

## 3. 新しいクーリングおよびセンシング技術による熱中症対策

時澤 健

労働安全衛生総合研究所

労働者の熱中症による死傷者数は2010年以降下が  
る気配がない。暑さ指数の情報提供や様々な注意喚  
起は重要であり、引き続き実施する必要はあるもの  
の、新しい対策が求められている。当研究所では企  
業との共同研究で、これまでにない「クーリング技術」  
と「ウェアラブル体温計」の研究から予防対策に取  
り組んでいる。

身体を冷やす方法については、スポーツ活動を想  
定した数多くの先行研究において取り組まれており、  
例えば氷嚢を首・腋下・鼠蹊部に当てる方法は、一  
般的なイメージと異なり、回復期の高体温を速やか  
に下げるベストの方法ではないことが報告されてい  
る<sup>1)</sup>。労働環境では限られたソリューションで効率  
良く実用的にクーリングすることが求められるため、  
我々は作業前や作業間において、手足を中心にクー  
リングする方法を進めている。また蓄冷材料技術を活  
用して不快感を軽減した適温でのクーリングにつ  
いても、深部体温の上昇を抑える効果をターゲット  
に検証している。現在の労働現場では作業中に身に  
着けるタイプの製品が主流であり、休憩時間を有効  
利用して積極的なクーリングを行う取組みを進めて  
いきたい。

いわゆる暑熱耐性に個人差があることはよく知ら  
れており、暑さに弱い人や体調に不安がある人は、  
一律的に暑熱下の仕事を休むのではなく、体温をモ  
ニターしながら安全に作業を進めることは理想的で  
ある。また暑さ指数が「危険」となる環境において  
作業を進める場合にも、作業者の体温がリアルタイム  
にわかれば、作業と休憩のサイクルをどのように  
行うかの目安となる。非侵襲的に深部体温を測定す  
る試みは古くからなされており、心拍数や皮膚温か  
ら推定する方法は、最近のウェアラブル技術の発展  
に伴い精度を上げてきているが<sup>2)</sup>、アルゴリズムの改良  
の余地がある。一方で、熱流補償法による推定は皮  
膚にセンサを貼り付けるシンプルな測定であるが、  
装置を必要とし医療現場の患者モニターとして主に

用いられている。しかし非加熱型の双熱流法が提案  
され<sup>3)</sup>、ウェアラブル化に弾みがついたが、未だに  
侵襲測定との精度検証はなされていない。我々は双  
熱流法のアルゴリズムを新たに改良し、胸部に貼り  
付けるパッチ型センサとしてウェアラブル体温計の  
開発に取り組んでおり、その一部を紹介したい。

- 1) Sinclair et al. Efficacy of field treatments to reduce body core temperature in hyperthermic subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:1984-1990.
- 2) Laxminarayan et al. Individualized estimation of human core body temperature using noninvasive measurements. *J Appl Physiol.* 2018;124:1387-1402.
- 3) Kitamura et al. Development of a new method for the noninvasive measurement of deep body temperature without a heater. *Med. Eng. Phys.* 2010;32:1-6.

## 演者略歴

2007年 早稲田大学人間科学研究科 博士後期課程修了  
2007年 早稲田大学人間科学学術院 健康福祉学科 助手  
2010年 早稲田大学スポーツ科学学術院 研究院助教  
2012年 労働安全衛生総合研究所 研究員