

基調講演3

日本生気象学会のとりくみ
～WBGTLの生活環境への導入と課題～

日本生気象学会
永島 計 先生

生気象学と日本生気象学会

Biometeorology × Japanese Society of Biometeorology

永島 計 Kei Nagashima

医師 / 温熱生理学研究者 / 早稲田大学名誉教授

順天堂大学健康スポーツ研究所 客員教授 / 昭和医科大学 客員教授

バイタレート株式会社 CEO

生気象学とは

「大気の物理的・化学的環境条件が、生体に及ぼす直接・間接の影響を研究する学問」

主な研究領域

1 植物生気象学

2 動物生気象学

3 人体生気象学

4 宇宙生気象学

5 古生気象学

生態学の一分野として、自然環境から人工環境までを含む広い環境条件と生体の関係を扱う。

日本生気象学会

Japanese Society of Biometeorology



● 1962年12月に発足

● 日本気象学会の生気候分科会、環境生理集談会、国際生気象学会日本支部などを統合して設立

● 初代会長は吉村寿人、現在は第12代・永島 計（2020年～）

歴代会長の継承



気象と健康・生物・環境を結ぶ学際領域としての広がりを示す。

出典：日本生気象学会公式サイト

熱中症予防対策の歴史

中井誠一 | 日生氣誌 48(1), 2011

- 発生の際は**労働・軍隊**から**日常生活**まで拡大
- 評価指標は**気温中心**から**WBGT**へ発展
- 対策は**経験則**から**体系的管理・教育**へ

暑熱を“測る”ことと、対策を“標準化する”ことが予防の歴史をつくってきた。

歴史をたどることで、現代の予防策がどのように形づくられたかを整理する

発生の場

労働・軍隊 → 日常生活

温暖化やヒートアイランドの進行により、屋外労働者だけでなく高齢者や生活者の予防が重要になる。

指標

気温 → 温湿度 → WBGT

温度単独では不十分で、湿度や輻射熱も含めた評価が必要になった。

対策

経験則 → ガイドライン

塩・水の補給、順化、作業/運動管理、保健教育へと内容が広がった。

職場では環境管理・作業管理・健康管理・衛生教育、日常生活では保健教育が熱中症予防の柱になる。

2. 熱中症の概念はどう広がったか

用語の変遷は、対象と病態理解の拡大を反映している

～明治以前

病名が分散

「霍乱」「中暑」「暈病」など、暑熱による病気を個別に呼んでいた。

1950年代以降

「熱中症」が普及

炭鉱で多発したことを背景に、熱に関連する障害をまとめて扱う語として定着。

現在

総称として理解

熱失神・熱疲労・熱けいれん・熱射病などを含む概念として用いられる。

対象の広がり



炭鉱・軍隊



屋外労働



スポーツ



日常生活・高齢者

→ 予防の対象は「特殊環境」だけでなく、夏を過ごすすべての人へ

3. 評価指標の発展：気温から WBGT へ

指標の流れ

温度単独 → 温湿度 → 輻射熱を含む WBGT

1897

外気温34℃
を目安

1926

坑内35℃以上
で就業制限

1957

軍隊訓練で
WBGT 26.5℃

1975

長距離走
WBGT 28℃で中
止

2005-

環境省・学会
が
WBGT 指針

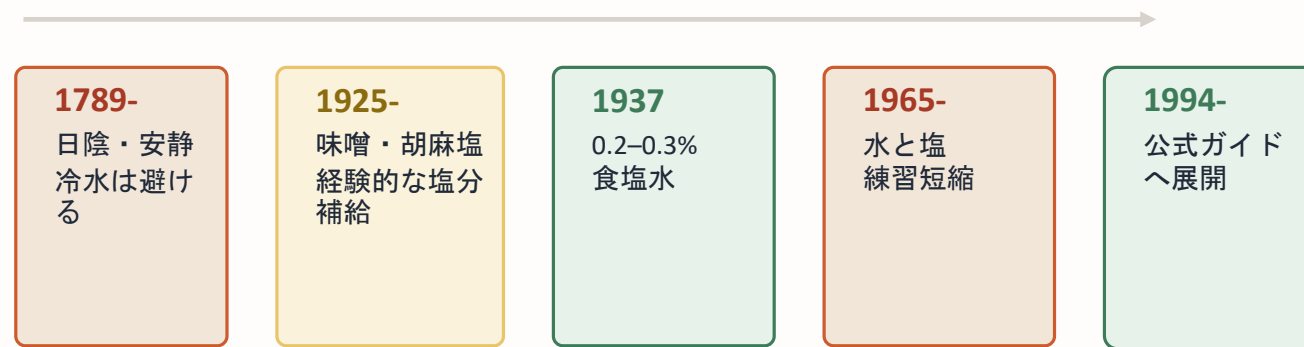
なぜ WBGT か

屋外・運動時は湿度や日射の影響が大きく、気温だけでは危険を読み切れないため。

4. 予防策の発展：経験則から公式指針へ

対策の流れ

安静・日陰 → 塩分補給 → 水分補給と順化 → 行動指針
針



重要な含意

現代のガイドラインは突然生まれたのではなく、現場の経験知を整理・検証してできている。

5. 現代に引きつけると、何を実践すべきか

論文の整理を、現場で使える5つの柱に置き換える

① 環境管理

WBGT や温湿度を見える化し、休憩場所・日陰・送風を確保する。

② 作業/運動管理

中止・短縮の基準を用意し、無理な継続を避ける。

③ 水分・塩分

発汗量に応じて補給する。大量発汗時は塩分も考慮する。

④ 順化と体調

暑熱順化が不十分な時期は慎重に。体調不良者には特に配慮する。

⑤ 保健教育

職場・学校・家庭で「危険の見分け方」と「行動」を共有する。

メッセージ 熱中症予防は「個人の注意」だけでは不十分。環境・運用・教育をセットで整えるほど効果が高い。

6. まとめ

- 1 熱中症は、特殊環境の問題から「社会全体の夏の健康課題」へ広がった。
- 2 評価指標は、気温だけではなく湿度・輻射熱を含む WBGT へ収れんした。
- 3 予防策は、塩・水・休憩といった経験則を土台に、現代のガイドラインへ整理された。
- 4 最終的な鍵は教育であり、危険の理解と行動基準の共有が被害を減らす。

日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針」に掲載されている 室内用のWBGT簡易推定図の開発経緯とその検証

Watanabe S, Saito H, Tsuchikawa T, Sakoi T.
Jpn. J. Biometeor. 2023;60(3-4):55-65

- 旧版推定図の問題点を整理
- 日射のない室内専用の改訂版を理論的に作成
- 実環境で妥当性を検証

結論：改訂版は「日射のない室内」で
実測WBGTに極めて近い値を推定できる

[日生気誌 60(3-4) : 55-65, 2023]

DOI: 10.11227/seikisho.60.55
(Jpn. J. Biometeor. 60(3-4) : 55-65, 2023)

原 著

日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針」に掲載されて
いる室内用の WBGT 簡易推定図の開発経緯とその検証

Development history and verification of the WBGT estimation chart for
indoors published in the "Guideline of heat disorders prevention in daily life"
by Japanese Society of Biometeorology

渡邊 慎一^{1,5}, 齊藤 宏之^{2,5}, 土川 忠浩^{3,5}, 佐古井 智紀^{4,5}

Shinichi Watanabe^{1,5}, Hiroyuki Saito^{2,5}, Tadahiro Tsuchikawa^{3,5}, Tomonori Sakoi^{4,5}

¹大同大学 ²独立行政法人 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所

³兵庫県立大学 環境人間学部 環境人間学科 ⁴信州大学 繊維学部 先進繊維・感性工学科

⁵日本生気象学会 熱中症予防研究委員会 WBGT 簡易推定図検証 WG

¹Daido University, ²National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

³University of Hyogo, ⁴Shinshu University,

⁵Japanese Society of Biometeorology, Heat Disorders Prevention Research Committee,
WG for Verifying WBGT Estimation Chart

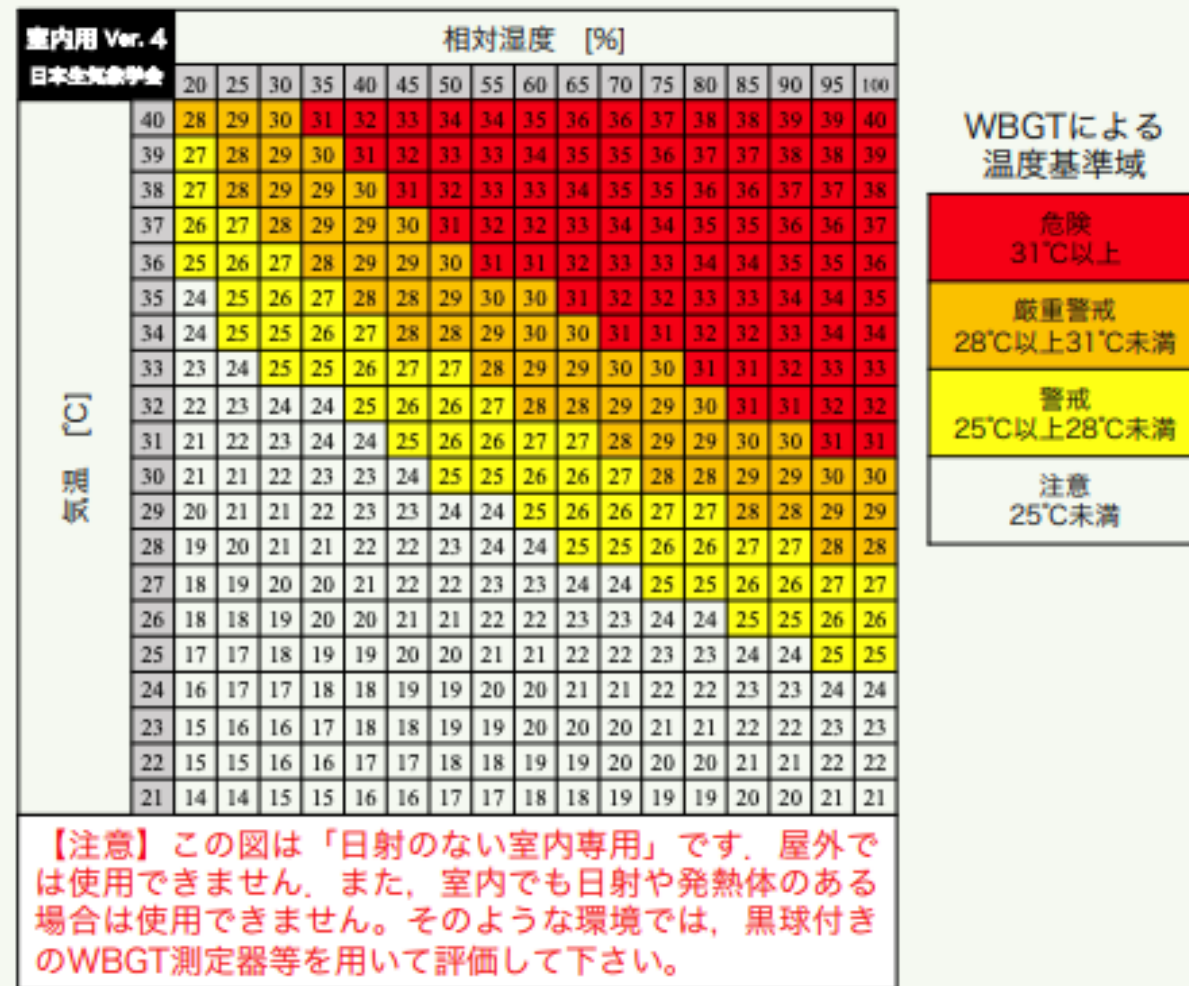
(受付 2023年7月10日/受理 2023年9月19日)

WBGT 簡易推定図は気温と相対湿度から WBGT を推定でき、日本生気象学会が発行する「日常生活における熱中症予防指針」に掲載されている。旧版の WBGT 簡易推定図は、日射のある環境では実測の WBGT 値よりも過小評価し、日射のない室内では過大評価する傾向があることが指摘された。そこで、熱中症予防指針 Ver.3.1 の改訂版において、日射のない室内のみで適用できる改訂版 WBGT 簡易推定図を熱収支理論に基づいて開発した。この推定図を検証するため、実環境において、黒球付き WBGT 測定器を用いて WBGT、気温、相対湿度を測定した。その結果、日射のない室内において、改訂版 WBGT 簡易推定図は、実測値と極めて近い値を推定した。そこで、改訂版 WBGT 簡易推定図は日射のない室内において適用可能であると結論づけた。一方、屋外や日射のある環境においては、黒球付き WBGT 測定器を用いて評価する必要があることを強調した。

キーワード：WBGT、推定図、熱中症、指針、日本生気象学会

The WBGT estimation chart can estimate WBGT values using two thermal parameters of air temperature and relative humidity, and has been published in the "Guidelines of heat disorders prevention in daily life" issued by the Japanese Society of Biometeorology. It was pointed out, however, that the old version of the chart tends to underestimate in an environment with solar radiation and overestimate indoors without solar radiation. Therefore, in the revision of the heat disorders prevention guideline Ver.3.1, a revised version of the WBGT estimation chart that can be applied only to indoors without solar radiation was developed based on the heat balance theory. To verify this estimation chart, WBGT, air temperature, and relative humidity were measured using several WBGT measuring instruments with a globe thermometer in actual indoor spaces. The measurements clarified that the

室内用のWBGT簡易推定図 Ver.4



日本生気象学会: 日常生活における熱中症予防指針 Ver.4, 2022

図 3. 室内を対象とした気温と相対湿度から WBGT を簡易的に推定する図
(室内用の WBGT 簡易推定図)

背景と研究目的

- WBGTは熱中症リスク評価の代表指標だが、一般生活では黒球付き測定器の普及が限定的。
- 旧版のWBGT簡易推定図は、日射のある環境では過小評価、日射のない室内では過大評価の傾向が指摘された。
- そこで本研究は、日射のない室内専用の改訂版を開発し、その妥当性を検証した。

| | | 相対湿度 (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--|
| | | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | |
| 気温 (°C) | 40 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | | |
| | 39 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | | |
| | 38 | 28 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | | |
| | 37 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | | |
| | 36 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 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 | 36 | 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 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 24 | | |

Fig. 1 WBGT estimation chart before the revision (Ver.1~Ver.3)

| | | 相対湿度 [%] | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--|
| | | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | |
| 室内用 Ver.3.1 日本生気象学会 気温 [°C] | 40 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 34 | 35 | 36 | 36 | 37 | 38 | 38 | 39 | 39 | 40 | |
| | 39 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36 | 37 | 37 | 38 | 38 | 39 | |
| | 38 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36 | 36 | 37 | 37 | 38 | |
| | 37 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 32 | 32 | 33 | 34 | 34 | 35 | 35 | 36 | 36 | 37 | |
| | 36 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 31 | 31 | 32 | 33 | 33 | 34 | 34 | 35 | 35 | 36 | |
| | 35 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 30 | 30 | 31 | 32 | 32 | 33 | 33 | 34 | 34 | 35 | |
| | 34 | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 30 | 30 | 31 | 31 | 32 | 32 | 33 | 33 | 34 | |
| | 33 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 30 | 31 | 31 | 32 | 32 | 33 | |
| | 32 | 22 | 23 | 24 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 29 | 30 | 30 | 31 | 31 | 32 | |
| | 31 | 21 | 22 | 23 | 24 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27 | 27 | 28 | 29 | 29 | 30 | 30 | 31 | 31 | |
| | 30 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 25 | 25 | 26 | 26 | 27 | 28 | 28 | 29 | 29 | 30 | 30 | |
| | 29 | 20 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 | 26 | 26 | 27 | 27 | 28 | 28 | 29 | |
| | 28 | 19 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 | 26 | 26 | 27 | 27 | 28 | |
| | 27 | 18 | 19 | 20 | 20 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 | 26 | 26 | 27 | 27 | |
| | 26 | 18 | 18 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 | 26 | 26 | |
| | 25 | 17 | 17 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | 25 | 25 | |
| 24 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | 24 | | |
| 23 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | 23 | 24 | | |
| 22 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | 22 | 23 | | |
| 21 | 14 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | 20 | 21 | 21 | 22 | | |

Fig. 2 WBGT estimation chart applicable only for indoors after the revision (Ver.3.1~Ver.4)

温度 t_g (°C)は等しいと仮定し、 $t_a = t_r = t_g$ として扱

ポイント

旧版は「幅広く使われていた」一方で、室内専用としては系統誤差があった。

Take-home message

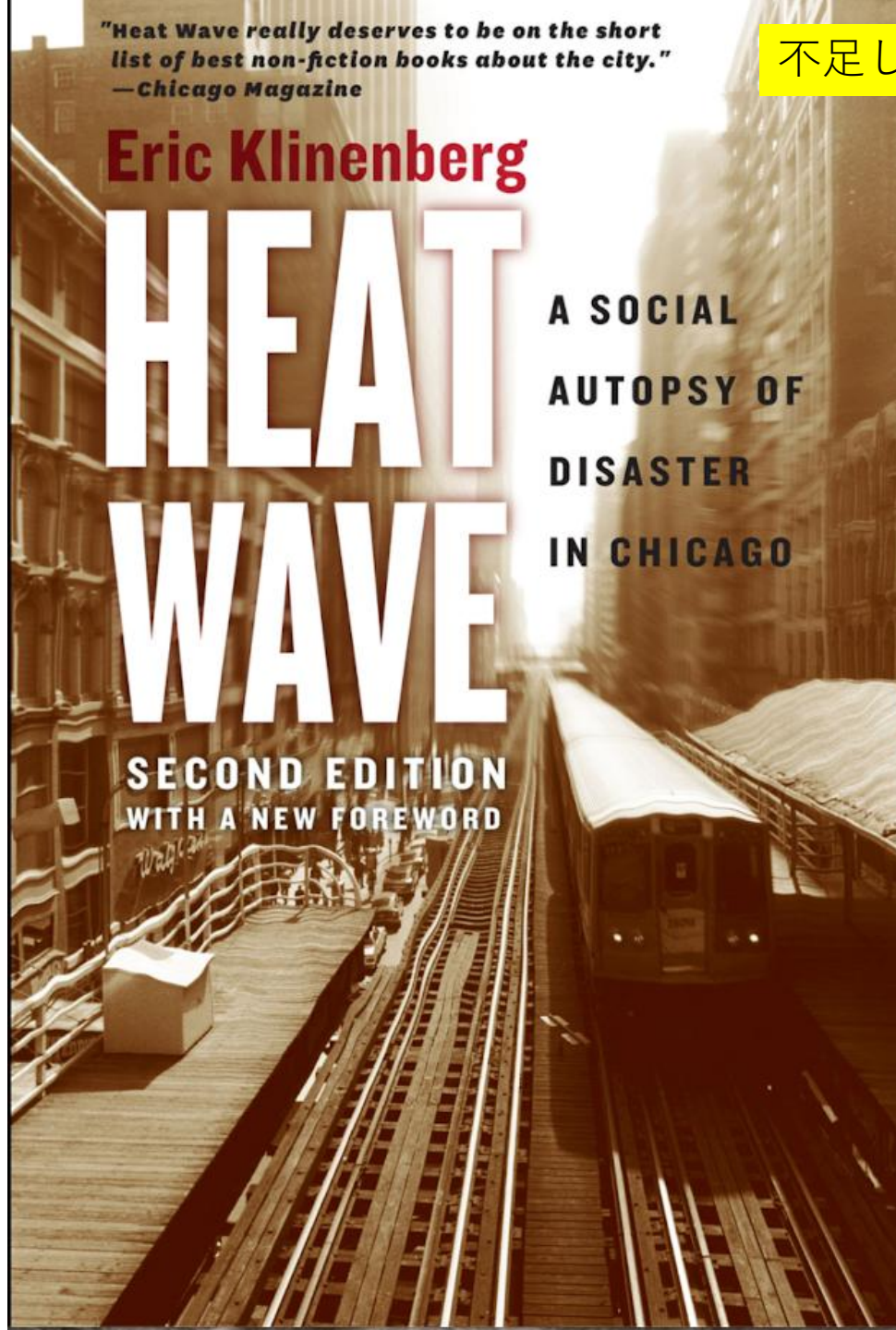
- 改訂版WBGT簡易推定図は、日射のない室内において実測WBGTに極めて近い値を推定できる。
- 住居内など一般生活環境での熱中症予防に有用である。
- 屋外、日射のある屋内、発熱体のある環境では使用せず、黒球付きWBGT測定器で評価する必要がある。

使い分け

○ **日射のない室内**
→ **改訂版簡易推定図を活用**

× **屋外・日射あり・発熱体あり**
→ **黒球付きWBGT測定器で評価**

一般生活者にも使いやすい室内熱中症リスク評価法を、理論と実測の両面から裏づけた点が本研究の意義。



不足している視点

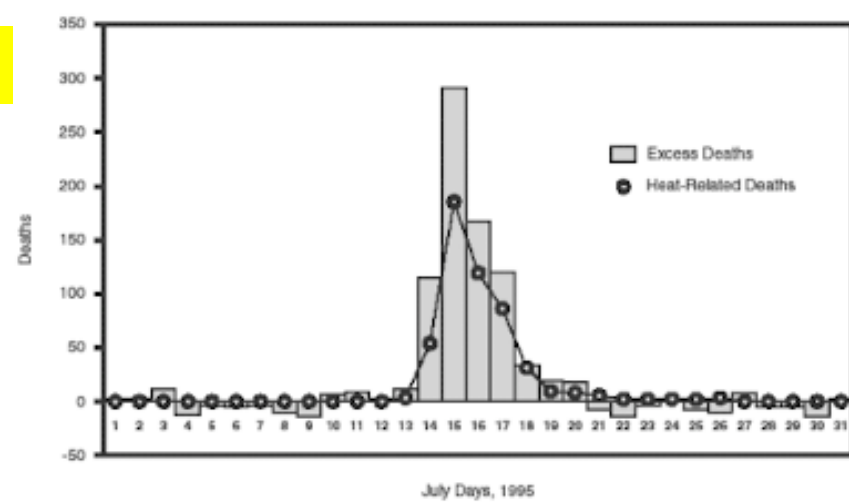


Figure 7. Excess and heat-related mortality in Chicago, July 1995. Source: City of Chicago, Department of Public Health.

Three of the ten neighborhoods with the lowest heat-wave death rates were also poor, violent, and predominantly African American. Which means that neither race, nor ethnic cultural practices and values, nor violence or poverty are sufficient to explain who lived and who died that week.

the “social infrastructure”: the sidewalks, stores, public facilities, and community organizations that bring people into contact with friends and neighbors.

Klinenberg, Eric. Heat Wave: A Social Autopsy of Disaster in Chicago (English Edition) (p.). (Function). Kindle Edition.