

- alloy workers. *Environ Res* 78, 50–8.
- 27) Kobayashi F, Watanabe T, Akamatsu Y, Furui H, Tomita T, Ohashi R, Hayano J (2005) Acute effects of cigarette smoking on the heart rate variability of taxi drivers during work. *Scand J Work Environ Health* 31, 360–6.
 - 28) Bortkiewicz A, Gadzicka E, Zmyslony M (1996) Heart rate variability in workers exposed to medium-frequency electromagnetic fields. *J Auton Nerv Syst* 59, 91–7.
 - 29) Wilen J, Wiklund U, Hornsten R, Sandstrom M (2007) Changes in heart rate variability among RF plastic sealer operators. *Bioelectromagnetics* 28, 76–9.
 - 30) Bortkiewicz A, Gadzicka E, Zmyslony M, Szymczak W (2006) Neurovegetative disturbances in workers exposed to 50 Hz electromagnetic fields. *Int J Occup Med Environ Health* 19, 53–60.
 - 31) Laskar MS, Harada N (1999) Assessment of autonomic nervous activity in hand-arm vibration syndrome patients using time- and frequency-domain analyses of heart rate variation. *Int Arch Occup Environ Health* 72, 462–8.
 - 32) Laskar MS, Iwamoto M, Yoneda J, Yamauchi H, Fukuda T, Nakamoto M, Harada N (1997) Response to psychological test in elderly patients with hand-arm vibration syndrome and healthy controls. *Ind Health* 35, 533–6.
 - 33) Sakakibara H, Luo J, Zhu SK, Hirata M, Abe M (2002) Autonomic nervous activity during hand immersion in cold water in patients with vibration-induced white finger. *Ind Health* 40, 254–9.
 - 34) Bortkiewicz A, Gadzicka E, Szymczak W, Szykowska A, Koszoda-Wlodarczyk W, Makowiec-Dabrowska T (2006) Physiological reaction to work in cold microclimate. *Int J Occup Med Environ Health* 19, 123–31.
 - 35) Karasek R, Theorell T (1990) *Healthy work; stress, reproductivity, and the reconstruction of working life*. Basic Books, New York.
 - 36) Collins SM, Karasek RA, Costas K (2005) Job strain and autonomic indices of cardiovascular disease risk. *Am J Ind Med* 48, 182–93.
 - 37) van Amelsvoort LG, Schouten EG, Maan AC, Swenne CA, Kok FJ (2000) Occupational determinants of heart rate variability. *Int Arch Occup Environ Health* 73, 255–62.
 - 38) Riese H, Van Doornen LJ, Houtman IL, De Geus EJ (2004) Job strain in relation to ambulatory blood pressure, heart rate, and heart rate variability among female nurses. *Scand J Work Environ Health* 30, 477–85.
 - 39) Kang MG, Koh SB, Cha BS, Park JK, Woo JM, Chang SJ (2004) Association between job stress on heart rate variability and metabolic syndrome in shipyard male workers. *Yonsei Med J* 45, 838–46.
 - 40) Kageyama T, Nishikido N, Kobayashi T, Kurokawa Y, Kaneko T, Kabuto M (1998) Self-reported sleep quality, job stress, and daytime autonomic activities assessed in terms of short-term heart rate variability among male white-collar workers. *Ind Health* 36, 263–72.
 - 41) Siegrist J, Peter R (1994) Job stressors and coping characteristics in work-related disease: issues of validity. *Work & Stress* 8, 130–40.
 - 42) Vrijkotte TG, Van Doornen LJ, De Geus EJ (2000) Effects of work stress on ambulatory blood pressure, heart rate, and heart rate variability. *Hypertension* 35, 880–6.
 - 43) Hemingway H, Shipley M, Brunner E, Britton A, Malik M, Marmot M (2005) Does autonomic function link social position to coronary risk? The Whitehall II study. *Circulation* 111, 3071–7.
 - 44) Moorman RH (1991) Relationship between organizational justice and organizational citizenship behaviors: do fairness perceptions influence employee citizenship? *J Appl Psychol* 76, 845–55.
 - 45) Elovainio M, Kivimaki M, Puttonen S, Lindholm H, Pohjonen T, Sinervo T (2006) Organisational injustice and impaired cardiovascular regulation among female employees. *Occup Environ Med* 63, 141–4.
 - 46) Kobayashi T, Nishikido N, Kageyama T, Kashiwazaki H (2001) Sympathetic predominance in young male white-collar workers with mild to moderate hypertension. *Ind Health* 39, 199–205.
 - 47) Pichot V, Bourin E, Roche F, Garet M, Gaspoz JM, Duverney D, Antoniadis A, Lacour JR, Barthelemy JC (2002) Quantification of cumulated physical fatigue at the workplace. *Pflugers Arch* 445, 267–72.
 - 48) Watanabe T, Sugiyama Y, Sumi Y, Watanabe M, Takeuchi K, Kobayashi F, Kono K (2002) Effects of vital exhaustion on cardiac autonomic nervous functions assessed by heart rate variability at rest in middle-aged male workers. *Int J Behav Med* 9, 68–75.
 - 49) Sasaki T, Iwasaki K, Oka T, Hisanaga N (1999) Association of working hours with biological indices related to the cardiovascular system among engineers in a machinery manufacturing company. *Ind Health* 37, 457–63.
 - 50) Sasaki T, Iwasaki K, Oka T, Hisanaga N, Ueda T, Takada Y, Fujiki Y (1999) Effect of working hours on cardiovascular-autonomic nervous functions in engineers in an electronics manufacturing company. *Ind Health* 37, 55–61.
 - 51) Karita K, Nakao M, Nishikitani M, Nomura K, Yano E (2006) Autonomic nervous activity changes in relation to the reporting of subjective symptoms among male workers in an information service company. *Int Arch Occup Environ Health* 79, 441–4.
 - 52) Aasa U, Kalezic N, Lyskov E, Angquist KA, Barnekow-Bergkvist M (2006) Stress monitoring of ambulance personnel during work and leisure time. *Int Arch Occup Environ Health* 80, 51–9.
 - 53) Myrtek M, Deutschmann-Janicke E, Strohmaier H, Zimmermann W, Lawerenz S, Brugner G, Muller W (1994) Physical, mental, emotional, and subjective workload components in train drivers. *Ergonomics* 37, 1195–203.
 - 54) Ito H, Nozaki M, Maruyama T, Kaji Y, Tsuda Y (2001)

- Shift work modifies the circadian patterns of heart rate variability in nurses. *Int J Cardiol* **79**, 231–6.
- 55) Freitas J, Lago P, Puig J, Carvalho MJ, Costa O, de Freitas AF (1997) Circadian heart rate variability rhythm in shift workers. *J Electrocardiol* **30**, 39–44.
 - 56) Adams SL, Roxel DM, Weiss J, Zhang F, Rosenthal JE (1998) Ambulatory blood pressure and Holter monitoring of emergency physicians before, during, and after a night shift. *Acad Emerg Med* **5**, 871–7.
 - 57) Ishii N, Dakeishi M, Sasaki M, Iwata T, Murata K (2005) Cardiac autonomic imbalance in female nurses with shift work. *Auton Neurosci* **122**, 94–9.
 - 58) Murata K, Yano E, Hashimoto H, Karita K, Dakeishi M (2005) Effects of shift work on QTc interval and blood pressure in relation to heart rate variability. *Int Arch Occup Environ Health* **78**, 287–92.
 - 59) Ha M, Kim J, Park J, Chung HK (2001) Blood pressure and heart rate variability in workers of 8-hour shifts. *J Hum Ergol (Tokyo)* **30**, 229–33.
 - 60) van Amelsvoort LG, Schouten EG, Maan AC, Swenne CA, Kok FJ (2001) Changes in frequency of premature complexes and heart rate variability related to shift work. *Occup Environ Med* **58**, 678–81.
 - 61) Mitani S, Fujita M, Shirakawa T (2006) Circadian variation of cardiac autonomic nervous profile is affected in Japanese ambulance men with a working system of 24-h shifts. *Int Arch Occup Environ Health* **79**, 27–32.
 - 62) Takeyama H, Itani T, Tachi N, Sakamura O, Murata K, Inoue T, Takanishi T, Suzumura H, Niwa S (2005) Effects of shift schedules on fatigue and physiological functions among firefighters during night duty. *Ergonomics* **48**, 1–11.
 - 63) Sato S, Taoda K, Kawamura M, Wakaba K, Fukuchi Y, Nishiyama K (2001) Heart rate variability during long truck driving work. *J Hum Ergol (Tokyo)* **30**, 235–40.
 - 64) Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL (2000) Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987–1994. *N Engl J Med* **343**, 1742–9.
 - 65) Schwartz J (1997) Air pollution and hospital admissions for cardiovascular disease in Tucson. *Epidemiology* **8**, 371–7.
 - 66) Schwartz J, Dockery DW (1992) Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. *Am Rev Respir Dis* **145**, 600–4.
 - 67) Ruijten MW, Salle HJ, Verberk MM, Muijsers H (1990) Special nerve functions and colour discrimination in workers with long term low level exposure to carbon disulphide. *Br J Ind Med* **47**, 589–95.
 - 68) Vanhoorne M, De BD, De BG (1992) Epidemiological study of the cardiovascular effects of carbon disulphide. *Int J Epidemiol* **21**, 745–52.
 - 69) MacMahon B, Monson RR (1988) Mortality in the US rayon industry. *J Occup Med* **30**, 698–705.
 - 70) Kurppa K, Hietanen E, Klockars M, Partinen M, Rantanen J, Ronnema T, Viikari J (1984) Chemical exposures at work and cardiovascular morbidity. Atherosclerosis, ischemic heart disease, hypertension, cardiomyopathy and arrhythmias. *Scand J Work Environ Health* **10**, 381–8.
 - 71) Pfister E, Bockelmann I, Ferl T (1996) Vegetative function diagnosis for early detection of lead intoxication. *Int Arch Occup Environ Health* **69**, 14–20.
 - 72) Ruijten MW, Salle HJ, Verberk MM, Smink M (1994) Effect of chronic mixed pesticide exposure on peripheral and autonomic nerve function. *Arch Environ Health* **49**, 188–95.
 - 73) Robertson D, Tseng CJ, Appalsamy M (1988) Smoking and mechanisms of cardiovascular control. *Am Heart J* **115**, 258–63.
 - 74) Trap-Jensen J (1988) Effects of smoking on the heart and peripheral circulation. *Am Heart J* **115**, 263–7.
 - 75) Gustavsson P, Alfredsson L, Brunnerberg H, Hammar N, Jakobsson R, Reuterwall C, Ostlin P (1996) Myocardial infarction among male bus, taxi, and lorry drivers in middle Sweden. *Occup Environ Med* **53**, 235–40.
 - 76) Bigert C, Gustavsson P, Hallqvist J, Hogstedt C, Lewne M, Plato N, Reuterwall C, Scheele P (2003) Myocardial infarction among professional drivers. *Epidemiology* **14**, 333–9.
 - 77) Pelmeur PL (1998) Clinical picture (vascular, neurological, and musculoskeletal). In: Hand-arm vibration, A comprehensive guide for occupational health professionals, Pelmeur PL, Wasserman DE (Eds.), 27–43, OEM Press, Massachusetts.
 - 78) Gemne G (1994) Pathophysiology of white fingers in workers using hand-held vibrating tools. *Nagoya J Med* **75**(Suppl), 87–97.
 - 79) Kim JY, Jung KY, Hong YS, Kim JI, Jang TW, Kim JM (2003) The relationship between cold exposure and hypertension. *J Occup Health* **45**, 300–6.
 - 80) Kristal-Boneh E, Harari G, Green MS (1997) Seasonal change in 24-hour blood pressure and heart rate is greater among smokers than nonsmokers. *Hypertension* **30**, 436–41.
 - 81) Brenner IK, Thomas S, Shephard RJ (1998) Autonomic regulation of the circulation during exercise and heat exposure. Inferences from heart rate variability. *Sports Med* **26**, 85–99.
 - 82) Murata K, Araki S, Yokoyama K, Yamashita K, Okajima F, Nakaaki K (1994) Changes in autonomic function as determined by ECG R-R interval variability in sandal, shoe and leather workers exposed to n-hexane, xylene and toluene. *Neurotoxicology* **15**, 867–75.
 - 83) Fujishiro K, Heaney CA (2007) Justice at work, job stress, and employee health. *Health Educ Behav* **36**, 487–504.
 - 84) Åkerstedt T, Knutsson A, Alfredsson L, Theorell T (1984) Shift work and cardiovascular disease. *Scand J Work Environ Health* **10**, 409–14.
 - 85) Knutsson A, Åkerstedt T, Jonsson BG, Orth-Gomer K (1986) Increased risk of ischaemic heart disease in shift workers. *Lancet* **2**, 89–92.
 - 86) Harrington JM (1994) Shift work and health—a critical

- review of the literature on working hours. *Ann Acad Med Singapore* **23**, 699–705.
- 87) Kawachi I, Colditz GA, Stampfer MJ, Willett WC, Manson JE, Speizer FE, Hennekens CH (1995) Prospective study of shift work and risk of coronary heart disease in women. *Circulation* **92**, 3178–82.
- 88) Bernardi L, Valle F, Coco M, Calciati A, Sleight P (1996) Physical activity influences heart rate variability and very-low-frequency components in Holter electrocardiograms. *Cardiovasc Res* **32**, 234–7.
- 89) Aoyagi N, Ohashi K, Yamamoto Y (2003) Frequency characteristics of long-term heart rate variability during constant-routine protocol. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* **285**, R171–6.

いが、すくなくとも入は単一のパラメータとして係数の挙動を制御できるので、モデル選択規準を用いた場合でも、非 Lasso 法で問題となった要因検査回数の指数的增长を抑えることが可能となる。この画期的な性質から Lasso は GWAS などの大規模データへの適用も試みられており、さまざまなバリエーションが提案されている。

Lasso 関連手法の多くはパラメトリック回帰分析の枠組みで記述されるが、数多くの要因候補を取り込めるため、柔軟なデータ構造の発見を可能としている。たとえば、多遺伝子性疾患の乗法的モデルに従えば、疾患と関連のある要因としては、より複雑な SNP 間や SNP と環境因子の相互作用項まで考慮することが必要かもしれない。MDR (multifactor dimensionality reduction) は相互作用項を探索的に発見する手法として提案されたが³⁾、計算量に関する課題が残る。一方で、Lasso 関連手法では候補となる相互作用をすべてモデルに取り込むことが可能である。

おわりに

ポストゲノム研究分野で取り扱われる SNP など DNA バリエーションの個数は増加の一途をたどっており、前提とされる遺伝モデルも変遷している。このような現状で、Lasso のような新しい統計手法を利用し、疾患発症に寄与する遺伝子や遺伝子環境相互作用を同定することは遺伝学と統計学の双方にとってもっともチャレンジングなテーマのひとつであり、両分野双方からの協力が必要不可欠である。

1) Hoh, J. and Ott, J.: Mathematical multi-locus approaches to localizing complex human trait genes. *Nat. Rev. Genet.*, 4: 701-

709, 2003.

- 2) Tibsirani, R.: Regression shrinkage and selection via the lasso. *J. R. Statist. Soc. B*, 58: 267-288, 1996.
- 3) Rithie, M. D.: Multifactor-dimensionality reduction reveals high-order interactions among Estro-

gen-Metabolism genes in sporadic breast cancer. *Am. J. Hum. Genet.*, 69: 138-147, 2001.

植木優夫, 田宮 元/

Masao UEKI¹ and Gen TAMURA²

統計数理研究所新領域融合研究センター¹,
山形大学医学部先端分子疫学研究所ゲノム情報解析ユニット²

産業衛生

わが国の職業性熱中症の発生状況と 予防対策の最新動向

Recent incidence trend of occupational heat disorders and the latest preventive measure in Japan

わが国の職業性熱中症の 発生状況と行政の対応

旧労働省の通達によると暑熱とは摂氏 28 度以上をいう [昭和 23 (1948) 年 1 月 16 日付け基発第 83 号, 昭和 33 (1958) 年 2 月 13 日付け基発第 90 号]。さらに、著しく暑熱な場所とは労働者の作業する場所が乾球温度摂氏 40 度, 湿球温度摂氏 32.5 度, 黒球寒暖計示度摂氏 50 度または感覚温度 32.5 度以上の場所をいう [昭和 23 (1948) 年 8 月 12 日付け基発第 1178 号, 昭和 42 (1967) 年 9 月 8 日付け安発第 23 号]。これらの通達にだされた当時の日本では炭坑山, 金属精錬所, 造船・金属機械工場, 製鉄所などの作業環境条件は高温多湿あるいは強い熱放射の下での重筋労働が一般的であった。その結果, 熱射病や熱痙攣などの熱中症が多発し, 産業衛生の大きな問題のひとつとなっていた。その後, 生産工程の技術革新による作業者の高温環境からの隔離, 冷房設備の普及による高温作業条件の改善, さらに炭坑山の廃山による坑内暑熱作業の減少などによって職場での熱中症は産業衛生の問題としてはほとんど注目されなくなっていた。実際, 熱中症による死亡災害は平成 4 (1992) ~5 (1993) 年には 1~4 件の発生をみるにすぎなかった。

ところが, 平成 6 (1994) ~7 (1995)

年におけるわが国の夏季の記録的猛暑で, 屋外の建設労働者を中心に熱中症による死亡災害が激増した [平成 6 (1994) 年に 20 件, 平成 7 (1995) 年に 24 件]。これへの対応として旧労働省は平成 8 (1996) 年 5 月 21 日付け基発第 329 号「熱中症の予防について」(以下「8 年通達」とする) を発出して関係業界や事業場に対してその予防対策の周知をはかった。しかし, その後も平成 13 (2001) ~15 (2003) 年の 3 年間に休業 4 日以上の中症発生数が 489 件 (内, 死亡 63 名) に達したため, 厚生労働省の「第 10 次労働災害防止計画」[平成 15 (2003) ~19 (2007) 年度] でも熱中症の適切な予防対策の徹底をはかることとし, 平成 17 (2005) 年には通達「熱中症の予防対策における WBGT の活用について」(平成 17 年 7 月 29 日付け基安発第 0729001 号: 以下「17 年通達」とする) を発表した。WBGT (湿球黒球温度) 指数は気温と自然湿球温および黒球温を測ることで, 温熱環境の基本要素である気温, 湿度, 風速, 放射熱の影響を加味して総合的に暑熱環境ストレスを評価する指標であり, アメリカ政府労働衛生専門家会議 (ACGIH) や国際標準化機構 (ISO7243) などの国際的にも影響力ある機関で採用され, 現在暑熱環境のリスク評価指標として広く認知されている。17

表 1 新しい職場の熱中症予防対策(21年通達)の概要

1. 作業環境管理
 - (1) WBGT 値の低減等
暑熱作業場所への熱遮へい物, 直射日光・照り返しを遮る屋根, 通風・冷房・除湿設備の導入
 - (2) 休憩場所の整備等
冷房のある休憩場所又は日陰等の涼しい休憩場所の設置, 身体冷却設備, 水分・塩分の補給設備
2. 作業管理
 - (1) 作業時間の短縮等
作業の休止時間・休憩時間の確保, 連続作業時間の短縮, 高代謝レベルの作業の回避, 作業場所の変更
 - (2) 熱への順化
梅雨明けの気温等が急上昇する時期や暑熱作業に慣れない作業員に対する 7 日以上の暑熱順化期間の設定
 - (3) 水分及び塩分の摂取
のどの渇きにかかわらず水分・塩分の作業前後の摂取と作業中の定期的な摂取(作業強度に応じて 0.1~0.2%の食塩水等を 20~30 分毎にカップ 1~2 杯程度), 水分・塩分摂取の確認表の作成
 - (4) 服装等
透湿性・通気性の良い服装の着用, 冷房服の活用, 直射日光下での通気性の良い帽子等の着用
 - (5) 作業中の巡視
定期的な水分及び塩分の摂取に係る確認, 労働者の健康状態の確認と熱中症の兆候の監視
3. 健康管理
 - (1) 健康診断結果に基づく対応等
糖尿病, 高血圧症及び心疾患, 腎不全, 精神・神経関連疾患, 広範囲の皮膚疾患など熱中症の発症に影響する有症労働者に対する暑熱作業の可否と留意事項等に関する産業医・主治医等の意見を勘案した就業場所の変更・作業の転換等の措置の実施
 - (2) 日常の健康管理等
・睡眠不足, 体調不良, 前日等の飲酒, 朝食の未摂取, 感冒等による発熱, 下痢等による脱水, 肥満等が熱中症の発症リスク因子であること的生活指導, 健康相談, 健康の保持増進のための措置
・熱中症の発症リスクのある有症労働者に対する保健指導とその必要性の事業者への申し出の指導
 - (3) 労働者の健康状態の確認
・作業開始前・作業中に声のかけ合いなどによる労働者の健康状態の確認
・複数の労働者による作業での健康状態について相互監視
 - (4) 身体の状態の確認
・休憩場所等に体温計, 体重計等を備え, 体温, 体重その他の身体の状態の確認し, 以下の場合は暑熱ばく露を中止する必要性の示唆
① 1 分間の心拍数が数分間継続して 180 から年齢を引いた値を超える
② 作業強度のピークの 1 分後の心拍数が 120 を超える
③ 休憩中等の体温が作業開始前の体温に戻らない
④ 作業開始前より 1.5% を超えて体重が減少する
⑤ 急激で激しい疲労感, 悪心, めまい, 意識喪失等の症状が発現する
4. 労働衛生教育
暑熱作業を管理する者及び労働者に対する労働衛生教育(熱中症の症状, 熱中症の予防方法, 緊急時の救急処置, 熱中症の事例)の実践
5. 救急処置
 - (1) 緊急連絡網の作成及び周知
労働者の熱中症の発症に備え, 病院, 診療所等の所在地・連絡先の把握, 緊急連絡網の作成と関係者への周知
 - (2) 救急措置
熱中症を疑わせる症状が現われた場合の涼しい場所で身体冷却, 水分・塩分摂取等の措置, 救急隊の要請と医師の受診。

<参考文献・資料>

- ・厚生労働省報道発表資料 2009 年 6 月 19 日「職場における熱中症の予防について」
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2009/06/h0616-1.html>
- ・中央労働災害防止協会：平成 20 年度職場における熱中症予防対策マニュアル作成に係る調査研究報告書, 平成 21 年 3 月。
- ・労働安全衛生対策普及センター平成 20 年度第 2 回公開セミナー「暑熱ストレス評価と職業性熱中症予防対策」開催記録
http://ioshic.web.fc2.com/seminar/20080927_2nd_seminar.html
- ・澤田晋一：暑熱ストレスのリスクアセスメントと作業管理, 労働の科学, 62(9), 34-38, 2007.
- ・澤田晋一：わが国の職業性熱中症対策の最近の話題と課題, 神奈川産業保健交流研究, 37:1-57, 2007.
- ・Sawada, S. and Araki, S.: Special issue heat stress at work. *Preventive Research, Industrial Health*, 44(3): 329-480, 2006.
- ・澤田晋一：暑熱ストレスの影響評価と予防対策, セイフティダイジェスト, 51(8): 9-16, 2005.
- ・中央労働災害防止協会：熱中症の発生防止に係る調査研究報告書, 平成 17 年 3 月。
- ・澤田晋一：作業温熱条件と安全衛生(熱中症), 産業衛生技術講座, 産業衛生学雑誌, 46: A77-A79, 2004.

年通達により WBGT 指数を併用して 8 年通達に示されている熱中症予防対策をより徹底することになった。

しかるに、その後も職場での熱中症の発生は後を絶たず、平成 18(2006)～20(2008)年の 3 年間の死亡災害は 52 名、平成 19(2007)年の休業 4 日以上業務上疾病者数は 299 名(死亡数を除く)にも上った。死亡災害の内訳を業種別にみると、建設業、運送業、警備業、林業などの屋外作業が 70% 以上を占めた。月別では 6 月～9 月に発生し、7 月～8 月に多発(87%)していた。死亡者のなかには、糖尿病などの有症者や体調不良、食事未摂取、前日飲酒、被災前日まで疾病休業していた者も含まれていた。水分や塩分を摂取していたにもかかわらず被災したケースもみられた。また、死亡災害を作業開始からの日数別にみると、初日に 23%、2 日目に 31%、3 日目に 10%など、7 日以内に 79%の発生がみられた。平成 20(2008)年 3 月には「第 11 次労働災害防止計画」[平成 20(2008)～24(2012)年度]で熱中症予防対策のガイドラインの作成と一層の予防対策の普及促進を明記し、さらなる予防対策の重点化をはかることになり、熱中症に関する労働衛生学、産業医学、救急医学の専門家及び建設業をはじめ暑熱作業を有する事業場の産業医、安全衛生担当者からなる「職場における熱中症予防対策マニュアル作成委員会」を

設置し、職場において発生する熱中症の症状、予防法、緊急時の救急処置、熱中症の事例などについて検討した。その検討結果などを踏まえて、平成 21 年 5 月には熱中症予防対策のパブリックコメントを募集し(5 月 8 日～6 月 6 日)、その結果を受けて平成 21(2009)年 6 月 19 日付けで新通達「職場における熱中症の予防について」(基発第 0619001 号:以下「21 年通達」とする)を発出した。

新しい職場の熱中症予防対策(21年通達)

厚生労働省が今年あらたに発出した 21 年通達の概要を表 1 にまとめた。21 年通達のポイントは、①17 年通達にある WBGT 指数の許容基準値を超えた場合には、身体作業強度の低い作業への変更などの対策に努めるとともに、表 1 に示された作業環境管理、作業管理、健康管理などによる予防対策の徹底をはかることとし、作業服や防護服の熱特性による WBGT 補正值を追加、②暑熱作業開始初期に災害が多発していることから、計画的な熱への順化期間(熱に慣れ、その環境に適応する期間)の設定、③水分摂取を行っているにもかかわらず被災する事例が多いことから、自覚症状の有無にかかわらず定期的な水分・塩分の摂取の徹底、④糖尿病、高血圧症、心疾患、腎不全などが一般に熱中症の発症リスクを高めることから、熱中症の発症に影響を与える

おそれのある疾患(糖尿病、高血圧症、心疾患、腎不全など)を踏まえた健康管理、⑤体温、心拍数、体重の測定による身体状況の監視と暑熱ばく露中止基準の示唆、などである。この 21 年通達により職場の熱中症予防対策が 17 年通達の WBGT 指数による暑熱環境リスク評価と相まってより具体的かつ実践的な特徴をもつものに進化したといえる。今後の課題としては暑熱リスク評価に WBGT 指数のみならず、作業場の暑熱条件を体熱平衡理論に基づき詳細かつ定量的に分析する手法として国際規格 ISO7933 にもなっている予測暑熱負担モデル(PHS)を組み込むことであるが、その前提条件として本モデルの日本人労働者に対する Validation Study が急務である。

おわりに

わが国の職業性熱中症の近年の発生状況と行政レベルでの予防対策の動向、ならびに今後の課題を概説した。欧米の暑熱ストレス評価と予防対策の最新の知見については 2008 年 9 月に筆者らの研究所の委託事業で実施した国際公開セミナーの講演記録などを参照されたい。予測暑熱負担モデル(PHS)など、つぎの展開への示唆に富む内容に気づくはずである。

澤田晋一/Shin-ichi SAWADA
労働安全衛生総合研究所
国際情報・研究振興センター

* * *

特集

建設現場の事例に学ぶ

暑熱リスクと熱中症予防対策

測定器でWBGT値を確認 水分・塩分は定期的な摂取を



独立行政法人 労働安全衛生総合研究所
国際情報・研究振興センター長 澤田 晋一

年々、増加傾向にある熱中症。建設現場の災害事例を紐解くと、「暑いときには、休憩をとって水分を補給する」という暑熱対策を行っていたにもかかわらず熱中症にかかっている。本特集では、長年にわたり熱中症予防の研究に携わってきた（独）労働安全衛生総合研究所の澤田晋一 国際情報・研究振興センター長に、建設現場での熱中症予防対策のポイントなどについて解説していただいた。

（編集部）

熱中症には、めまいや立ちくらみ（熱失神）、あるいは、こむら返りや筋肉痛（熱けいれん）のように軽度のものから、中程度の脱水・塩分喪失による頭痛・吐き気・倦怠感・虚脱感（熱疲労）、さらに重度の意識障害や40℃以上の高体温（熱射病）まで、さまざまな症状・病態があるが、一旦熱射病を発症すると致死率が高く、現代の先端医療技術でも対応不可能である。

職場での熱中症による死亡者数は年間約20人に達している。このことから、いかに熱中症にならないよう予防対策を立

ることが重要であるかが分かる。

本特集では、わが国の最近の職場における熱中症の発生状況と特徴、夏季屋外作業における災害事例、建設現場での暑熱リスクの測定と評価法、熱中症予防対策のポイントなどを、昨年6月に厚生労働省が発出した熱中症予防対策の新ガイドラインや、筆者の調査研究結果を交えて解説する。

1 近年のわが国における職業性熱中症の発生状況と特徴

職場の熱中症による死亡災害は、平成4～5年には1～4件の発生をみるにすぎなかった。ところが、平成6～7年の夏季の記録的猛暑で、屋外の建設労働者を中心に熱中症による死亡災害が激増した(平成6年に20件、平成7年に24件)。

その後、熱中症による死亡災害は毎年20件前後で推移しており、平成11年から20年までの10年間で総計193件にも達している。また、休業4日以上¹の熱中症発生数は、平成7年から10年の4年間に236件(毎年平均59件)であったが、平成13年から15年の3年間に489件(毎年平均163件)に及び、さらに、平成19年には1年間だけで299件にも上った。

このように、労働災害や業務上疾病総数が近年着実に減少傾向を示しているのと対照的に、職場の熱中症は労働衛生上の重大な問題となっている。

平成18年から20年の3年間に発生した熱中症による死亡災害を業種別にみると、建設業、運送業、警備業、林業等の

屋外作業が70%以上を占めている。月別では、従来は6月～9月に発生していたが、7月～8月に多発(87%)している。作業開始からの日数別にみると、初日に23%、2日目に31%、3日目に10%、4日目に8%と、作業開始から1週間以内に発生した例が80%近くを占めている。

最近の職場における熱中症の特徴は、夏季の屋外建設作業現場で、作業開始まもない時期に多発しているといえる。

2 夏季屋外作業における熱中症の災害事例

次に、熱中症の災害事例を4ページに紹介する。

これらの夏季屋外作業時の熱中症災害事例の注目すべき個所を強調(太字)してある。いずれの事例も、当日は猛暑のため適宜休憩をとったり、水分の補給も行っていたにもかかわらず被災している。

「暑いときには、休憩をとって水分を補給する」——いまや常識となっているこの暑熱対策を行っていたにもかかわらず発症してしまっている点に注目したい。この暑熱対策が必ずしも有効ではなく、今後も同じような熱中症災害が発生する可能性があるからだ。

3 暑さの生理学からみた夏季建設作業の問題点

筆者がかつて建設工事現場で調査を行った時、気になった夏季建設作業の問題点について説明する。

調査当日は猛暑日で炎天下にもかかわ

事例1 7月上旬の午後、土木業を営む60歳代の男性が熱中症を発症した。被災者は鉄製の庇を倉庫の入口に設置するため、基礎工事を行っていた。当日は、猛暑のため、しばしば休みながら作業を行い、休憩時には自動車の中で休んでいたようである。親方が見に行った時には具合が悪くなり、救急車で病院に搬送したが、脱水症による多臓器不全で死亡した。当日の気象条件は、快晴、気温は34.4℃、湿度は45%、風速4.6m/sであった。

事例2 7月上旬の夕方、家屋解体作業中の17歳の少年が体調不良を訴え病院へ運ばれたが、熱中症のため数時間後に死亡した。警察署の調べでは、被災者は同僚らと3人で、朝から解体作業を行っていたが、当日の最高気温は34.5℃と猛暑日であり、休憩中には水分も摂っていたようである。救急車で搬送時、被災者の体温は39.5℃で、意識がはっきりしない状態だったという。

事例3 7月上旬、建築業を営む50歳代の男性が、保護帽を常時着用し敷地内でコンクリート打設の準備中に気分が悪くなり倒れた。直射日光の中、作業を行ったために発生したと思われる。休憩は適宜とっていたという。被災者は、一命は取り留めたものの休業6ヵ月の重症を負った。

事例4 8月上旬、50歳代の女性が土木現場で遺跡発掘調査作業中に脱水症状を起し、5日間の休業を余儀なくされた。当日は炎天下の作業であったため、適宜休憩をとり麦茶による水分補給を行っていたという。

らず、作業員全員が写真1のような姿で作業を行っていた。頭部に保護帽、両手に安全手袋、両足に安全靴、さらに服装は長袖・長ズボン、腰には5kg前後の工具類を装着。この格好は、安全確保のために建設作業現場では必須要件であるようだが、暑さの生理学からみると、実は作業員に重大な暑熱負担を強いていることになる。

なぜなら、頭部や手足末梢部は、身体からの熱を逃がすための極めて有効な放熱部位である。手足の皮膚血流は、寒いときは皮膚血管の収縮によりほとんどゼロとなり、体熱を逃がさないように働くが、暑いときには血管の拡張により血流が増大し、身体表層部の熱伝導度は数倍に増加することで身体に溜まった熱が放散される。

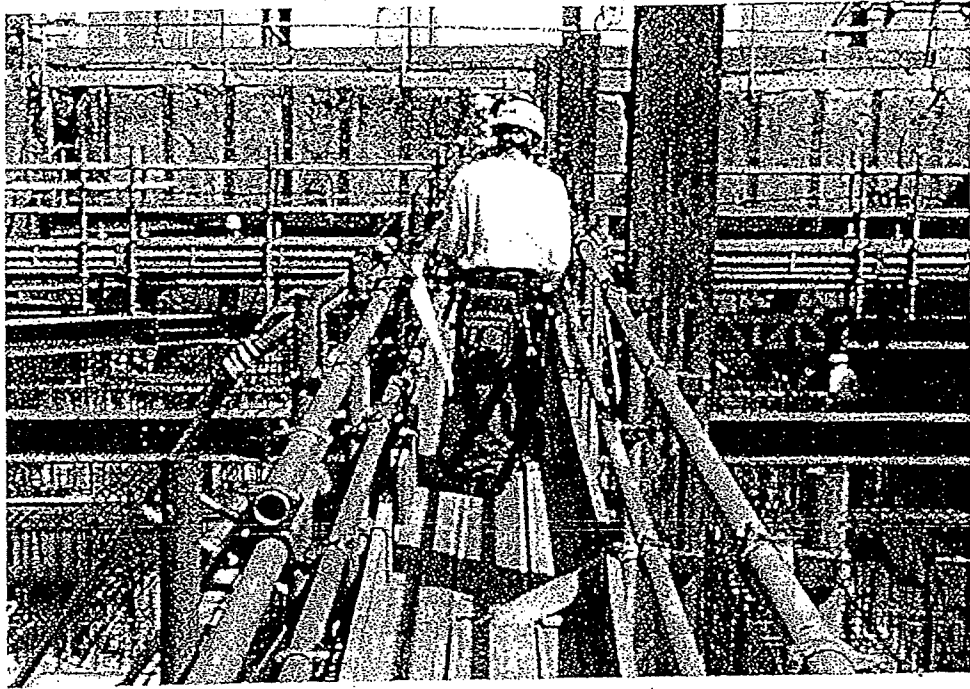


写真1 建設作業現場での作業風景と作業服

したがって、暑いときに頭部や手足を安全のために保護帽や安全靴などで保護することは、体熱放散を阻害して熱中症のリスクを増大させる。作業者の安全確保のための装備が、作業者の健康を阻害するリスクを高めているとは、なんとも皮肉なことである。

4 建設作業現場での暑熱リスクをどのように認知するか

「暑いときには、休憩をとって水分を補給する」という暑熱対策における問題点の1つは、そもそも「暑いとはどういうときか」が必ずしも明確ではないことである。気温で30℃を超えたときであろうか。確かに気温が30℃を超えれば自覚的にも暑く不快に感じるし、熱中症の発生も急増する。

しかし、気温30℃を目安にするだけでは暑熱による熱中症発生リスクを予測す

ることはできない。事実、屋外作業で熱中症が発生したときの気象条件を調べると、気温が30℃を超えると発生件数が急増したが、30℃より低くても被災するケースが少ないことが分かった。その場合は、図1に示すように、相対湿度が高い条件で発生するケースが多かった。

以上のことから、気温のみならず、湿度も熱中症発生に重要であることが分かる。しかし、湿度以外の輻射熱と風速も、人体と環境との間の熱交換に大きく影響するため、これらの環境因子も暑熱リスクを認知し評価する上で無視できない。さらに、比較的涼しい環境でも、激しい重筋労働を行ったり、少し厚着をするだけで、暑くて汗をかき不快になる。

このように、身体作業強度や、作業服の保温力・通気性も暑熱リスクの評価にとって重要な要素となる。特に、建設作業現場では、前述のように安全確保のた

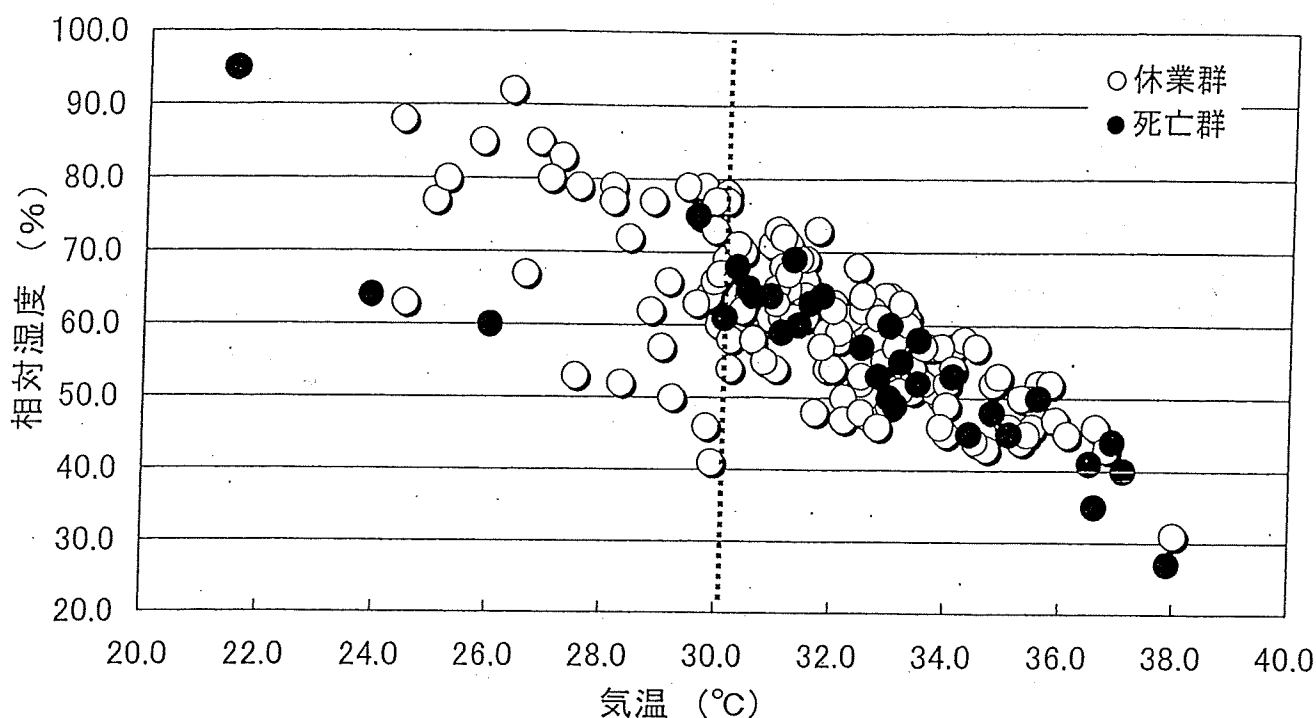


図1 屋外作業での熱中症発生時における気温と湿度（澤田、福田：2002）

めに暑いときも、放熱しにくい作業服・保護具を着用する必要がある、かつ屋外作業は必ずしも軽作業ではない。

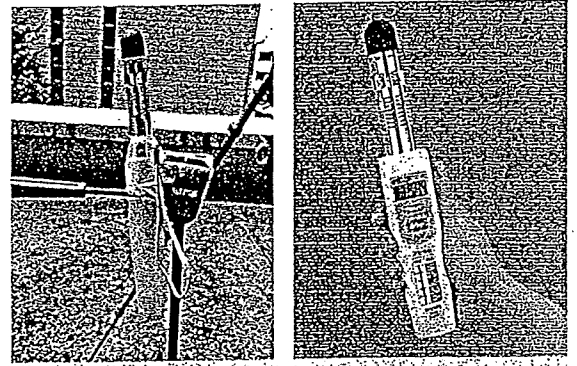
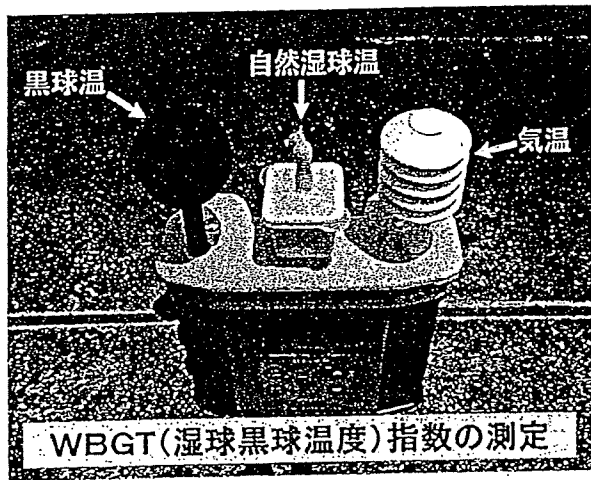
したがって、「暑いときとは、どういうときか」を客観的に知るためには、気温のみならず、湿度、風速、放射熱、身体作業強度（軽作業か重筋作業か）、作業服・保護具の保温性や通気性を総合的に考慮する必要がある。

5 建設作業現場の暑熱リスクをどのように評価するか

「暑いときとは、どういうときか」を客観的かつ定量的に評価するのに、実用性、簡便性、流通性、国際性、信頼性——の面からみて、現時点で最良の暑熱

リスク指標がWBGT（湿球黒球温度）指数である（写真2）。これは、気温だけでなく、自然湿球温で湿度と風速、黒球温で放射熱と風速の影響を加味して、単一暑熱ストレス指数としてまとめたものだ。米国海兵隊員の訓練中の熱中症を予防するために、訓練中止の基準として気温の代わりにWBGT指数を採用したところ、熱中症発生数が大幅に減少したという実績があり、国際的に広く認知されている。

ここでは、厚生労働省が昨年6月に発出した最新ガイドライン（平成21年通達）に示されたWBGT指数による暑熱リスク評価法のポイントを紹介する。



WBGT測定装置(簡易型)

写真2 WBGT指数の測定器の例

WBGT指数による暑熱リスク評価法のポイント

ステップ1 作業場所に、写真2に示すようなWBGT測定器を導入して、自然湿球温、黒球温、気温を測定する（簡易型は、測定条件によっては精度が落ちるが、使い勝手やコストの面から有用な機器である）。

ステップ2 屋外で太陽照射のある場合は次式(1)で、屋内や屋外で太陽照射のない場合は次式(2)により、WBGT指数を算出する。

$$\text{WBGT (}^\circ\text{C)} = 0.7 \times \text{自然湿球温 (}^\circ\text{C)} + 0.2 \times \text{黒球温 (}^\circ\text{C)} + 0.1 \times \text{気温 (}^\circ\text{C)} \quad (1)$$

$$\text{WBGT (}^\circ\text{C)} = 0.7 \times \text{自然湿球温 (}^\circ\text{C)} + 0.3 \times \text{黒球温 (}^\circ\text{C)} \quad (2)$$

なお、写真2に示した測定機器は、WBGT指数を自動計算してくれる。

ステップ3 8ページ・表1に掲げる作業服を着用している場合には、ステップ2の(1)または(2)の式により算出されたWBGT値に、表1に掲げる補正値を加える。

ステップ4 補正後のWBGT値が、身体作業強度や暑熱順化の有無に応じて、8ページ・表2のWBGT基準値を超えるか、または超えるおそれのある場合は、

- ①冷房等により当該作業場所のWBGT値の低減を図る
 - ②身体作業強度（代謝率レベル）の低い作業に変更する
 - ③WBGT基準値より低い作業場所での作業に変更する
- などの対策を実施する。

それでもWBGT基準値を超え、または超えるおそれのある場合には、後述する予防対策の徹底を図る。

表1 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(°C)
作業服(長袖シャツとズボン)	0
布(織物)製つなぎ服	0
二層の布(織物)製服	3
SMSポリプロピレン製つなぎ服	0.5
ポリオレフィン布製つなぎ服	1
限定用途の蒸気不浸透性つなぎ服	11

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。

表2 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；小さい電気子巻き；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；硬い木にかん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 26	気流を感じないとき 22	気流を感じる とき 23
4 代 極 率 高	最大速度の速さですべても激しい活動；おのを振るう；激し度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

注1 日本工業規格Z 8504(人間工学—WBGT(湿球黒球温度)指数に基づく作業者の熱ストレスの評価—暑熱環境)附属書A「WBGT熱ストレス指数の基準値表」を基に、同表に示す代謝率レベルを具体的な例に置き換えて作成したもの。

注2 熱に順化していない人とは、「作業する前の週に毎日熱にばく露されていなかった人」をいう。

6 熱中症発生現場におけるWBGT指数を用いた暑熱リスクの評価例

前述の家屋解体作業中に熱中症が発生した当日（事例2）、筆者は屋外WBGT指数の測定を終日近隣の地域で実施していた。その測定結果を図2に示す。

早朝5時には25℃未満であったWBGT値は、時々刻々と上昇し続け、作業開始の午前8時にはすでに30℃を超えていた。その後も多少の変動はあるものの、軽作業のWBGT基準値（表2）である29℃を終日ほとんど上回り、安静時の基準値である32℃も超えることがしばしば見られた。熱中症発生日は7月上旬であり、梅雨明け早々の急な暑さで作業者はまだ十分に暑さに慣れていなかったものと考えられる。

また、身体作業強度は、家屋解体作業

であるため中程度の代謝率と推定される。この条件でのWBGT基準値は、表2から26℃と推定できる。

さらに、被災者が当日、どのような作業服を着ていたかは不明だが、仮に表1のような二層の布（織物）製の服を着ていた場合には、実測WBGT値にさらに3℃加えてWBGT値を評価する必要があるだろう。

このように、WBGT指数を用いて暑熱リスク評価を行うと、事例2では、当日は作業開始前からすでに許容基準値を超える極めて過酷な暑熱環境であり、いつ熱中症が発生しても不思議ではない状況だったことが分かる。

7 WBGT指数が基準値を超えた場合の暑熱対策

WBGT指数が許容基準値を超えた場

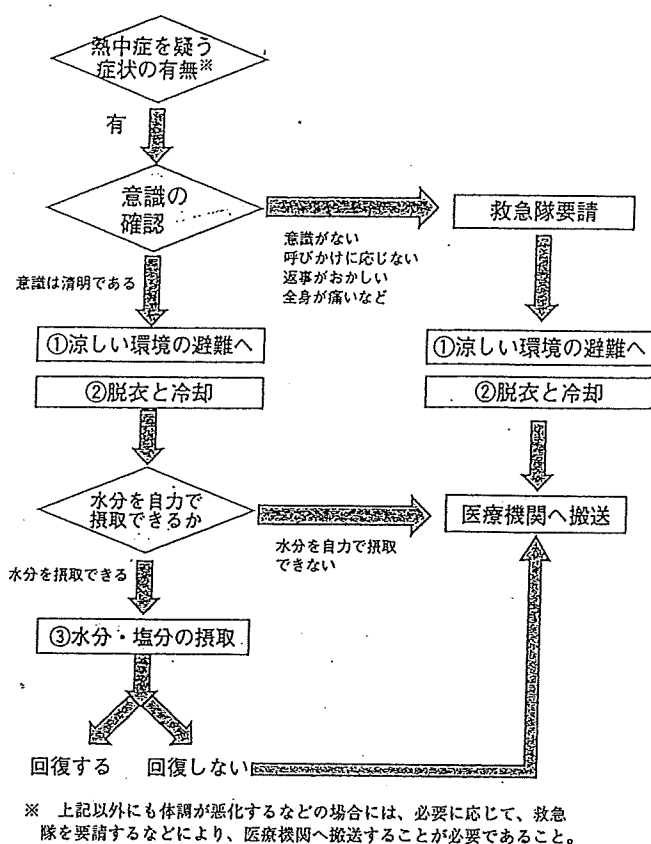


図2 熱中症が発生した日の屋外WBGT値の変動と暑熱基準値

合には、厚生労働省の最新ガイドライン（21年通達）に示された対策が参考になる。この通達は、WBGT指数が基準値を超えた場合の対策を、「作業環境管理」、「作業管理」、「健康管理」等の面から包括的に提案している。ガイドラインのポイントは次のとおり。

- ①暑熱作業開始初期に災害が多発していることから、計画的な熱への順化期間（7日間以上）の設定を明示。
- ②水分摂取を行っているにもかかわらず被災する事例が多いことから、自覚症状の有無にかかわらず定量的な水分・塩分の摂取を推奨（作業強度に応じて0.1～0.2%の食塩水等を20～30分ごとにカップ1～2杯程度）。
- ③有症労働者に死亡災害が多くみられることから、熱中症の発症に影響を与えるおそれのある疾患（糖尿病、高血圧症、心疾患、腎不全など）を踏まえた健康管理を行う。
- ④体温、心拍数、体重の測定による身体状況の監視と、作業中止基準を示唆。
- ⑤熱中症を疑う症状が現れた場合の現場での応急処置の手順の図示（図3）。

ガイドラインは、これまでのいわゆる常識的な暑熱対策から一歩踏み込んで、より具体的に、かつ定量的な対策指針となっている。職場のWBGT値が基準値を超えた場合には、表3に示した予防対策（ポイントを太字で示す）を徹底することにより、従来よりも一層効果的な熱中症の発生予防が期待される。



※ 上記以外にも体調が悪化するなどの場合には、必要に応じて、救急隊を要請するなどにより、医療機関へ搬送することが必要であること。

図3 熱中症の救急処置（現場での応急処置）

本特集では、職場における熱中症が、近年の労働災害・業務上疾病の中でも、とりわけ重大な問題となっていること、その問題が夏季屋外建設作業現場で特に深刻であること、建設作業現場には安全対策を優先させた固有の暑熱リスクが存在すること——などを強調した。また、熱中症の予防対策として、暑熱リスクをどのように「認知し」「測定し」「評価する」か、それに基づいてどのような対策を立てるべきか、特にのどの渇きにかかわらず、定期的に水分と塩分を補給することの必要性などを、厚労省の最新ガイドラインを中心に紹介した。本特集が、建設現場での熱中症に対する危険意識を高め、その予防に役立てられたら幸いである。

表3 職場における熱中症予防対策の新ガイドライン(21年通達)の概要

- 1 作業環境管理
 - (1) WBGT値の低減等
暑熱作業場所への熱遮へい物、直射日光・照り返しを遮る屋根、通風・冷房・除湿設備の導入
 - (2) 休憩場所の整備等
冷房のある休憩場所又は日陰等の涼しい休憩場所の設置、身体冷却設備、水分・塩分の補給設備
- 2 作業管理
 - (1) 作業時間の短縮等
作業の休止時間・休憩時間の確保、連続作業時間の短縮、高代謝レベルの作業の回避、作業場所の変更
 - (2) 熱への順化
梅雨明けの気温等が急上昇する時期や暑熱作業に慣れない作業員に対する7日以上暑熱順化期間の設定
 - (3) 水分及び塩分の摂取
のどの渇きにかかわらず、水分・塩分の作業前後の摂取と作業中の定期的な摂取(作業強度に応じて0.1~0.2%の食塩水等を20~30分ごとにカップ1~2杯程度)、水分・塩分摂取の確認表の作成
 - (4) 服装等
透湿性・通気性の良い服装の着用、冷房服の活用、直射日光下での通気性の良い帽子等の着用
 - (5) 作業中の巡視
定期的な水分及び塩分の摂取に係る確認、労働者の健康状態の確認と熱中症の兆候の監視
- 3 健康管理
 - (1) 健康診断結果に基づく対応等
糖尿病、高血圧症及び心疾患、腎不全、精神・神経関連疾患、広範囲の皮膚疾患など熱中症の発症に影響する有症労働者に対する暑熱作業の可否と留意事項等に関する産業医・主治医等の意見を勘案した就業場所の変更・作業の転換等の措置の実施
 - (2) 日常の健康管理等
睡眠不足、体調不良、前日等の飲酒、朝食の未摂取、感冒等による発熱、下痢等による脱水、肥満等が熱中症の発症リスク因子であることの生活指導、健康相談、健康の保持増進のための措置
熱中症の発症リスクのある有症労働者に対する保健指導とその必要性の事業者への申し出の指導
 - (3) 労働者の健康状態の確認
作業開始前・作業中に声のかけ合いなどによる労働者の健康状態の確認
複数の労働者による作業での健康状態について相互監視
 - (4) 身体状況の確認
休憩場所等に体温計、体重計等を備え、体温、体重その他の身体状況を確認し、以下の場合は暑熱曝露を中止する必要性の示唆
 - ① 1分間の心拍数が数分間継続して180から年齢を引いた値を超える
 - ② 作業強度のピークの1分後の心拍数が120を超える
 - ③ 休憩中等の体温が作業開始前の体温に戻らない
 - ④ 作業開始前より1.5%を超えて体重が減少する
 - ⑤ 急激で激しい疲労感、悪心、めまい、意識喪失等の症状が発現する
- 4 労働衛生教育
暑熱作業を管理する者及び労働者に対する労働衛生教育(熱中症の症状、熱中症の予防方法、緊急時の救急処置、熱中症の事例)の実践
- 5 救急処置
 - (1) 緊急連絡網の作成及び周知
労働者の熱中症の発症に備え、病院、診療所等の所在地・連絡先の把握、緊急連絡網の作成と関係者への周知
 - (2) 救急措置
熱中症を疑わせる症状が現われた場合の涼しい場所で身体冷却、水分・塩分摂取等の措置。救急隊の要請と医師の受診

※ガイドラインの詳細について知りたい方は、厚労省ホームページ
(<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2009/06/h0616-1.html>)を参照されたい。

Question

熱中症を防ぐ工夫は？

夏季における熱中症予防対策について教えてください。

澤田晋一

独) 労働安全衛生総合研究所 国際情報・研究振興センター

Answer

1. はじめに

毎年夏になると地域や家庭、学校や職場で体調を崩して救急車で病院に搬送されるニュースがしばしば報道されます。その大半は熱中症によるものであり、死亡するケースも少なくありません。労働現場でも特に夏季の屋外作業を中心として近年熱中症が多発しており、厚生労働省も平成8年、17年に引き続いて21年にも職場における熱中症予防対策の行政通達を発出しています¹⁾。ここでは、熱中症のリスクファクターとしての肥満に焦点をあてて、肥満がなぜ暑さに不利なのか、並びにその熱中症予防対策について概説します。

2. なぜ肥満者は暑さに弱いのか？

肥満の人は、暑さに弱く熱中症の発症リスクが大きいことが指摘されています。これにはさまざまな理由が考えられます。

第1に、肥満者は、安静時や運動時の心拍数が痩せた人より高い傾向にあります。暑熱曝露時の心拍数の許容限界として(180 - 年齢) beats/min が数分持続することが勧告されています。これは、肥満者がこの許容限界に達するまでの心拍数の予備能力が低いことを示唆します。

第2に、肥満者は体重に対する体表面積の比が小さいので、体表面から外界への熱放散量が低くなることとなります。

第3に、汗腺の密度と体脂肪率に逆相関が認

められ、体脂肪率が多いと汗腺密度が少なくなる傾向にあることです。これは、肥満者が、暑さの中で汗をかく能力が劣ることを示唆します。

第4に、肥満者の身体比熱が低いことです。これは、同じ暑熱ストレスが加わったときに、肥満者の人体組織温度が上昇しやすいことを意味します。

第5に、肥満者は体重が重いので、同じ身体作業をするのにも余分なエネルギー消費が必要なことです。エネルギー消費量が多いことは、それだけ身体で産生される熱量が多くなり、身体加熱要因が増大することになります。

第6に、皮下脂肪層が増加すると皮膚表層と皮下深層組織の断熱性が増加し、筋肉から皮膚への直接的熱伝達が減少することが考えられます。

第7に、これが最も重要なことですが、肥満者は日常生活で運動不足のことが多く、結果として身体能力が低く、有酸素運動能力や心臓循環機能が低下している傾向にあることです。肥満で持久走力が低いほど熱中症発症リスクが増加するという研究²⁾もあります(表1)。

このように肥満者は、暑熱ストレスに対して、非常に不利な条件にあるので、夏季の猛暑時にはとりわけきめ細かい熱中症対策を実施する必要があります。

3. 熱中症をどう予防するか？

最近では天気予報などで熱中症に関する注意報

特集 | OSA 肥満

表1 米国男性海兵隊員の身体トレーニング期間(1988～1992)に報告された熱中症の発生リスクに対するBMIと持久走行時間の影響

BMI (kg/m ²)	1.5マイルの走行時間		
	10分未満	10分以上12分未満	12分以上
22未満	1.0 (10/83)	1.5 (34/247)	3.5 (15/55)
22以上26未満	1.6 (14/79)	2.0 (69/366)	8.5 (63/83)
26以上	3.7 (4/9)	3.3 (48/141)	8.8 (107/133)

表中数値は、BMIが22未満かつ1.5マイル走行時間は10分未満を1(基準値)とした時に、熱中症発生リスクが何倍あるかを示すオッズ比。表中括弧内数値は、(熱中症件数/年齢、人種等をマッチさせたコントロール件数)。BMIが22以上で持久走行時間12分以上の場合は、BMIが22未満かつ持久走行時間が10分未満の8倍以上の熱中症リスクがあることを意味する。これは、肥満傾向で有酸素運動能力が低いと熱中症発生リスクが極めて大となることを示唆する。(文献2より引用)

や警報が出るようになります。これらの情報から、危険が予想される時期には、次のような熱中症予防対策を入念に実施することです^{1, 3, 4)}。

①激しい身体運動は避け、暑さに曝される時間も最小限にします。同じ暑熱負荷、身体作業負荷に対して肥満者は体熱産生が大かつそれが外界に放散しにくいという特徴があることは、前述の通りです。できれば体温計を常時携帯し、暑さに曝露したときにはこまめに自分の体温をチェックします。婦人体温計で舌下温を5分間測定し、37.5℃を超えていたら要注意です。暑熱環境から離れて身体を冷やすようにしてください。

②喉の渇きの感覚に頼って水分を摂取するのではなく、こまめに水分・塩分補給を行うことが重要です。一般にのどが渇いたときに水分を摂っているだけで脱水の進行を防止できません。暑さの中でのどが渇きを感じる時は身体から水分が想像以上に失われていると考えられます。ただし、水分だけを大量に飲むと体液の電解質バランスがくずれて塩分欠乏状態となり、筋肉のけいれん、疲労、悪心、嘔吐、めまい等が起こります。0.1～0.2%の食塩水あるいは市販のスポーツドリンクを摂ると良いのですが、肥満者は低カロリーのスポートドリンクが必須です。大量発汗時には前後で体重を測定し、1.5%以上の体重減少がみられる場合は、水分塩分補給により体重を元に戻しましょう。

③梅雨明けの気温が急上昇する時期や暑さに馴

れない状態での暑さへの曝露は、熱中症のリスクを著しく増加させます。徐々に1週間以上かけて暑さに馴れて身体を暑熱順化させることが肝要です。普段から1～2時間程度汗をかく身体運動を習慣づけることにより、有酸素運動能力・体力水準も向上し、それはひいては肥満防止にもなります。

④1分間の心拍数が数分間持続して、180から年齢を引いた値を超える場合は、暑熱環境から離れて涼しい休憩室で休む必要があります。肥満者で心拍数の高い傾向の人は、特に注意が必要です。

⑤一般に透湿性・通気性の良い服装の着用、直射日光下では通気性の良い帽子の着用を心がけてください。

⑥日常の健康管理上注意すべきことは、睡眠不足、体調不良、前日の大量飲酒、感冒等による発熱、下痢等による脱水です。基礎疾患(糖尿病、高血圧症、心疾患、腎不全、精神・神経疾患、広範囲の皮膚疾患等)等も熱中症のリスクを増加させますので、①から⑤の暑さ対策を入念に行う必要があります。

以上の予防対策を実践することにより、肥満者でも暑さの中で比較的安かつ健康に生活することが可能となるでしょう。

文 献

- 1) 澤田晋一：わが国の職業性熱中症の発生状況と予防対策の最新動向. 医学のあゆみ 230 (12) : 1080-1082,

2009

- 2) Gardner JW, Kark JA, Karnei K, *et al.* : Risk factors predicting exertional heat illness in male Marine Corps recruits. *Med Sci Sports Exerc* 28 (8) : 939-944, 1996
- 3) 澤田晋一：わが国の職業性熱中症対策の最近の話題と

課題. 神奈川産業保健交流研究 37 : 1-57, 2007

- 4) 厚生労働省報道発表資料 2009年6月19日「職場における熱中症の予防について」
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2009/06/h0616-1.html>

KEY WORD

熱中症：暑熱障害とは、高気温、高湿度、高輻射熱（高放射温）、低風速、激しい身体作業、高熱抵抗の衣服の着用などの要因が単独あるいは複合して人体の熱平衡を乱し、熱放散が阻害され身体が過熱状態に至るまでに発生する全身性および局所性の健康障害の総称です。全身性暑熱障害には熱虚脱（熱失神）、熱けいれん、熱疲労（熱疲憊）、熱性浮腫、熱射病（日射病）があり、局所性暑熱障害としては汗疹があります。いわゆる熱中症とは、この中で、熱虚脱（熱失神）、熱けいれん、熱疲労（熱疲憊）、熱射病（日射病）を指します。



最大有酸素運動能力

身体運動負荷を増加させると、酸素摂取量もほぼ直線的に増加しますが、ある時点からそれ以上増加しません。この時の酸素摂取量を最大酸素摂取量（Vo2max）と言い、有酸素運動能力・体力水準の指標として使われます。普段から毎日1時間程度活発な運動を行っている人は、この能力は高くなります。

新刊情報



糖尿病とうつ 双方向からのパスウェイ

上島国利 編

医薬ジャーナル社

127 ページ, 30 cm, 価格 3,990 円 (税込)

ISBN : 978-4-7532-2408-1

従来は糖尿病の患者さんは楽天的であり、あまり糖尿病を深刻な疾患と受け止めずそれが受診を遅らせ、中断させていると考えられていた。紹介者も少なくとも多くの診療した患者さん達でかなりナーバスな感じを持ったのは多く1型の糖尿病患者であり、2型の患者さんでは仮にインスリンを使用している方々でもそれほどうつ傾向のある方は少ないように感じていた。本書によると米国の文献では糖尿病とうつは関連が強いという報告が多いとあり、うつの合併が多い疾患として冠動脈疾患、肥満、脳血管障害、消化器疾患、喘息・COPD、疼痛の強い筋・関節疾患が挙げられている。もちろんうつ病は文明病であり、社会が複雑となればなるほど増加する可能性が高いと思われる。わが国では2型糖尿病では受診していない人が40%もいるということであるが、もしかしたらその中に極めて多数のうつ状態の方がいて、それが故に診療から落ちこぼれていってしまうのかもしれない。このような書物ができて、わが国でも精神科医と糖尿病医が良いコラボレーション下に患者さんがより良い診療環境の下に治療を続けられるようになると良いと思われ、本書をその第一歩として興味深く読ませていただいた。今後の進展を期待して紹介した。

(書評：金澤康徳 自治医科大学名誉教授)

特集 OSA 肥満

急性暑熱ばく露時の体重減少と必要水分補給量に関するパイロットスタディ

A Pilot Study on Body Weight Loss and Water Requirement during Acute Exposure to Heat

榎本 ヒカル、澤田 晋一、東郷 史治、安田 彰典、岡 龍雄、呂 健、上野 哲
 Hikaru ENOMOTO, Shin-ichi SAWADA, Fumiharu TOGO, Akinori YASUDA,
 Tastuo OKA, LU Jian, and Satoru UENO

1. はじめに

職業性熱中症は、平成8年および平成17年に行政通達が出され予防対策の徹底がはかれるようになった。にもかかわらず、夏季屋外作業時を中心に熱中症の発生は毎年多数報告されている。この原因の1つに暑熱作業時の水分補給量の目安が明確でないことがあげられている。

そこで、暑熱負担評価の現行国際規格であるISO7933に採用されている暑熱負担予測プログラム PHS の改良版 PHSm¹⁾ より算出された予測水分補給量の妥当性と、水分補給の有無が人体に与える影響について検証するため、人工気候室を用いた被験者実験を行ったのでここに報告する。

2. 実験方法

(1) 実験室および設定温湿度条件

実験は労働安全衛生総合研究所内の人工気候室にて行った。独立して制御可能な連続した2室を用い、設定条件は前室にあたるA室を気温25°C相対湿度50%、暑熱条件として設定したB室を気温35°C相対湿度50%とした。

(2) 被験者条件および設定飲水量について

表1 被験者の特徴

Sub.	Age	Height(cm)	Weight(kg)	BMI(kg/m ²)
A	55	177	65	20.7
B	39	180	78	24.1
C	51	177	77	24.6
D	46	167	75	26.9
Mean	47.8	175.3	73.8	24.1
S.D	6.9	5.7	6.0	2.5

被験者は健康な男性4名であった。表1に被験者の特徴を示す。実験中の被験者の着衣はTシャツおよびトランクスのみとし、着衣による熱抵抗値は0.2clo程度であった。また移動時以外は被験者は椅子に座り安静を保った。

水分補給条件については、実験中に全く水分摂取をしない場合(以下C条件)と、PHSmより算出された飲水量を摂取した場合(以下W条件)の2条件とし、この2条件間の比較を行った。

(3) 実験スケジュールおよび測定項目

図1に実験スケジュールおよび測定項目を示す。実験室入室前に指先血中ヘモグロビン濃度の1回目の測定と、直腸温センサーの装着を行い、その後準備したトランクスを着用し体重測定1回目を行った。以上を済ませた後、A室に入室し、皮膚温および心電図測定準備を行った。30分経過後から皮膚温および心電図の測定を開始し、以後血圧、脈拍数、主観的申告、視覚的反応時間(PVT)、自覚症しらべの測定を図示したタイミングで行った。30分後、被験者は暑熱環境のB室に移動し2時間滞在した。2時間経過後、すみやかに2回目の体重測定を1回目と同じ着衣状態でを行い、その後指先血中ヘモグロビン濃度測定2回目を行った。

飲水は、15分おきにA室で1回、B室移動後9回の計10回行った。飲水量は算出された量を10分割し(個人別に1回に30ml~50ml、4回目以降は全員40ml)、主観的申告の回答が終わった段階で飲水した。水温はあらかじめ室温と同じにしていた。体表面の汗については、実験中は適宜自由にぬぐってもらった。

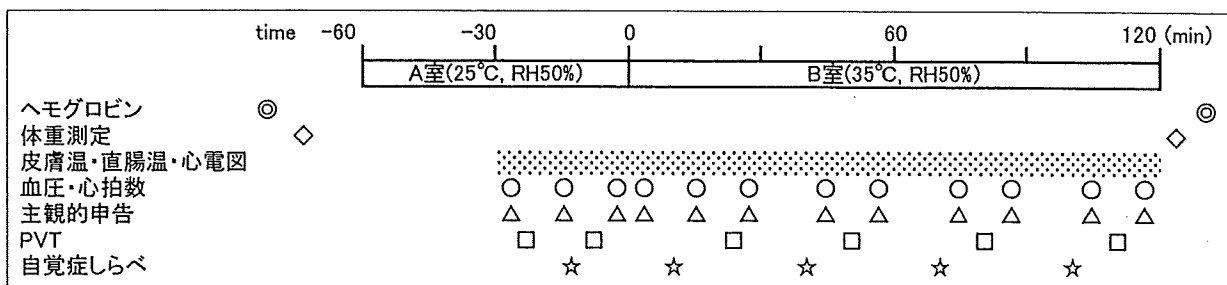


図1 実験スケジュールおよび測定項目