

学校体育館の温熱環境に関する研究

－日本大学生産工学部津田沼キャンパス体育館の夏期調査－

日大生産工(院) ○堀川 哲汰
日大生産工 三上 功生

1. はじめに

現在、地球温暖化などによる気温上昇に伴い、学校施設における冷暖房機器の設置が急速に進められた。これにより、全国の公立学校(幼稚園、小学校、中学校、義務教育学校、中等教育学校、高等学校、特別支援学校)の普通教室における空調(冷房)設備設置率は令和2年9月1日時点で93.0%となっている。しかし、特別教室における設置率は57.5%、体育館における設置率は9.0%にとどまっている。

近年、建築、特に構造の分野においては、東北地方太平洋沖地震や平成28年熊本地震において多くの物的被害、人的被害が生じたことから、建物の安全性に対して、これまで以上に関心が集まっている。しかし、このような自然災害への対策は構造の分野だけでなく、設備環境の分野においても必要である。災害発生後、避難所として多くの学校施設が使用されるため、一定期間居住スペースとしての機能が必要となる。しかし学校体育館における空調設備設置率は9.0%にとどまっており近年の夏期における気温上昇への対策、災害発生時の避難所としての利用などの面から設置を進めることが必要である。そこで、本研究では複数の体育館における温熱環境の現状を把握し、問題点の抽出を行い、最終的に「学校体育館の災害時利用に関する整備指針」を示すことを目的とする。本報告では、日本大学生産工学部津田沼キャンパス25号館体育館の夏期温度測定結果について報告する。

2. 調査内容及び分析方法

本研究は、日本大学生産工学部津田沼キャンパス25号館体育館を使用し、2022年8月12日から18日までの期間で行った。なお、ここでは12日、14日、16日、18日の結果について報告する。日にちごとの測定条件は表1に示す通りである。

測定箇所を図1に示す。温度の測定は15地点、各地点の床面からの高さ20cm(就寝時の体の位置)、60cm(座位での腹部の位置)、110cm(座位での頭部の位置及び立位状態の腹部の位置)、170cm(立位状態の頭部の位置)の4箇所、計60箇所

所で行った。なお、測定はGRAPHTEC midi LOGGER GLT400を使用し、30分間隔で行った。

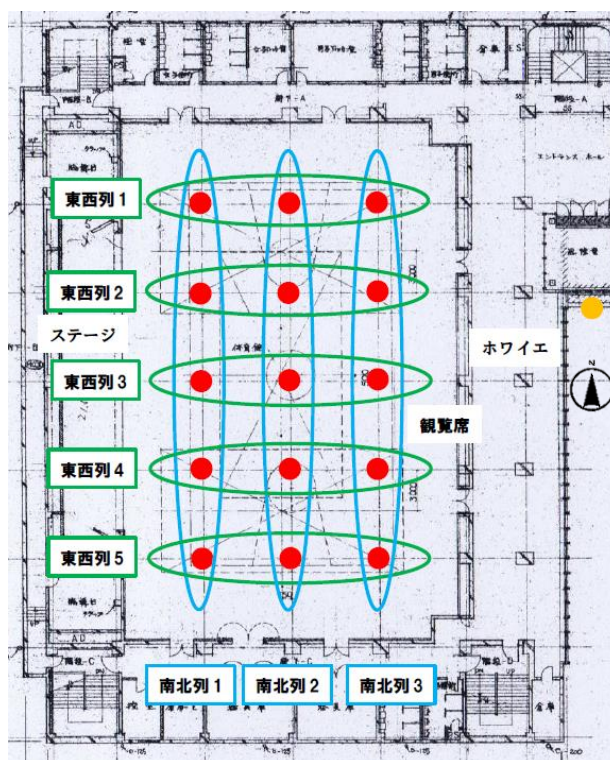
温熱環境の評価基準は、災害発生時に体育館を避難所として使用することを想定し、1991年に日本建築学会が策定した「高齢者に配慮した住宅温熱環境評価基準値¹⁾」(表2)を基に温度の評価を行った。

表1 測定条件

日にち	冷房の使用	窓の開閉	出入口の開閉
8月12日	有 (設定温度 23℃)	開 (北側2箇所、南側3箇所)	開 (北側2箇所、東側2箇所、南側3箇所)
8月14日	無	開 (北側2箇所、南側3箇所)	開 (北側2箇所、東側2箇所、南側3箇所)
8月16日	無	閉	開 (北側1箇所、東側1箇所)
8月18日	有 (設定温度 23℃)	閉	開 (北側1箇所、東側1箇所)

[注1] 冷房の使用、窓・出入口の開放は9時から18時

[注2] 窓・出入口の開放は換気をする目的で行った



- : 温度調査箇所
(高さ : 20cm、60cm、110cm、170cm)
- : 外気温度調査箇所(高さ : 1階の110cm)

図1 体育館における測定箇所

Research on Thermal Environment of School Gymnasiums

－ Summer Survey of the Gymnasium at College of Industrial Technology,
Nihon University, Tsudanuma Campus －
Tetta HORIKAWA and Kosei MIKAMI

表2 一般者・高齢者に配慮した
住宅温熱環境評価基準値

	居間・食堂	寝室	備考
夏季 [°C]	25~27	24~27	0.5~0.2clo

[注 1] 表中の数値は黒球温(deg)であり、床上 1.2m で測定することとする

[注 2] 湿度は 60~80%

[注 3] 特別大きな放射熱、気流、温度分布はないものとする

3. 調査の結果および考察

8月12日

高さごとの温度及びそのばらつきを表3及び図2に示す。また、冷房使用時の高さごとの温度を表4に示す。温度の傾向として、平均値は冷房使用時の室内温度が外気温度よりも低くなったが、1日を通しては外気温度よりも室内温度の方が高くなった。体育館を避難所として利用することを想定し、住宅温熱環境評価基準を基にその基準値から外れた割合を出した。その結果、居間・食堂の基準を用いると99.1%、寝室の基準を用いると99.31%となった。

また、高さごとの温度のばらつきが類似していることから、冷房による高さごとの温度の差はあまり生じていないことが分かる。

南北方向の傾向としては、東西方向の3地点計12箇所の測定値から平均値を出し、5列分を比較すると、北側から南側へかけて温度が下がっている(図3)。

東西方向の傾向としては、南北方向の5地点計15箇所の測定値から平均値を出し、3列分を比較すると、西側から東側にかけて温度が下がっている(図4)。

表3 8月12日の高さごとの温度傾向

	外気(110cm)	20cm	60cm	110cm	170cm	全体
最高値[°C]	31.02	35.22	35.08	35.11	35.09	35.22
平均値[°C]	29.05	31.01	31.10	31.07	30.92	31.02
最低値[°C]	27.81	26.51	26.51	26.49	26.49	26.49

表4 8月12日冷房使用時(8時~19時)の
高さごとの温度傾向

	外気(110cm)	20cm	60cm	110cm	170cm	全体
最高値[°C]	31.02	33.77	33.52	33.52	33.44	33.77
平均値[°C]	30.09	29.47	29.63	29.62	29.49	29.55
最低値[°C]	29.53	26.63	26.87	26.75	26.90	26.63

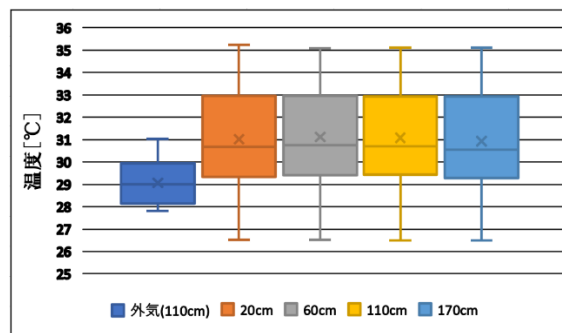


図2 8月12日の高さごとの温度傾向

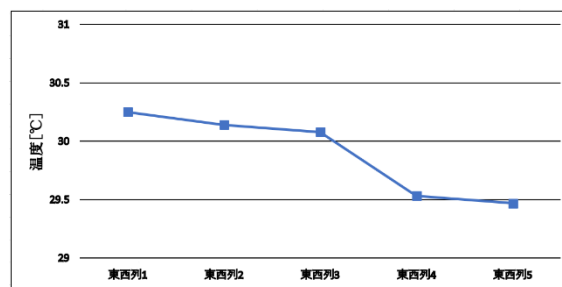


図3 8月12日の南北方向の温度傾向

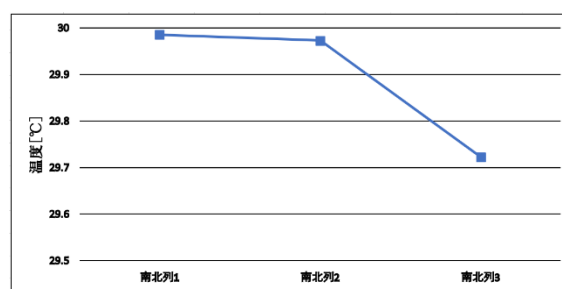


図4 8月12日の東西方向の温度傾向

8月14日

高さごとの温度及びそのばらつきを表5及び図5に示す。窓や出入口を開けていたが、冷房は使用していなかったため、室内温度が平均値で31.74度と外気温度よりも約2.5度高くなった。体育館を避難所として利用することを想定し、住宅温熱環境評価基準を基にその基準値から外れた割合を出した。その結果、居間・食堂の基準を用いると100%、寝室の基準を用いると100%となった。

高さ方向の温度傾向としては、窓や出入口を開けていたが、温度の変化はあまり見られなかった。

南北方向の傾向、また、東西方向について8月12日と同様に列ごとの比較を行った。その結果、北側から南側へかけて、また、西側から東側にかけて温度が下がっている(図6、図7)。

表5 8月14日の高さごとの温度傾向

	外気(110cm)	20cm	60cm	110cm	170cm	全体
最高値[°C]	29.96	34.02	33.94	33.86	33.63	34.02
平均値[°C]	28.12	31.72	31.82	31.78	31.63	31.74
最低値[°C]	26.13	30.32	30.28	30.27	30.40	30.27

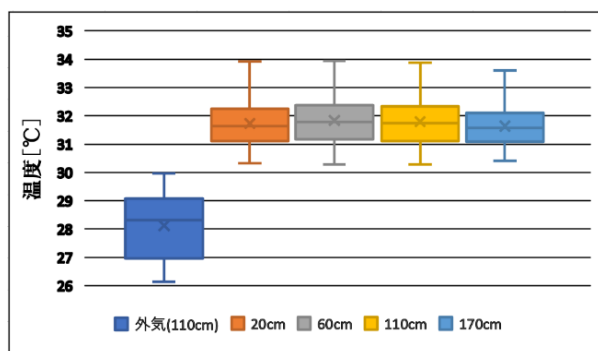


図5 8月14日の高さごとの温度傾向

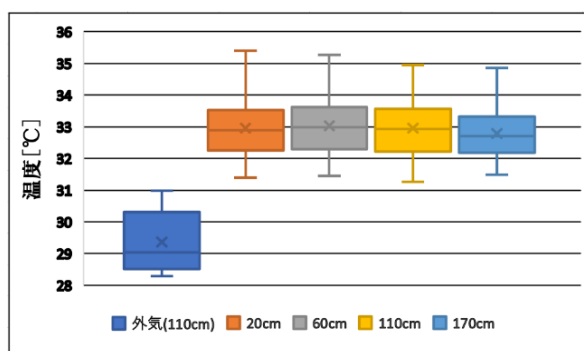


図8 8月16日の高さごとの温度傾向

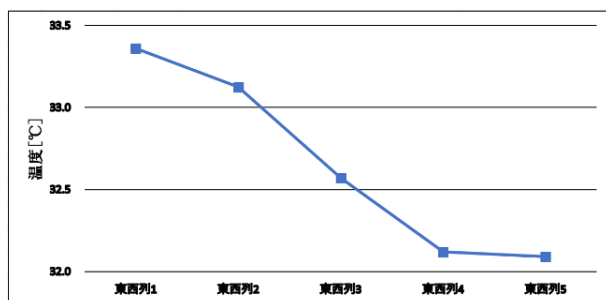


図6 8月14日の南北方向の温度傾向

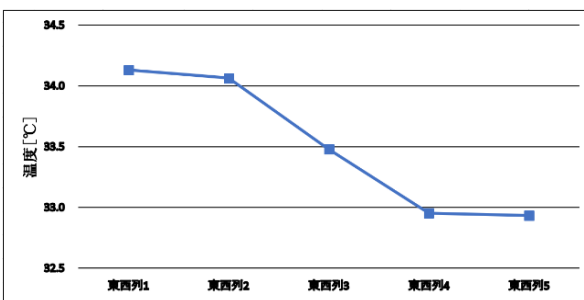


図9 8月16日南北方向の温度傾向

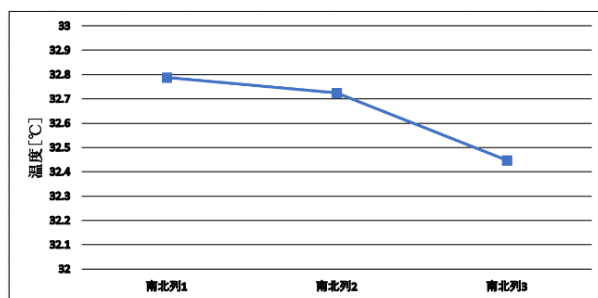


図7 8月14日の東西方向の温度傾向

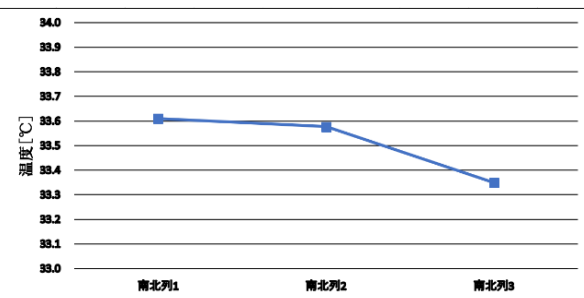


図10 8月16日東西方向の温度傾向

8月16日

高さごとの温度及びそのばらつきを表6及び図8に示す。室内温度が平均値で32.93度と外気温度よりも約2.5度高くなった。体育館を避難所として利用することを想定し、住宅温熱環境評価基準を基にその基準値から外れた割合は居間・食堂の基準を用いると100%、寝室の基準を用いると100%となった。

高さ方向の温度傾向としては、温度の変化はあまり見られなかった。

南北方向の傾向、また、東西方向について8月12日と同様に列ごとの比較を行った。その結果、北側から南側へかけて、また、西側から東側にかけて温度が下がっている(図9、図10)。

表6 8月16日の高さごとの温度傾向

	外気(110cm)	20cm	60cm	110cm	170cm	全体
最高値[℃]	30.98	35.39	35.26	34.94	34.85	35.39
平均値[℃]	29.36	32.95	33.03	32.95	32.78	32.93
最低値[℃]	28.28	31.39	31.45	31.26	31.47	31.26

8月18日

高さごとの温度及びそのばらつきを表7及び図11に示す。また、冷房使用時の各高さの温度を表8に示す。体育館を避難所として利用することを想定し、住宅温熱環境評価基準を基にその基準値から外れた割合を出した。その結果、居間・食堂の基準を用いると84.4%、寝室の基準を用いると91.7%となった。

高さ方向の温度傾向としては、冷房を使用した、温度の変化はあまり見られなかった。

南北方向の傾向、また、東西方向について8月12日と同様に列ごとの比較を行った。その結果、北側から南側へかけて、また、西側から東側にかけて温度が下がっている(図12、図13)。

表7 8月18日の高さごとの温度傾向

	外気(110cm)	20cm	60cm	110cm	170cm	全体
最高値[℃]	28.00	33.59	33.58	33.45	33.40	33.59
平均値[℃]	27.16	29.52	29.66	29.60	29.46	29.56
最低値[℃]	26.23	25.07	25.29	25.34	25.31	25.07

表8 8月18日冷房使用時(8時～19時)の
高さごとの温度傾向

	外気(110cm)	20cm	60cm	110cm	170cm	全体
最高値[℃]	28.00	32.27	32.27	32.11	32.03	32.27
平均値[℃]	27.44	27.65	27.82	27.74	27.57	27.69
最低値[℃]	26.68	25.07	25.68	25.34	25.45	25.07

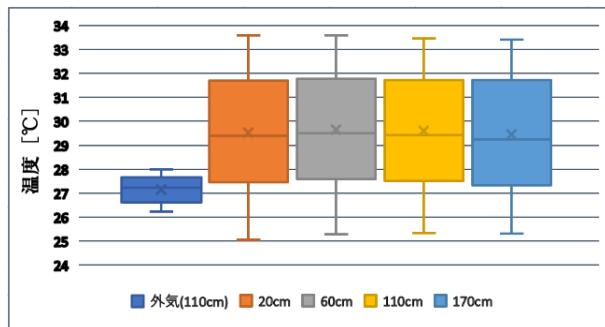


図11 8月18日の高さごとの温度傾向

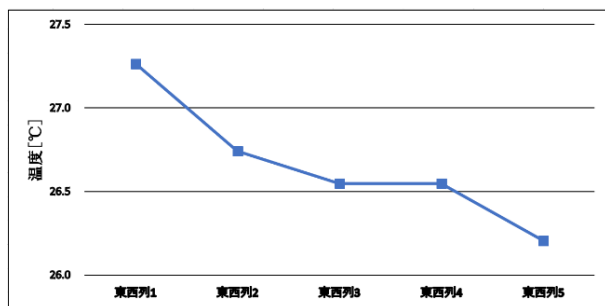


図12 8月18日南北方向の温度傾向

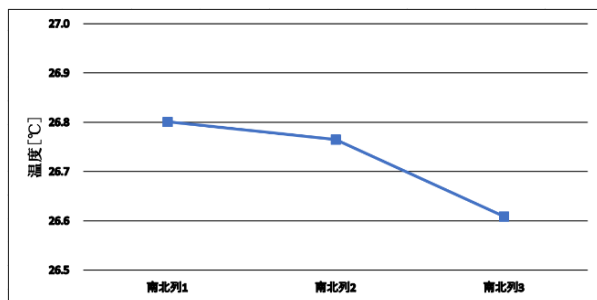


図13 8月18日東西方向の温度傾向

小括

災害発生時、体育館が一時的な避難所として使用されることを想定し、住宅の居間・食堂・寝室における温熱環境評価基準を用いて評価を行った。その結果、冷房を使用した12日、18日は基準値から外れた割合が両日ともに80%を超えていた。12日、18日ともに冷房の設定温度は23℃であったにもかかわらず、冷房使用時の平均室内温度が12日で30度前後、18日で27度前後となっていることから、冷気が十分に届いていないことが考えられる。また、冷房を使用しなかった14日、16日は基準値から外れた割合が両日ともに100%であった。

高さごとの温度の傾向として、8月12日と8月18日が類似していることから、冷房使用時における高さごとの温度の差はあまり生じていないことが分かった。また、8月14日と8月16日においても、温度の傾向が類似していることから、窓や出入口の開閉は高さ方向の温度分布にあまり影響しないことが分かった。

また、列ごとの温度の傾向のとして、4日ともに北側から南側にかけて、また、西側から東側にかけて温度が低下していることが分かった。南北方向の温度変化については、南側の窓から体育館内部に入った熱が体育館北側に多く届き、北側の窓から体育館内部に入った熱が体育館南側に多く届いた影響によるものであり、日射による影響が南側の窓からの方が大きいため、北側の温度が高くなったと考えられる。東西方向の温度変化については、西側はステージを隔てて外部に接しているのに対し、東側は観覧席部分や廊下・ホワイエを隔てて外部に接しているため、外部からの熱が体育館の西側から入りやすく、西側の温度が高くなったと考えられる。

4. まとめ

「学校体育館の災害時利用に関する整備指針」の作成に向けて、本調査より得られた知見を以下に示す。

- ・冷房の使用が可能な場合は、今回の設定温度である23度よりも温度を下げ、室内温度を適した温度にする。
- ・災害時の停電などによって冷房が使用できない場合は、温度を下げることはできない。そのため、冷暖房設備の整備など建築設備の面からだけでなく、建物からの熱の出入りの改善など、建築計画や建築材料の面からも改善を行う必要性がある。
- ・窓や出入口の開閉が高さ方向の温度分布に与える影響は小さい。
- ・夏期の災害時において高齢者など温熱環境的配慮が必要な人は、体育館の南東方向のスペースを利用することが好ましい。

整備指針の作成に向けて、今後も学校体育館の温熱環境調査を継続して行っていく予定である。

【謝辞】

本研究にご協力頂きました本学管財課の方々に、深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 文部科学省、公立学校施設の空調(冷房)設備設置状況について、(2022)，https://www.mext.go.jp/content/20220928_mxt_sisetujo-000013462_01.pdf, (参照2022-10-12)
- 2) 川島美勝，高齢者の住宅熱環境，理工学社，(1994)，p.239