

長野市内の小学校普通教室における夏季の暑熱環境

浜田 崇¹・連 美綺^{1,2}・大和広明³

1 はじめに

近年の気候変動や都市ヒートアイランド現象の影響によって、熱中症の患者数が増加している¹⁾。また将来の気温上昇により熱中症リスクが増加するという予測もある²⁾。特に高齢者とともに熱中症リスクが高いのは児童である³⁾。こうしたことを受けて、文部科学省では全国の小中学校に対して熱中症の予防を呼びかけている⁴⁾。

長野市教育委員会（以下、教育委員会）は、夏の猛暑による児童への熱中症対策として、普通教室等への冷房設備の整備や環境教育などにより室温の適正化を目指す「長野市立小中学校クール化プロジェクト」の検討を2018年度から開始した⁵⁾。教育委

員会は、このプロジェクトを進める上での基礎資料とするため、2018年度に長野市内の全ての市立小中学校における教室内の温湿度の観測を行い、暑熱環境の実態を把握することとした。当研究所は、教育委員会からの調査協力依頼を受けて、温湿度計の設置方法やそのデータ回収方法のアドバイスを行うとともに、得られたデータの整理と分析を担当した。本稿はその観測結果の一部を報告し、教室内における熱中症対策に資する一助とするものである。

2 方法

2.1 教室内の気温（室温）の観測

本報告では市立の小中学校のうち、全ての小学校

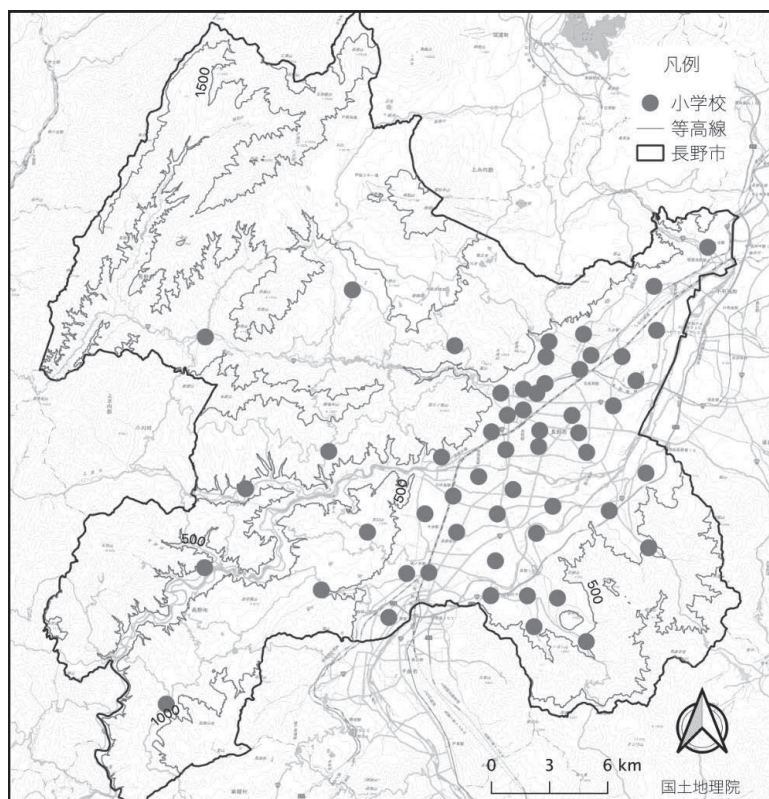


図1 研究対象の小学校の分布

1 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野県長野市北郷 2054-120
 2 現：国立環境研究所 気候変動適応センター 〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2
 3 埼玉県環境科学国際センター 地球環境・自然共生研究領域 〒347-0115 埼玉県加須市上種足 914

(54校)を研究対象とした(図1)。各学校の普通教室には1台ずつ温湿度計が教育委員会によって設置された。設置期間は2018年6月26日から2018年10月10日までであった。使用した温湿度計はONSET社製のHOBO UX100-003であり、温度センサーの測定精度は±0.21℃である。温湿度の測定間隔は30分とした。教室内の暑熱環境を現す指標としてはWBGT(暑さ指数)が一般的だが、WBGT算出に必要な黒球温度が測定されていないため、本報告では温湿度計によって測定された教室内の気温(以下、室温)のみを用いることにする。

温湿度計を設置した教室は教育委員会および各学校との調整により決められた。ただし、温湿度の測定はできるだけ同じ環境とし、基本的には校舎最上階(2階ないしは3階)の中央付近の普通教室を選

定していただいた。小学校の標高および温湿度計を設置した教室の階、教室面積および校舎の築年数については表1にまとめた。

教室内の温湿度計の設置場所は廊下側の壁面の中央部とし、地上からおおよそ2mの位置にネジにより固定した(写真1)。1箇所の測定では室温を代表することはできないが、可能な限り室温の実態を把握するため、直射日光の影響と扉の開閉による風の影響が小さいと考えられる廊下側の教室中央部に温湿度計を設置することとした。また、温湿度計の設置高は、測定の目的からすれば児童が着座したときの顔の位置と同じ程度の高さにするのが望ましいと考えられるが、温湿度計へのいたずら防止のため手の届きにくい高さとした。なお、室温データはすべて器差補正を施したものを使用した。

表1 調査対象小学校の諸元(築年数は2018年を基準とした)

学校名	標高(m)	温度計設置階(階)	設置教室面積(m ²)	設置校舎築年数(年)	学校名	標高(m)	温度計設置階(階)	設置教室面積(m ²)	設置校舎築年数(年)
城山小	403	2	64	8	信里小	661	3	66.6	41
鍋屋田小	364	3	67.5	51	塩崎小	356	3	65.93	42
加茂小	394	3	61.65	47	松代小	352	2	64	6
山王小	369	3	63	48	清野小	356	3	63.9	42
芹田小	351	---	---	51	西条小	381	3	63.62	42
古牧小	347	3	61.58	49	豊栄小	466	3	56	52
緑ヶ丘小	342	2	65.7	28	東条小	359	2	61.74	37
三輪小	374	2	64	6	寺尾小	347	2	63.49	50
吉田小	373	3	63	6	綿内小	339	3	63	46
裾花小	356	3	61.92	41	川田小	344	3	61.77	45
城東小	366	3	63.84	11	保科小	451	3	64.28	42
湯谷小	412	3	66.15	51	昭和小	356	3	64	4
南部小	354	3	62.01	41	川中島小	362	2	63	39
大豆島小	340	3	62.01	41	青木島小	352	3	64.28	6
朝陽小	338	3	64.8	42	下氷鮑小	354	3	61.65	39
柳原小	336	3	63	11	三本柳小	358	2	64.77	26
長沼小	332	3	63.9	38	真島小	346	3	62.15	41
古里小	339	3	64.51	45	七二会小	613	2	63.9	40
若槻小	407	3	63	45	信更小	517	2	59.5	47
徳間小	368	3	61.56	40	豊野西小	346	3	68.57	38
浅川小	422	3	63	45	豊野東小	357	3	70.34	40
芋井小	728	3	65.2	42	戸隠小	912	2	63.54	36
安茂里小	380	3	63.84	6	鬼無里小	676	2	60	38
松ヶ丘小	412	3	64.4	44	大岡小	833	3	61.44	41
通明小	354	3	64	5	信州新町小	448	3	74.65	40
篠ノ井東小	348	3	62.91	43	中条小	482	2	64.8	42
篠ノ井西小	354	3	61.92	45					
共和小	363	2	69.76	13					

*表中の「---」は情報不足

2.2 外気温の観測

各小学校の外気温は当研究所がそれぞれの小学校の百葉箱内に別の目的で既に設置してある温度計の気温データを利用した。ただし、昭和小学校の外気温は温度計の故障により記録されていない。使用し



写真1 教室内に設置された温湿度計

た温度計は T&D 社製のおんどとり Jr. (RTR52A ないし RTR502) であり、測定精度は $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ である。気温の測定間隔は 10 分である。なお、外気温データもすべて器差補正を施したものを使用した。

2.3 解析方法

解析対象期間は記録的な猛暑となった 2018 年 7 月および 8 月における就学時とした。夏休みの開始日と終了日は学校毎に異なるため、ここでは便宜的に就学時を夏休み前の 7 月 2 日～7 月 24 日と夏休み後の 8 月 22 日～8 月 31 日の平日と定義した。なお、長野地方気象台の資料⁶⁾によると関東甲信地方の梅雨明けは 6 月 29 日ごろであった。

教室内の暑熱環境を表す指標として、児童が教室にいる時間帯である 8 時～15 時における室温の平均値および 28°C 以上の積算時間数を用いた。文部科学省では学校の室温を 28°C 以下とするよう推奨しており⁷⁾、 28°C 以上の積算時間数は適正値をはずれた暴露時間を示す目安として使用する。

3 結果

まず室温の特徴を把握するため、室温と外気温の日変化を比較する。図 2 には晴れの日代表例と

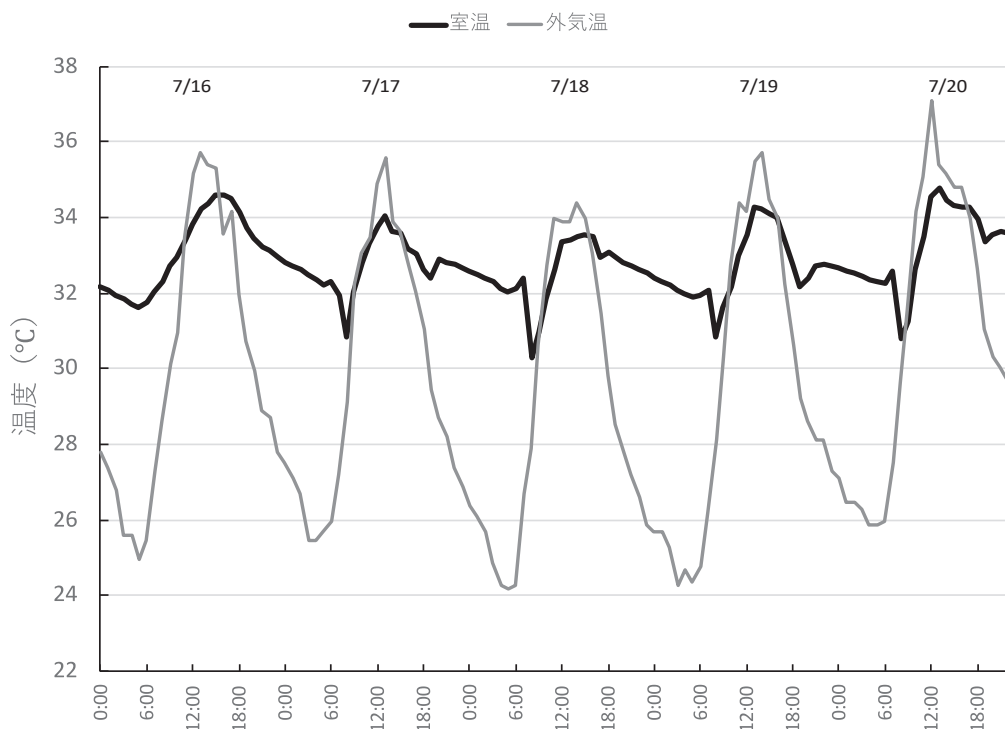


図2 古牧小学校における室温と外気温の日変化の事例 (7 月 16 日～7 月 20 日)

して、7月16日（月）～7月20日（金）における古牧小学校の室温と外気温の日変化を示す。古牧小学校は長野市の中心部に立地しており、外気温は市内でも高めの学校であるが、室温と外気温の日変化の特徴は他の学校も同様である。

図2をみると、外気温は日変化が明瞭で、12時～14時に最高気温、4時ないしは5時に最低気温が出現していた。最高と最低の気温差はおおよそ10℃程度あった。一方、室温の日変化はみられるものの最高最低の温度差は3℃程度と外気温にくらべ小さかった。また、最高気温は12時～15時に出現するが、最低気温は8時に急激な室温の低下を伴うパターンが多かった。これは窓を開けたことによって外気が流入して相対的に低い外気温の値に近くなったためと考えられる。また、おおむね9時～15時の室温は外気温より低くその差は最大2.5℃

であった。それ以外の時間帯は室温が外気温より高く、特に夜間はその差が最大で7.9℃あった。夜間の室温が外気温にくらべてかなり高いのは窓を閉めたことによる校舎の蓄熱の影響と考えられる。

次に、各学校の暑熱環境の指標である就学時の室温の平均値と28℃以上の積算時間数、および観測時間の合計（解析対象日（25日）×児童の教室滞在時間（8時間）＝200時間）に対する28℃以上の観測時間数の割合を表2に示す。54校中45校で日中平均室温が30℃を超えていた。それらの学校はすべて標高が500m未満であった。また、28℃以上の積算時間数とその割合をみても同様の傾向にあることがわかる。標高と室温の関係を表したのが図3である。室温は基本的には標高の影響、つまり外気温の影響を受けていることがわかる。ただし、標高350m前後では室温のばらつきが2℃程度あっ

表2 各学校における日中平均室温、28℃以上積算時間数および時間割合

学校名	日中平均 室温 (°C)	日中28℃ 以上積算 時間数	28℃以上の 時間の割合 (%)	学校名	日中平均 室温 (°C)	日中28℃ 以上積算 時間数	28℃以上の 時間の割合 (%)
城山小	31.4	195	97.5	信里小	28.8	127	63.5
鍋屋田小	31.1	188	94.0	塩崎小	31.0	179	89.5
加茂小	30.8	191	95.5	松代小	31.3	184	92.0
山王小	31.0	188	94.0	清野小	31.5	191	95.5
芹田小	31.5	183	91.5	西条小	31.8	189	94.5
古牧小	31.1	187	93.5	豊栄小	30.7	182	91.0
緑ヶ丘小	30.7	178	89.0	東条小	31.3	191	95.5
三輪小	31.2	191	95.5	寺尾小	31.0	181	90.5
吉田小	31.1	191	95.5	綿内小	31.5	190	95.0
裾花小	30.7	176	88.0	川田小	30.4	175	87.5
城東小	30.9	195	97.5	保科小	30.3	170	85.0
湯谷小	30.5	186	93.0	昭和小	31.1	184	92.0
南部小	31.5	195	97.5	川中島小	31.4	184	92.0
大豆島小	31.0	184	92.0	青木島小	31.0	185	92.5
朝陽小	30.4	179	89.5	下氷鮑小	31.5	192	96.0
柳原小	31.4	194	97.0	三本柳小	31.0	184	92.0
長沼小	30.5	172	86.0	真島小	30.9	178	89.0
古里小	31.0	182	91.0	七二会小	29.0	134	67.0
若槻小	31.1	194	97.0	信更小	29.8	174	87.0
徳間小	31.6	193	96.5	豊野西小	30.6	183	91.5
浅川小	30.7	185	92.5	豊野東小	30.1	165	82.5
芋井小	28.2	104	52.0	戸隠小	27.5	75	37.5
安茂里小	31.0	185	92.5	鬼無里小	27.5	75	37.5
松ヶ丘小	31.0	183	91.5	大岡小	27.6	83	41.5
通明小	30.9	179	89.5	信州新町小	29.9	157	78.5
篠ノ井東小	31.1	184	92.0	中条小	29.6	140	70.0
篠ノ井西小	31.2	183	91.5				
共和小	30.5	166	83.0				

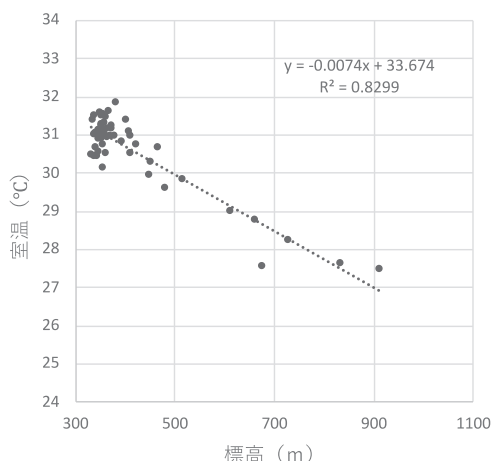


図3 標高と室温の関係

た。現時点ではこの要因は特定できないが、学校周辺の環境の違いにより外気温に影響を及ぼす因子と教室あたりの生徒数や校舎の構造など室温に影響を及ぼす因子などが関係しているものと考えられる。

4 おわりに

気象庁によると、2018年の7月中旬以降は記録的な高温となり、7月23日には埼玉県熊谷市では国内最高気温を更新する41.1℃を観測した⁸⁾。長野市においても2018年7月の月平均気温は1889年の観測開始以来もっとも高い値となった⁹⁾。この年は全国の熱中症による救急搬送人員数の合計は95,137人で平成20年の調査開始以来もっとも多く、長野県では1,434人であった¹⁰⁾。本報告の結果は、このような記録的な高温の影響を受けたときの小学校の室温の実態を示したものであり、貴重な成果と考える。現在、長野市の市立小中学校には順次空調が整備されつつある。今後は空調整備後に同様の室温測定を行うことにより空調導入による教室内暑熱環境の改善効果の把握を試みたい。

謝 辞

本報告で使用した小学校の室温データは長野市教育委員会が設置した温湿度計の測定データを使わせていただいた。本研究の一部は文部科学省の委託研究「気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT)」の支援を受けた。ここに記して謝意を表します。

文 献

- 1) 小野雅司 (2009) 地球温暖化と熱中症, 地球環境, 14: 263-270.
- 2) 鈴木パーカー明日香・日下博幸 (2015) WBGTに基づいた日本の暑熱環境の将来予測, 日本生気象学会誌, 52: 59-72.
- 3) 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 2018: 1-84.
- 4) 文部科学省, 熱中症事故の防止について: http://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/07/19/1407232_20.pdf (2019年12月26日確認)
- 5) 長野市, 長野市立小中学校クール化プロジェクトに関するサウンディング型市場調査実施要領: <http://www.city.nagano.nagano.jp/uploaded/attachment/314825.pdf> (2019年12月26日確認)
- 6) 長野地方気象台 (2018) 2018年 (平成30年) 夏 (6月~8月) の長野県内の天候.
- 7) 文部科学省 (2018) 学校環境衛生管理マニュアル.
- 8) 気象庁 (2018) 「平成30年7月豪雨」及び7月中旬以降の記録的な高温の特徴と要因について.
- 9) 長野地方気象台 (2018) 2018年 (平成30年) 7月の長野県内の天候.
- 10) 総務省 (2018) 平成30年 (5月~9月) の熱中症による救急搬送状況.

Thermal environment in classrooms of elementary school in Nagano city

Takashi HAMADA¹, Maychee LIAN^{1,2}, Hiroaki YAMATO³

- 1 *Natural Environment Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan*
- 2 *Present address: National Institute for Environmental Studies (NIES), Center for Climate Change Adaptation, 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506, Japan*
- 3 *Global Environment and Natural Symbiosis Division, Center for Environmental Science in Saitama, 914 Kamitanadare, Kazo, Saitama 347-0115, Japan*