3は夜間の温度下降がGROUP2より大きい人工被覆面の割合が多いことで日中の気温上昇が大きいことで最も多い熱帯夜日数となったと考えられる。甲府盆地の夜間の温熱環境に地域的な特徴が見られ、その形成に土地被覆状態が関係している可能性が示唆された。

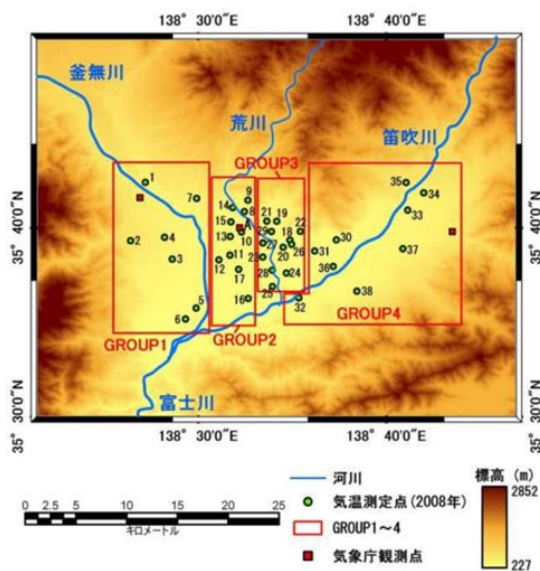


図9. 甲府盆地内の河川と対象地域

I-4-4 甲府盆地における山岳部からの冷気の滲み出しおよび斜面冷気流の夜間温熱環境改善への有効性の検討

I-4-4-1 甲府盆地北側斜面の斜面冷気流ポテンシャルによる評価

都市部におけるヒートアイランド現象の対策の一つとして、海や山からの海陸風や山谷風などの局地循環風を十分に考慮した土地利用や市街地形態により「風の道」を設け、新鮮な空気や冷気を誘導する取り組みがある。盆地都市においては、日没から夜間にかけて見られる周囲の山間部斜面からの冷たい空気の流れである斜面冷気流や冷気の滲み出しの誘導による夜間の都市暑熱環境の緩和が報告されている。斜面冷気流による夜間都市の温熱環境の改善のためには、隣接する斜面から流出する冷気の流路や冷気流の発生しやすさを把握する必要がある。そこで甲府盆地北側斜面を対象地とし、斜面における大気のコールド量や冷気の流れやすさの指標として斜面冷気流ポテンシャルを提案し、GISを用いて各斜面の斜面冷気流ポテンシャルを評価する手法の開発を行った。

斜面冷気流ポテンシャルを次式のように定義した。

斜面冷気流ポテンシャル

$$\begin{aligned} &= a1 \times \text{斜面面積} + a2 \times \text{斜面平均 LAI} \\ &\quad + a3 \times \text{斜面平均傾斜角} + a4 \times \text{流路平均傾斜角} \\ &\quad + a5 \times \text{流路長} + a6 \times \text{流路上の人工被覆率} \\ &\quad + a7 \times \text{斜面平均開度} + a8 \times \text{斜面蓄熱} \end{aligned}$$

評価は、斜面冷気流が地表面を流れる雨水と動きが同様と仮定し、流域解析により集水域を構成する斜面及び流路を抽出し、その各斜面に対して冷気流ポテンシャルを用いた評価を行った。解析対象地における各変数の係数 $a1 \sim a8$ を求め作成した斜面冷気流ポテンシャルマップと冷気集積域を図 10 に示す。甲府盆地北側斜面域の下側中央部に位置する市街地と接する斜面における斜面冷気流ポテンシャルが高いことが明らかとなった。その他のエリアでは斜面冷気流ポテンシャルが小さい傾向が見られるが、各斜面で生成された冷気が冷気集積域と市街地が接する谷口へ流れるため斜面冷気流ポテンシャルが高い斜面が多い冷気集積域に接するエリアにおいて斜面冷気流の導入を考慮した都市形態の改善を行うことがより有効であることが示唆された。この斜面冷気流ポテンシャルは解析対象地における相対的な指標であるが、斜面冷気流の導入を考慮した都市形態の改善計画を作成する際に有効な情報となることが期待できる。

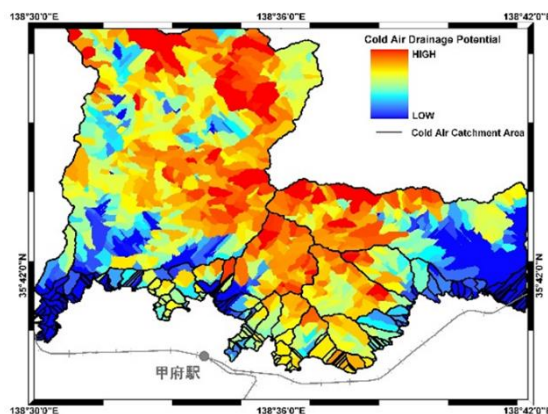


図 10. 甲府盆地北側斜面における斜面冷気流ポテンシャルマップ

I-4-4-2 甲府駅北側における夕刻から夜間にかけての温熱環境の実態調査

盆地都市において山間部からの冷気の流れである斜面冷気流および冷気の滲み出しは夜間の都市暑熱環境の緩和に有効である。我々は、冷却量や冷気の流れやすさである斜面冷気流ポテンシャルを定義し行った評価から甲府盆地北側に位置する山間部斜面の斜面冷気流ポテンシャルが大きいことを明らかとした。そこで我々は、甲府盆地北側山間部に隣接する甲府駅北側のエリアにおいて山間部斜面からの斜面冷気流および冷気の滲み出しの実態を把握するために自動車をを用いた移動観測によって夕刻から夜間にかけて斜面に接する都市部での温熱環境の測定を行った（図 11）。日の入り時刻を含む 16:30~21:15 に得られた移動観測データを 2 点の定点観測地点のデータにて時刻補正し気温分布図を作成した。それぞれの時間帯の気温分布図の差分処理を行うことにより得られた気温変化の分布図から 16:30~18:30 の日の入り時刻の前 2 時間での顕著な気温下降が確認された。この時間帯での気温低下が著しいエリアは山間部東側に発生していることから斜陽により形成される日影が強く影響していることが考えられる。図 12 に示した観測時間 16:55 から 20:55 を基点とした周回の差分が示す気温変化分布図では気温下降率が $1.25^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 以上の気温が低下しやすいエリア（白点線）が確認された。温度下降率が高いエリアは山間部斜面に隣接する傾向が見られた。土地利用状況図による住宅街が見られる都市として利用を行なっているエリアに分布しており、冷却された大気の滲み出しや斜面冷気流による夏季夜間の都市温熱環境の改善への活用が期待できる。



図 11. 移動観測コースと定点観測点

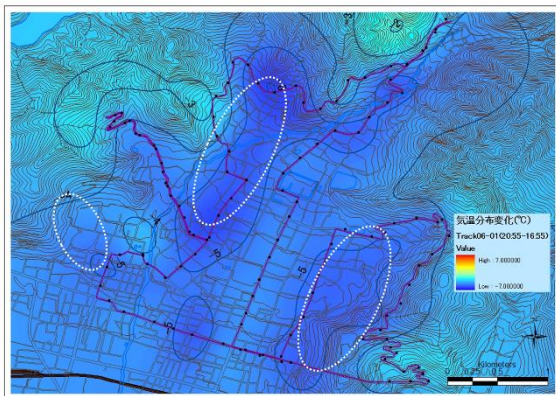


図 12. 16 : 55 から 20 : 55 までの気温変化分布図

I-4-5 街路空間に形成される温熱環境の実態調査

近年、ビル群などの高層建築物や道路舗装などが増えることによる土地被覆状態の変化や高密度化、空調や交通量の増加に伴う人工排熱の増大により、都市部の気温が上昇するヒートアイランド現象が問題となっている。ヒートアイランド現象の影響のひとつに人々が感じる熱ストレスの増大が指摘されており、熱中症患者の増加として顕在化している。山梨県においても熱中症による救急搬送者数の増加が顕著であり、小学校百葉箱を利用した多点同時観測による広域的な温熱環境調査から甲府盆地地域の中心部においてヒートアイランド現象が確認されている。人が生活する空間である街路空間においては、これまでに街区スケールでの数値気象モデルによるシミュレーションや WBGT の実測から熱中症のリスク評価が報告されており、実在の街路空間では街路の方向や周囲の建物、緑地、日射、風などの条件により熱中症リスクに違いが生じることが示されている。人々がさらされる街路空間における適応策に取り組むためには、現状の温熱環境を把握した上で検討し実施する必要があると考えられる。そこで、本研究では甲府駅南側のエリアで人が移動する状況に合わせ観測機器を設置、移動させ WBGT、気温、グローブ温度、風速の測定を行い街路空間に形成される温熱環境の評価を行うことを目的とした。その結果、暑さ指数として用いられる WBGT 値と正の相関が見られたのは気温 ($r=0.887$) と周囲からの輻射熱の影響を加味した温熱感を示す値であるグローブ温度

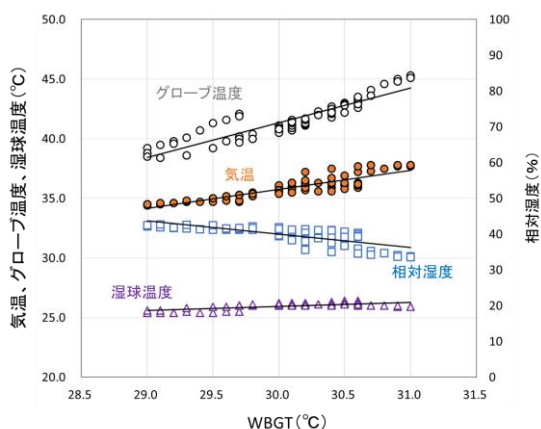


図 13. WBGT と気温、グローブ温度、湿球温度、相対湿度の分布

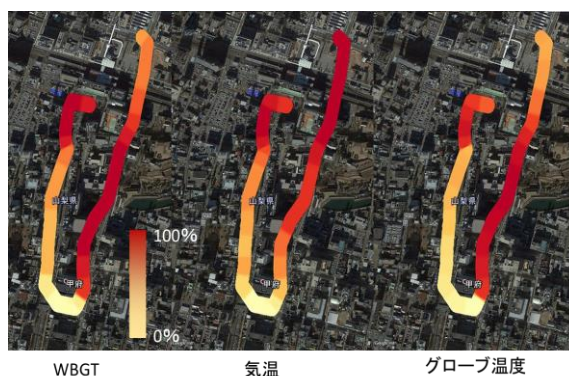


図 14. 観測経路上での WBGT、気温、グローブ温度の相対的な変化

($r=0.921$)であった(図13)。また、移動経路上での WBGT、気温、グローブ温度の推移では、気温が高いエリアにおいて高い WBGT が確認される一方、気温は低いグローブ温度が高いエリアにおいても高い WBGT が観測された(図14)。このことから、熱中症への注意喚起の指標として気温が重要視されているが、個々の人間がさらされる温熱環境において輻射熱の影響を十分に考慮した対応を行うことが重要であることが示された。

I-4-6 まとめ

- 山梨県内を6地域に区分し地域毎に検討した結果、救急搬送者数が最も多いのは甲府地域であるが人口10万人当りの搬送者数では関東地域が最も多く、富士五湖地方においては19歳以下の若い世代での発生が顕著であるなどの地域的な発生状況の特徴が明らかとなった。
- 山梨県内で2005年から2014年までに発生した熱中症による救急搬送者データの解析を行い、県内での熱中症発生状況を明らかとした。その中で2010年以降において熱中症搬送者数が倍増しており、その要因が65歳以上の高齢者、屋内での発生、夜間の発生の増加であり熱中症の発生原因が変化してきていることが明らかとなった。
- 甲府盆地に位置する小学校約40校の百葉箱内に温湿度センサ付データロガーを設置し多点同時測定により広域的な温熱環境の把握を行った。甲府盆地中心部において朝方までの島状の高温域の存在が確認され、夜間甲府盆地におけるヒートアイランド現象の発生が考えられる。甲府地方気象台で記録された熱帯夜日数と本調査の測定地点で観測された平均熱帯夜日数に違いは見られなかったが、個別の熱帯夜日数では2倍以上となる観測地点が確認され、気象台発表より多くの熱帯夜日数となっているエリアがある可能性が示唆された。
- 甲府盆地内を流れる河川を基に区分した4つのグループの小学校百葉箱での気温測定点において夜間の温熱環境に地域的な特徴が見られ、その形成に土地被覆状態が関係している可能性が示唆された。
- ヒートアイランド現象の対策として海陸風が期待できない盆地での斜面冷気流の利用の可能性を検討するために甲府盆地北部での斜面冷気流ポテンシャルの提案、評価手法の開発を行い評価した。その結果、甲府盆地北側斜面域の下側中央部に位置する市街地と接する斜面における斜面冷気流ポテンシャルが高いことが明らかとなった。また、移動観測により観測した夕刻から夜間にかけての気温分布から甲府駅北側において気温低下率が高い山間部に隣接するエリアが確認され、冷気のしみだしあるいは斜面冷気流の市街地への影響である可能性が示唆された。
- 人が生活する中で実際に熱ストレスを受ける環境である街路空間において、暑さ指数として用いられている人体の熱収支を反映する WBGT とその他の温熱環境要因の関連を検討した。その結果、WBGT が高い場所において気温よりも輻射熱の影響が強い状況が確認され気温だけではなく周囲の輻射熱の状況を十分に考慮した対応を行うことが重要であることが示された。

I-5 研究成果の発表

I-5-1 誌上発表

- 1) 赤塚慎, 杉田幹夫, 宇野忠 (2011) GIS データを用いた斜面冷気流ポテンシャルの評価に関する研究. 第20回生研フォーラム「広域の環境・災害リスク情報の収集と利用」論文集, 91-94.
- 2) 赤塚慎, 宇野忠 (2011) 甲府盆地の夏季温湿度データベースの構築. 第20回生研フォーラム「広域の環境・災害リスク情報の収集と利用」論文集, 109-112.
- 3) 赤塚 慎, 杉田幹夫, 宇野 忠 (2011) GIS を用いた斜面冷気流ポテンシャル評価手法の開発. 第22回応

用測量技術研究発表会, 応用測量論文集, pp.74-82.

- 4) 赤塚 慎, 宇野 忠, 十二村佳樹, 杉田幹夫 (2011) 甲府盆地における夏季夜間のヒートアイランド現象. 日本ヒートアイランド学会誌, vol.6 pp.16-22.
- 5) 赤塚 慎, 宇野 忠, 堀内 雅弘 (2014) 山梨県における熱中症発生の地域特性. 日本生気象学会誌 vol.51, No.1, pp. 23-36.
- 6) Shin Akatsuka, Tadashi Uno, and Masahiro Horiuchi (2016) The Relationship between the Heat Disorder Incidence Rate and Heat Stress Indices at Yamanashi Prefecture in Japan. Advances in Meteorology, Vol.2016, Article ID9492815, 11 pages.
- 7) 宇野 忠, 赤塚 慎 (2018) 山梨県における 2010 年以降の熱中症発生の特徴. 富士山研究 Vol.12, pp. 11-16.

I-5-2 口頭発表

- 1) 赤塚 慎, 杉田幹夫 (2012) GIS を用いた時刻別全天日射量分布図の作成. 生研フォーラム「広域の環境・災害リスク情報の収集と利用フォーラム」(東京).
- 2) 赤塚 慎, 杉田 幹夫 (2012) GIS ベースの推定に基づく時刻別全天日射量の開発. 日本写真測量学会 写真測量とリモートセンシング, Vol.51, No.5, pp. 302-309.

I-6 謝辞

本研究の遂行に当たり環境共生部の外川雅子さん、遠藤淳子さんには温熱環境の観測およびデータ整理においてお手伝いいただいた。熱中症救急搬送者情報について山梨県消防防災課（現防災局）より提供していただいた。また、百葉箱への観測機器の設置に県内の小学校にご協力いただいた。記して感謝いたします。