都市における屋外気温の変化が疲労度に与える影響

STUDY ON THE IMPACT FOR FATIGUE DUE TO CHANGING URBAN OUTDOOR TEMPERATURE

鳴海大典 ——— *1 井原智彦 ——— *2
福田早苗 ——— *3

Daisuke NARUMI ——— *1 Tomohiko IHARA ——— *2
Sanae FUKUDA ——— *3

キーワード：
ヒートアイランド, 地球温暖化, 疲労, 人間健康

Keywords:
Urban heat island, Global warming, Fatigue, Human health

This paper focused on the effects of outdoor temperature upon the fatigue due to temperature changing in the urban area. We conducted the questionnaire survey at Osaka Prefecture in 2010 through the winter from summer. As a result, a positive correlation to fatigue against outdoor temperature in summer and the negative one in winter were found. And the statistical significance were found in the score of DCF between the case of using air conditioner and not.

1. はじめに

人工地表への改変やエネルギー消費に伴い、都市域では局所的に気候が変化するとともに、人間健康等に多大な影響を与えている。この点に関して、鳴海ら¹⁾は屋外気温が睡眠の質に与える影響について年間を通じたアンケート調査を実施し、夏季には有意に睡眠の質が悪化する一方で、冬季には気温感応が認められないことを明らかにした。国立環境研究所²⁾のアンケート調査によると、真夏に経験したことのある症状として60%弱の人々が「眠れない」、次いで30%弱が「疲労・変調」を挙げている。このような暑さに起因する睡眠や疲労への影響は、直接的に死につながる重篤度の高い疾病ではないが、多くの市民に影響を与えることが予想される。

都市域における暑熱化と疲労度との関係について評価した事例として、斎藤ら³⁾は被験者実験の結果から、冷房室と屋外の頻繁な往来や冷房への長時間曝露が疲労感をもたらすことを示している。高柳ら⁴⁾は実態調査の結果から、疲労感がない場合に暑熱が中途覚醒を引き起こす可能性が高くなることを示している。しかしながら、屋外気温が疲労度に与える影響について疫学的な検討を行った事例はなく、夏季のみならず、冬季を含む年間を通じた調査を行ない、気温感度等の基礎資料を整備することには大きな意義があると考えられる。そこで本研究では、2010年7月から2011年3月にかけて大阪府域の延べ600人を対象とするアンケート調査を実施し、屋外気温の変化が疲労度に与える影響について分析するとともに、既報¹⁾の睡眠の質と疲労度との関係についても検討を行う。

2. 調査方法

2.1 調査概要

調査概要を表1に示す。本研究では郵送での配布および回収による紙面アンケート調査を行った。調査期間が始まる前に事前回答する慢性的（過去一ヶ月程度）な睡眠および疲労に関する状況と回答

者の基本属性を問う質問票A、調査期間の日々を対象とする睡眠および疲労に関する状況を問う質問票Bを配布した。調査対象者は大阪府に居住する20歳以上の男女とし、大阪府立大学医薬品・食品効能評価センターに登録をしているモニターから性別および年齢層がある程度均等になるように選定した^{注1)}。なお、アンケート調査の詳細な質問項目や睡眠に関する分析結果は鳴海ら¹⁾を参照されたい。

過去一ヶ月程度の疲労状況の評価には、医師が臨床現場において疲労検査で使用するChalder Fatigue Scale (以下CF)⁵⁾⁶⁾を用いた。CFは身体疲労や精神疲労に関する14項目の質問に回答することで、慢性疲労の程度を判定する質問票である。合計得点（以下CFスコア）の0から42点で評価され、スコアが高いほど疲労度が高い状況にあることを示す。なお、CFはスクリーニングを目的とするカットオフ値が決められており、スコアが15点以上⁷⁾で慢性疲労の可能性があるとして評価される。

CFは過去一ヶ月程度の疲労度を評価するため、その評価は日々の外的要因の影響を受けない。そこで、日々の疲労度評価にはCFの質問項目を踏襲しつつ、日々の疲労状況を質問する修正を加えたDaily Chalder Fatigue Scale (以下DCF)を用い、CFとは明確に区別した^{注2)}。なお、DCFの得点化方法はCFと同じであり、日々の疲労状況が0から42点で評価され（以下DCFスコア）、スコアが高いほど疲労度が高い状況にあることを示す。

表1 アンケート調査の概要

調査主体	大阪府立大学医学部附属病院・医薬品・食品効能評価センター
調査目的	外気温と睡眠・疲労の関係についての関係を把握する
調査方法	郵送による書面調査
調査対象	大阪府に居住する20歳以上の男女
目標サンプル数	夏季・冬季ともに200名×3期間の各季延べ人数600名を目標
調査対象外	◎夜勤やシフト制の仕事、学生である ◎特定の疾患や手術歴がある ◎妊娠・授乳の可能性のある

2.2 調査実施期間

夏季や冬季の異なる季節の中で、屋外気温の変化が疲労度に与え

^{*1} 横浜国立大学大学院環境情報研究院 准教授
(〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-7)
^{*2} 東京大学大学院新領域創成科学研究科 准教授
^{*3} 関西福祉科学大学健康福祉学部 教授

^{*1} Assoc. Prof., Faculty of Environment and Information Sciences, Yokohama National Univ.
^{*2} Assoc. Prof., Dept. of Environment Systems, The Univ. of Tokyo
^{*3} Prof., Dept. of Health and Welfare, Kansai Univ. of Welfare Sciences

る影響を幅広く評価可能とするように、7月下旬から10月上旬までの夏季調査と11月下旬から3月上旬までの冬季調査に大別してアンケート調査を実施した。アンケート調査の実施期間と調査期間中の気象状況を表2に示す。なお、疲労に与える休日の影響が大きいと予測されることから、本調査では火曜・水曜・木曜のみに回答を受けた。表2の気象データは大阪管区気象台であり、以降では全てのデータを用いて分析を行う^{注3)}。なお、屋外気温と疲労度の関係を評価する上で、本研究では日最高外気温を代表指標として用いる^{注4)}。夏季については日最高外気温が35℃から25℃程度、冬季については同じく20℃から5℃程度と幅広く、著しい暑熱領域から寒冷領域までの回答を得た。調査期間全体を通して日最高外気温の最大値は36.5℃(8月4日)、最小値は7.2℃(3月3日)となった。

表2 調査期間中の気象状況(大阪管区気象台)

季節	期	日	最高気温 (℃)	0時外気温 (℃)	平均気温 (℃)	降水量 (mm)	日照時間 (h)	天気
夏季	1期	2010/7/27	34.6	28.1	29.8	0.0	11.2	晴後薄曇
		2010/7/28	33.3	28.8	29.0	0.5	1.2	曇
		2010/7/29	28.5	24.7	25.7	30.0	0.8	雨時々曇
		2010/8/3	35.6	28.7	30.3	0.0	6.1	晴時々曇一時雨
		2010/8/4	36.5	28.3	31.1	0.0	8.3	晴時々曇
		2010/8/5	35.8	28.9	30.5	0.0	9.9	晴一時曇
	2期	2010/8/24	35.7	29.8	31.2	2.0	10.2	晴一時曇
		2010/8/25	35.0	29.2	30.5	0.0	8.5	晴
		2010/8/26	35.0	28.5	30.1	0.0	11.1	晴
		2010/8/31	35.5	29.4	31.0	0.0	12.3	晴
		2010/9/1	35.7	29.0	30.7	0.0	8.8	晴
		2010/9/2	34.2	28.9	29.8	0.0	3.1	曇一時雨
	3期	2010/9/28	27.3	19.6	22.7	20.5	4.5	曇
		2010/9/29	25.4	20.6	21.4	0.0	6.7	晴後曇
		2010/9/30	20.4	20.2	17.9	11.0	0.0	雨
		2010/10/5	25.3	19.4	21.0	0.0	7.5	晴時々薄曇
		2010/10/6	26.3	18.8	20.6	0.0	10.6	晴
		2010/10/7	28.0	18.2	21.9	0.0	10.5	晴
冬季	4期	2010/11/30	14.4	9.1	10.6	0.0	4.8	曇時々晴
		2010/12/1	18.2	10.6	12.7	0.0	8.1	薄曇時々晴
		2010/12/2	21.5	11.2	15.0	7.0	8.9	晴後時々曇
		2010/12/7	13.2	9.8	11.0	0.0	0.2	曇
		2010/12/8	13.3	12.7	9.6	0.0	5.8	晴一時曇
		2010/12/9	12.0	8.5	8.8	1.0	5.1	晴一時雨
	5期	2011/1/25	8.7	5.8	5.0	0.0	2.4	曇一時雨
		2011/1/26	8.4	3.8	4.6	0.0	6.6	晴後一時曇
		2011/1/27	7.9	5.1	3.7	0.0	3.7	晴一時曇
		2011/2/1	8.8	2.8	5.1	0.0	6.3	晴時々曇
		2011/2/2	11.5	1.7	6.6	0.0	6.4	薄曇後一時晴
		2011/2/3	12.2	5.3	6.5	0.0	9.7	晴
	6期	2011/2/22	16.2	4.8	9.3	0.0	10.5	快晴
		2011/2/23	17.3	5.9	11.4	0.0	5.9	曇時々晴
		2011/2/24	17.1	8.4	13.2	2.5	0.9	曇一時雨
		2011/3/1	9.1	11.5	8.0	7.0	0.0	雨時々曇
		2011/3/2	11.6	8.9	7.4	0.0	3.2	曇一時晴後時々雨
		2011/3/3	7.2	7.7	3.7	0.0	5.8	晴後曇

表3 アンケート調査の属性別回答者数

季節	性別		年代							
	男	女	20代	30代	40代	50代	60代	70代	80代	
夏季	249	360	43	112	158	114	114	65	3	
冬季	262	391	44	133	176	126	87	83	4

図1 季節別のCFスコア分布

3. 基礎項目に関する分析結果

3.1 回答者の属性

アンケート調査の回答者について、性別と年代別の属性別に分けた回答者数を表3に示す。サンプル回収数は各季ともに延べ600人

を目標とし、夏季は609名(一期あたり203名)、冬季は653名(一期あたり218名)となり、いずれも目標数を確保できた。性別に関しては、夏季と冬季ともに女性の方が多く6割を占めた。年齢に関しては、40代が最も多く、平均年齢は男女ともに約50歳となった。

3.2 慢性的な疲労度に関する評価

夏季と冬季のCFスコア分布を図1に示す。夏季と冬季ともに14点が最頻値であった。CFは14項目で構成されることから、いずれの項目も1点(回答が「あまりない」)を選択することで14点が最頻になったと考えられる。季節別の比較では、夏季の方が全体的に高い得点を示し、冬季に得点が下がる傾向が見受けられた。特に1点や2点では大きな差が見られた。CFのカットオフ値は上述のように15点以上であることから、夏季は42%、冬季は24%、平均では33%の回答者が慢性疲労の可能性があると判断された。

図2 日最高外気温とDCFスコアとの関係

4. 日々の疲労度に関する分析結果

4.1 日最高外気温と疲労度との関係

図2にDCFスコアと日最高外気温との関係を示す。ここで、調査対象日の生活において、「大変強くストレスを感じていた」、「体調が優れず普段通りの生活が困難であった」と回答した場合、睡眠時間が5時間未満であった場合のそれぞれについて、該当日は通常通りの生活ができておらず、疲労度に極端な影響を及ぼすことが予想されるため評価対象から除外した。

屋外気温が疲労度に与える影響について、日最高外気温とDCFスコア間に分岐点付き線形回帰が成立すると仮定して、ベーススコア、気温閾値、気温感応度を推定した^{注5)}。なお、グラフでは調査日ごとに平均スコアをプロットしているが(合計36プロット)、回帰分析には全7103のサンプルを用いている。その結果、9.9点がベーススコアとなり、暑熱側では24.2℃が閾値となる分岐点が認められた。また、寒冷側では12.0℃が閾値となる分岐点が認められた。気温感応度については、暑熱側では1℃上昇当たり0.16点、寒冷側では1℃上昇当たり-0.15点の割合で得点に変化すると推定された。夏季間で気温差の大きい2期と3期の平均スコアについてt検定を行った結果、p値は0.00となり1%未満の統計的有意差が確認できた。しかしながら、冬季間で比較的気温差の大きい4期と5期については、p値が0.48となり有意差は認められなかった。冬季に有意差が確認されなかった理由としては、冬季側の感応閾値が12℃と低く、感応区間の温度差が5K程度と小さいためと考えられる。

質問項目別のDCFスコアを夏季と冬季間で比較した結果を表4に示す。DCF11およびDCF12、DCF14を除き、その他の項目については夏季の得点が冬季より有意に平均得点が高く、疲労への影

響が伺える。DCF11 および DCF12, DCF14 についてはいずれも精神疲労を評価する項目であることから、夏季の暑熱は精神疲労と比較して身体疲労に影響を与えていると推察される^{注9)}。

図は省略するが、日最高外気温と DCF スコアの関係について男女別にみると、夏季と冬季のどちらも女性のスコアが高く、夏季には 5%未満、冬季には 1%未満の統計的有意差が確認できた。以上の結果は、女性の疲労自覚症状の訴えが一般的に高いとする先行研究⁸⁾と概ね一致し、一般的な反応傾向と判断できる。

表 4 質問項目別の DCF スコア比較

項目番号	質問内容	平均得点		統計的有意差	
		夏季	冬季	P値	水準
DCF1	疲労（つかれた感じ）のために困ることは	2.00	1.88	0.00	**
DCF2	もっと休みたいと思うことは	2.12	1.97	0.00	**
DCF3	眠くなったり、ボーっとすることは	2.07	1.89	0.00	**
DCF4	何かを始めるのに問題があることは	1.72	1.61	0.00	**
DCF5	やり始めは問題ないのに続けるうちに気がなくなっていくことは	1.77	1.61	0.00	**
DCF6	活力がないと思うことは	1.87	1.68	0.00	**
DCF7	筋力低下を感じることは	1.77	1.69	0.00	**
DCF8	自分のからだが強くないと感じることは	1.74	1.64	0.00	**
DCF9	なかなか集中できないことは	1.79	1.64	0.00	**
DCF10	歩きがうまくまとまらないことは	1.70	1.59	0.00	**
DCF11	話そうとして、舌が回らなくなることは	1.44	1.43	0.76	
DCF12	話そうとして、適当な言葉が見つからないことは	1.56	1.54	0.27	
DCF13	記憶力はどうか	2.12	2.08	0.00	**
DCF14	今までやってきたことに興味を失ったことは	1.72	1.70	0.44	

* DCF12までの選択数は 0(ない)、1(あつた)、2(いつもより多い)、3(非常に多い)
DCF13の選択数は 0(いつもより良い)、1(いつもと変わらない)、2(いつもより悪い)、3(いつも非常に悪い)
DCF14の選択数は 0(ない)、1(あつた)、2(ある)、3(たびたびある)

図 3 冷暖房使用の有無と DCF スコアの関係

4.2 日中の冷暖房使用状況が疲労度に与える影響

日中の冷暖房使用の有無が DCF スコアに与える影響について検討した結果を図 3 に示す^{注7)}。冷房使用に関しては、日最高外気温が「30℃以上」の温度帯において、冷房使用時にスコアが高くなり疲労度が上がる傾向が認められた。冷房使用の有無について、「30℃以上」で t 検定を行った結果、p 値は 0.00 となり 1%未満の有意差が確認できた。この結果は、冷房室と屋外の頻繁な往来や冷房への長時間曝露が疲労に影響を与えることを指摘した斎藤ら³⁾とも一致している。以上の結果から、冷房利用意思のある者が冷房を利用できなかった場合には疲労度が更に高まる可能性はあるものの、冷房利用が疲労の蓄積を完全には解消できないことを示唆するものである。なお、暑熱時に冷房を使用しない回答者は順化によって暑熱耐力があり、暑熱環境下でも疲労度が高まらないものと推察される。

冬季の暖房使用に関しては、日最高気温が「10℃未満」の温度帯において、暖房不使用時にスコアが高くなり疲労度が上がる傾向が認められた。暖房使用の有無について、「10℃未満」で t 検定を行った結果、p 値は 0.00 となり 1%未満の有意差が確認できた^{注8)}。

4.3 屋外気温の変化が疲労有症率に与える影響

DCF は CF と得点化手法は同じであるが、評価対象期間が異なるため CF のカットオフ値（15 点以上）をそのまま適用することはできない。そこでカットオフ値が定められている CF を基にして、DCF スコアと CF スコアによる有症率の判定結果が一致するように調整することで DCF スコアから日々の有症率を求める^{注9)}。

図 2 の結果から、日最高外気温が 12.0℃ から 24.2℃ までの場合には、屋外気温によらず有症率は変化せず、その割合は CF によって判定されるベース有症率（暑熱影響を受けない時期の有症率）と一致する。ここで、ベース有症率は夏季と冬季の平均値である 33% とする。図 4 に示す DCF スコアの頻度分布をロジスティック曲線で関数化し、これより累計が 33%となる DCF スコアを求めたところ 12.7 点となった。したがって、DCF スコアが 12.7 点を超えるとときに疲労に問題があると判断される。また、12.0℃ 未満では 1℃ 上昇当たり 0.15 点の割合で DCF スコアが減少する一方で、24.2℃ 以上では 1℃ 上昇当たり 0.16 点の割合で DCF スコアが増加することから、これらに応じて有症者が変化すると評価できる。以上の手段により日最高外気温と DCF スコアに基づく推定有症率との関係を求めた結果を図 5 に示す。図 5 では参考として睡眠の結果¹⁰⁾も掲載した^{注10)}。日最高外気温が 12.0℃ 未満では 1℃ 上昇当たり 0.70%の有症者が減少する一方で、日最高気温が 24.2℃ 以上では 1℃ 上昇当たり 0.76%の有症者が増加すると推定された。

図 4 DCF スコアの頻度分布

図 5 外気温と推定有症率の関係

4.4 睡眠影響と疲労影響の関係

本研究では前述のように睡眠に関する調査も行っており、本項では睡眠影響と疲労影響の関係性について検討を行う。

図 6 に SQIDS スコア^{注11)}と DCF スコアの関係を季節別に示す。冬季と夏季のいずれも両スコアには正の相関関係が認められ、回帰式の傾きはいずれも 0.15 程度であった。ただし、決定係数はいずれも 0.16 と低かった。今回の調査からその因果関係を分析することは難しいものの、睡眠の質の低下と疲労度の上昇には相互作用があると推察される^{注12)}。

睡眠と疲労の影響に相互作用がある場合、疲労と睡眠の有症判定が併存すると予想され、単独影響と比較してより重篤な被害を受ける可能性が考えられる。この点に関して、図 7 に睡眠と疲労の有症判定が併存する割合と外気温との関係を季節別に示す^{注13)}。冬季は

期間を通して概ね 15%強が併存判定される一方で、夏季は気温上昇とともに併存率が高くなり、日最高気温が 35℃を超える厳しい暑熱領域では 25%程度まで増加した。この気温段階でいずれかの有症判定を受ける割合は 60%程度であり、そのうち 4 割程度が併存する状況にあることが示された。

図 6 SQIDS スコアと DCF スコアの関係 (左：冬季，右：夏季)

図 7 睡眠と疲労の有症併存率 (左：冬季，右：夏季)

5. まとめ

本研究では、屋外気温が疲労度と与える影響について、大阪府の延べ約 600 人を対象とするアンケート調査を実施した。以下に得られた知見を記す。

- 1) CF による評価結果から、夏季は 44%，冬季は 24%，平均では 33%の回答者が慢性疲労の可能性があると判断された。
- 2) 日最高外気温と DCF スコアには 24.2℃以上で正の相関関係が認められ、1℃につき 0.16 点増加すると推定された。また、12.0℃以下で負の相関関係が認められ、1℃につき 0.15 点減少すると推定された。質問項目別の比較から、夏季の暑熱は精神疲労と比較して身体疲労に影響を与えていると推察された。
- 3) 夏季日中に冷房を使用しても DCF スコアが高くなる一方で、冬季日中の暖房使用は逆にスコアの増加を抑制する結果となった。
- 4) 日最高外気温が 12.0℃未満では 1℃上昇当たり 0.70%の有症者が減少する一方で、日最高気温が 24.2℃以上では 1℃上昇当たり 0.76%の有症者が増加すると推定された。
- 5) SQIDS スコアと DCF スコアには正の相関関係が認められ、睡眠の質の低下と疲労度の上昇には相互作用があると推察された。
- 6) 夏季は気温上昇とともに睡眠と疲労の有症併存率が高くなり、日最高気温が 35℃を超える領域では 25%程度まで増加した。

謝辞

本研究は科学研究費補助金（課題番号 23360437）の活動の一環として実施した。また、アンケート回答者の皆様、鳴海研究室秋山雄君（当時大学院生）の協力を得た。関係各位に感謝の意を表す。

注記

- 1) 食品効能試験等に協力する約 2,000 名のボランティア会員（登録モニター）の中から先着順で参加者を募った。
- 2) CF と DCF の質問項目は同じであるが、CF は「最近の数週間」を対象とする一方で、DCF は「今日一日」の状況を質問した。
- 3) アンケート回答者の実生活気温は日々の生活行動や温熱環境調節行動、住宅性能等が影響するが、本研究は地域を代表する屋外気温（ここでは大阪管区気象台）とそこに住まう人々の疲労度との関係を大局的に扱う疫学調査として位置づけている。
- 4) 疲労評価には日中の代表指標として日最高外気温を用いた。なお、調査期間中の日最高外気温と日平均外気温の相関係数は夏季で 0.99、冬季で 0.94、日最低外気温との相関係数は夏季で 0.94、冬季で 0.73 と高く、いずれの指標を用いても評価結果に大きな影響はない。
- 5) 中間期のベーススコアを基準とし、夏季冬季の各区間で線形近似式の決定係数が最も高くなる気温閾値を探索的に決定した。近似式の決定係数は暑熱側で 0.82、寒冷側で 0.64 であった。
- 6) CF・DCF は 1 から 8 が身体疲労、9 から 14 が精神疲労を計測する。
- 7) 冷暖房使用状況は質問票 B の「昼間と寝床時の空調方法ならびにその設定」に関する回答から、日々の利用状況を把握することが可能である。
- 8) 暖房使用と疲労の関係について、寒暖差の大きい環境に曝されることで熱ストレスの発生指摘する調査⁹⁾もあるが、これとは矛盾する傾向を示している。この点については今後更なる調査が必要である。
- 9) 慢性評価に用いる CF から判定される有症率と気温影響を受けないベース期間の DCF から判定される有症率が等しいとする仮定に基づく。
- 10) 図 5 では睡眠は 0 時外気温を横軸とし、疲労は日最高外気温を横軸としている。従って、睡眠・疲労とも、分岐し始める季節は概ね一致する。
- 11) SQIDS (Sleep Quality Index for Daily Sleep)¹⁰⁾は過去一ヶ月程度の睡眠状況を評価する PSQI-J¹¹⁾を基に作成された、その日の睡眠について尋ねる評価指標である。スコアが高いほど睡眠の質が良くない状況にある。
- 12) Fujii ら¹²⁾は、良い睡眠状況にある場合には疲労度と気温上昇の関係が弱い一方で、睡眠状況が悪い場合には気温上昇とともに疲労度が上がることを示している。
- 13) 有症併存率とは、全回答者のうち、睡眠と疲労の有症と判定される閾値をいずれも超えている回答者の割合を示している。

参考文献

- 1) 鳴海ら：都市における屋外気温の変化が睡眠に与える影響，日本建築学会技術報告集，No.52，pp.1045-1048，2016 年
- 2) 国立環境研究所：温暖化に関するアンケート（平成 15 年度実施），http://www.nies.go.jp/impact/jp_quest.html，2003 年
- 3) 斎藤ら：冷房空間と屋外の往来に伴う疲労感に関する研究：その 3. 人体のエクセルギー消費による考察，日本建築学会学術講演梗概集，D-2，pp.445-446，2001 年
- 4) 高柳ら：就寝時の温熱環境と疲労感が睡眠の質に与える影響，日本建築学会学術講演梗概集，D-2，pp.541-542，2010 年
- 5) Chalder T, et al. : Development of a fatigue scale, J. Psychosom Res., 37, pp.147-153, 1993
- 6) 花輪ら：チャルダー疲労質問票日本語版の作成について，第 7 回慢性疲労症候群研究会，2002 年
- 7) 厚生労働省疲労研究班：厚生労働科学研究費補助金(障害者対策総合研究事業)「自律神経異常を伴い慢性的な疲労を訴える患者に対する客観的な疲労診断法の確立と慢性疲労診断指針の作成」平成 22 年度報告書，2011 年
- 8) 吉竹博：日本人の生活と疲労，労働科学研究所出版部編，東京，新日本印刷株式会社，pp.13-25，1992 年
- 9) 福岡ら：空間移動に伴う急激な温度変化と人体ストレスの可能性について，地球環境研究，Vol. 10，pp.121-128，2008 年
- 10) 岡野ら：インターネット調査を用いた夜間のヒートアイランド現象による睡眠障害の影響評価，日本ヒートアイランド学会論文集，第 3 巻，pp.22-33，2008 年
- 11) 土井ら：ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成，精神科治療学，13-6，pp.755-763，2008 年
- 12) Fujii H. et al. : Fatigue and sleep under large summer temperature differences, Environmental Research, 138, pp.17-21, 2015

[2016 年 5 月 30 日原稿受理 2016 年 10 月 25 日採用決定]