

熱中症予防に留意した「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について

令和2年6月17日

1 はじめに

- (1) 新型コロナウイルス感染症対策専門家会議の「新型コロナウイルス感染症対策の見解」(令和2年3月9日及び3月19日公表)によると、これまで集団感染が確認された場所で共通するのは、①換気の悪い密閉空間、②多くの人が密集していた、③近距離(互いに手を伸ばしたら届く距離)での会話や発声が行われたという3つの条件が同時に重なった場合であるとしている。
- (2) 新型コロナウイルス厚生労働省対策本部では、この見解を踏まえ、新型コロナウイルス感染症のリスク要因の一つである「換気の悪い密閉空間」を改善するための方法について、文献レビュー結果及びリーフレットを公表した(厚生労働省(2020))。
- (3) 今般、新型コロナウイルス厚生労働省対策本部では、外気温が高い環境下において、換気の悪い密閉空間の改善と熱中症の防止をどのように両立するかについて、有識者の意見を聴取しつつ、文献、国際機関の基準、国内法令基準等を考察し、その結果を以下のとおりまとめた。

2 熱中症の防止のために維持すべき温度等の基準に関する文献

- (1) 平成25年以降、毎年約4万人が熱中症で緊急搬送されており、平成30年には約9万人が救急搬送された(総務省消防庁(2020))。平成30年度の熱中症による死亡者数は1581人であり、そのうち65歳以上は1288人(81.5%)であった(厚生労働省(2020))。熱中症の発生場所の約40%が住居、約9%は不特定者が出入りする室内空間となっており、室内における熱中症対策が重要となっている。
- (2) 米国国立労働安全衛生研究所(NIOSH(2016))は、熱中症予防のための熱ストレスに関する推奨警戒限界値(Recommended Alert Limits: RAL)と推奨ばく露限界値(Recommended Exposure Limits: REL)を示している。RAL及びRELは、鉱山レスキュー隊の熱ストレスの上限範囲を調べるために、作業要因と環境要因に関する生理学的なアプローチによる実験結果から求められたものとしている(Lind(1963), Dukes-Dobos and Henshel(1973))。RELは、熱順化(acclimated)した健康な労働者の95%を防護するのに十分な値として設定され、熱順化していない労働者については、熱ばく露がRALを超えないようにすべきであるとしている(NIOSH(2016) p.93)。
- (3) NIOSHのREL及びRALは、標準的な男性(体重70kg、体表面積1.8m²)に対して、身体作業強度別の代謝熱(metabolic heat)と作業頻度(1時間あたりの作業時間)に応じて、限度となる環境熱ばく露(WBGT)を図で示すものである(Leithead and Lind(1964), Wyndham(1974), Ramsey(1975), Strydom(1975), ISO(1982), Spaul and Greenleaf(1984), ACGIH(1985)。Figure 8-1及び8-2参照。)

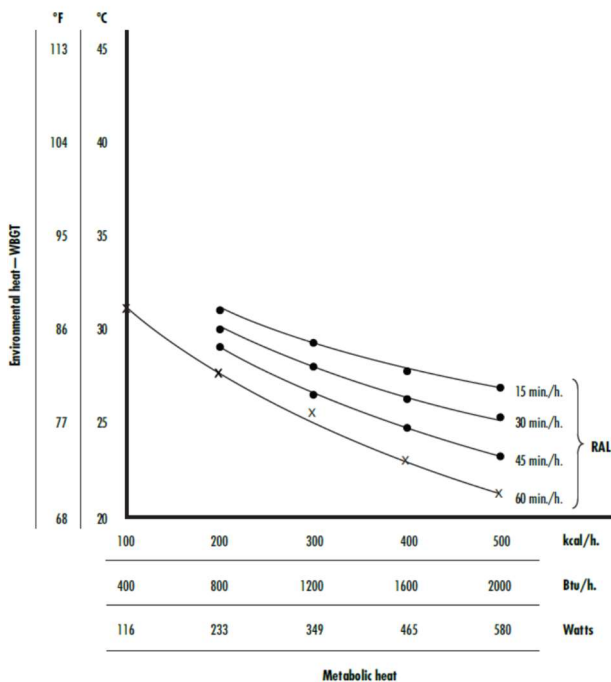


Figure 8-1. Recommended heat stress alert limits (RALs) for unacclimatized workers

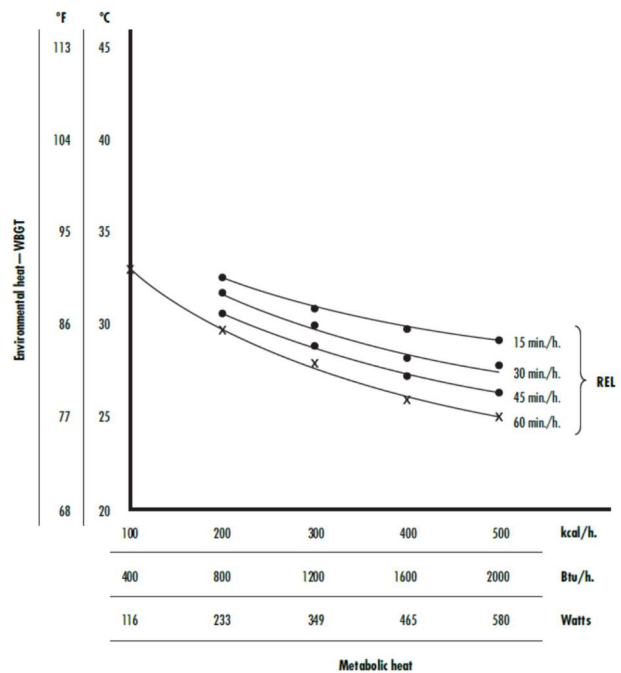


Figure 8-2. Recommended heat stress exposure limits (RELs) for acclimatized workers

(4) NIOSH(2016)は、熱ばく露に関連する疾病のリスクを高める要因として、60歳以上の高齢者 (Kenny ら(2010)、妊婦 (Meyer ら(1992)、Gagnon & Kenny(2011))、肥満 (Kenny ら2010)、薬物 (アルコール等) の摂取を指摘している (NIOSH(2016) pp. v-vi)。

(5) ISO 7243(JIS Z8504)は、身体作業強度 (代謝率レベル) 別に、熱に順化している者としていない者に分けて、WBGT 基準値を表で示している。この基準値は、連続作業を行う場合の REL と RAL と整合している (ISO (1982))。厚生労働省(2009)は、WBGT 基準値を身体作業強度別の具体例と併せて示している (表 1-1 参照)。作業強度が高代謝者率作業以上の場合、気流を感じるときは、感じないときと比較して低

表 1-1 身体作業強度等に応じた WBGT 基準値

区分	身体作業強度 (代謝率レベル) の例	WBGT 基準値	
		熱に順化している人 °C	熱に順化していない人 °C
0 安静	安静	33	32
1 低代謝率	楽な座位; 軽い手作業(書く、タイピング、描く、縫う、簿記); 手及び腕の作業(小さいベンチツール、点検、組立てや軽い材料の区分け); 腕と脚の作業(普通の状態での乗り物の運転、足のスイッチやペダルの操作)。立位; ドリル(小さい部分); フライス盤(小さい部分); コイル巻き; 小さい電気巻き; 小さい力の道具の機械; ちょっとした歩き(速さ 3.5 km/h)	30	29
2 中程度代謝率	継続した頭と腕の作業(くぎ打ち、盛土); 腕と脚の作業(トラックのオフロード操縦、トラクター及び建設車両); 腕と胴体の作業(空気ハンマーの作業、トラクター組立て、しっくい塗り、中くらいの重さの材料を断続的に持つ作業、草むしり、草掘り、果物や野菜を摘む); 軽量の荷車や手押し車を押ししたり引いたりする; 3.5~5.5 km/h の速さで歩く; 鍛造	28	26
3 高代謝率	強度の腕と胴体の作業; 重い材料を運ぶ; シャベルを使う; 大ハンマー作業; のこぎりをひく; 硬い木にかななをかけたりのみで彫る; 草刈り; 掘る; 5.5~7 km/h の速さで歩く。重い荷物の荷車や手押し車を押ししたり引いたりする; 鋳物を削る; コンクリートブロックを積む。	気流を感じないとき 25	気流を感じるとき 22 気流を感じないとき 23
4 極高代謝率	最大速度の速さでとても激しい活動; おのを振るう; 激しくシャベルを使ったり掘ったりする; 階段を登る、走る、7 km/h より速く歩く。	23	25 18 20

い WBGT 基準値が設定されている。例えば、低代謝率 (117W-234W) の作業強度 (座位での書く、タイピング等といった事務作業) を行う場合で、熱順化していない者の WBGT 基準値は、29℃となる。 ISO 7243(JIS Z8504)は、測定された WBGT 値が基準値を超えた場合、適切な方法 (環境温度の低下、作業強度の低下等) によって熱ストレスを軽減する必要があるとしている。

- (6) 厚生労働省(2009)は、測定された WBGT 値に、衣類の組み合わせに応じた補正值を加えた上で、WBGT 基準値と比較することを求めている (表 1-2 参照)。例えば、ポリオレフィン布製のつなぎ服の場合、測定された WBGT 値に 1℃を加えて評価する必要があるとしている。ただし、マスクなどの呼吸用保護具の着用に関して補正值は設定されていない。

表 1-2 衣類の組合せにより WBGT 値に加えるべき補正值

衣類の種類	WBGT 値に加えるべき補正值 (℃)
作業服 (長袖シャツとズボン)	0
布 (織物) 製のつなぎ服	0
二層の布 (織物) 製のつなぎ服	3
SMSポリプロピレン製のつなぎ服	0.5
ポリオレフィン布製のつなぎ服	1
限定用途の蒸気不浸透性つなぎ服	1.1

注 補正值は、一般にレベル A と呼ばれる完全な不浸透性防護服に使用してはならない。また、重ね着の場合に、個々の補正值を加えて全体の補正值とすることはできない。

NIOSH(2016)は、呼吸による熱放出は、極度に乾燥した環境で激しい作業を行う場合を除き、一般的に小さい結果しかもたらさない (minor consequence) としている (NIOSH(2016) p.13)。

- (7) 日本生気象学会(2013)は、室内で日射がない場合に、気温と相対湿度から WBGT 値を求めることができる表を示した (表参照)。これによると、建築物における衛生的環境の確保に関する法律 (ビル管理法) の空気環境の基準における居室における温度及び相対湿度の上限値である 28℃かつ 70%を超えた場合、例えば、29℃かつ 75%となると、WBGT 値は 29℃となり、熱順化していない者が低代謝率作業を連続して行う場合、WBGT 基準値に達する。この場合、熱中症を防止するため、熱ストレスを低減するための方策が必要となる。

		相対湿度 (%)																
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
気温 (℃) (乾球温度)	40	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
	39	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43
	38	28	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42
	37	27	28	29	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41
	36	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39	39
	35	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	38
	34	25	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	37
	33	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33	34	35	35	36
	32	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	34	34	35
	31	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	30	30	31	32	33	33	34
	30	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	29	30	31	32	32	33
	29	21	21	22	23	24	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	31	32
	28	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	30	31
	27	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30
	26	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29
	25	18	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28
	24	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27
23	16	17	17	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	
22	15	16	17	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	
21	15	15	16	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	22	23	23	24	
WBGT 値	注 意 25℃未満		警 戒 25℃～28℃				厳 重 警 戒 28℃～31℃				危 険 31℃以上							

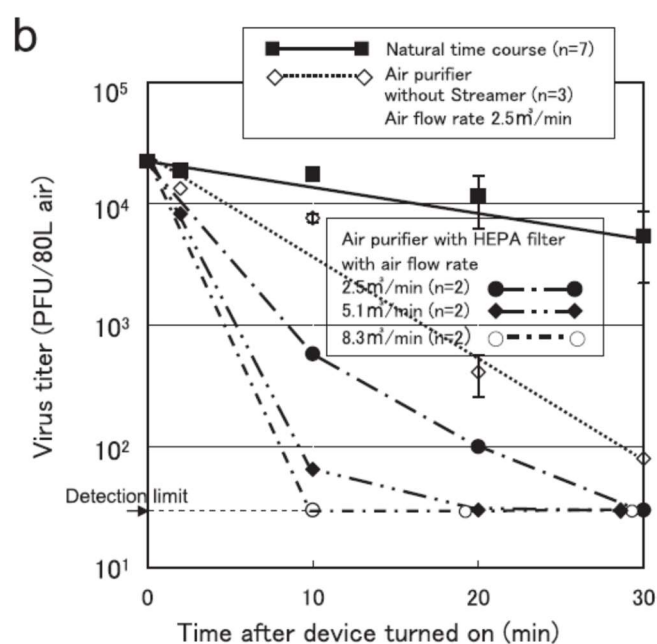
(ここで、28℃～31℃は、28℃以上31℃未満の意味)

ビル管理法におけるの空気環境の基準（抜粋）

二酸化炭素の含有率	100 万分の 1000 以下 (=1000 ppm 以下)
温度	(1) 17℃以上 28℃以下 (2) 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。
相対湿度	40%以上 70%以下

3 HEPA フィルタを備えた可搬式空気清浄機の活用について

- (1) 米国熱冷凍空調学会(ASHRAE(2020))は、非医療設備における感染性エアロゾルに対応した空調設備の検討にあたっては、外気取り入れ量を増加することを第一に推奨しつつ、HEPA フィルタ等を備えた可搬式の空気清浄機について、清浄空気供給率(CADR)に適切に配慮した上で、通常の換気装置に追加して使用することを考慮すべきとしている(ASHRAE(2020) p.10)。
- (2) 欧州空調協会連合会(REHVA(2020))は、外気取り入れ量の増加の方がより効果的であることを強調しつつ、新型コロナウイルス感染症に対応した換気のための可搬式の空気清浄機の使用について、HEPA フィルタを備えた空気清浄機については、換気と同程度の粉じん除去効果があるとし、静電気フィルタを備えた空気清浄機についても同様の効果があるとしている。なお、それ以外の方式の空気清浄機については、効果が不十分であるとしている。また、空気清浄機の気流は狭い範囲（通常 10m²程度）でしか効果がないとし、空気清浄機を使用する場合は、呼吸域に近接した場所に設置することを推奨している(REHVA(2020)p.6)。
- (3) CDC(2003)は、医療施設における可搬式の HEPA フィルタユニットについて、①全体換気がない部屋における一時的な換気、②換気装置が適切な風量を提供できない場合の補強、③空気の流れの効率性の向上を図る場合には、使用できるとしている。ただし、その有効性は、部屋の構造、家具等の配置、ユニットの設置位置、吸排気口の位置等に依存するとしている (CDC(2003) p.30)。
- (4) 西村 (2011) は、市販されている HEPA フィルタ付きとそれ以外の 4 種類の空気清浄機のインフルエンザウイルス除去性能を実験によって検証した。これによると、インフルエンザウイルスを散布した容積 14.4m³のチャンバー内で空気清浄機を作動させ、経過時間ごとにサンプリングした



空気中の活性ウイルス量を測定した結果、HEPA フィルタ付きの空気清浄機については、風量に応じ、10 分後の活性ウイルス量は顕著に減少（10 分後の低減率は、 $2.5\text{m}^3/\text{min}$ で 10^{-2} 、 $5.1\text{m}^3/\text{min}$ で 10^{-3} 、 $8.3\text{m}^3/\text{min}$ で検出限界以下）したとしている（Fig. b 参照）。一方、HEPA フィルタ付き以外の空気清浄機は、HEPA フィルタ付きのもののウイルス減少効果に遠く及ばなかったとしている。

- (5) Qian ら(2010)は、模擬の隔離病室（床面積 40.2m^2 、天井高 2.7m ）に毎分 8.9m^3 の風量をもつ1台の可搬式 HEPA フィルタユニットを設置し、その効果を検証した。それによると、フルパワーで運転したときには良好な空気の流れを作り出し、換気回数も毎時 $2.5\sim 5.6$ 回に達したが、風量を落とす（ $6.1\sim 1.5\text{m}^3/\text{h}$ ）と、空気がよどむ箇所が発生したとしている（Qian ら(2010)）。

4 考察（熱中症予防の基準等について）

- (1) 熱中症により約9万人が救急搬送され、約1600人が死亡し、そのうち約5割が室内で発生しているという状況を踏まえると、「換気の悪い密閉空間」を改善する換気と、熱中症予防を両立することは重要である。高齢、妊娠、肥満等の熱ばく露に対して脆弱な者にとっては、特に重要である。
- (2) ビル管理法に定める空気環境の基準のうち、居室における温度及び相対湿度の基準は、建築物内における熱中症を防止するための基準値として、合理性を有するといえる。NIOSH(2016)が定めている RAL は、熱順化していない標準男性のうち95%の者に対して、熱中症を防止することができるとしている。ISO 7243 の定める熱順化していない者に対する WBGT 基準値は、連続作業を行う場合の作業強度別の RAL に整合している。ビル管理法に定める空気環境の基準値（居室内の温度 28°C 、相対湿度 70%）を超える環境（例： 29°C かつ 75%）における WBGT 値は、 29°C 相当となり（日本気象学会(2013)）、熱順化していない者が低代謝率以上の作業強度の作業を連続して行っている場合の WBGT 基準値に達することになる。
- (3) 一時的にでも室温が 28°C を超えることを避けるため、外気温が非常に高いときに窓の開放によって外気取り入れを行う場合は、定期的に窓を全開する方法ではなく、常時、窓を少し開けて連続的に外気を取り入れつつ、循環式エアコンによって、常時、居室における温度及び相対湿度の基準を維持する方法が望ましい。

5 考察（空気清浄機の補助的な使用について）

- (1) 換気設備又は空気調和設備（換気設備の機能を有し、温度・湿度の調整を行う設備）を設けている建築物の場合、ビル管理法の空気環境基準を満たすように空気調和設備等を運転すれば、一人あたり毎時 30m^3 の必要換気量を維持しつつ熱中症を防止することが可能となる。しかし、換気機能のない冷暖房設備（以下、「循環式エアコン」という。）のみが設置されている建築物の場合、必要換気量を確保するためには窓を開ける

必要がある。真夏日（最高気温 30℃以上）や猛暑日（最高気温が 35℃）において、必要換気量を確保するために窓の開放による換気を行うと、循環式エアコンの冷却能力を最大に設定しても、温度及び相対湿度の基準を維持できなくなることが想定される。

- (2) 居室における温度及び相対湿度の基準を維持した上で、「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気を実施するためには、窓の開放による換気に加え、市販の空気清浄機を補助的に使用することが考えられる。米国、欧州の空調関係の学会は、外気取り入れを推奨しつつ、HEPA フィルタ付きの空気清浄機を換気の補助として使用することを推奨している(ASHRAE(2020), REHVA(2020))。ただし、HEPA フィルタ方式以外の空気清浄機は十分なウイルス除去機能が認められないと強調していることに留意する必要がある。
- (3) 空気清浄機の定量的なウイルス低減効果の評価については、さらなるデータの蓄積が必要であるが、HEPA フィルタ方式の空気清浄機に、空気中のウイルスを低減させる効果があることは明らかである。市販の空気清浄機を補助的に使用する場合、容積 14.4m³（一般的な建築物（天井高 2.4m）の床面積 6m²に相当。）のチャンバーでの実験では、市販の HEPA フィルタ付きの空気清浄機（風量 2.5～8.3m³/min）であれば、風量に応じ、ウイルス低減効果（10 分後の低減率 10⁻²～10⁻³。8.3m³/min の場合は検出限界以下。）が向上することが確認されている（西村（2011））。模擬の隔離病室（床面積 40.2m²、天井高 2.7m）における実験では、最大風量（8.9m³/min）で運転したときには良好な空気の流れを作り出し、相当換気回数も毎時 2.5～5.6 回に達したが、風量を落とす（6.1～1.5m³/min）と空気のよどみが発生したとしている(Quin ら(2010))。
- (4) 現時点の文献を踏まえると、居室の温度及び相対湿度の基準を維持できる範囲内で窓からの外気を取り入れを行いつつ、空気清浄機を使用する場合には、①HEPA フィルタ付きであり、かつ、風量が 5m³/min 程度以上である空気清浄機を使用すること、②人の居場所から 10m²程度の範囲内に空気清浄機を設置すること、③空気のよどみを発生させないように、外気取り入れの風向きと空気清浄機の風向きを一致させることに留意すべきである。なお、これら空気清浄の使用条件については、今後、メーカーの協力を得て、ウイルス量低減効果の実証試験などによって検証していくことが望まれる。

6 まとめ

新型コロナウイルス厚生労働省対策本部では、外気温が高いときに、新型コロナウイルス感染症のリスク要因の一つである「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気と、熱中症予防をどのように両立するかについて、有識者の意見を聴取しつつ、文献、国際機関の基準、国内法令基準等を考察し、推奨される方法をまとめた。

- (1) 換気機能のない冷暖房設備（以下「循環式エアコン」という。）^{*1}しか設置されてい

ない商業施設等の場合、最高気温が 30℃以上の真夏日や、35℃以上の猛暑日のように外気温が高いときは、必要換気量を満たすための換気（30分ごとに1回、数分間窓を全開にする）^{※2}を行うと、ビル管理法で定める居室内の温度（28℃以下）及び相対湿度（70%以下）^{※3}の基準を維持できないことが想定される。この場合、熱中症の発生を防止するため、以下に留意して換気等を行う必要がある。

ア 居室の温度及び相対湿度を 28℃以下及び70%以下に維持できる範囲内で、2方向の窓を常時、できるだけ開けて、連続的に室内に空気を通すこと^{※4}。この際、循環式エアコンの温度をできるだけ低く設定すること。1方向しか窓がない場合は、ドアを開けるか、天井や壁の高い位置にある窓を追加で開けること。

イ 居室の温度及び相対湿度を 28℃以下及び70%以下に維持しようとすると、窓を十分に開けられない場合は、窓からの換気と併せて、可搬式の空気清浄機を併用^{※5}することは換気不足を補うために有効であること。併用に当たっては、以下の点に留意すること。

- ① 空気清浄機は、HEPA フィルタによるろ過式で、かつ、風量が5m³/min程度以上のものを使用すること。
 - ② 人の居場所から10m²(6畳)程度の範囲内に空気清浄機を設置すること。
 - ③ 空気のよどみを発生させないように、外気を取り入れる風向きと空気清浄機の風向きを一致させること^{※6}。
- (2) 換気機能を持つ空調設備が設置された建築物は、ビル管理法における空気環境の調整に関する基準に適合するように空調設備の外気取り入れ量等を調整することで、必要換気量(一人あたり毎時30m³)^{※2}を確保しつつ、居室の温度及び相対湿度を28℃以下及び70%以下に維持する。
- (3) 熱中症の予防^{※7}のためには、こまめな水分補給や健康管理等にも留意が必要である。

※1 エアコン本体に屋内空気の取り入れ口がある（換気用ダクトにつながっていない）エアコンは、室内の空気を循環させるだけで、外気を取り入れ機能はないことに注意すること。

※2 リーフレット「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法」参照
URL: <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf>

※3 ビル管理法で定める居室内の温度および相対湿度の基準（28℃以下・70%以下）を維持していれば、軽作業を連続で行う場合の熱中症予防の基準値（暑さ指数（WBGT 値）29℃）を超えることはないこと。

※4 窓を開ける幅は、居室の温度と相対湿度をこまめに測定しながら調節すること。また、窓を開けるときは、防犯等にも配慮すること。

※5 空気清浄機は、換気を補完する目的で使用するものであり、窓を閉めて空気清浄機だけを使用しても十分な効果は得られないことに留意すること。

※6 間仕切り等を設置する場合は、空気の流れ妨げない方向や高さとするか、間仕切り等の間に空気清浄機を設置するなど、空気がよどまないようにすること。

※7 リーフレット「新しい生活様式における熱中症予防行動」参照

URL: <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000635213.pdf>

参考文献

- ACGIH (1985) TLVs®, threshold limit values for chemical substances and physical agents in the work environment and biological exposure indices with intended changes for 1985–86. Cincinnati, OH.
- ASHRAE (2020) ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols. Approved by ASHRAE Board of Directors, April 14, 2020
- CDC (2003). Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 52 (RR-10).
- Gagnon D, Kenny GP (2011) Sex modulates whole-body sudomotor thermosensitivity during exercise. *J Physiol* 589(Pt 24):6205–6217.
- ISO (1982) Hot environments: estimation of heat stress on working man based on the WBGT index (ISO 7243).ISO. Geneva
- Kenny GP, Yardley J, Brown C, Sigal RJ, Jay O (2010) Heat stress in older individuals and patients with common chronic diseases. *CMAJ* 182(10):1053–1060.
- Leithead CS, Lind AR (1964). Heat stress and heat disorders. London: Cassell.
- Meyer F, Bar-Or O, MacDougall D, Heigenhauser GJ (1992) Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. *Med Sci Sports Exerc* 24(7):776–781.
- NIOSH (2016) NIOSH criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments. NIOSH Publication 2016-106
- Quin H, Li Y, Sun H, Nielsen PV, Huang X, Zheng X (2010) Particle removal efficiency of the portable HEPA air cleaner in a simulated hospital ward. *Build. Simul.* Vol. 3, No.3 pp.215-224
- Ramsey JD (1975). Heat stress standard: OSHA's Advisory Committee recommendations. *Natl Safety News* 89–95.
- REHVA (2020) REHVA COVID-19 guidance document, April 3, 2020. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations.
- Strydom NB (1975). Physical work and heat stress. In: Zenz C, ed. *Occupational medicine: principles and practical applications*. Chicago: Year Book Medical

Publishers.

Spaul WA, Greenleaf JE (1984) Heat stress field study. US Navy Med 75:25–33.

Wyndham CH (1974). 1973 Yant memorial lecture: research in the human sciences in the gold mining industry. Am Ind Hyg Assoc J 35(3):113–136.

厚生労働省(2009) 職場における熱中症の予防について (平成 21 年 6 月 19 日付け基発第 0619001 号)

厚生労働省(2019) 熱中症による死亡者数 (人口動態統計)

厚生労働省(2020) 商業施設等における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について

総務省消防庁(2020) 熱中症による救急搬送人員に関するデータ

<https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post3.html>

西村秀一 (2011) 高性能の空中浮遊インフルエンザウイルス不活化を謳う市販各種電気製品の性能評価 感染症学雑誌 第 85 巻第 5 号 pp.537-539

日本生気象学会(2013) 「日常生活における熱中症予防指針 Ver.3 」

<http://seikishou.jp/pdf/news/shishin.pdf>

(注) 本文書の取りまとめにあたり、ご意見を伺った有識者は以下のとおり (50 音順)。

近畿大学医学部 環境医学・行動科学教室 准教授 東 賢一

国立保健医療科学院 生活環境研究部 主任研究官 開原 典子

東京工業大学 環境・社会理工学院 准教授 鍵 直樹

金沢大学理工研究域フロンティア工学系 教授 瀬戸 章文

北海道大学工学研究院 環境空間デザイン学研究室 教授 林 基哉

工学院大学 建築学部 建築学科 教授 柳 宇