

芸術・芸能分野における**プレクーリング**の必要性

－ **身体冷却**のメカニズムと方法 －

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  JNIOSH

人間工学研究グループ
時澤 健

- **身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク**
- **労働現場（防護服）のプレクーリングに関する研究**
- **作業中のクーリングに関する研究**
- **現場での実用的なクーリングの方法**

身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク

≡ 熱を逃がす方法 ≡

伝導

物に直接ふれることで、
熱が移動し、逃げていく。



例 保冷剤を首やおでこに
当てて体を冷やす

蒸散

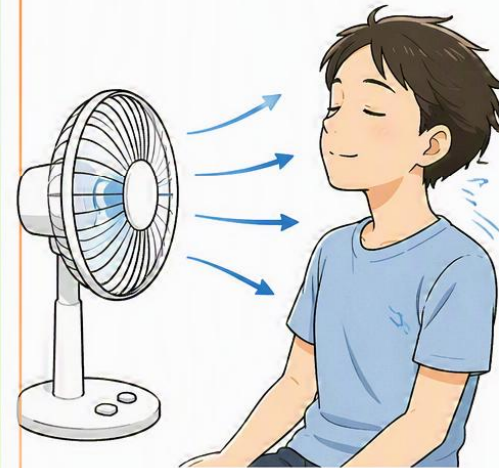
水分が蒸発するときに、
体の熱を一緒に逃がす。



例 汗が蒸発して
体を冷やす

対流

空気や水が動くことで、
熱が移動し、逃げていく。

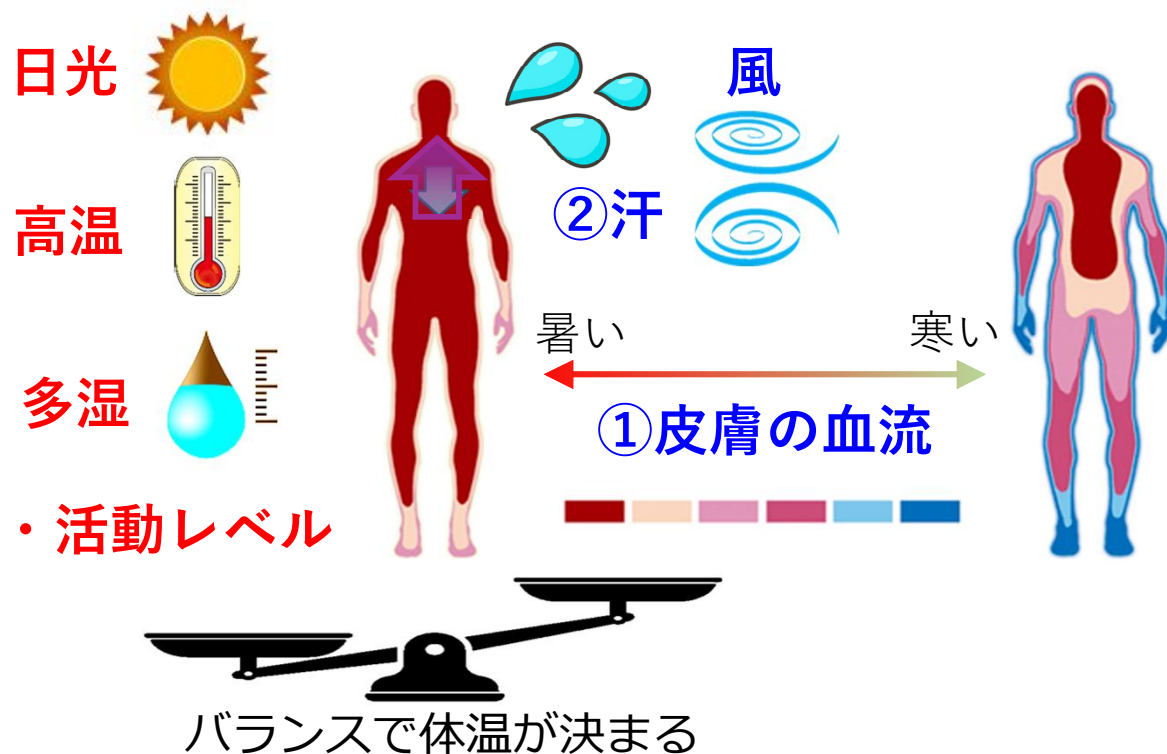


例 扇風機の風に当たって
体を冷やす

= 身体を冷やす方法

身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク

体温はどのように調節される？



自律性体温調節

意思に関係なく、**自律神経**によって調節される

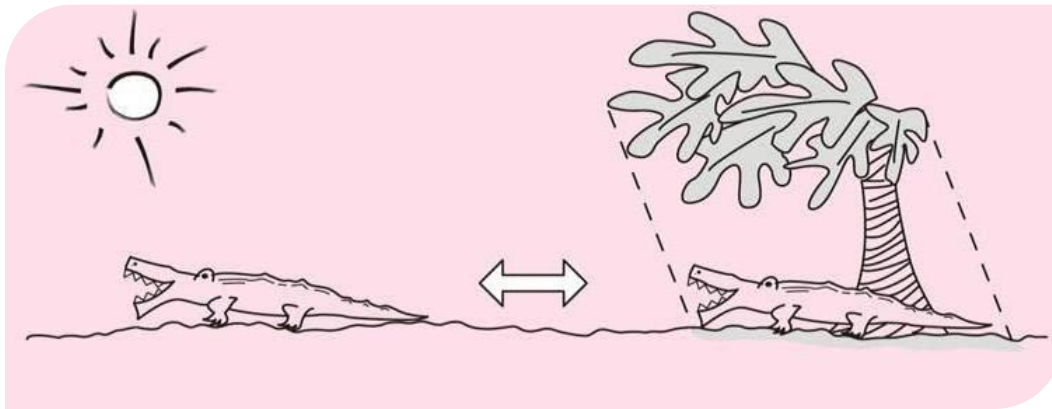
問題点

①**皮膚血流量**：血流量にも限界があり、脳や筋肉へ配分される量が減ると、**立眩みやパフォーマンス低下**の問題

②**汗**：体水分が減るため、水分補給が足りないと**脱水**になる。血流量が減ることにつながり、さらに**電解質濃度**の問題も。

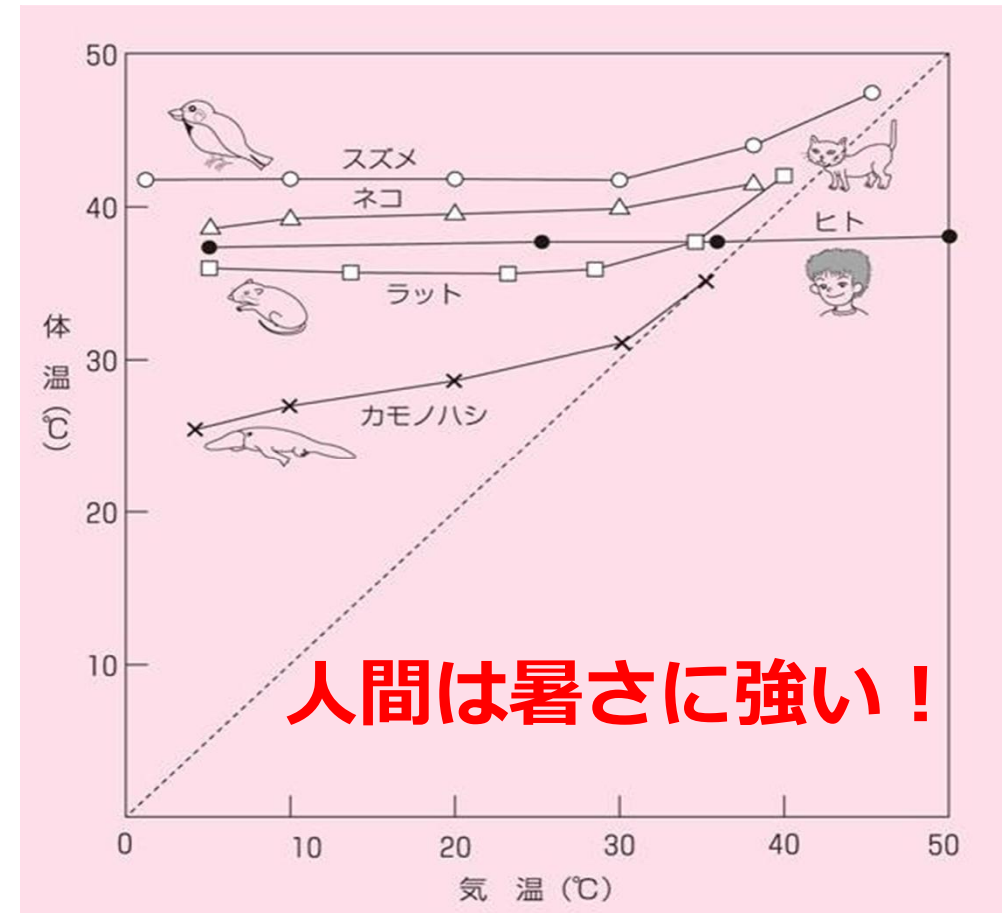
身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク

もう一つの体温調節：行動性体温調節



(スタンダード生理学)

変温動物は、
これだけで体温を調節している。



人間は暑さに強い！

(スタンダード生理学)

長距離を走るために進化？

強いがゆえに、暑くても働きスポーツをする…

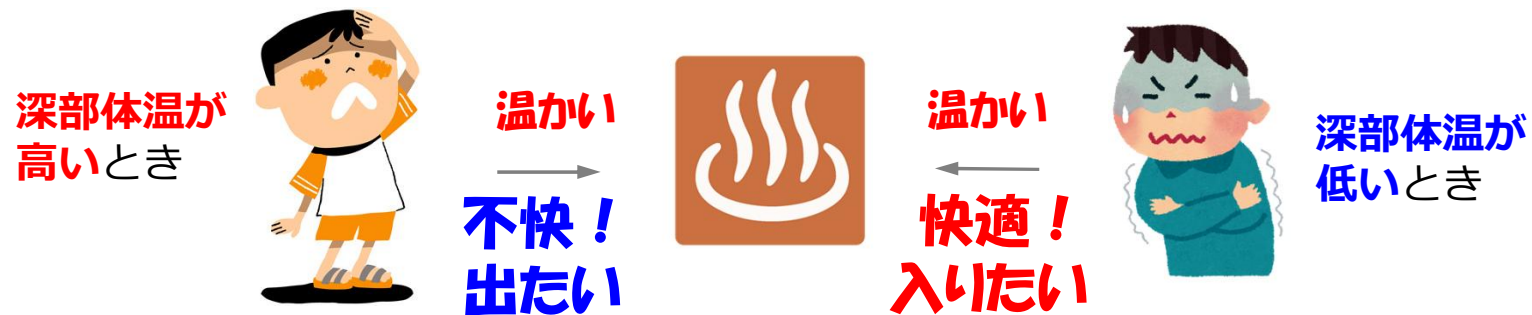
身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク

人間の**行動性**体温調節



そもそも、なぜ涼しい所に行こうと
(エアコンをつけようと) するので
しょうか？ 根本的な動機は？

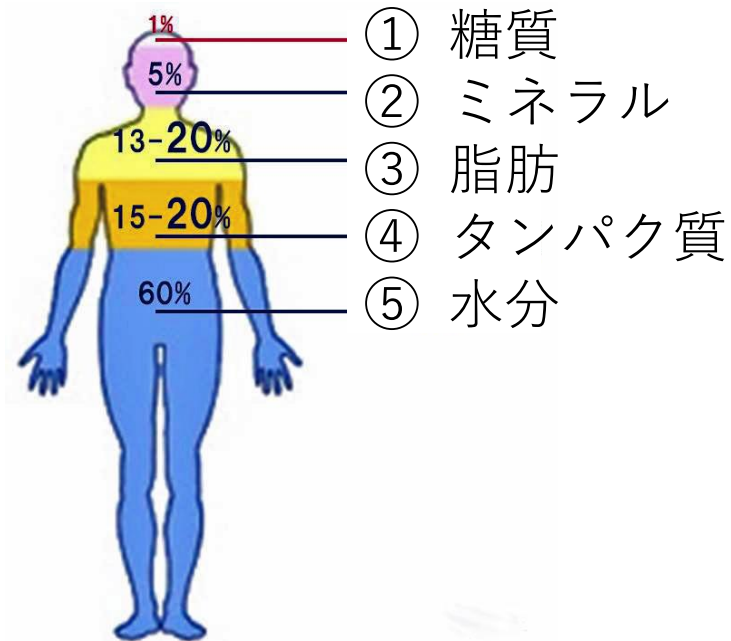
△ 暑いから or 不快だから ○



体温調節は「感覚」に大きく訴える

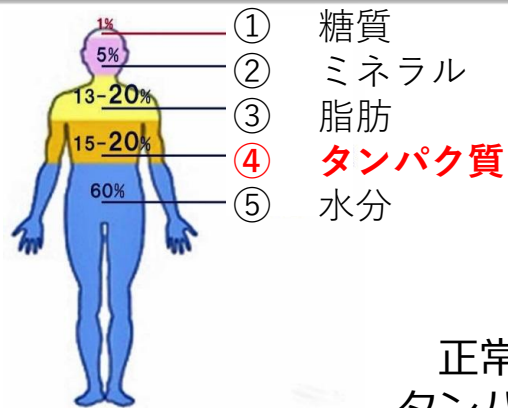
身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク

体温が上がり過ぎると、なぜ危ないのか？



①～⑤の中で何が高温になると、
からだの機能が悪くなるか？

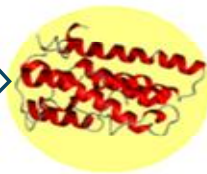
身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク



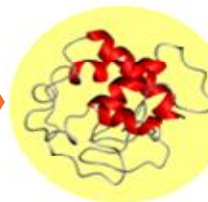
正解は、④タンパク質

筋肉だけでなく、血液
の中にある**ホルモン**、
脳の神経の伝達物質と
なるものまで、いろい
ろある。

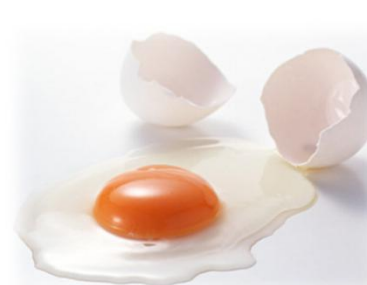
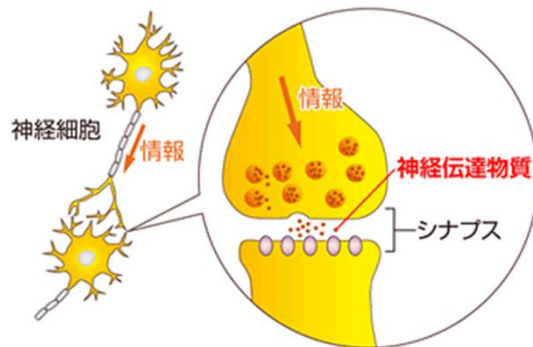
正常な
タンパク質



熱が加わると・・・



ただのアミノ酸



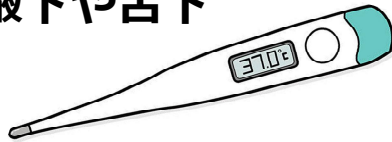
タンパク質
の変性

身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク

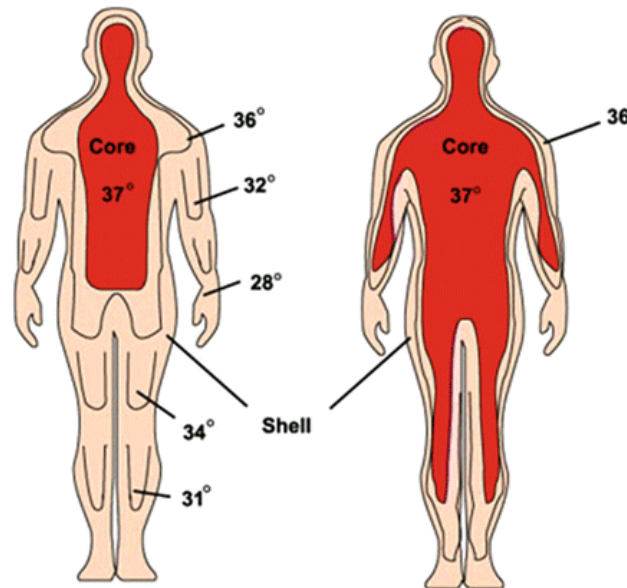
深部体温とは身体のどこか？

測り方は？

腋下や舌下



鼓膜
(耳内)



寒い環境

心地よい環境

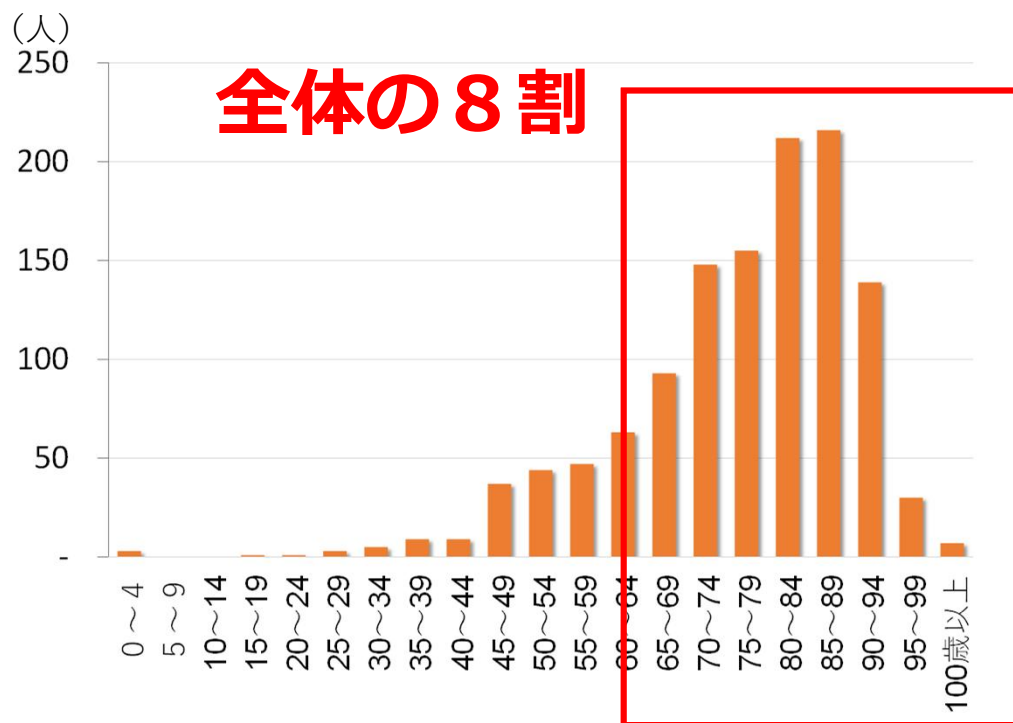
実験では、

- 食道
- 直腸
- MRIによる脳

暑くても寒くても一定の温度が保たれる
脳や内臓器官を**深部(核心)体温**と呼ぶ。

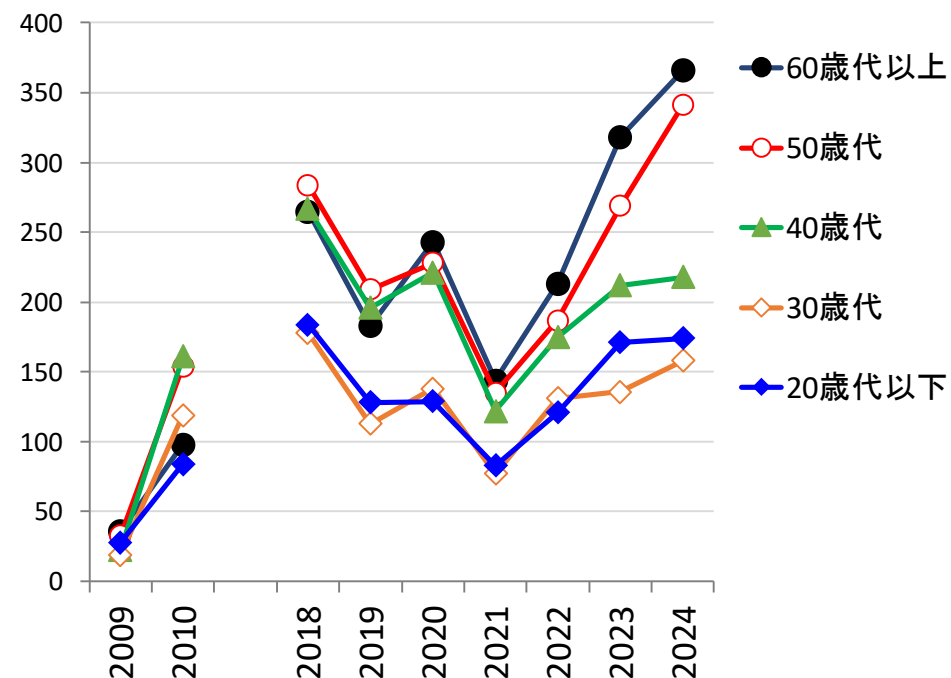
身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク

年齢別・熱中症による死亡者



(厚労省・人口動態統計2019)

年代別・熱中症による業務上疾病者数



(厚労省・労働基準局安全衛生部)

- **加齢**にともなって体温調節の機能はだんだんと弱くなる
- **体力**が衰えると、体温調節の機能も弱まってくる

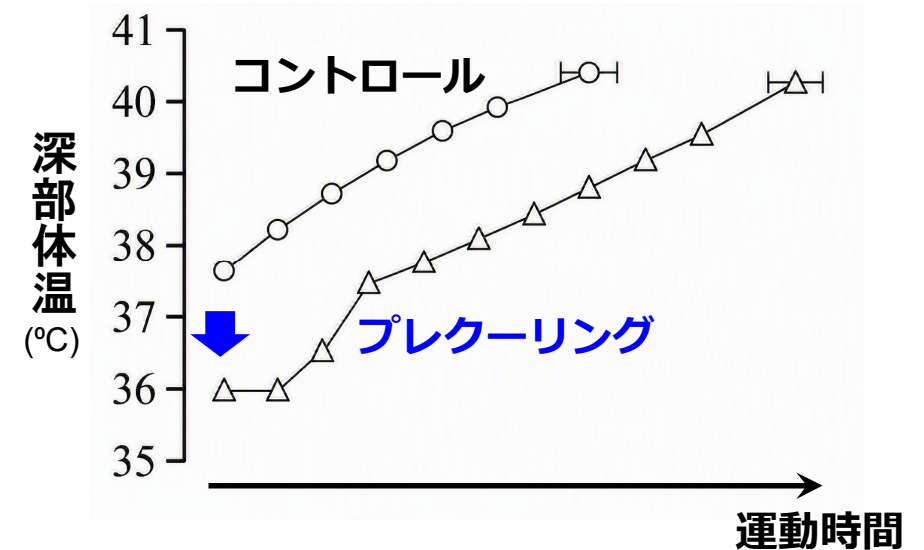
-
- ✓ 身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク
 - 労働現場（防護服）の**プレクーリング**に関する研究
 - 作業中のクーリングに関する研究
 - 現場での**実用的なクーリング**の方法
-





➤ **プレクーリング**：事前に**深部体温を下げて**運動を始める
(Pre-Cooling)

全身浸水30分
(10～20℃)



- ・ 効果的 ○
- ・ 実用的 × (寒冷ストレス)
- ・ 経済的 × (バスタブ・大量の冷水)

(González-Alonso et al. 1999)

防護服が必要な作業現場でどのように**プレクーリング**を行うか？



2003年～鳥インフルエンザ



2011年～原発復旧作業



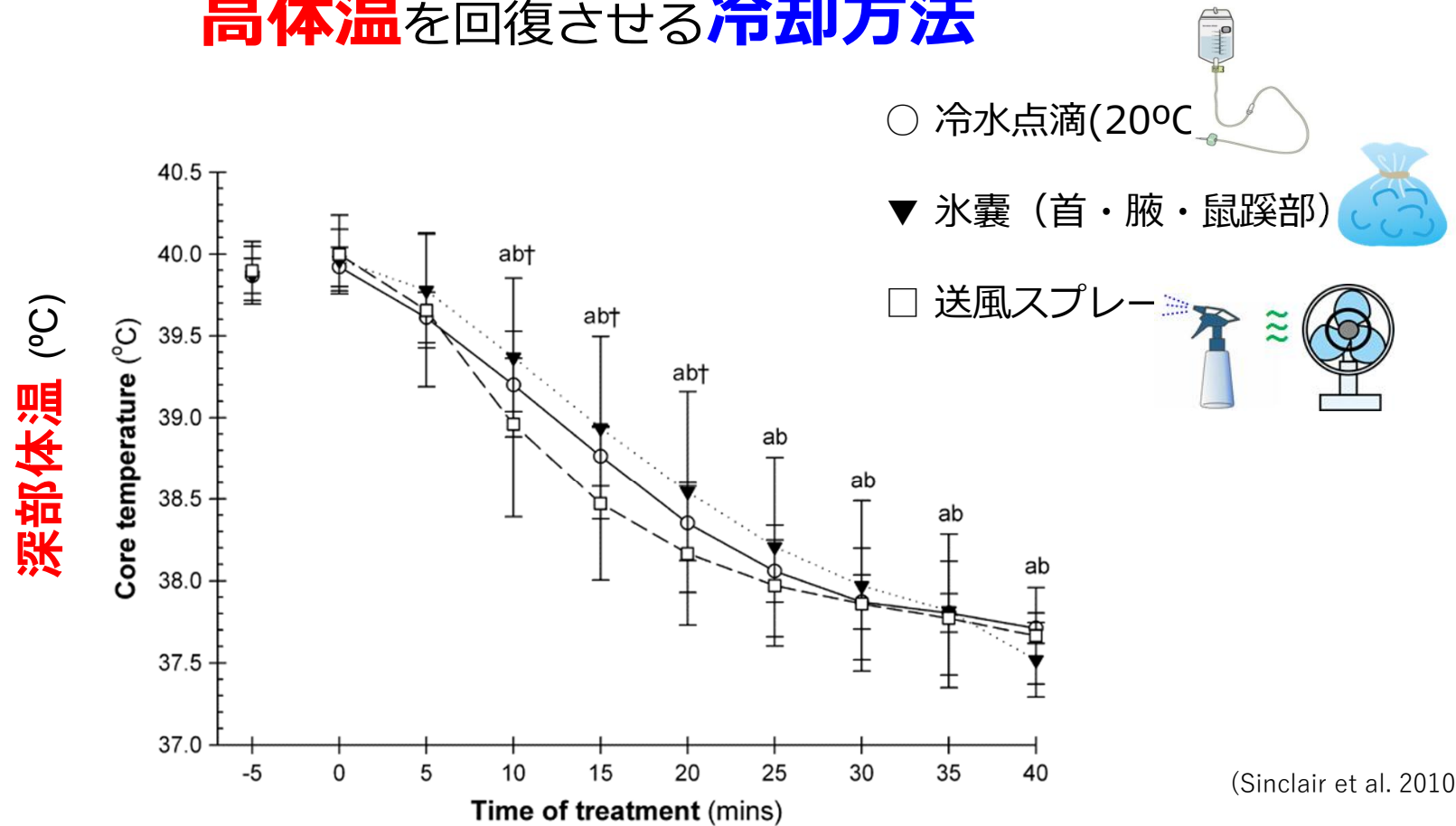
2014年～エボラ出血熱



2019年～ Covid-19



高体温を回復させる冷却方法

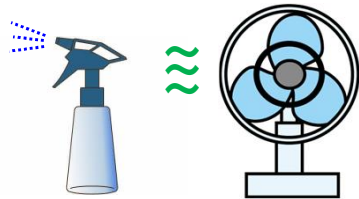


扇風機と少量の水で、深部体温を十分に下げられる

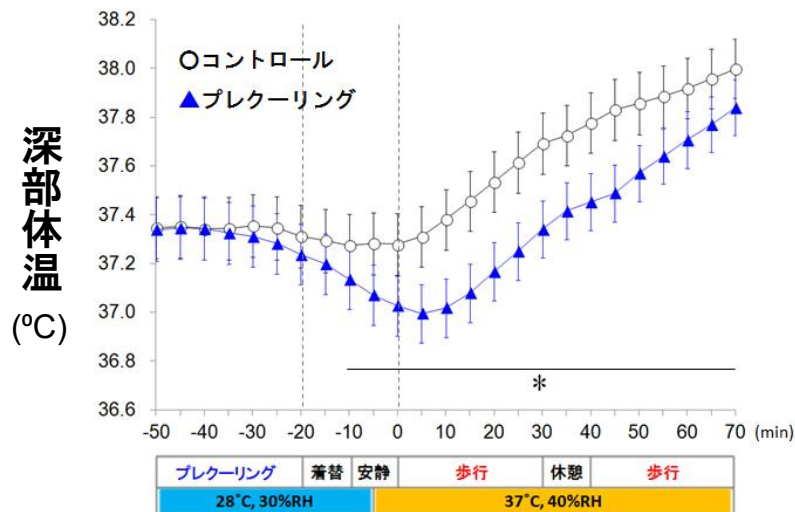
労働現場（防護服）のプレクーリングに関する研究



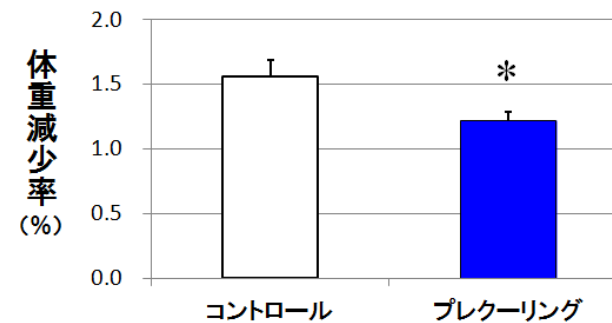
➤送風スプレー



低強度歩行
@37°C・50%RH



※: $P < 0.05$, vs. コントロール (Tokizawa et al., 2014)

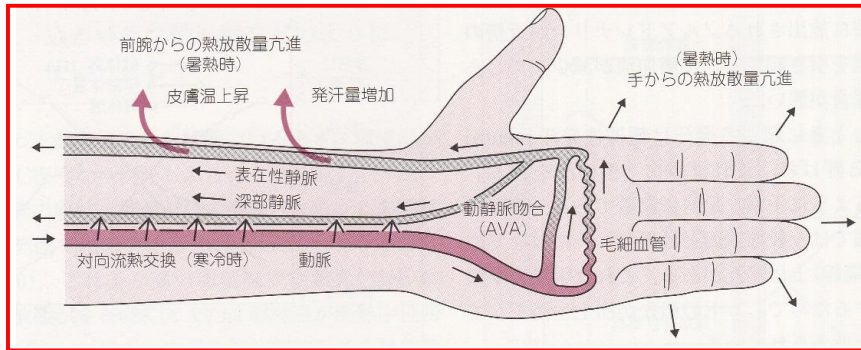


✓ 深部体温の上昇と脱水を軽減

労働現場（防護服）のプレクーリングに関する研究



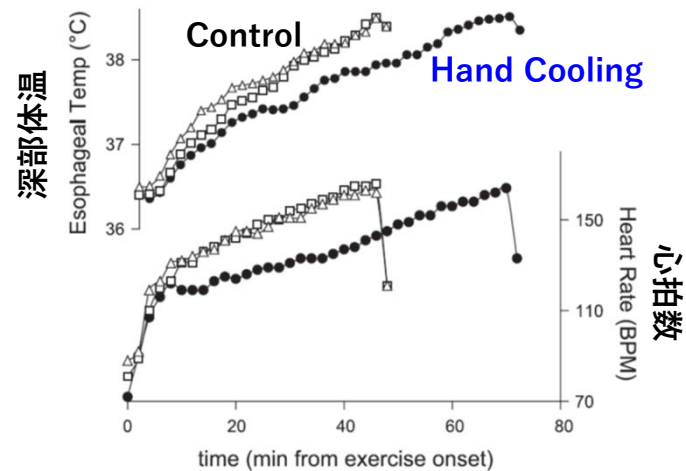
手の特殊な構造



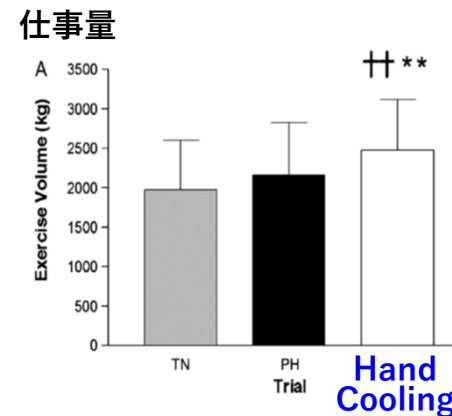
(スタンダード生理学)

- ✓ 動静脈吻合
 - ✓ 毛細血管の密度 ↑
 - ✓ 体積当たりの血液量 ↑
 - ✓ 体積当たりの体表面積 ↑
 - ✓ 温度感受性 ↓
- = 熱を逃がしやすい

ウォーキング中の例 (Grahn et al. 2005)

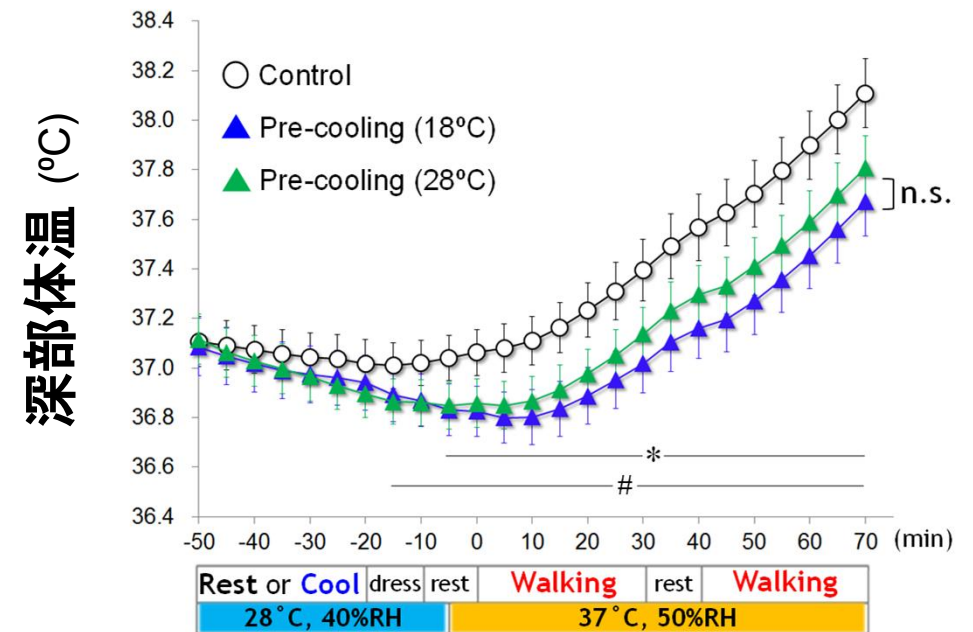
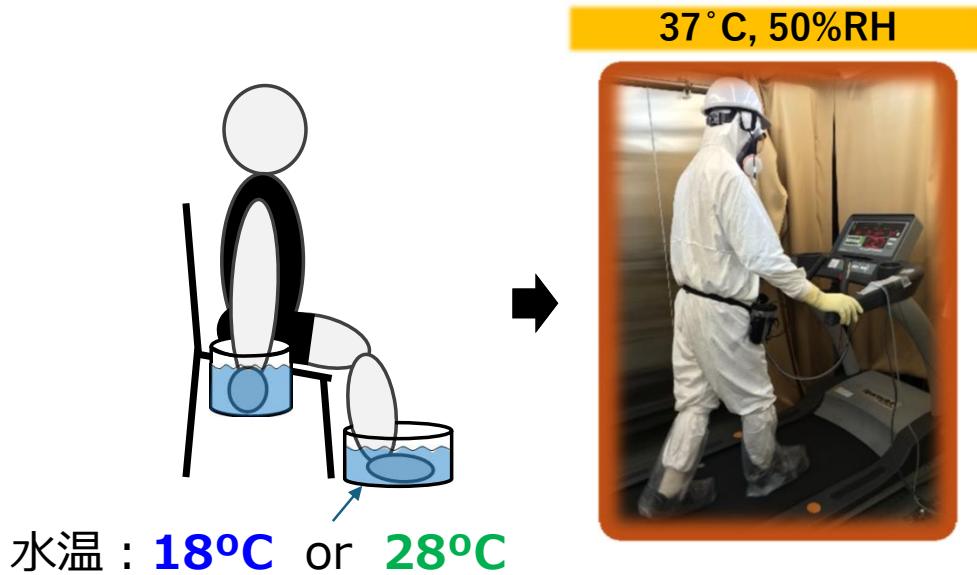


筋トレの合間に行った例 (Kwon et al. 2010)

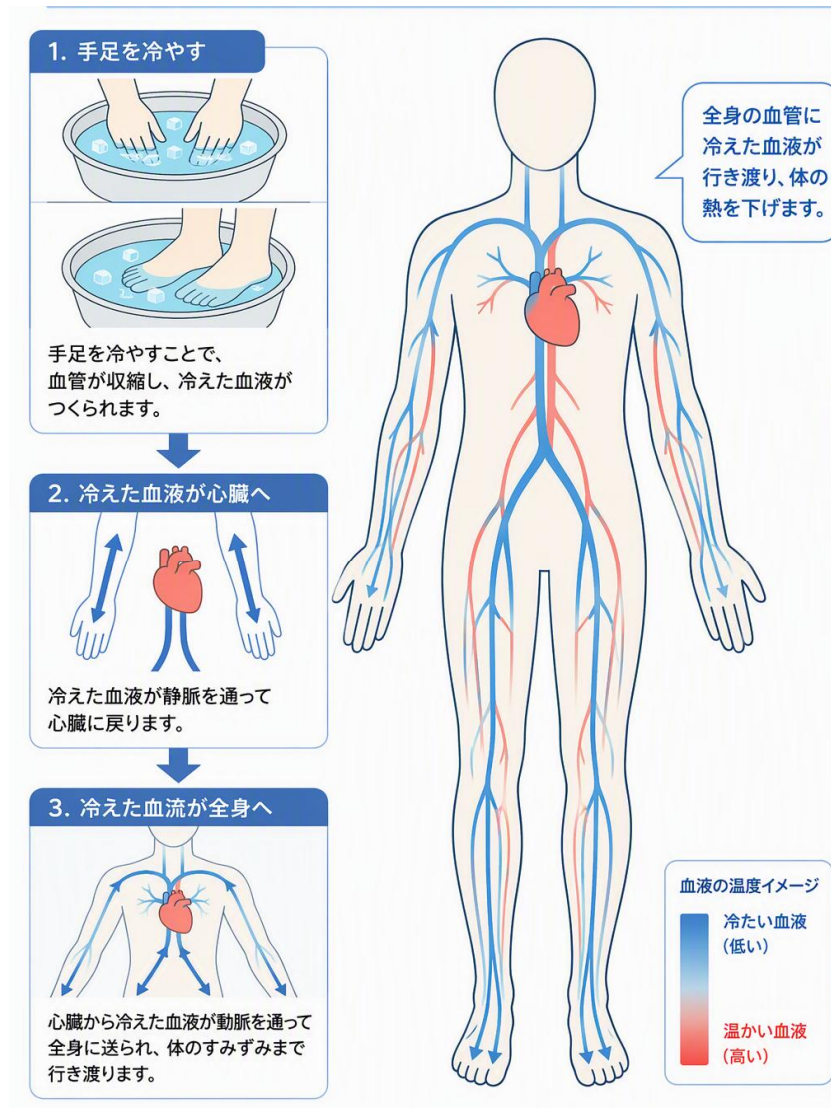


(CoreControlホームページより引用)

労働現場（防護服）のプレクーリングに関する研究



実用的な方法でプレクーリングを休憩中に繰り返し行い、作業中の暑さ負担の軽減につなげる。



✓ 手足に限らず、可能であれば、手と前腕（肘から先）、足とふくらはぎ（膝から下）など、水に浸かる面積を増やす方が良い



(<https://activital.jp/recoverybag/>)

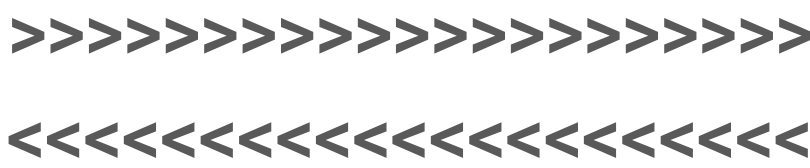
-
- ✓ 身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク
 - ✓ 労働現場（防護服）のプレクーリングに関する研究
 - **作業中のクーリングに関する研究**
 - 現場での実用的なクーリングの方法
-





Personal Cooling Garments

“Very” High resource
Low Mobility



Low resource
High Mobility



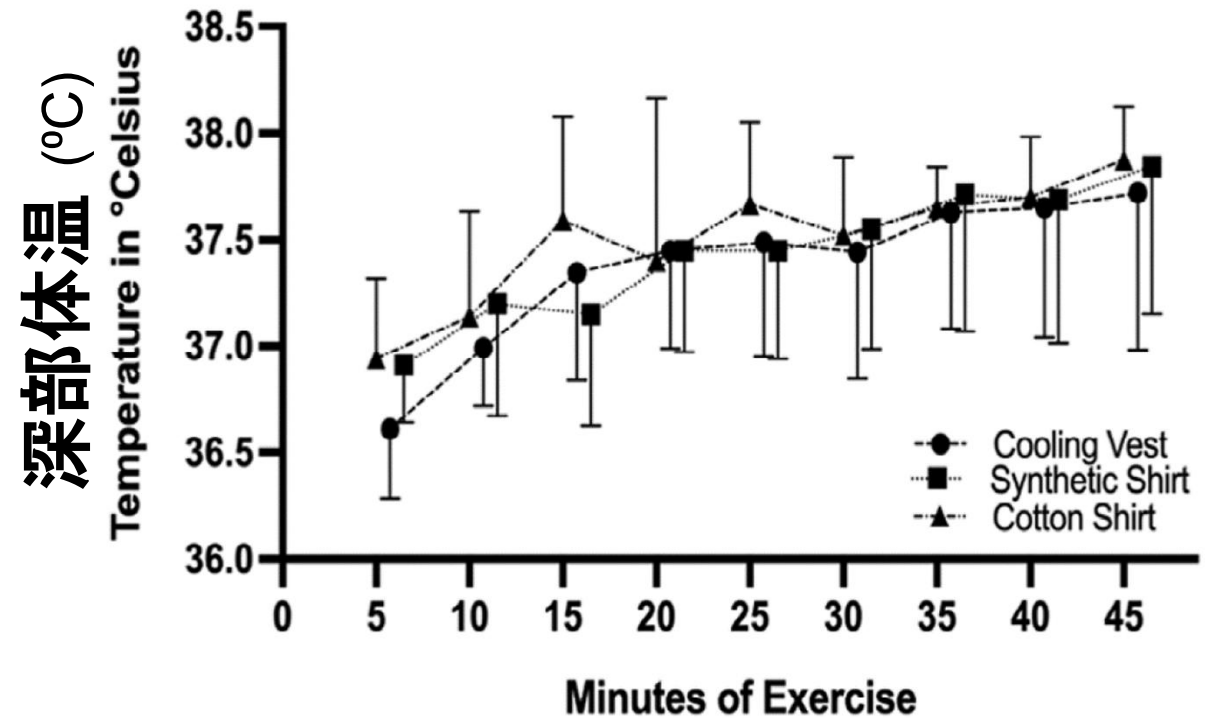
“Perfect” control



Less Effective



クールベスト (保冷剤)



(Engeroff et al., *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 2023)

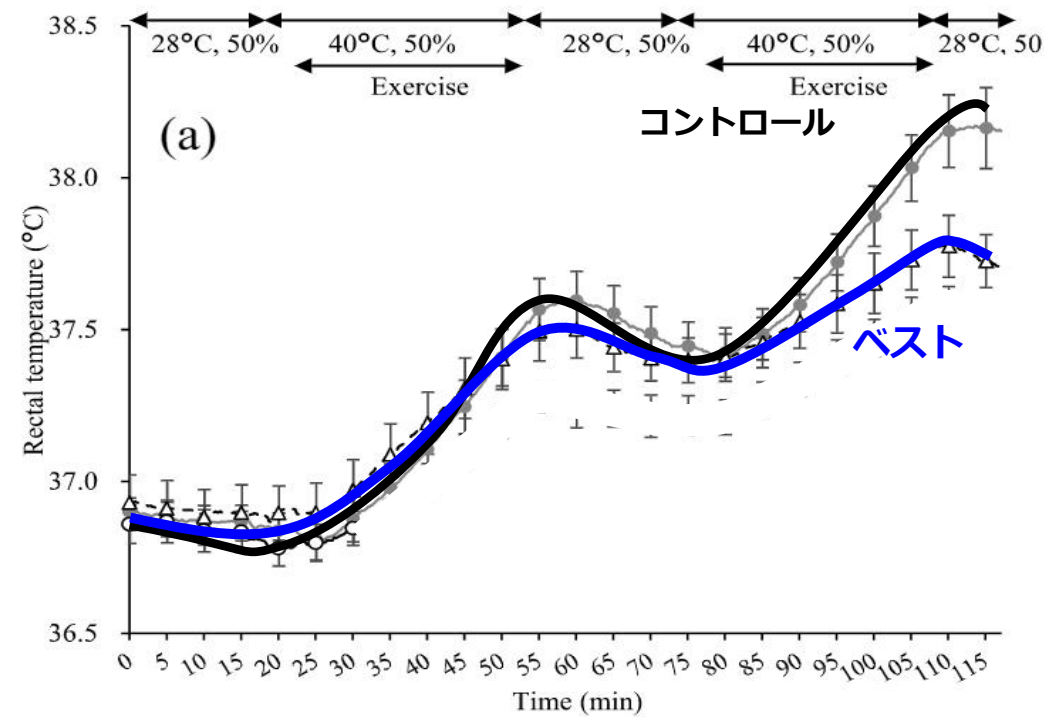
据置型・水循環ベスト

(鎌倉製作所)



Coolant
(AC power)

深部体温 (°C)



(Hashimoto et al., *J Occup Health*, 2021)



携帯型・水循環ベスト

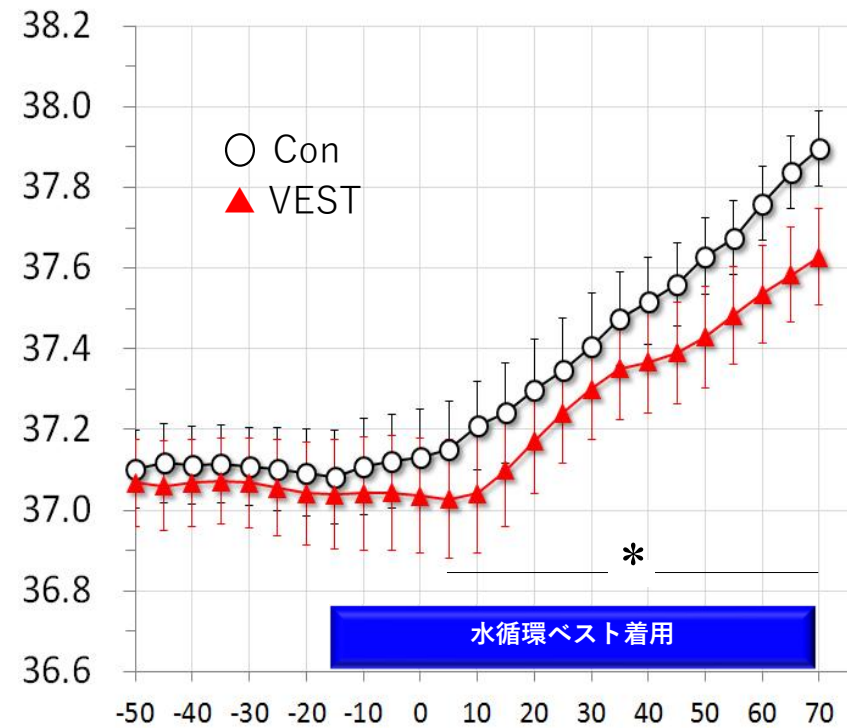


Iced water
(Mobile battery)



(帝国繊維)

深部体温 (°C)

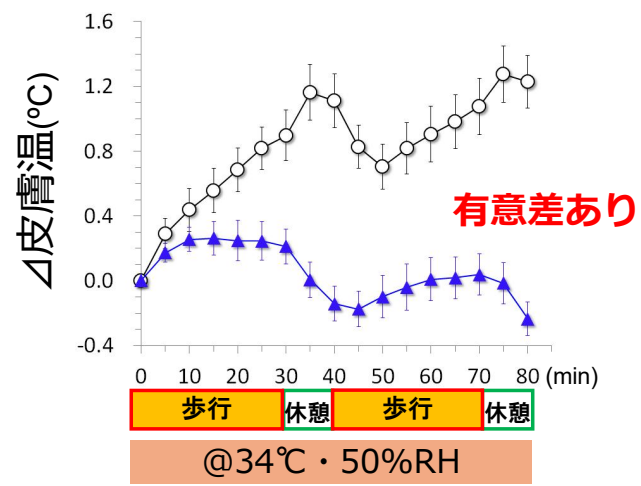
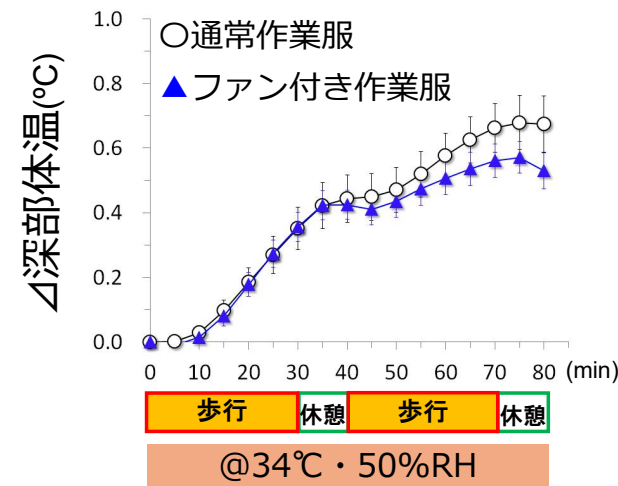


(Tokizawa et al., *Ind Health*, 2020)

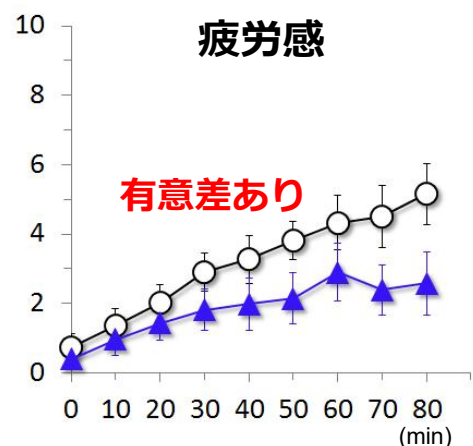
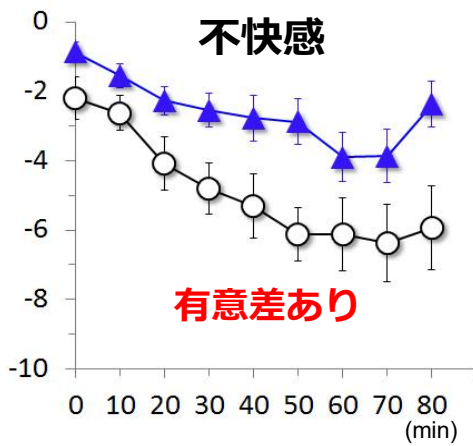
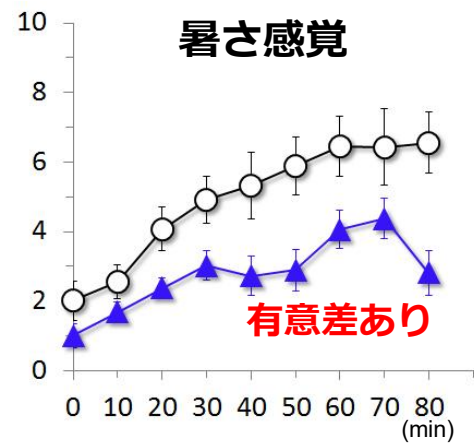
作業中のクーリングに関する研究



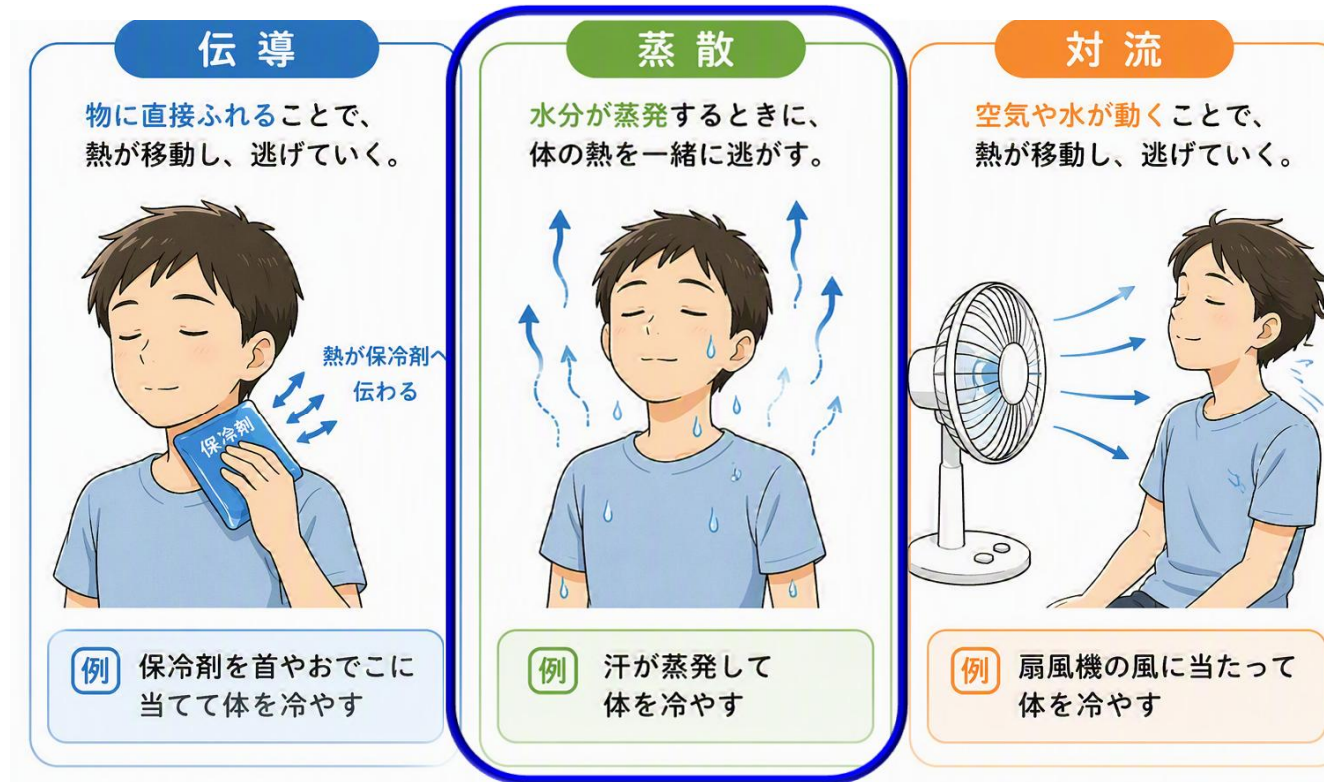
電動ファン付き作業服



(時澤、労働安全衛生研究、2017)



まだ使われていない方法は？

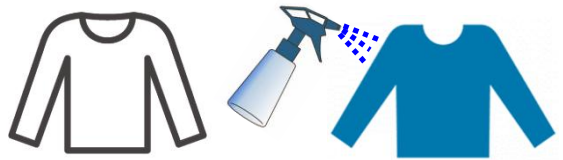


汗だけで十分？ もっと**蒸散**(気化熱)を促すには？

作業中のクーリングに関する研究



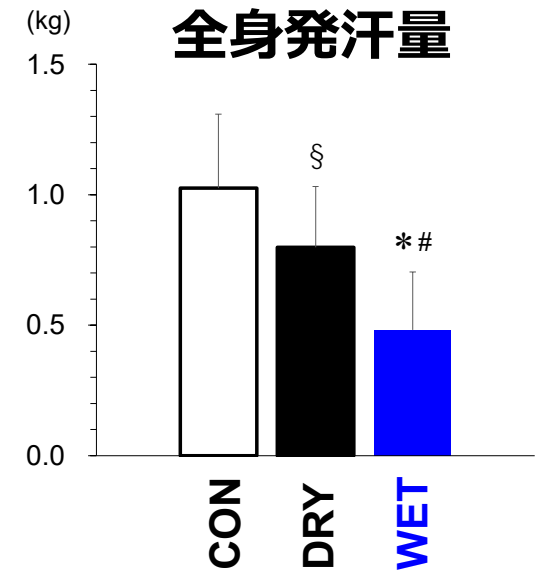
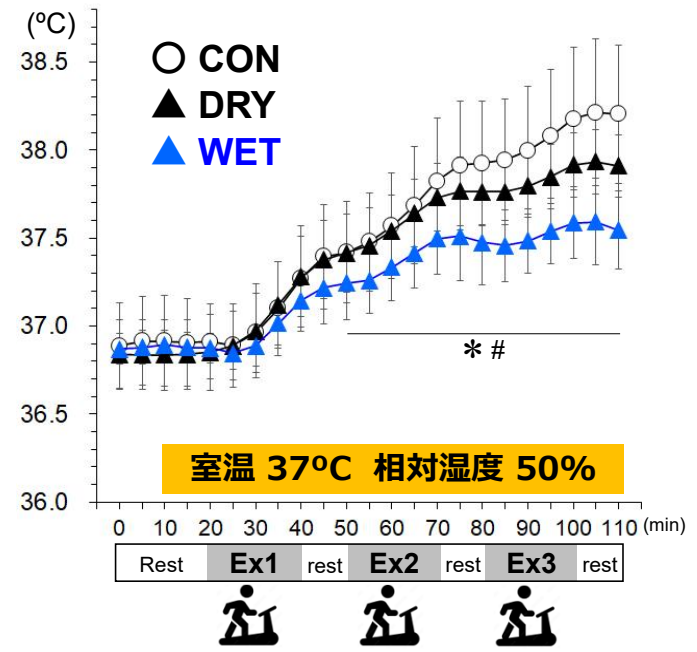
汗の代わりにインナーを水で湿らせる



CON : ファンなし DRYインナー

350mL WETインナー

深部体温

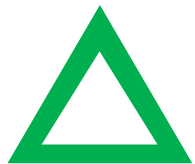


(Tokizawa, Front Physiol, 2023)

- ✓ 身体を冷やす仕組み、体温調節と高体温のリスク
- ✓ 労働現場（防護服）のプレクーリングに関する研究
- ✓ 作業中のクーリングに関する研究
- 現場での実用的なクーリングの方法



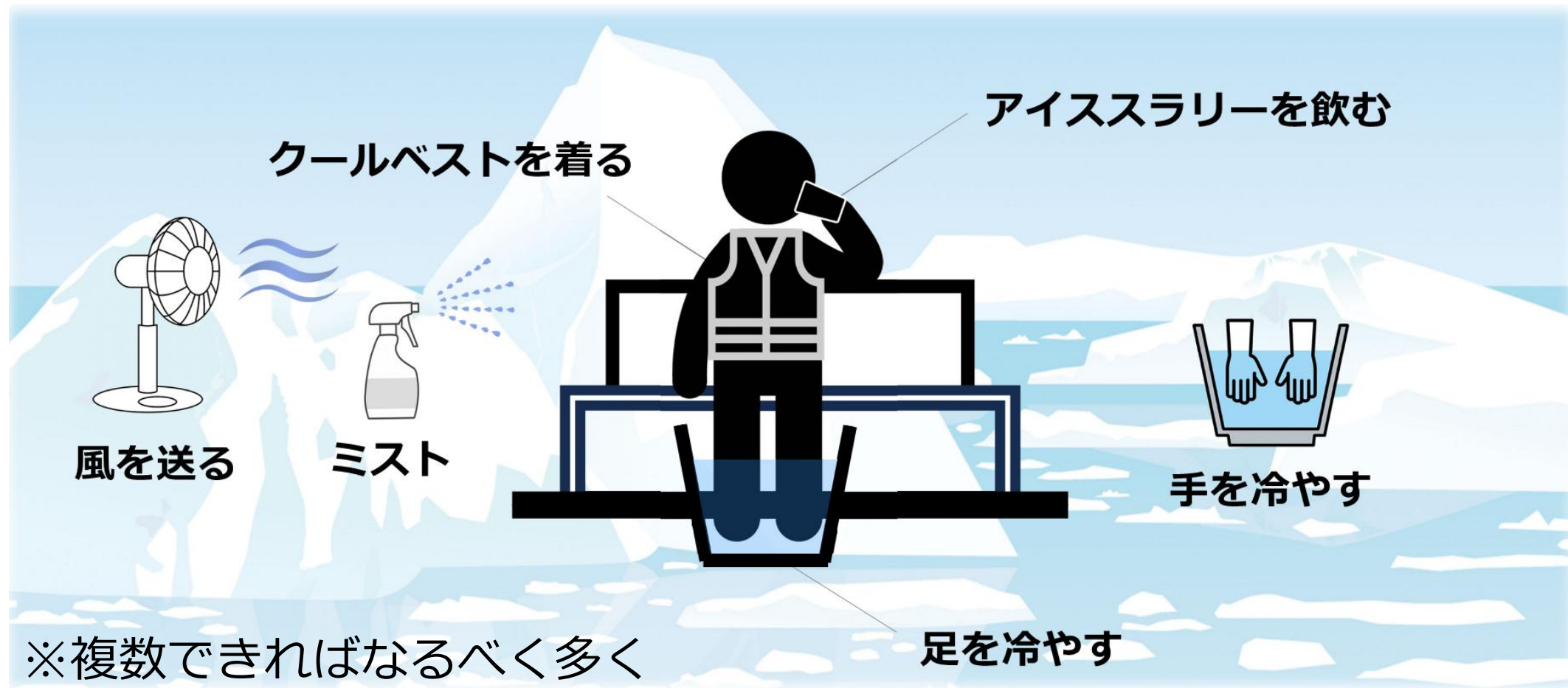
冷房の効いた車内にいるだけで身体冷却になる？



暑い場所にいるよりは良いものの
積極的な身体冷却を

現場での実用的なクーリングの方法

積極的な身体冷却



働く人の今すぐ使える熱中症ガイド (<https://neccyusho.mhlw.go.jp/download/>)

現場での実用的なクーリングの方法

➡ クールベスト

保冷剤や冷たい水で直接身体を冷やし、体温上昇を抑制



保冷剤式

保冷剤が内包されている
背部・胸部等の皮膚温を下げる



冷水循環式

冷水システムを利用



- 保冷剤と身体との接触面積が広いほど効果あり
- 保冷剤の温度が低いほど効果あり
- 冷却効果の持続時間と業務時間にあわせて、保冷剤の個数を決定

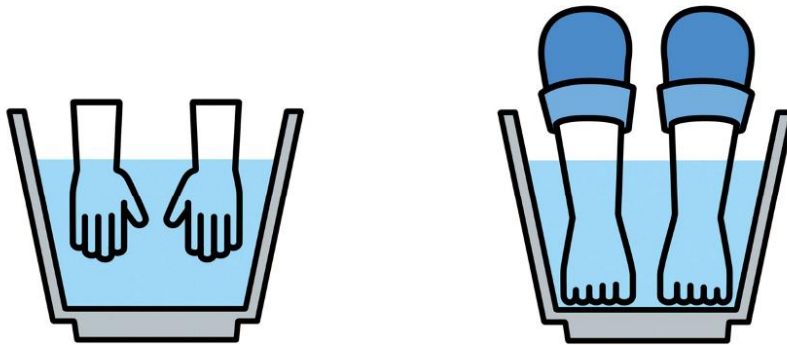


- 衣服への影響が小さい
- 着脱が簡単
- × 保冷剤用にクーラーボックスが必要

現場での実用的なクーリングの方法

➡ 手足の冷却

手や足を冷却すると、冷やされた血液が身体の内部を巡り、身体が冷却される



- 10～15℃の温度が効果的
- 冷却時間は10分程度
- 仕事合間の小休憩で実施



温度が低すぎると
血管が収縮するため逆効果

- 水道水だけでよい
- 部分的で冷やし易い

- × 水の扱いが煩雑
- × 衣服への配慮が必要

現場での実用的なクーリングの方法

➡ 手足の浸水 + 送風スプレー

仕事前に、手足の浸水、送風スプレーを同時に行うことで
身体の内部の温度上昇を抑え、脱水状態を軽減することができる



- 身体内部の温度上昇を半減
- 脱水を大きく軽減
- 少なくとも15分程度行う

研究データは、こちら

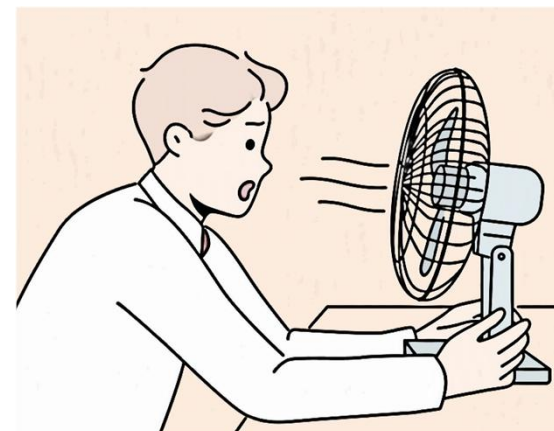


働く人の今すぐ使える熱中症ガイド (<https://neccyusho.mhlw.go.jp/download/>)

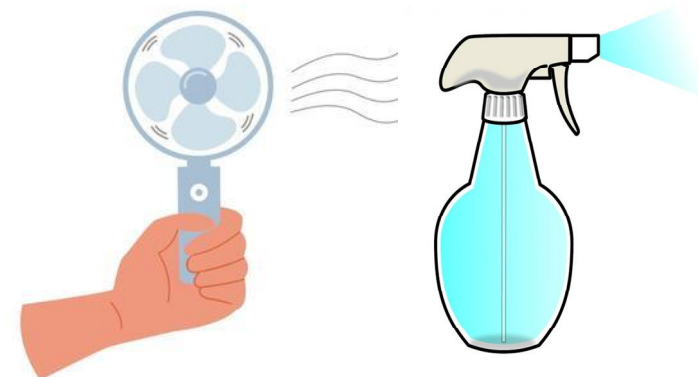
✓ 風の当たる皮膚の面積をなるべく広く

✓ ミストは皮膚に当てる (空気に残ると湿度↑)

風とミストのセットで
皮膚が露出している部分に



× 顔を濡らせない場合



現場での実用的なクーリングの方法

➡ アイスラリー

アイスラリーとは、微細な氷と液体が混じり合った流動性のある氷状態の飲料
氷の結晶が小さいので飲みやすく、水よりも冷却能力がある



特 長

- 液体よりもゆっくりと冷たさが身体に浸透する
- 水分だけでなく、塩分や栄養素も補給

目安量

1回に100g程度を複数回（休憩時間毎に）



一度に大量に飲むと胃に負担をかけるため
少しずつ数回に分けて飲む

参 考

- 冷たい飲み物は、約 4℃
- アイスラリーは、約-1℃



現場での実用的なクーリングの方法

打ち水インナー（インナーの浸潤と電動ファン付き作業服のセット）



① インナーを濡らす



② 濡らしたインナーを着る



ポイント

- ✓ 気化熱＋ファンの風でダブルの冷却効果！
- ✓ 熱中症対策に効果的！
- ✓ 作業中の快適さが大きくアップ！

③ ファン付き作業服を着用



● スタッフ向け

× 電動ファンの音

まとめ、注意点

- **深部体温の上昇**がリスク検知となるため、休憩中に体温測定を
まめに行う
- 冷房の効いた車内や日陰に移動することも重要であるが、可能
な方法で、**積極的なクーリング**を繰り返す
- **60歳以上の高齢者**には特に配慮を
- **子供**は「熱しやすく冷めやすい」うえに、体温調節が未発達で
あるため配慮が必要
- **基礎疾患がある人、障害者や肥満者**も「熱中症弱者」であるた
め要配慮