

ある大学体育館における環境温、 風速および体感覚についての一考察

文 谷 知 明^{*1}

1. はじめに

熱中症とは暑熱環境下で起こる障害の総称である。適切な処置が遅れ、最も重度な熱射病にまで達した場合には死に至ることもある。学校管理下での熱中症による死亡事故は、1975年から2011年までの37年間に162件発生している¹⁾。そのほとんどは運動部の活動中に起こっているが、体育の授業中にも少なからず発生している。多くは屋外での事故であるものの、約3割は屋内で起こっている。死亡事故の防止はもちろんのこと、軽度な熱失神・熱けいれん、中等度の熱疲労に罹ることなく、体育・スポーツを快適に楽しめる環境を整えることは指導者・管理者にとって重要なことである。しかも低コストで実現できれば、なおさら望ましい。

そこで本稿では、ある大学体育館の環境温、風速を測定するとともに、送風前後の暑さと湿りの感覚を調査し、熱中症予防の一助となる資料を得ることを目的とした。

2. 方法

調査1 (A体育館, B体育館)

2012年5月1日～10月31日の半年間、岡山県内の大学体育館 (A体育館とB体育館) の WBGT (湿球黒球温度; Wet Bulb Globe Temperature) および気温 (乾球温度) を概ね週に3～4日測定した。測定時刻は12時とした。そして、熱中症予防ガイドライン²⁾ に準じて WBGT を区分した。A体育館の施設環境は、西側が入口扉、その2階に観覧席、東側が舞台、北側と南側に廊下があり、その北側と南側の2階に観覧席と窓がある。また、B体育館は西側が入口扉、東側が壁、北側と南側にフロア窓があり、その2階にもそれぞれ窓がある。A体育館は「左奥」、B体育館は「左前」の箇所にて、床から120～

140cmの高さで測定した (図1, 図2)。測定機器には熱中症指標計 (WBGT-103; 京都電子工業株式会社) を用いた。

調査2 (A体育館)

A体育館の「左前」と「右奥」にて、10, 30, 50, 100, 150, 200cmの高さで風速と気温を測定した (図1)。風速は西東と南北の2方向とし、それぞれ5秒ごとに7回測った。調査は2012年7月13日の13時30分～14時に実施した。測定機器には、風向指向性を有する熱線式デジタル風速・風量・温度計 (M1241-TA888; 株式会社シロ産業社) を用いた。なお、同機器の分解能が0.01m/秒であることから、0.01m/秒未満の数値は「<0.01」と表した。

調査3 (A体育館, B体育館)

通常時 (送風無し) の両体育館にて風速および環境温 [WBGT, 気温, 湿度 (相対湿度), 黒球温度] を測定した。そして、湿球温度 (無表示項目) を WBGT と黒球温度の関係式「湿球温度 = (WBGT - 0.3 × 黒球温度) ÷ 0.7」²⁾ から算出した。またB体育館のみ、扇風機で送風した後に風速および環境温を測定した。測定箇所は入口から見て「左前」, 「左奥」, 「中央」, 「右前」, 「右奥」, そして「入口」の6ヵ所 (図1, 図2) とし、風速は西東と南北の2方向をそれぞれ5秒ごとに7回測った。測定高は120～140cmとした。調査は2012年7月6日, 13日, 31日の3日間、それぞれ13時～15時に実施した。14時現在の天候および外気温は、7月6日は曇り / 28.5℃, 13日は曇り / 27.9℃, 31日は晴れ / 32.3℃であった。なお、風速測定には調査2の機器を用い、0.01m/秒未満の数値は「<0.01」と表した。環境温測定には調査1の機器を用いた。また、送風には羽根の直径が45cmの扇風機 (OPF-45S; 株式会社ナカトミ) を用いた。首振りを行わず、図2に示した入口側、

*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科
(連絡先) 文谷知明 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学
E-mail : bunya@mw.kawasaki-m.ac.jp

左奥隅、右奥隅からそれぞれ中央に向かって3方向から「強（風量調整は強・中・弱の3段階）」の風をほぼ同時に送った。送風は約1mの高さ（羽根中央部）から床と平行に行った。送風後の測定は、送風開始から3分経過した後に順に行った。なお、同扇風機の風量調節「強」での仕様は、最大風速が356m/分（約5.93m/秒）、最大風量は187m³/分である。

なお、環境温の項目は原則、WBGT、気温、湿度、黒球温度の順に数秒の間隔で表示ボタンを切り換えて測定し記録した。そのため、経時的変化を生じる可能性がある。黒球温度とWBGTからは湿球温度が計算でき（前述）、またこの湿球温度と気温からは湿度が計算できるが、全く同時の値ではないこと等により、湿度については機器表示値（表2に記載）と計算による値（未記載）には誤差が生じており、必ずしも一致してはいない。

調査4（B体育館）

大学生12名（男性7名、女性5名）を対象に、B体育館の入口側の半面コートを用い、5分間のフットサル（4メッツ程度のウォーミングアップ運動）を行った。その後、暑さ感覚および湿り感覚をVAS法（visual analog scale method）により調査した。次に2方向（入口側から中央に、入口側ハーフコー

ト南から北に）から10分間送風（図2）し、再び同じ調査を行った。それぞれの感覚は、数値が小さいほど快適である表現を記した10cmの直線にペンで線を引くことで求めた。暑さ感覚は直線の左端(0)を「とても涼しい」、右端(10)を「とても暑い」とし、湿り感覚は左端(0)を「とてもカラッとしている」、右端(10)を「とてもジメジメしている」とした。送風方法は調査3に準じた。調査は2012年7月17日の14時30分頃に実施した。フットサル開始直前のWBGTは28.6℃、気温31.4℃、湿度70.0%の環境条件であった。測定には調査1の機器を用いた。

送風前後の感覚は、対応のあるt検定を用いて比較した。有意水準は5%未満（ $p < 0.05$ ）とした。統計解析にはStat View 5.0Jを用いた。

3. 結果

調査1

図3に、各月を上旬と下旬に二区分したWBGTおよび気温の変化を平均値と標準偏差で示した。いずれの時期もB体育館がA体育館に比べ高かった。7月下旬～8月下旬にかけては両体育館ともに、WBGTは「嚴重警戒」域内であった。

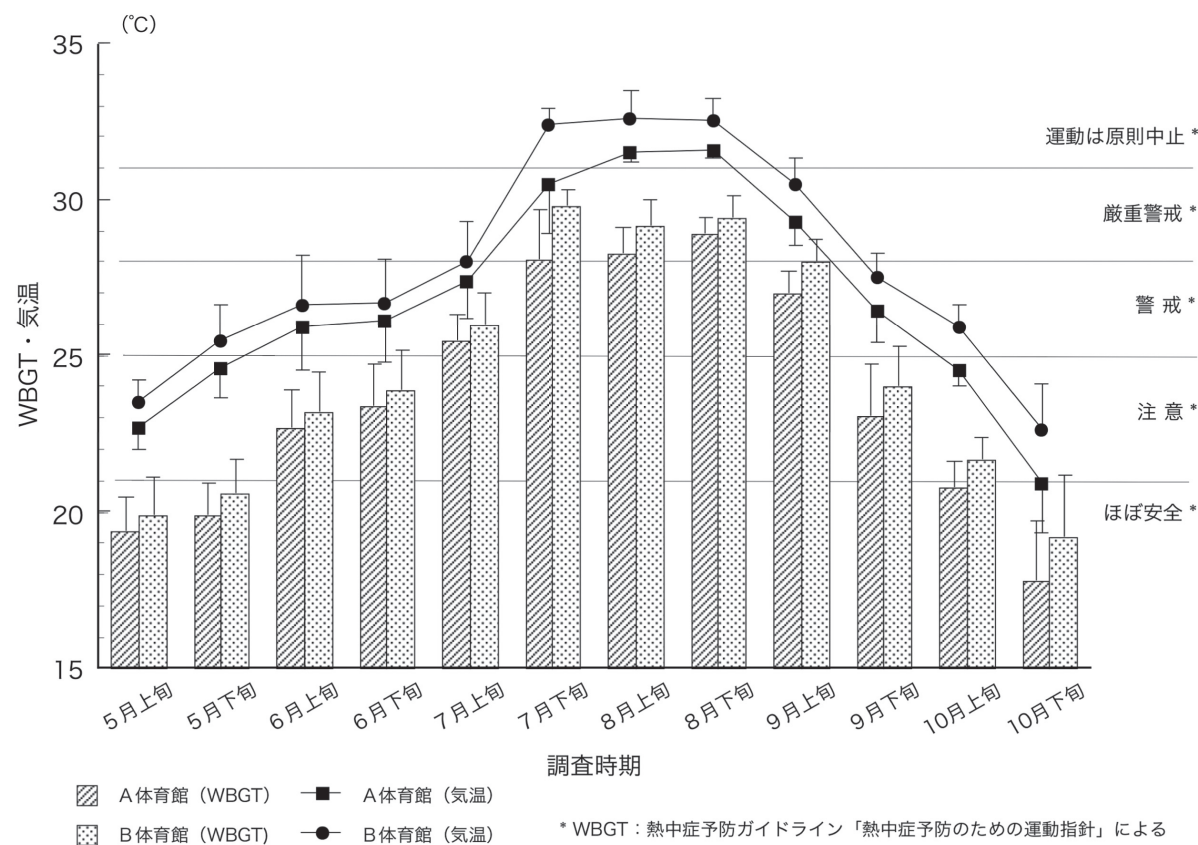


図3 各月二区分ごとのWBGTおよび気温

調査2

表1に、A体育館における測定高ごとの風速および気温を平均値で示した。西東と南北の風速には一定の傾向はみられなかった。床面に近いほど風速が大きい傾向にあった。気温は床面から離れるほど高かった。

調査3

表2に、各体育館（A体育館は通常時、B体育館は通常時と送風時）の風速（西東と南北、合計14回の平均値）および環境温（WBGT、気温、湿度）を示した。全般的に、風速はB体育館がA体育館よりも大きかった。A体育館はいずれの日も中央が大きい傾向にあったが、B体育館は日によって異なり、一定の傾向はみられなかった。WBGTは7月6日においてB体育館が高かったが、7月13日と31日はほぼ同じであった。気温はB体育館がA体育館に比べ高い傾向にあった。両体育館ともに「入口」が低く、「中央」は四隅（B体育館の「左前」を除く）よりも高い傾向にあった。湿度は7月31日においてA体育館が高かったが、7月6日と13日はほぼ同じであった。送風時のB体育館「中央」の風速は、四隅（た

だし「左前」を除く）よりも小さい傾向にあった。送風後の気温は7月6日と13日ではほとんど変化しなかったが、高温環境の7月31日は高くなる箇所が多かった。

表3には、送風前後での環境温（WBGT、気温、湿度）の差を、送風の影響を受けない「入口」を除く5カ所の3日間、計15測定値で示した。気温は0.3℃低下から0.6℃上昇の幅にあり、平均0.07℃の上昇であった。また、WBGTおよび湿度は送風前に比べ、それぞれ平均0.24℃の低下（0.6℃低下から0.5℃上昇の範囲）および2.10ポイントの低下（4.6ポイント低下から0.8ポイント上昇の範囲）であった。

表4には、送風前後での黒球温度および湿球温度を、表3と同様な計15測定値で示した。黒球温度は平均0.10℃の低下（0.5℃低下から0.3℃上昇の範囲）、湿球温度は0.30℃低下（0.8℃低下から0.6℃上昇の範囲）であった。

調査4

図4に、送風前後の暑さ感覚および湿り感覚を平均値と標準偏差で示した。送風前後で、暑さ感覚は 8.0 ± 1.5 が 5.3 ± 1.8 に減少した。また湿り感覚は7.5

表1 A体育館における測定高ごとの風速および気温

測定箇所	床からの距離	風速 (m/秒)			気温 (℃)
		西東	南北	西東・南北	
左前	10cm	<0.01	0.083	0.042	29.2
	30cm	<0.01	0.019	<0.01	29.3
	50cm	<0.01	<0.01	<0.01	29.5
	100cm	0.037	<0.01	0.019	29.6
	150cm	<0.01	0.026	0.013	29.6
	200cm	0.019	<0.01	<0.01	30.0
右奥	10cm	0.167	0.043	0.105	29.3
	30cm	0.144	0.146	0.145	29.2
	50cm	0.040	0.137	0.089	29.4
	100cm	<0.01	<0.01	<0.01	29.7
	150cm	0.064	0.140	0.102	29.6
	200cm	<0.01	0.059	0.029	29.6

※ 内扉と2階窓は開放（外扉は閉鎖）で測定

風速：「西東」「南北」は各7回の平均値、「西東・南北」は合計14回の平均値

0.01m/秒未満の測定値は「<0.01」と表示

表2 A体育館・B体育館の風速および環境温

	測定箇所	風速 (m/秒)			WBGT (°C) (気温:°C / 湿度:%)			
		7月6日	7月13日	7月31日	7月6日	7月13日	7月31日	
通常時 (送風無し)	A体育館	左前	<0.01	<0.01	0.071	26.9 (29.0/71.2)	28.3 (29.5/80.6)	29.5 (33.7/56.7)
		左奥	<0.01	<0.01	0.031	26.9 (28.9/71.2)	28.1 (29.5/77.6)	29.8 (33.8/55.8)
		中央	0.074	0.021	0.104	27.1 (29.1/71.2)	28.4 (29.9/77.4)	30.2 (34.3/54.7)
		右前	0.061	0.049	0.102	27.0 (29.0/71.9)	28.3 (29.7/78.2)	30.4 (34.2/57.6)
		右奥	<0.01	<0.01	0.052	26.9 (28.9/72.3)	28.1 (29.5/77.7)	30.0 (33.9/54.8)
		入口	0.062	0.019	<0.01	26.6 (28.4/72.4)	28.1 (29.4/78.4)	30.2 (33.7/59.1)
	B体育館	左前	0.033	0.039	0.069	27.9 (29.5/75.3)	28.7 (30.2/76.2)	30.2 (35.1/47.8)
		左奥	0.044	0.016	0.232	27.7 (29.6/72.8)	28.3 (29.7/76.9)	29.8 (34.5/46.6)
		中央	0.039	0.114	0.021	27.7 (29.9/70.4)	28.3 (29.7/77.0)	29.9 (35.0/46.8)
		右前	<0.01	0.019	0.166	27.7 (29.7/70.6)	28.5 (29.9/78.2)	29.5 (34.7/45.2)
		右奥	<0.01	<0.01	0.169	28.0 (29.6/75.2)	28.5 (29.9/79.1)	29.9 (34.8/48.7)
		入口	0.071	0.120	0.096	26.8 (28.6/71.9)	28.2 (29.6/77.4)	29.5 (34.3/48.4)
送風時	B体育館	左前	0.158	0.099	0.094	27.6 (29.6/72.5)	28.2 (30.1/72.8)	29.7 (35.1/45.9)
		左奥	0.633	0.083	0.642	27.4 (29.4/71.2)	28.3 (30.0/75.1)	29.5 (34.8/45.0)
		中央	0.222	0.169	0.019	27.6 (29.6/71.2)	28.2 (29.9/74.6)	29.8 (35.4/44.6)
		右前	0.678	0.867	0.507	27.5 (29.6/71.1)	28.1 (29.7/74.7)	30.0 (35.3/44.8)
		右奥	0.664	0.600	0.592	27.4 (29.4/71.1)	28.0 (29.8/74.5)	29.7 (35.1/46.2)
		入口	0.080	0.096	0.297	26.8 (28.5/71.5)	28.2 (29.9/75.1)	29.6 (34.9/45.4)

A体育館：内扉と2階窓は開放(外扉は閉鎖)で測定

B体育館：外扉、内扉およびフロア窓は開放(2階窓は閉鎖)で測定

風速：「西東」「南北」それぞれ7回(合計14回)の平均値

0.01m/秒未満の測定値は「<0.01」と表示

表3 B体育館における送風前後での環境温(WBGT・気温・湿度)の差

	WBGT (°C)			気温 (°C)			湿度 (%)		
	7月6日	7月13日	7月31日	7月6日	7月13日	7月31日	7月6日	7月13日	7月31日
左前	-0.3	-0.5	-0.5	+0.1	-0.1	±0	-2.8	-3.4	-1.9
左奥	-0.3	±0	-0.3	-0.2	+0.3	+0.3	-1.6	-1.8	-1.6
中央	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	+0.2	+0.4	+0.8	-2.4	-2.2
右前	-0.2	-0.4	+0.5	-0.1	-0.2	+0.6	+0.5	-3.5	-0.4
右奥	-0.6	-0.5	-0.2	-0.2	-0.1	+0.3	-4.1	-4.6	-2.5
平均 (範囲)	-0.24 (-0.6 ~ +0.5)			+0.07 (-0.3 ~ +0.6)			-2.10 (-4.6 ~ +0.8)		

「送風時」 - 「通常時(送風無し)」の値で表示

表4 B体育館における送風前後での黒球温度および湿球温度

		黒球温度 (°C)			湿球温度 (°C)			WBGT (°C) 再掲		
		通常時	送風時	差	通常時	送風時	差	通常時	送風時	差
7月6日	左前	30.9	30.7	-0.2	26.6	26.3	-0.3	27.9	27.6	-0.3
	左奥	30.9	30.8	-0.1	26.3	25.9	-0.4	27.7	27.4	-0.3
	中央	31.2	30.9	-0.3	26.2	26.2	±0	27.7	27.6	-0.1
	右前	31.0	30.8	-0.2	26.3	26.1	-0.2	27.7	27.5	-0.2
	右奥	31.0	30.8	-0.2	26.7	25.9	-0.8	28.0	27.4	-0.6
7月13日	左前	31.8	31.3	-0.5	27.4	26.9	-0.5	28.7	28.2	-0.5
	左奥	31.3	31.1	-0.2	27.0	27.1	+0.1	28.3	28.3	±0
	中央	31.3	31.3	±0	27.0	26.9	-0.1	28.3	28.2	-0.1
	右前	31.2	31.2	±0	27.3	26.8	-0.6	28.5	28.1	-0.4
	右奥	31.1	31.3	+0.2	27.4	26.6	-0.8	28.5	28.0	-0.5
7月31日	左前	37.0	36.6	-0.4	27.3	26.7	-0.5	30.2	29.7	-0.5
	左奥	37.0	36.9	-0.1	26.7	26.3	-0.4	29.8	29.5	-0.3
	中央	36.9	37.1	+0.2	26.9	26.7	-0.2	29.9	29.8	-0.1
	右前	36.9	37.2	+0.3	26.3	26.9	+0.6	29.5	30.0	+0.5
	右奥	36.5	36.5	±0	27.1	26.8	-0.3	29.9	29.7	-0.2
差	平均			-0.10			-0.30			-0.24
	(範囲)			(-0.5 ~ +0.3)			(-0.8 ~ +0.6)			(-0.6 ~ +0.5)

通常時は「送風無し」

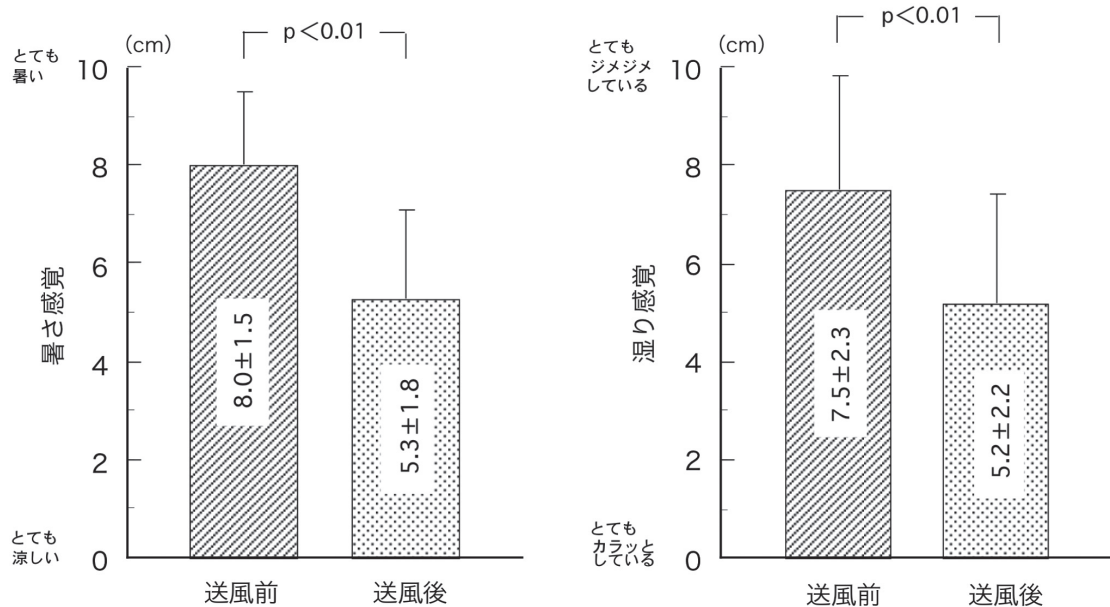


図4 送風前後の暑さ感覚および湿り感覚

暑さ感覚および湿り感覚は、送風前後で有意 ($p < 0.01$) に減少した。

±2.3が5.2±2.2cmに減少し、それぞれ有意($p < 0.01$)に軽減された。

4. 考察

熱中症は気温では24~25℃、WBGTに照らし合わせると23℃から起こり始め、WBGTが27~28℃以上になると多発する^{3,4)}といわれている。これを図2(調査1)にあてはめると、概ね7月~9月に発生の危険が高まる。個人でできることは、日頃から十分な栄養と睡眠を心がけ体調管理に留意すること、また運動前と運動中には適切な飲水²⁾をし、運動中には適度な休息をとることである。

指導者・管理者としては運動環境への配慮が求められる。表1(調査2; A体育館)より、床面に近いところの風が強い傾向にあった。気流は体育館(空間)の端である床面、壁面、天井面ほど強く、内ほど弱い可能性が考えられた。ただし、蚊取り線香の煙の流れから風向きと強さをみた予備調査では、さまざまな高さにおいても随時変化しており、風は常に複雑な動きをしていることがわかった。しかし、総じては大きな対流が体育館内で起こっていると考えてよいであろう。顔の位置に相当する150cmの風速は床面から10cm、30cmの高さより小さく、気温も0.3~0.4℃高かったのは、床の温度が低いであろうことと、空気対流が影響していたためと思われる。

両体育館の通常時の風速と環境温を測った表2(調査3)によると、平均値でみる限り、B体育館はA体育館よりも風速が大きいかかわらず、WBGTは高かった。これは図2(調査1)と同じ結果であった。その理由として、B体育館の大きさ(容積)はA体育館よりも小さいために熱がこもりやすいこと、B体育館の北側と南側には他の建物が近接しており、風向きによって風が通りにくい時があることが挙げられる。体育館全体の気温を下げるためにグリーンカーテンの利用や、屋根や外壁に持続的に水を流すなどの工夫も検討に値する。

ところで、A体育館は弱いながらも常に中央に風が通っており、体育館全体に弱い風の流れていると思われるが、B体育館は日によってバラつきがあった。暑熱感覚の先行調査(出身高等学校の体育館との比較)⁵⁾によると、A体育館よりもB体育館のほうが「かなり暑い」と答えた割合が高かった。運動は通常、体育館の中央あたりで主に行うことが多いため、環境温の高低だけでなく、この安定的な風通しが暑熱感覚に影響していたとも考えられる。

そこで、WBGT、気温、暑熱感覚がともに高いB体育館において、胸部から顔面部の高さで送風を行い、環境温を下げるができるか調べた。表3

(調査3)に示したように、「入口」を除く5ヵ所の3日間、計15測定値の気温変化は平均0.07℃の上昇に留まったが、WBGTは0.24℃、湿度は2.10ポイントそれぞれ低下した。また表4(調査3)に示したごとく、WBGT0.24℃低下には、黒球温度の0.10℃低下よりも湿球温度0.30℃の低下のほうが大きく関わっていた。気温(乾球温度)は気流の影響を受けないが、黒球温度(熱輻射量と気流の総合指標)⁶⁾および湿球温度はその影響を受けるため、送風はとりわけ湿球温度を下げることに貢献したことになる。結果として、湿球温度の低下が湿度の低下に、ひいてはWBGTの低下につながったといえよう。

しかしながら、測定箇所によっては気温が上昇したところもある。送風により体育館内の対流が促進され、上方に溜まっていた暖かい空気をかき混ぜた可能性もある。また、35℃前後の高温であった7月31日は送風後に気温が特に上昇した。これには、測定中に気象条件が変化(急に熱風が吹き込んできた)したことも関係していると思われる。本調査では「左前」や「右前」からの送風は行わなかったが、この箇所から送風して環境温を検討する必要もあったかもしれない。今回は扇風機を体育館の内側に向けてのみ送風したが、扇風機の向きを揃えて隅から隅に空気を回す方法も考えられる。また、館内の空気を入れ替えるためには外に向けて送風する方法もある。今後の検討課題である。

次は、暑熱環境下[2012年7月17日、14時30分; WBGT28.6℃、気温31.4℃、湿度70.0%; B体育館(調査4)]において軽い運動を行った後に風にあたることで、暑さ感覚や湿り感覚が軽減するか調べた。この環境条件を蒸し暑さの指標「不快指数: $0.4 \times (\text{気温} + \text{湿球温度}) + 15$; 気温、湿球温度ともに華氏⁷⁾で示すと82.6となる。不快指数は風速によっても異なるため、必ずしも体感とは一致しない⁸⁾といわれているが、一般には「暑くて汗が出る」の範疇にあり、ほとんどの人が不快に感じる環境とされる⁹⁾。また、熱中症予防のための運動指針²⁾によれば、WBGT、気温ともに「厳重警戒」域内にあり、これは体力の低い人、暑さに慣れていない人は運動中止、そうでない人に対しても激しい運動は避けることを勧めている温度である。図4(調査4)に示したように、2方向からの気流曝露は、暑さ感覚、湿り感覚ともに快適さ(涼しい、カラッとしている)を感じる方向に導いた。今回は環境温を送風前後では比較していない。そのため断定はできないが、運動中や運動直後には人の放射熱により環境温はごく僅かに上昇した可能性はあるものの、数分後には送風の影響により、WBGTと湿度は僅かでも低下した可能性がある。

送風は風量調節「強」であったが、運動実施者は扇風機から5m離れた位置で風にあたっているため、体感は微風であったと思われる。運動実施者位置での風速を測定していないため、表2(調査3; B体育館)をもとに算出したところ、送風無しでは実施コート付近である「左前」、「中央」、「右前」の3日間、計9測定値の平均は0.056m/秒であった。一方、送風有りでは5mの位置から気流を受けた「左奥」と「右奥」の3日間、計6測定値の平均は0.536m/秒であった。環境温が気温31.4℃、湿度70.0%のまま変わらず、風速値として前述の送風無し(0.056m/秒)および送風有り(0.536m/秒)を用いると、「体感温度: $37 - (37 - \text{気温}) / ((0.68 - 0.0014 \times \text{湿度}) + (1 / (1.76 + 1.4 \times \text{風速}^{0.75}))) - ((0.29 \times \text{気温}) \times (1 - \text{湿度} / 100))$ 」¹⁰⁾は29.2℃(送風無し)から28.4℃(送風有り)に0.8℃低下したことになる。

ところで、気温が30℃くらいで湿度が70%程度であれば、気流は気化熱による皮膚温の低下をもたらす、それは気流速度が大きいほど著しい¹¹⁾とされる。今回、運動実施者が受けた気流速度は0.5m/秒程度と考えられ、それほど大きくはなかった。曝露面積を広くする意向として、1方向からではなく2方向から送風することにした。結果として、12名全員が暑

さ感覚、湿り感覚ともに快適さを感じ得た。しかし、これらの感覚は気流の曝露前、後ともに個人差が大きかった¹²⁾。実際には、バレーボールやバスケットボール、フットサルのように、重量のある大きなボールを使用する種目では、常時強めの風が流れていてもさほど問題はないが、バドミントンや卓球のように軽量で小さなシャトルやピンポン球は風の影響を受けるため、強く送風することはできない。以上のことを踏まえると、比較的環境温の低い入口付近に扇風機を置き、休憩時に送風することで皮膚温を、そして体温を下げるのが現実的で無理のない方法であろう。

指導者が運動前の環境温の確認することは重要である。多くの人が運動を始めると熱産生・放射により環境温は高まる。また気象が急変することもあるため、運動中も随時測り、熱中症に罹らないように注意することが必要である。今後も、より効果的な送風のありかたや、送風に限らない実行可能な方策を検討していきたい。

謝 辞

本調査に際し、測定者として多大なるご協力をいただきました舩上和久氏(健康体育学科4年生、当時)に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 独立行政法人日本スポーツ振興センター: 学校の管理下における熱中症死亡事故事例の発生傾向。
http://jpnssport.go.jp/anzen/Portals/0/anzen/kenko/jyouhou/pdf/nettyuu/23_nettyusyo7.pdf
- 2) 川原貴, 森本武利, 白木啓三, 朝山正巳, 中井誠一, 伊藤静夫: スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック. 平成18年度改訂版, 財団法人日本体育協会, 東京, 12, 2006.
- 3) 中井誠一: 熱中症の発生実態と環境温度. 日本生気象学会雑誌, 41(1), 51-54, 2004.
- 4) 中井誠一, 新矢博美, 芳田哲也, 寄本明, 井上芳光, 森本武利: スポーツ活動および日常生活を含めた新しい熱中症予防対策の提案 - 年齢, 着衣及び暑熱馴化を考慮した予防指針 -. 体力科学, 56(4), 437-444, 2007.
- 5) 文谷知明, 府木薫: ある大学内における運動施設および高頻度利用場所の1年を通じた環境温についての一考察. 川崎医療福祉学会誌, 18(2), 537-542, 2009.
- 6) 環境省: 熱中症環境保健マニュアル(2011年5月改訂版) V. もっと知りたい時には [1.WBGT(暑さ指数): 熱中症予防のための指標]
http://www.env.go.jp/chemi/heat_stroke/manual/5.pdf
- 7) Thom EC: The discomfort index. *Weatherwise*, 12, 57-60, 1959.
- 8) 気象庁: 不快指数って何ですか?
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/faq/faq4.html>
- 9) 藤田友香, 山本亨, 田村照子, 福岡義隆: 皮膚に及ぼす気象要件の影響 - 夏季・秋季について -. 地球環境研究, 10, 49-67, 2008.
- 10) Li PW and Chan ST: Application of a weather stress index for alerting the public to stressful weather in Hong Kong. *Meteorological Applications*, 7, 369-375, 2000.
- 11) 田中博子: 暑熱環境下における定速気流の人体影響. 奈良女子大学博士(学術)論文, 第4章, 1-9, 1996.
- 12) 三宅正人, 鈴木健次, 武田紀子, 堀越哲美: 気流曝露が椅座裸体人体の皮膚温・温冷感に及ぼす影響に関する研究 全身に対する正面および背面からの気流曝露の場合. 日本建築学会東海支部研究報告, 46, 409-412, 2008.

(平成25年7月9日受理)

A Consideration of Environmental Temperature, Wind Velocity and
Body Sensitivity in Gymnasiums at a Certain University

Tomoaki BUNYA

(Accepted Jul. 9, 2013)

Key words : environmental temperature, WBGT, wind velocity, body sensitivity, gymnasium

Correspondence to : Tomoaki BUNYA

Department of Health and Sports Science
Faculty of Health Science and Technology
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan

E-mail : bunya@mw.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.23, No.2, 2014 291 – 299)