

暑熱環境下の現場労働者の生体反応解明と ウェアラブルエアコンの暑さ対策と省エネ効果の検証

2025年3月12日

株式会社富士通ゼネラル

Life Conditioner開発部 ウェアラブル事業グループ

佐藤 龍之介



Life conditioner開発部 ウェアラブル事業グループ 開発・商品企画 佐藤龍之介



・空気清浄ユニット
・加熱除菌



プロトタイプ



第1世代



第2世代



第3世代



次世代

- | | |
|-------------|-----------------------------------|
| 2015 | FGL入社 商品開発部 内部衛生機能担当 |
| 2017 | BIG※創立 ウェアラブルIAコンを提案 |
| 2018 | CEATEC Japan ウェアラブルIAコンプロトタイプ° 出展 |
| 2020 | ウェアラブル事業部創立 / ウェアラブルIAコン第1世代 |
| 2021 | ウェアラブルIAコン第2世代 / 青山学院大学と共同研究 |
| 2022 | 川崎市公募型共同研究事業「熱中症と省エネテーマ」 |
| 2023 | ウェアラブルIAコン第3世代 |
| 2024 | ウェアラブルIAコン次世代 開発 |

※BIG : Being Innovative Groupの略 社長直属の新規事業の専任組織

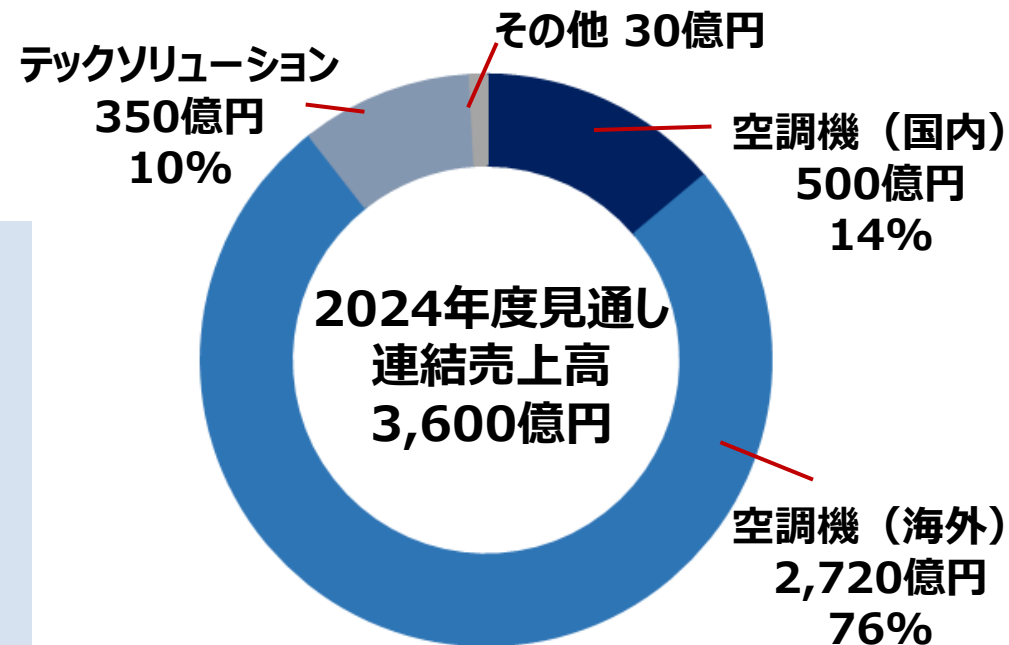
主力事業 空調機器の製造・販売

nocria
ノクリア

販売国
100カ国以上

従業員数（グループ）
8,765人

連結売上高(2024年度見通し)
3,600億円
海外 2,730億円(76%)
国内 870億円(24%)





Creating a Life Conditioner

私たちが支え、守り続けて行くのは
大切な人や家族の快適。

そして、今や災害とも言える猛暑や寒波からの健康と
街や地域を支えるサステナブルでウェルビーイングな暮らしです。

未来の子供たちの笑顔や地球環境という
“ **全てのLIFE** ” を守り続けたい。

私たちは **Air** Conditioner を作ることから
Life Conditioner を創造していきます。

2022年

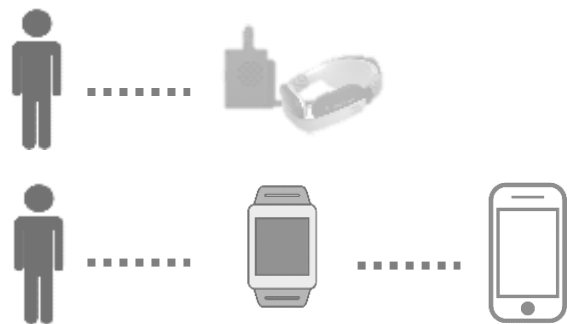
基礎実験

熱中症研究

- ・労働環境調査と改善提案
- ・生体情報から熱中症リスク推定

省エネ研究

- ・省エネモードを開発



2023年

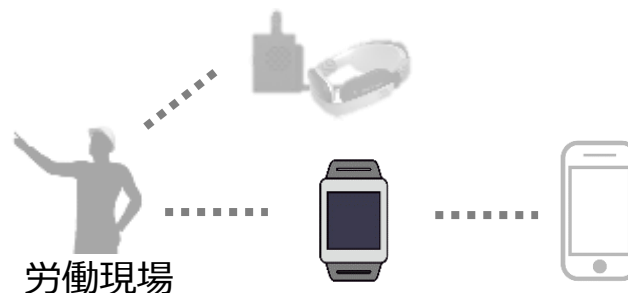
本実験

熱中症研究

- ・労働環境調査（継続）
 - ・生体情報から熱中症リスク推定
- ウェアラブルエアコンの有効性検証

省エネ研究

- ・省エネ実験と脱炭素効果算出

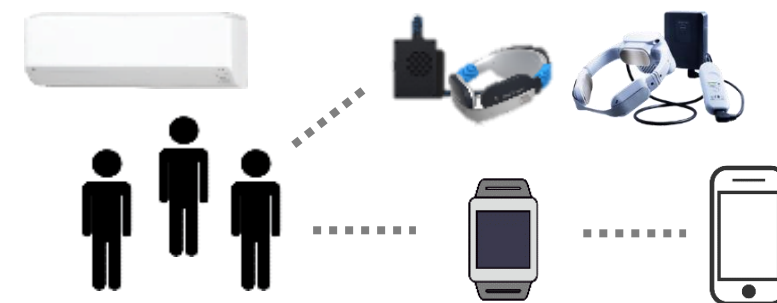


2024年

本実験拡大

熱中症・省エネ研究

- ・実験領域や手段を拡大して効果検証
- 研究精度を向上させる



22年度の基礎実験、23年度の本実験の結果を踏まえ、
24年度はウェアラブルエアコンを活用した「本実験拡大」

猛暑環境下の現場労働者へ快適、安心、安全を届ける

空調機事業で培ったノウハウを新規事業化

2020年 ウェアラブル事業部発 身に着けるエアコン「ウェアラブルエアコン」



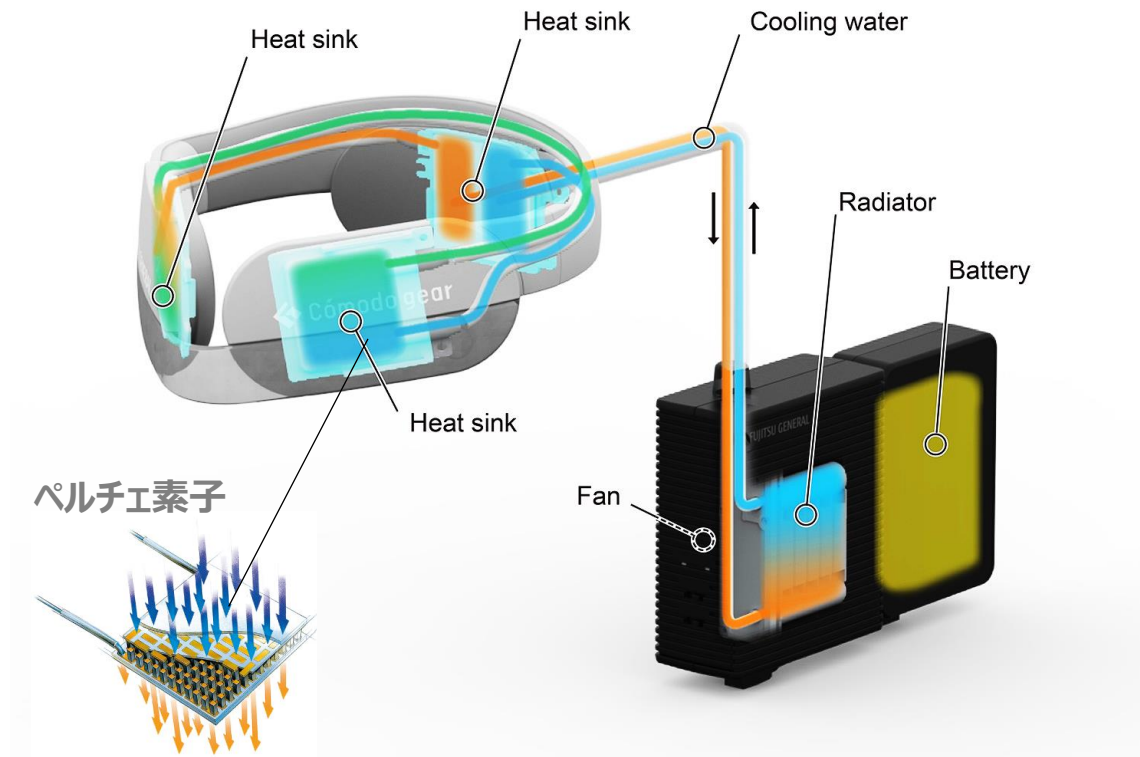
エアコンをコンパクトにして持ち運ぶ

※ウェアラブルエアコンは東大名誉教授 板生清先生の「ウェアコン®」技術をベースに当社が商品化しました。
※ウェアコン®は、WINヒューマン・レコーダー(株)の登録商標です。

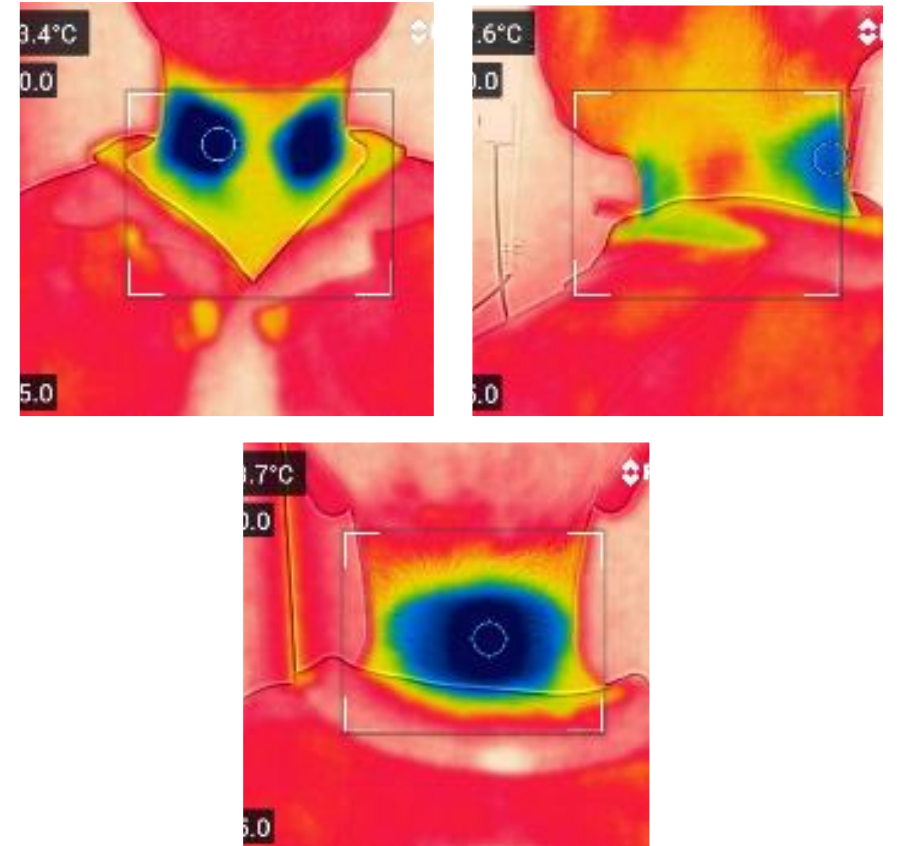


水冷式ペルチェ冷却技術

40℃環境を想定した**高い冷却力**



電気を流すと冷やしたり
暖めたりすることができる電子部品



頸動脈を狙って首周りを冷却

◆川崎市の環境課題

気候変動に対し、「緩和」と「適応」の対策が必要



出典：気候変動適応情報プラットフォーム

【緩和策】

・省エネルギー対策（脱炭素）

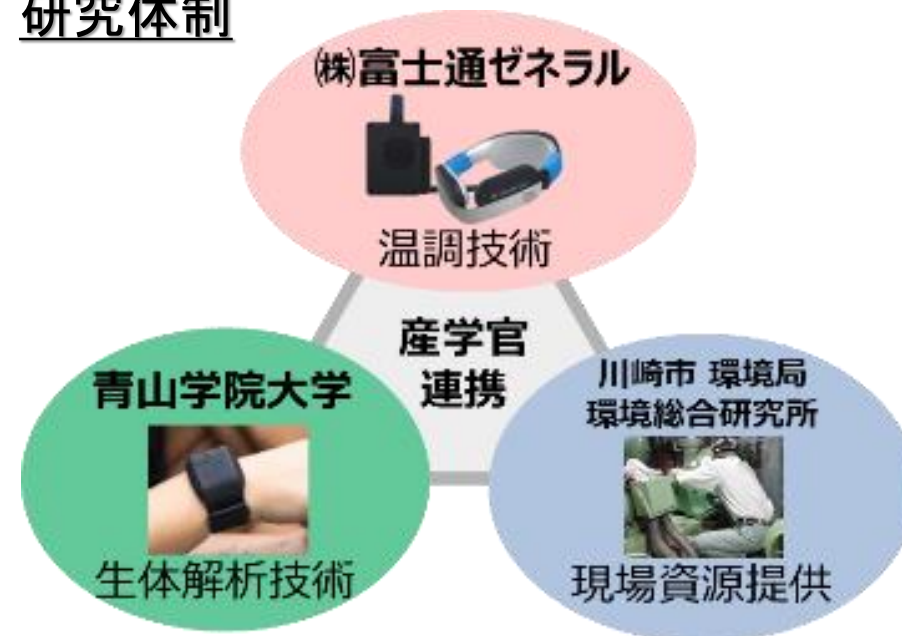
- ・再生可能エネルギーの導入高速化
- ・森林吸収源対策
- ・フロン類対策
- ・環境教育、環境学習

【適応策】

・熱中症予防

- ・農産物の高温障害対策
- ・豪雨災害対策
- ・高潮対策

研究体制



ウェアラブルエアコン活用による改善提案

①暑さ対策

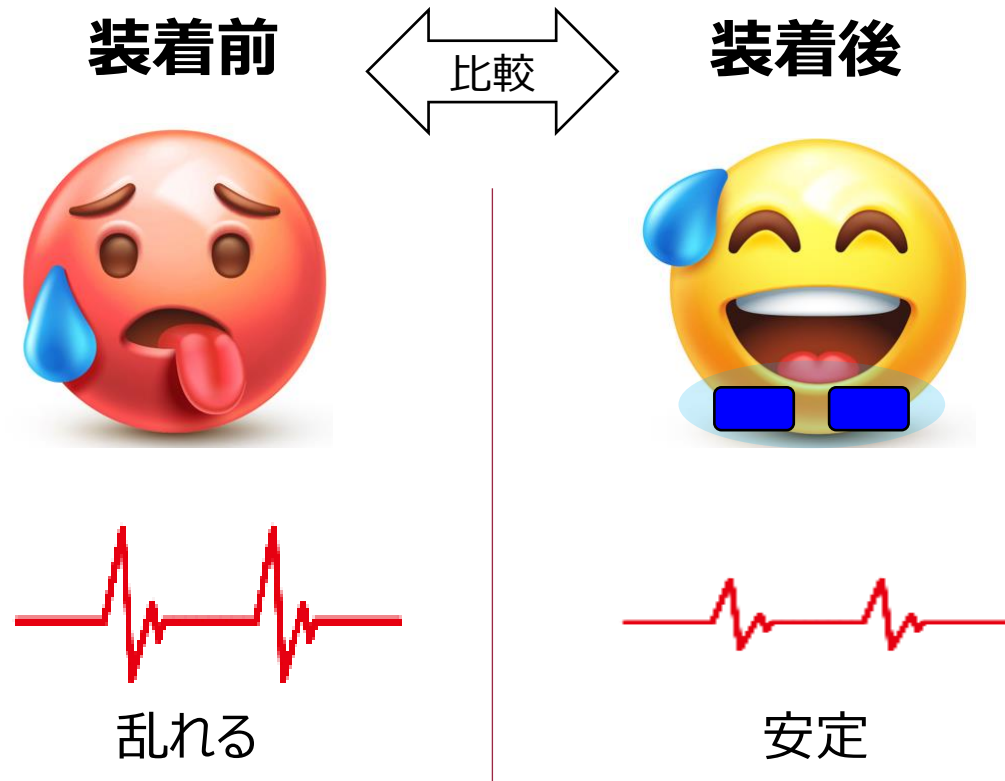
猛暑環境下での
労働者への負担軽減

②省エネ問題

空調温度の節電調整による
省エネ効果（脱炭素）

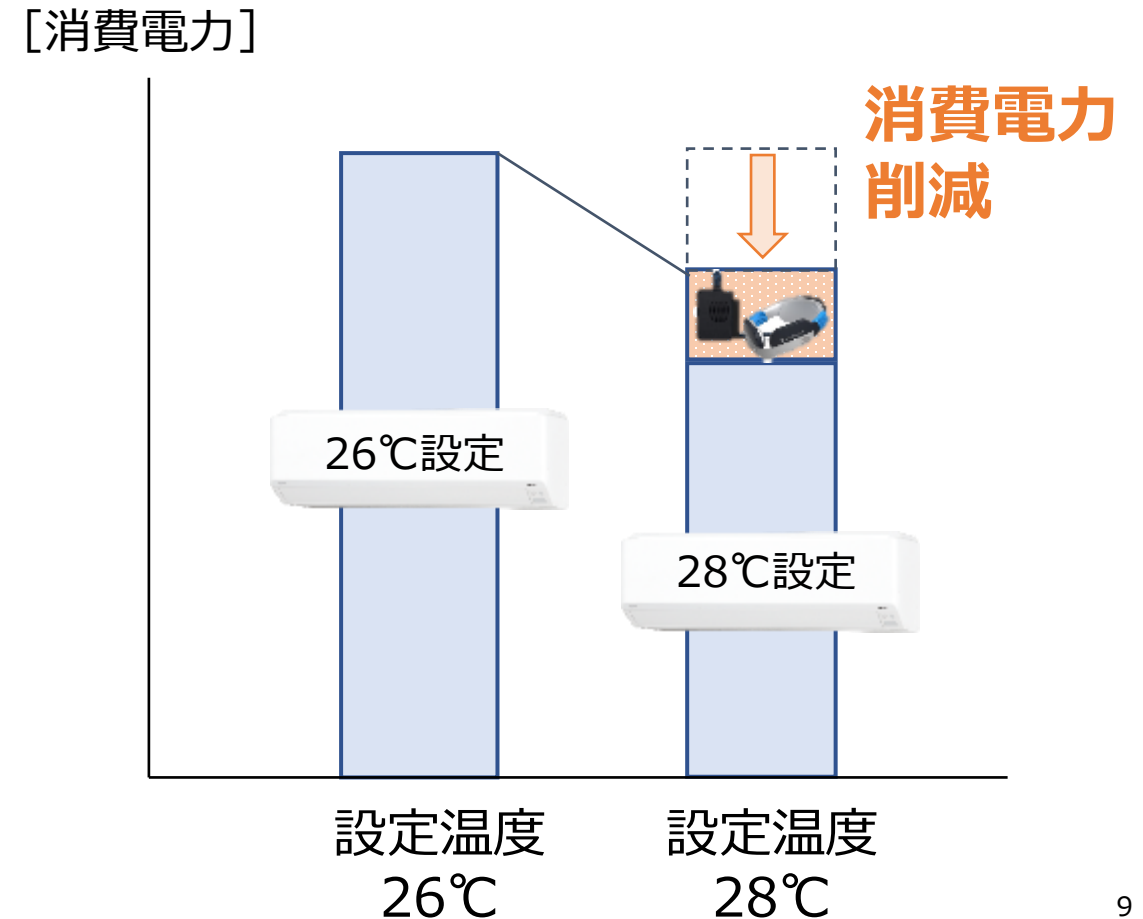
①暑さ対策

労働現場の暑さ対策の有効性



②省エネ問題

空調併用時の電力削減効果



研究テーマ：暑さ対策

1. 川崎市現場の暑さ対策における頸部冷却の有効性について
2. 川崎市イベントでのウェアラブルエアコンの活用とユーザー調査分析
3. 次世代ウェアラブルエアコンの開発

研究テーマ：省エネ対策

4. 空調とウェアラブルエアコン併用による冷暖房省エネ実験
5. ウェアラブルエアコン導入による脱炭素効果
6. 研究成果の情報発信
7. 今後の展望

研究テーマ：暑さ対策

- 1. 川崎市現場の暑さ対策における頸部冷却の有効性について**
2. 川崎市イベントでのウェアラブルエアコンの活用とユーザー調査分析
3. 次世代ウェアラブルエアコンの開発

研究テーマ：省エネ対策

4. 空調とウェアラブルエアコン併用による冷暖房省エネ実験
5. ウェアラブルエアコン導入による脱炭素効果
6. 研究成果の情報発信
7. 今後の展望

川崎市現場作業者の生体情報から体調を推定し、頸部冷却の有効性を確認した。

生体情報の取得

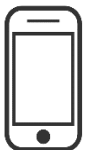
川崎市労働現場 7拠点 計56名

ゴミ処理施設、プラント工場、学校給食調理室 など

ウェアラブルエアコン



スマホ（データ蓄積）



川崎市現場

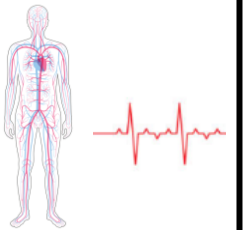
リストバンド型
バイタルセンサー



有効性の検証

01

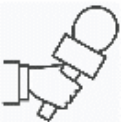
心拍数(変動)から
作業者の体調を推定



+

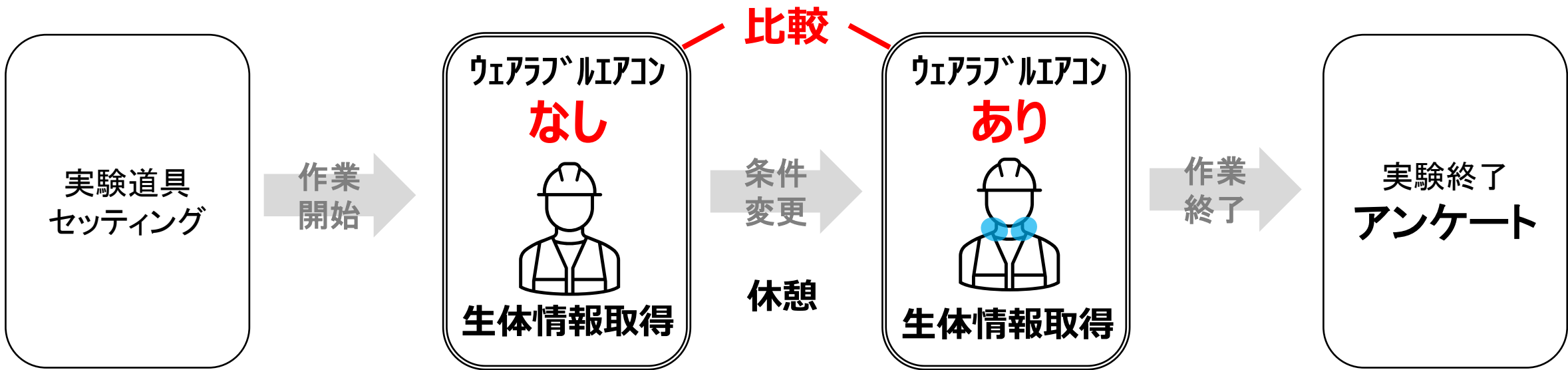
02

直接ヒアリングして
体感温度(主観)変化の確認



7段階の温熱感覚





体感温度(主観)の取得 ※約15分間隔

実験場所: 川崎市現場 実験No.: 記載不要

(名前: サトウ) (男性・女性) (屋内・屋外) (20代・30代・40代・50代・60代)

記録時間(目安)	記録時間	主観評価	作業条件	備考欄
11:00	11 : 1	1 2 3 4 5 6 7	作業中・中断中	
11:15	11 : 18	1 2 3 4 5 6 7	作業中・中断中	
11:30	11 : 35	1 2 3 4 5 6 7	作業中・中断中	
11:45	11 : 44	1 2 3 4 5 6 7	作業中・中断中	1A-4
12:00	11 : 59	1 2 3 4 5 6 7	作業中・中断中	

1

2

3

4

5

6

7

寒い

涼しい

快適

暖かい

暑い

本気に暑い

耐えられないほど暑い

溶接作業



屋外高温作業

メンテナンス



点検作業



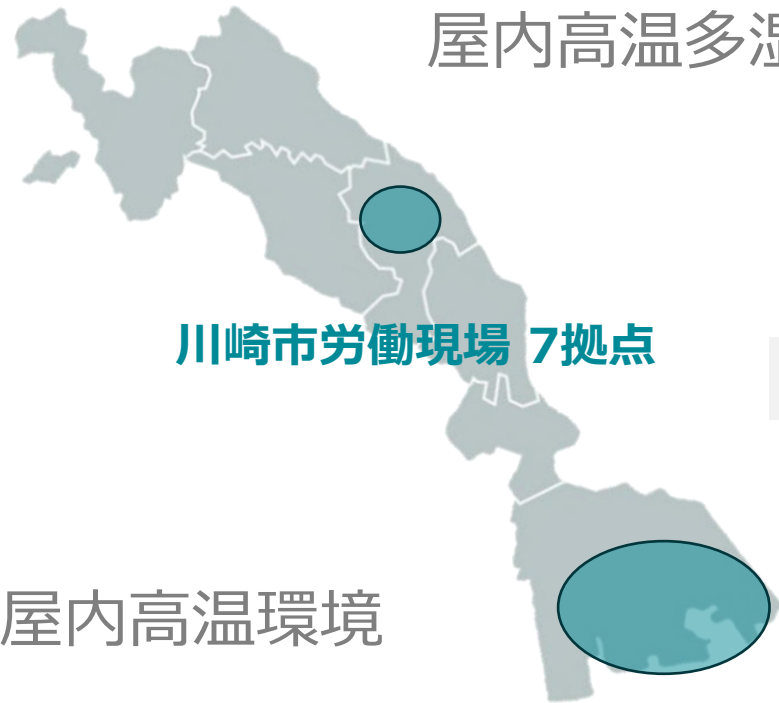
屋内高温環境

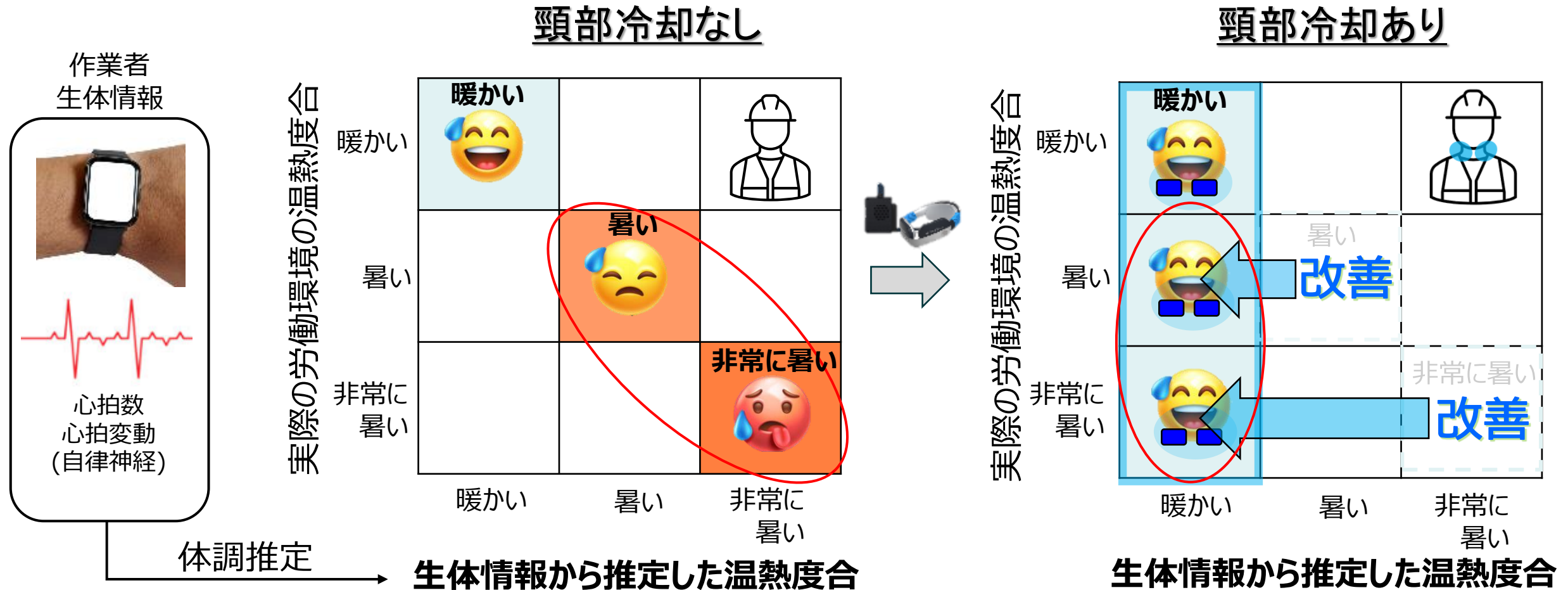
除草作業



屋外炎天下

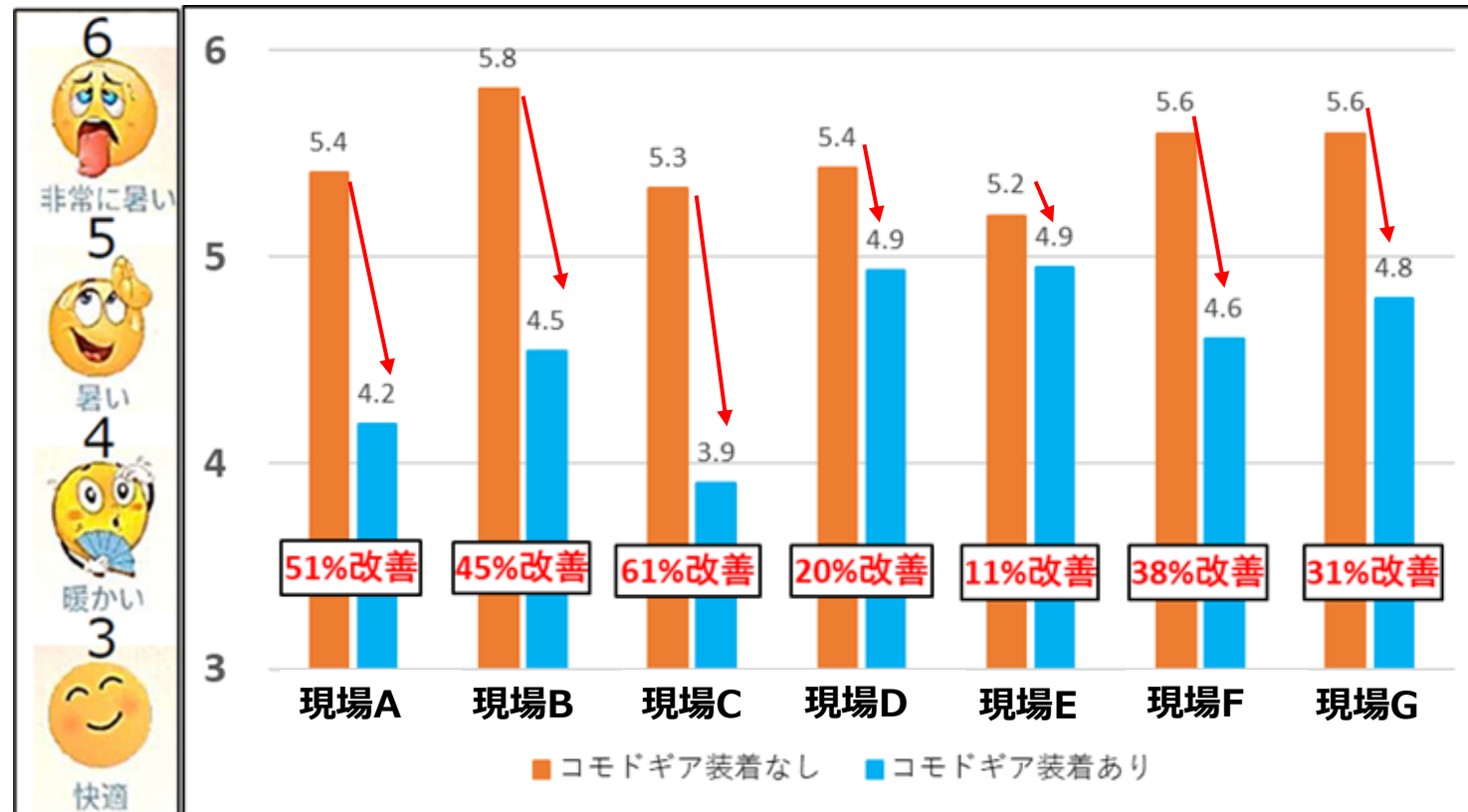
川崎市労働現場 7拠点





頸部冷却で生体反応は「非常に暑い状態」から「暖かい状態」の快適方向へ

各現場の体感温度平均値と改善率



頸部冷却により作業者の**体感温度（主観）が改善**された

▶ 頸部冷却の猛暑対策としての有効性を確認、労働環境改善へ期待

研究テーマ：暑さ対策

1. 川崎市現場の暑さ対策における頸部冷却の有効性について
- 2. 川崎市イベントでのウェアラブルエアコンの活用とユーザー調査分析**
3. 次世代ウェアラブルエアコンの開発

研究テーマ：省エネ対策

4. 空調とウェアラブルエアコン併用による冷暖房省エネ実験
5. ウェアラブルエアコン導入による脱炭素効果
6. 研究成果の情報発信
7. 今後の展望

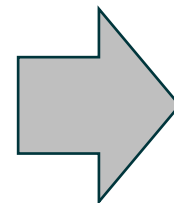
24年度は川崎市4拠点にてウェアラブルエアコンの現場テストを実施
現モデルの課題と要望を抽出し、新モデルの開発へフィードバック

現場テスト

全4拠点 46名

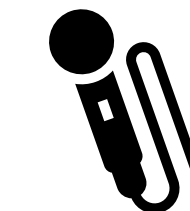
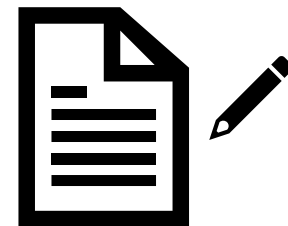


ヒアリング・アンケート



現場スタッフ・職員

アンケート



ヒアリング

アンケートは全13項目7段階の評価方法で点数をつけて実施

評価項目		指標 ネガティブ	非常に -3	かなり -2	やや -1	どちらでもない ±0	やや +1	かなり +2	非常に +3	指標 ポジティブ
冷却性	満足度	不満								満足
	有効性	有効性なし								有効性あり
	冷却性	熱い								冷たい
	快適性	気持ち悪い								気持ち良い
	頭スッキリ	ボーっとする								スッキリ
	体の感覚(だるさ)	重い								軽い
装着性	製品サイズ	大きい								コンパクト
	製品重さ	重い								軽い
	作業性	作業しにくい								作業しやすい
	首の装着性	息苦しい								心地よい
その他	安全性	危険								安全
	動作音	動きにくい								動きやすい
	デザイン	かっこ悪い								かっこいい

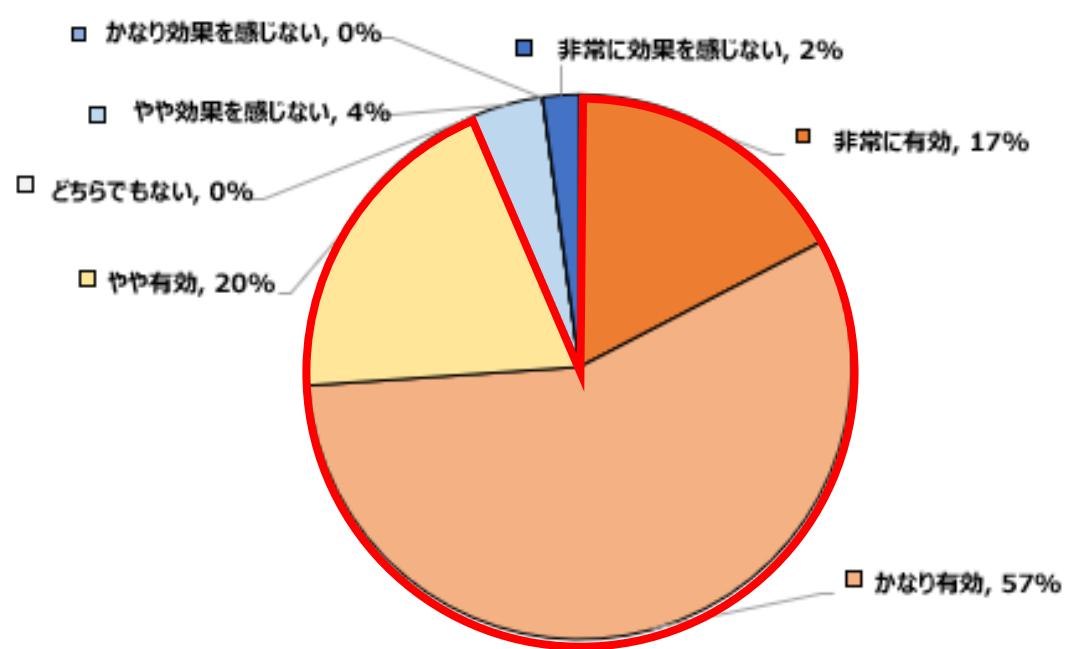


暑さ対策の有効性と快適性については高い評価

暑さ対策の有効性実感

93.5%

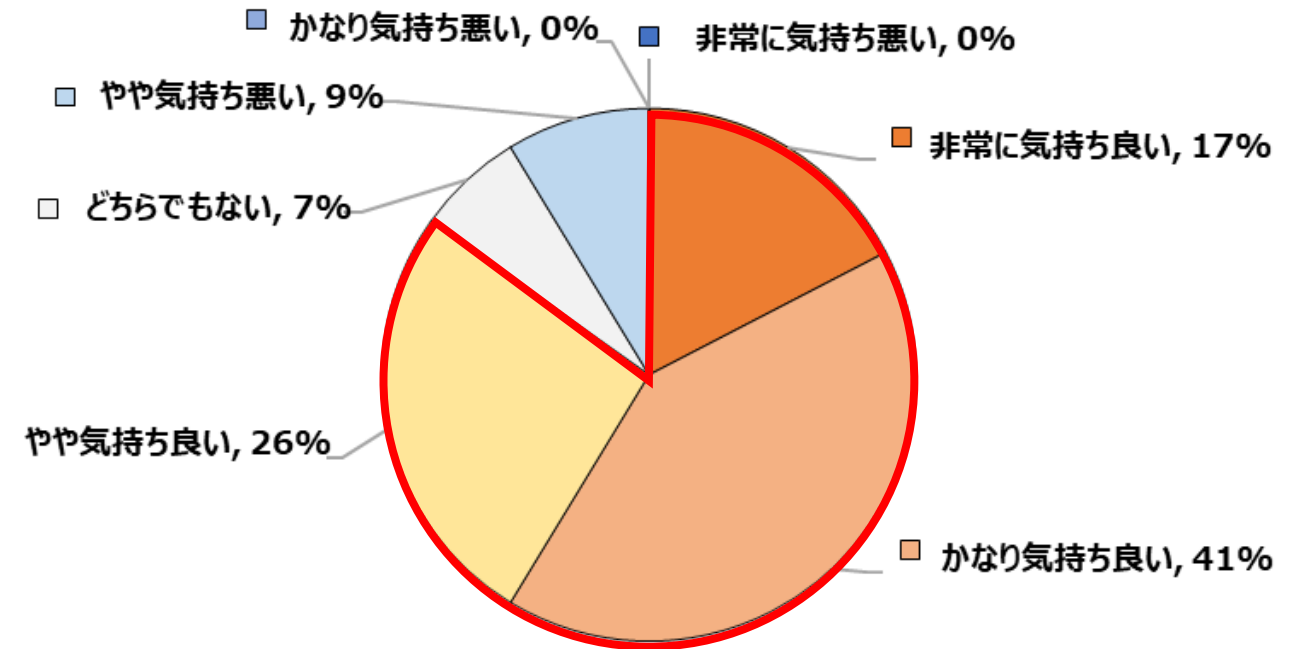
有効性を感じた



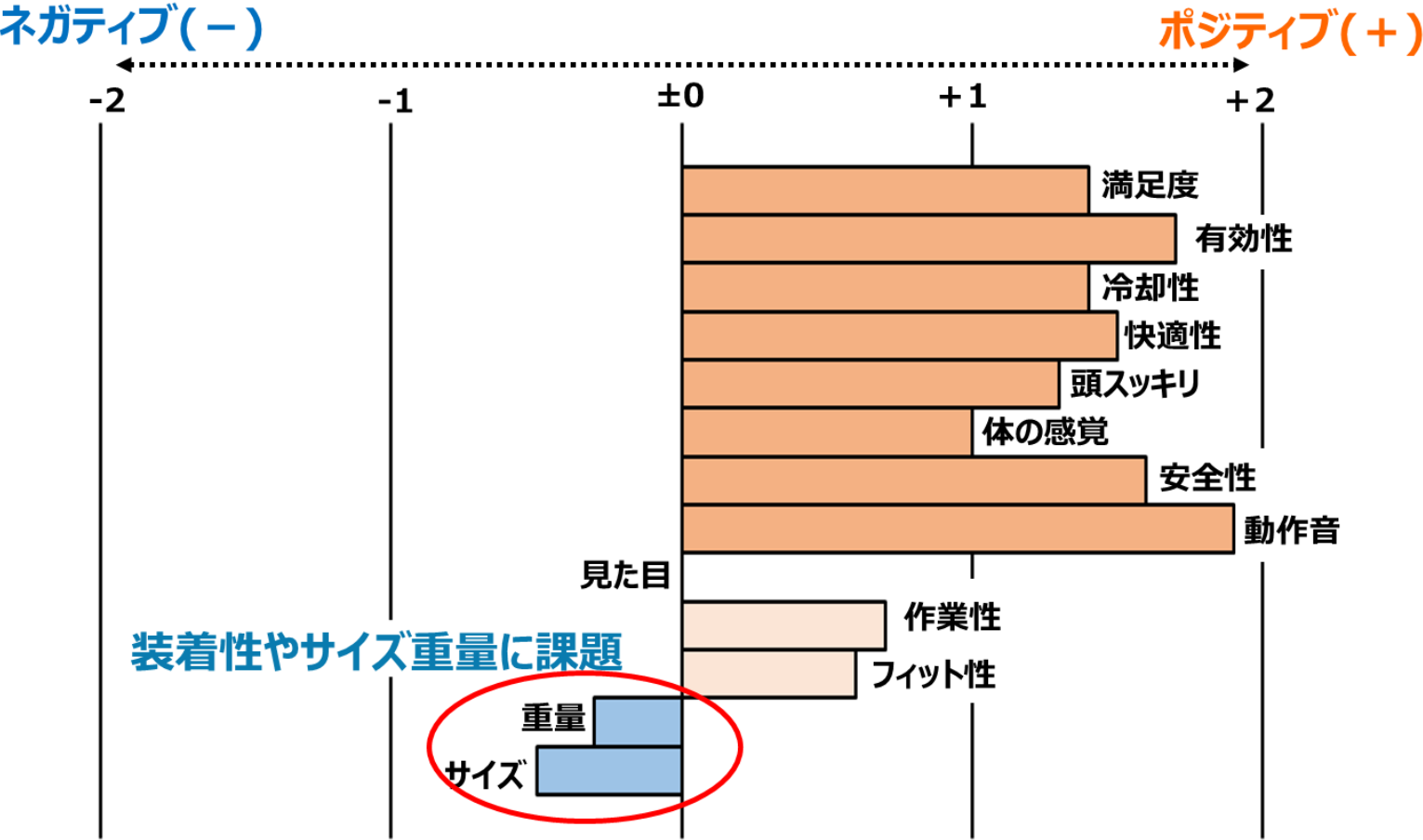
快適性の実感

84.8%

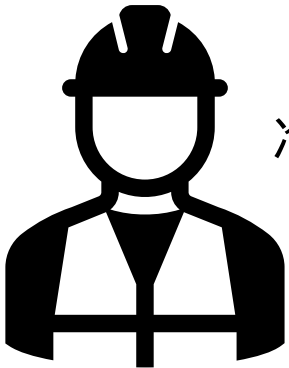
快適に作業できた



アンケート結果



川崎市現場



冷却性は十分満足！

- もっと手軽に使いたい
- チューブと腰部分をなくして欲しい
- 気持ちよさをもっと長く感じたい

アンケート結果から、装着性やサイズ重量に課題、**手軽さの要望**が高い

研究テーマ：暑さ対策

1. 川崎市現場の暑さ対策における頸部冷却の有効性について
2. 川崎市イベントでのウェアラブルエアコンの活用とユーザー調査分析

3. 次世代ウェアラブルエアコンの開発

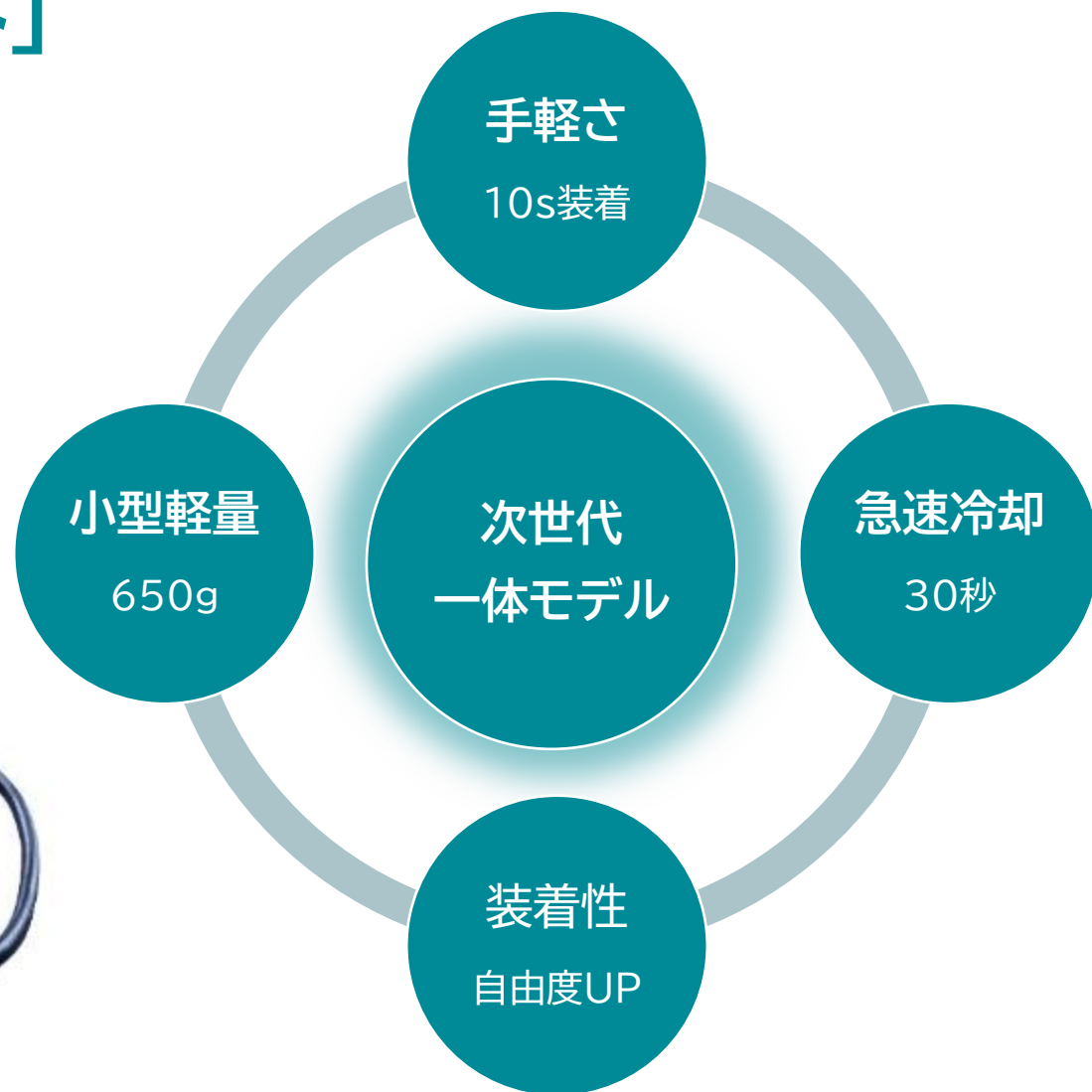
研究テーマ：省エネ対策

4. 空調とウェアラブルエアコン併用による冷暖房省エネ実験
5. ウェアラブルエアコン導入による脱炭素効果
6. 研究成果の情報発信
7. 今後の展望

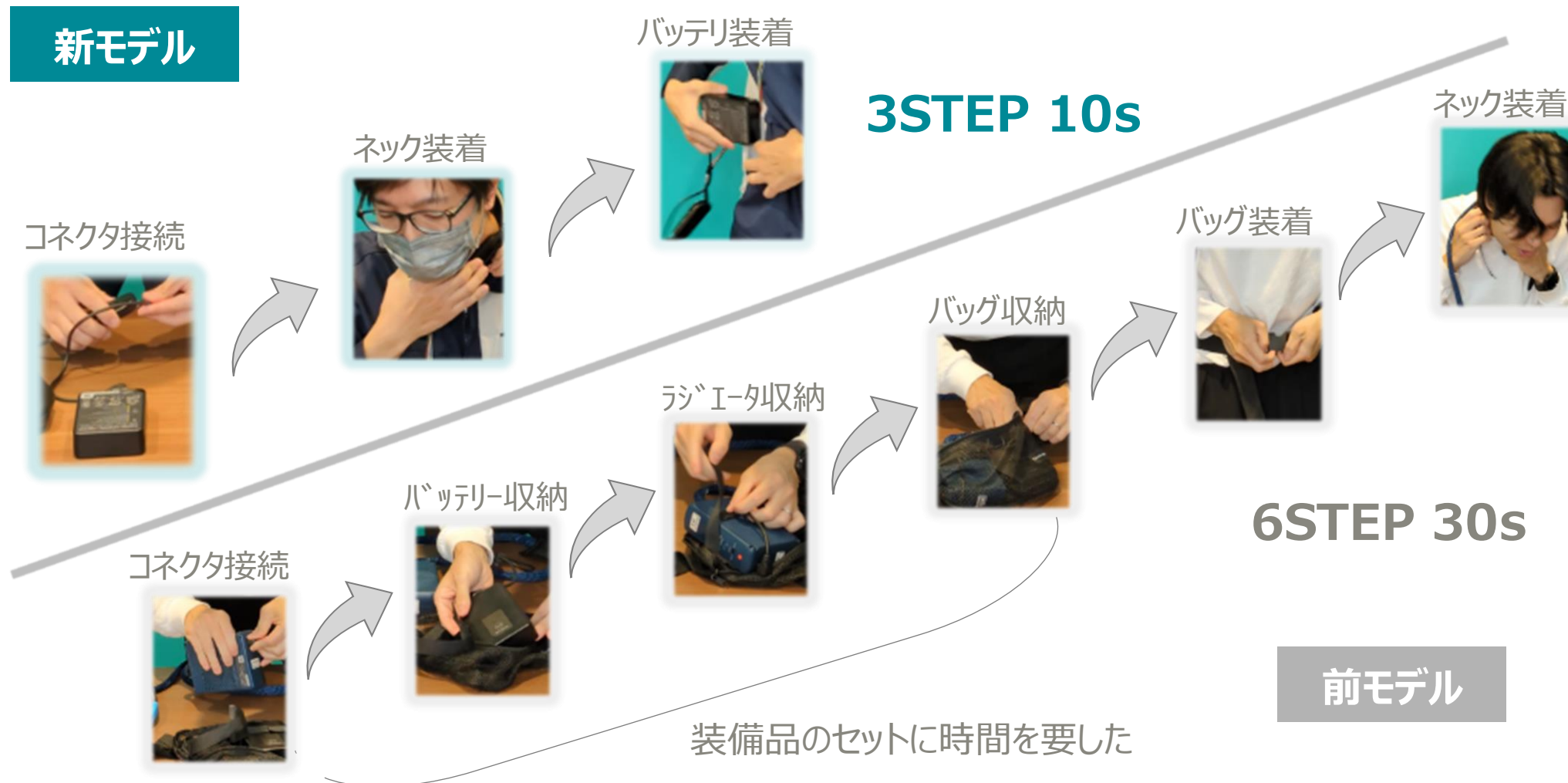
一体型のコンセプトは「**日常への溶け込み**」
長くずっと着けたいと思えるもの

ラジエータ(放熱部)

プレート(冷却部)

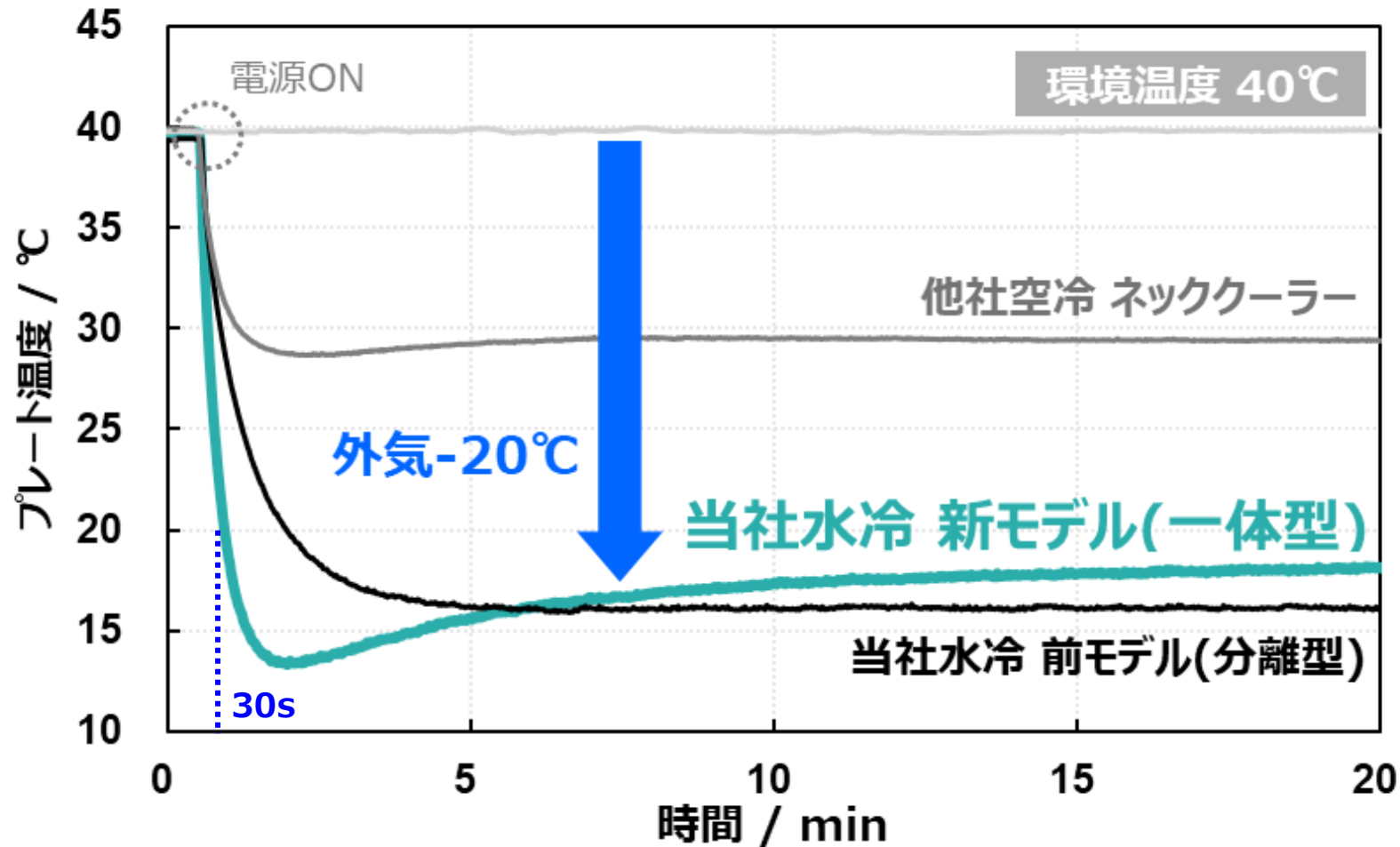


装着時間の大幅短縮 前モデル 30s → 新モデル 10s



新モデルは約**30秒**で**外気-20℃**、前モデルの約**3倍のスピード**冷却

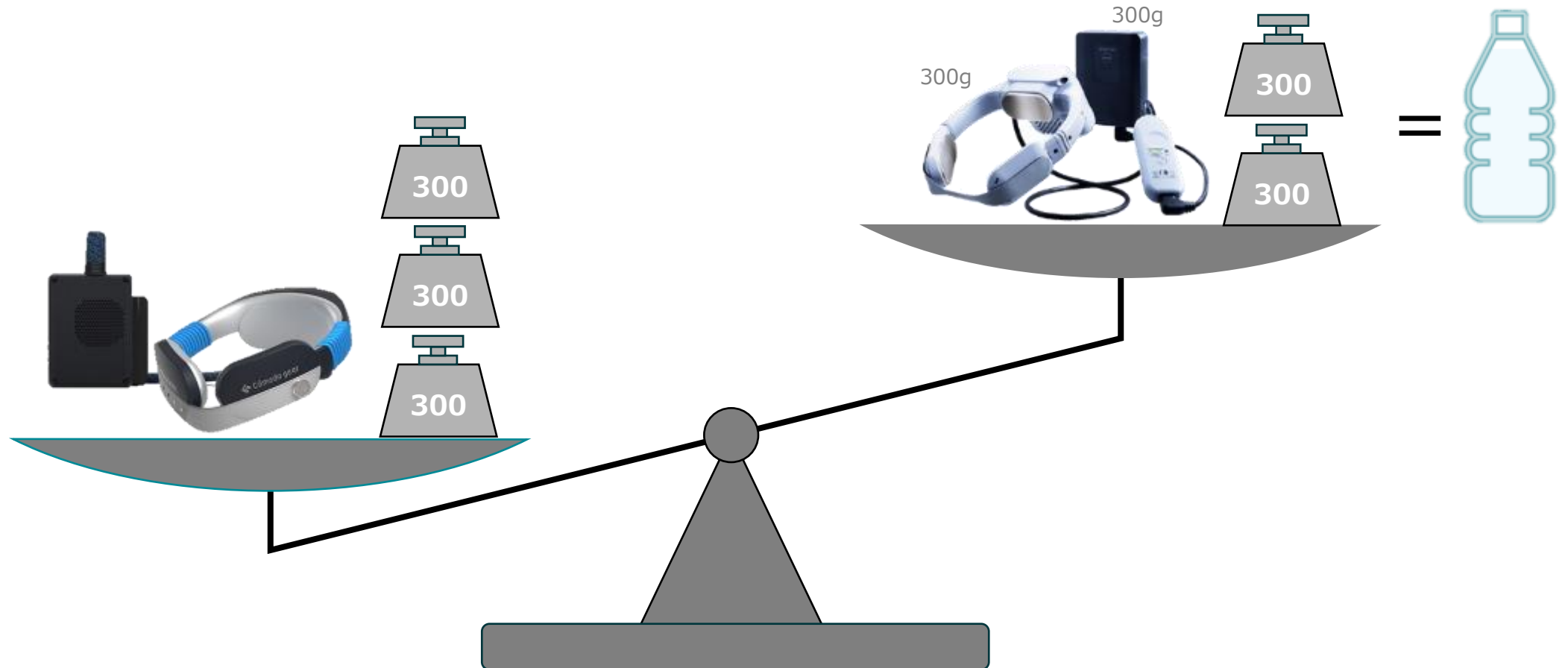
〈40℃環境における冷却性比較データ〉



※FGL恒温槽40℃環境におけるウェアラブルエアコンの冷却性能の評価結果

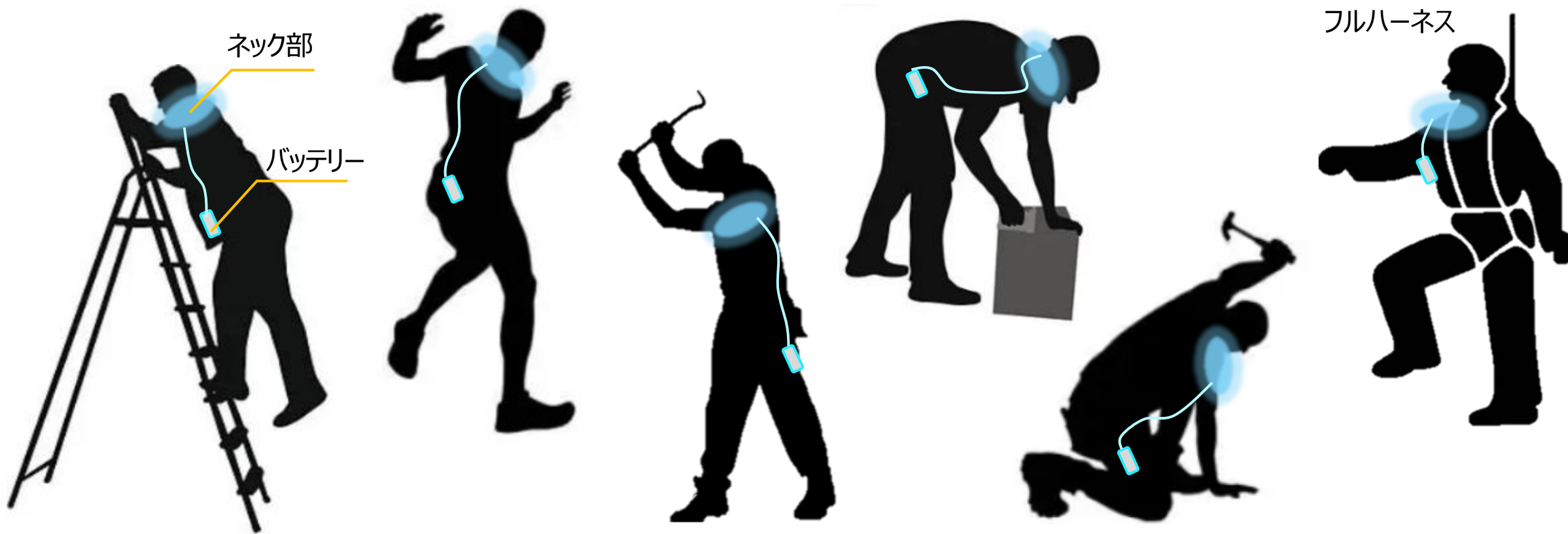
ネックとラジエータを一体化で**チューブレス構造**

装着重量 前モデル 915g → **新モデル 650g ▲30%負担削減**



ネック部を首につけて、バッテリーをしまっただけ

動きの多い作業者でも気にせず使えて、フルハーネスも併用可能



2025年夏、川崎市現場へ展開し、暑さ対策として引き続き貢献していきたい

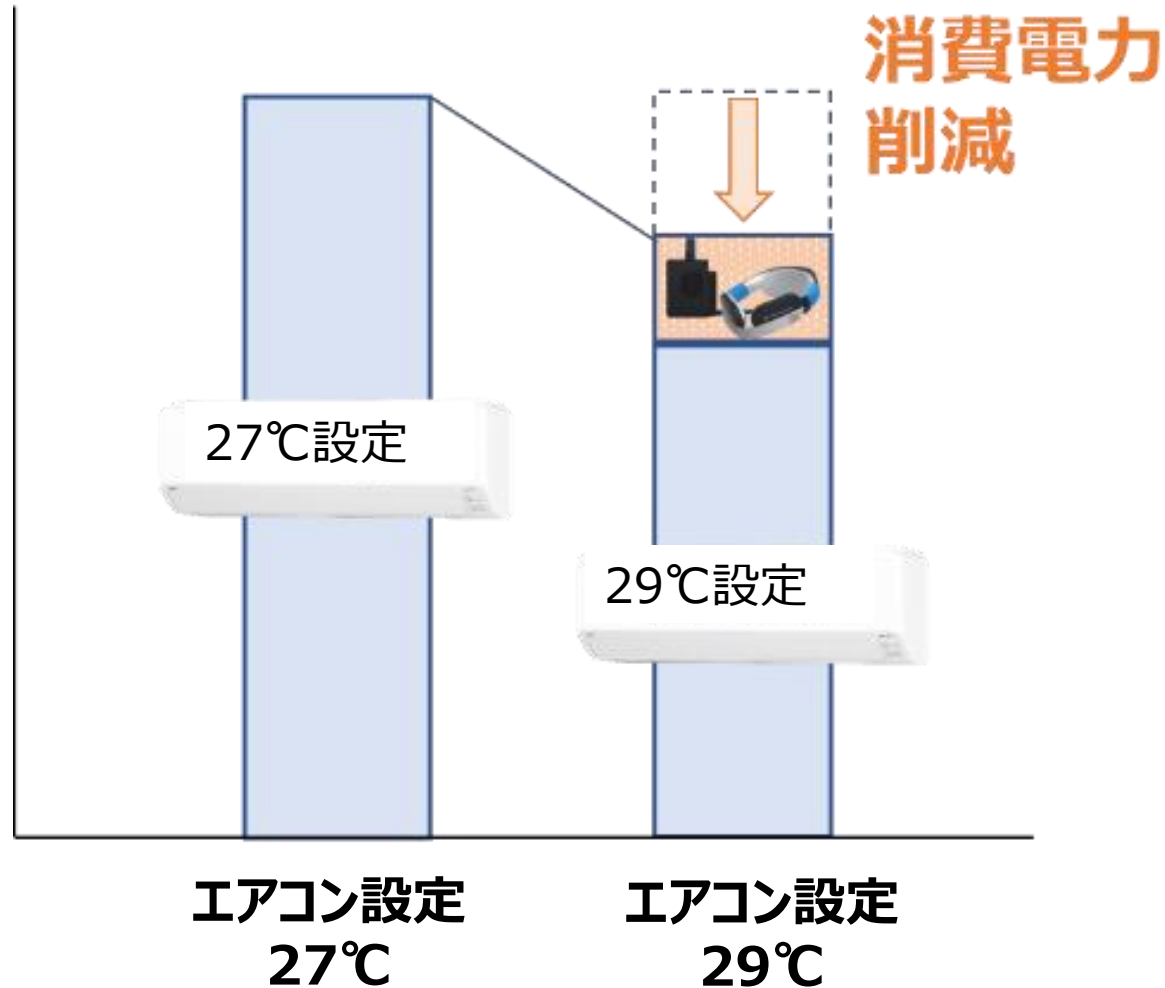
研究テーマ：暑さ対策

1. 川崎市現場の暑さ対策における頸部冷却の有効性について
2. 川崎市イベントでのウェアラブルエアコンの活用とユーザー調査分析
3. 次世代ウェアラブルエアコンの開発

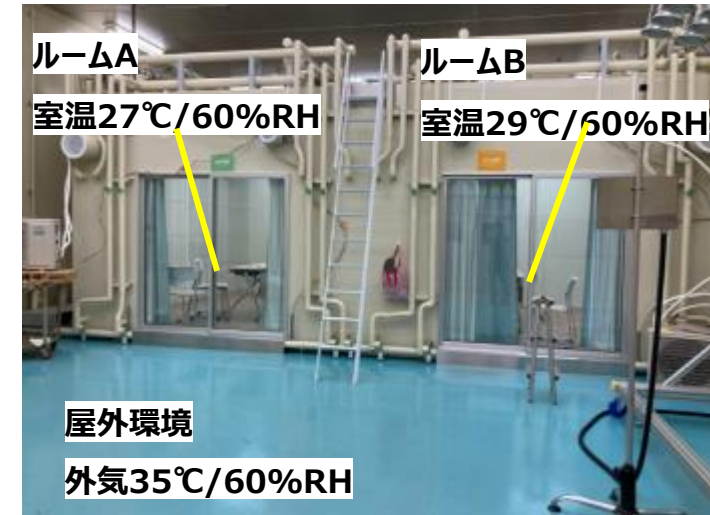
研究テーマ：省エネ対策

- 4. 空調とウェアラブルエアコン併用による冷暖房省エネ実験**
5. ウェアラブルエアコン導入による脱炭素効果
6. 研究成果の情報発信
7. 今後の展望

空調節電調整による 電力削減効果と快適性の検証実感



FGL環境試験室 AE-Lab.



生体センサー(胸部)



※実際は肌の上に直接装着



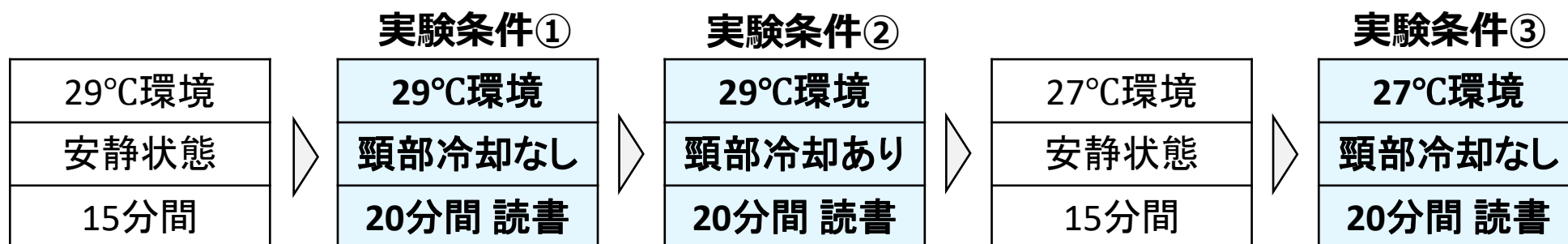
冷房節電調整時のウェアラブルエアコン併用による快適性と省エネ効果の検証

室温29℃→27℃ ▲2℃節電

約20-25℃で冷却

〈実験方法〉

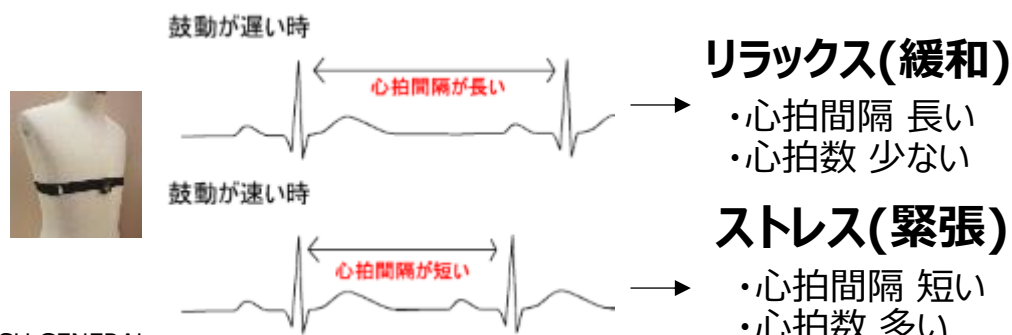
3つの実験条件での生体情報(心拍間隔、心拍数)と主観(温熱感覚)の変化を比較検証



※体を環境に慣らすため

〈評価方法〉

生体評価：胸部簡易心電計「Mybeat」使用

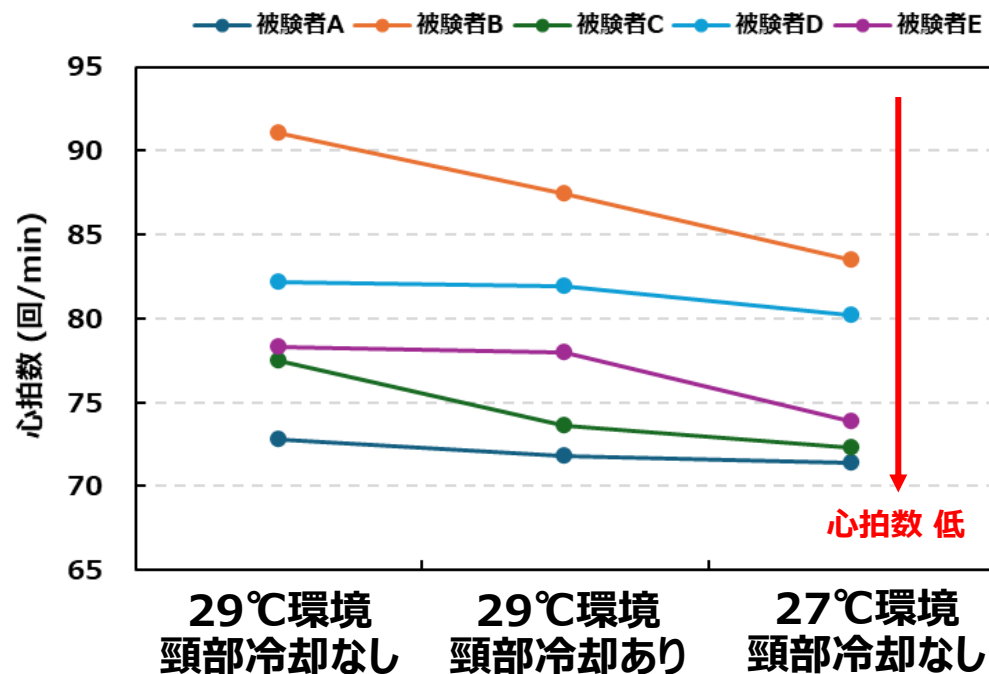


体感温度(主観)評価：アンケート形式

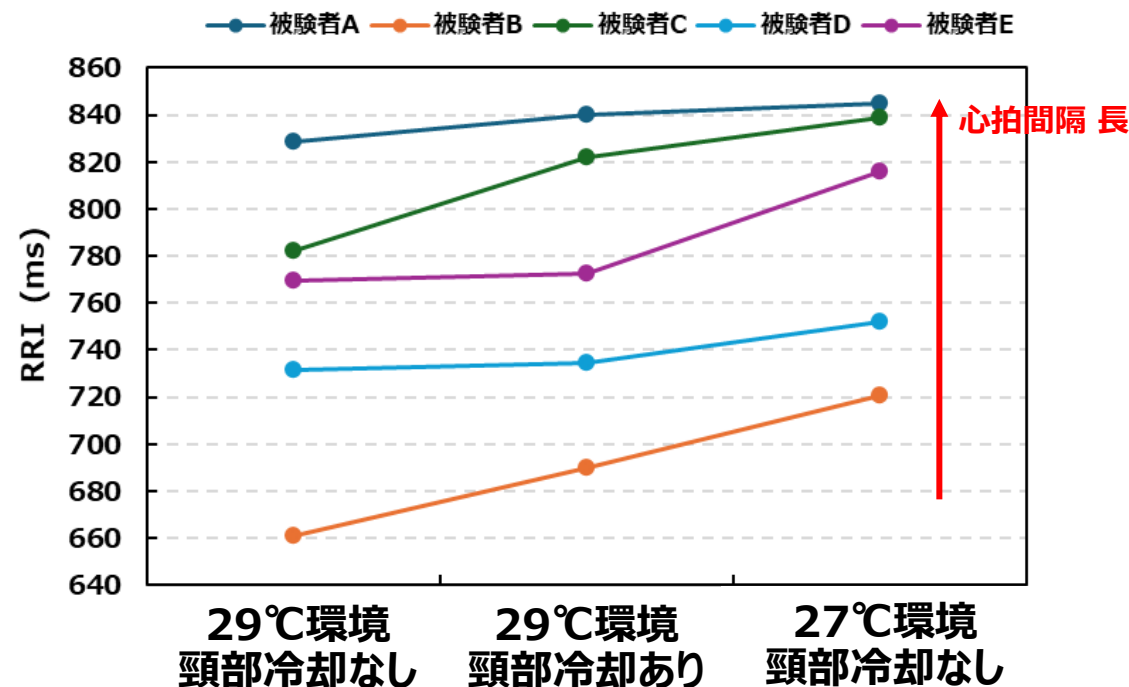


7段階の温熱感覚を5分間隔で紙に記録

心拍数の変化

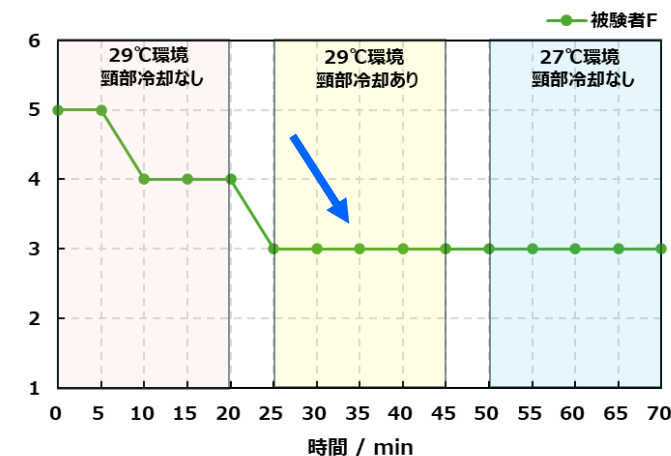
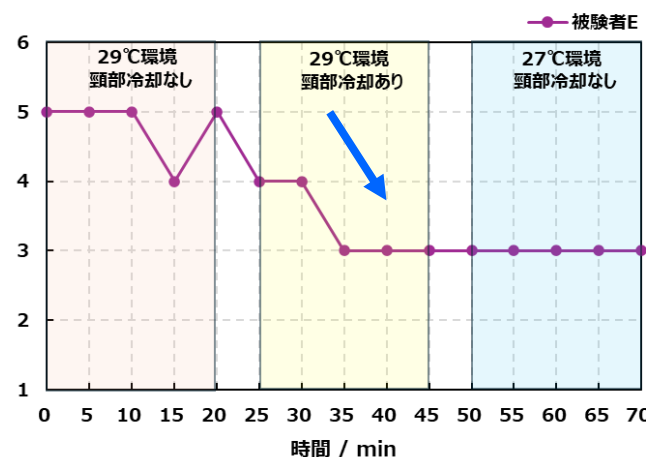
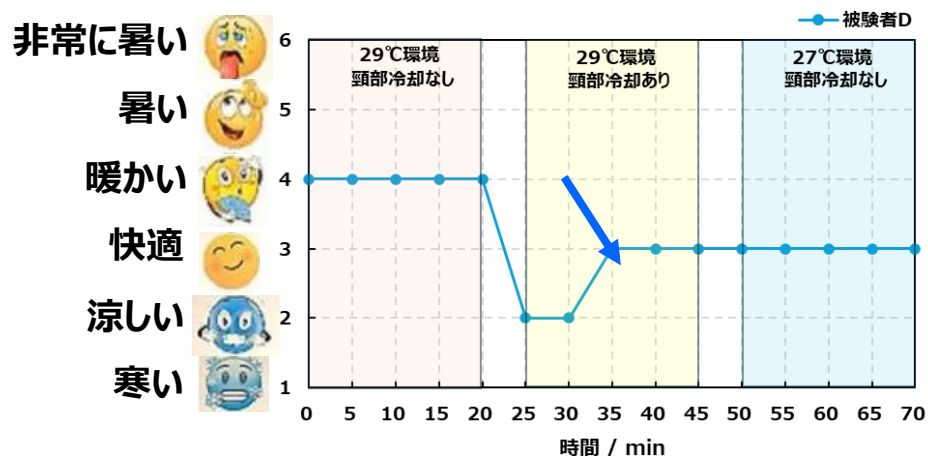
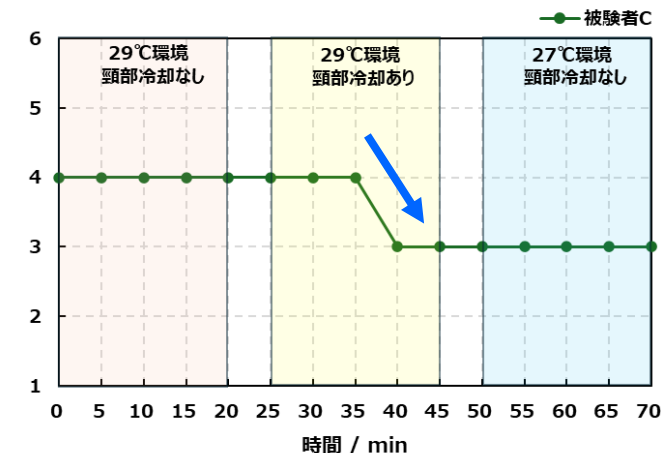
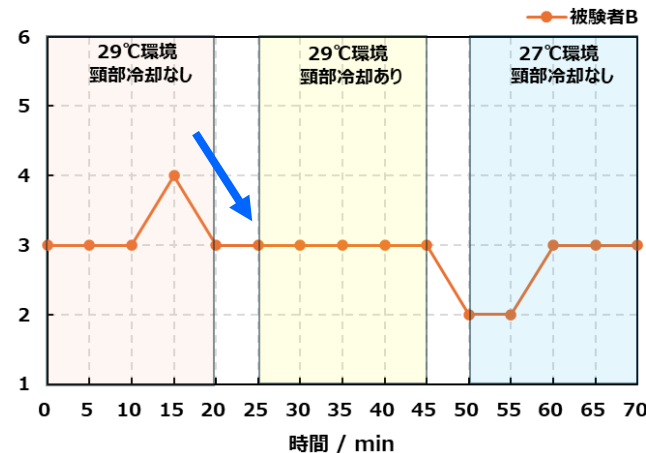
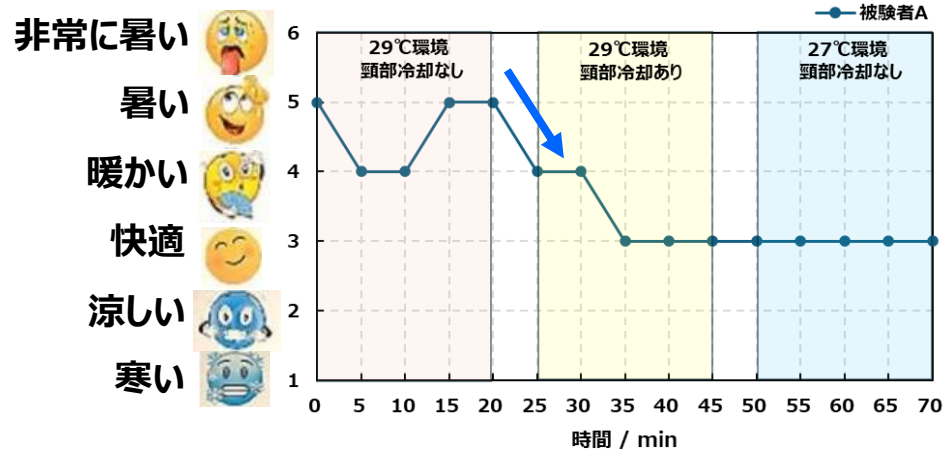


心拍間隔RRIの変化



- ・29℃環境下では**頸部冷却**した方が**心拍数が低下し、心拍間隔が長くなる**傾向がみられた
- ・環境温度を27℃へ下げた時が生体反応への改善効果は最も大きかった

頸部冷却による温熱感覚（主観）の変化

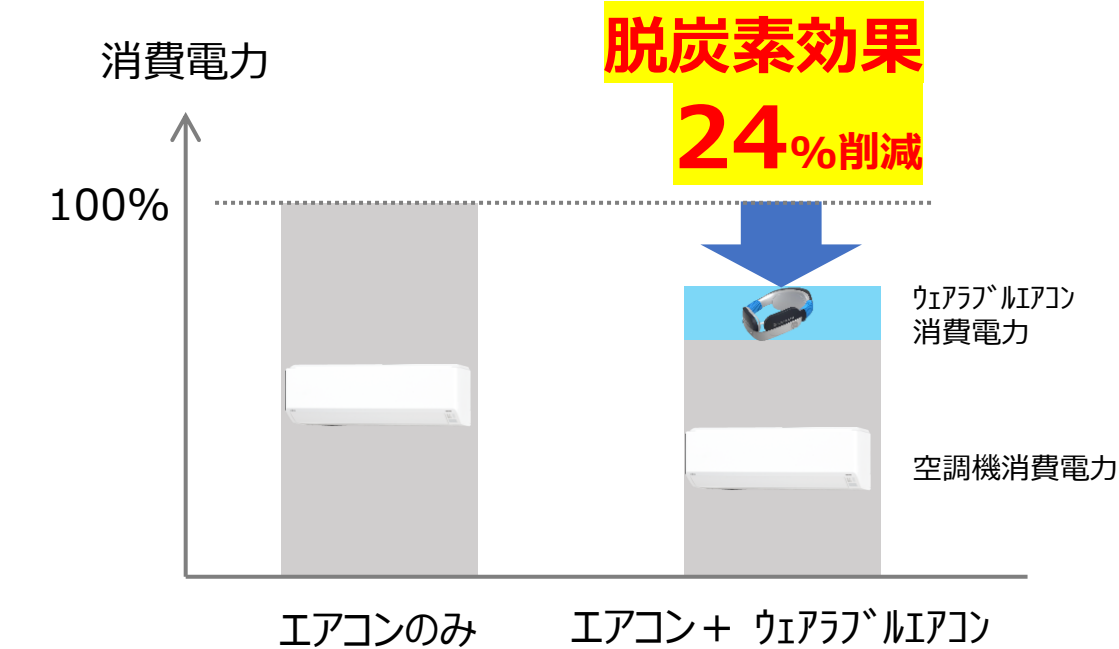
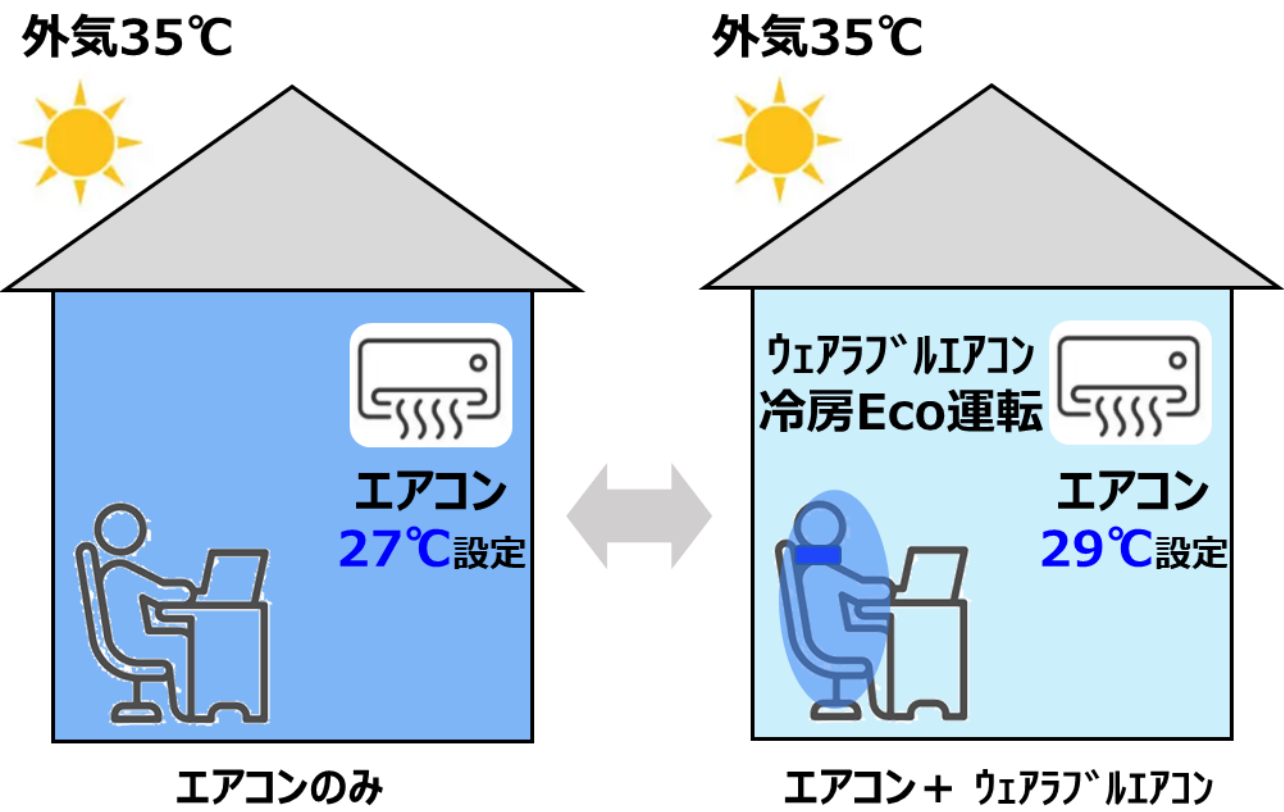


29℃環境下の温熱感覚は頸部冷却によって改善し、27℃環境の温熱感覚に近づいた

→ 節電調整温度と頸部冷却のバランスを適切にとることで快適と省エネの両立が実現

冷房時脱炭素効果の算出（理論計算）

「夏場に温冷感（安定時）が同じになる条件として、
エアコンのみで過ごした場合と、エアコンの設定温度を上げつつ
ウェアラブルエアコンを使用した場合での消費電力の削減効果を算出」



	エアコンのみ	エアコン + ウェアラブルエアコン
空調負荷	4000W※1	3000※2 + 5.6W※3
COP(空調機効率)	4.0	4.0
空調機消費電力	1000W	751W
ウェアラブルエアコン消費電力	-	5.6W※4
合計	1000W	757W

※1 外気温度35℃、室内温度27℃を維持するために必要な空調負荷を4000W(14畳相当)と仮定
※2 外気温度35℃、室内温度29℃を維持するために必要な空調負荷を一次近似で算出
※3 ウェアラブルエアコンの消費電力の分が全て熱となって加わるものと仮定
※4 省エネモードを使用した際の消費電力

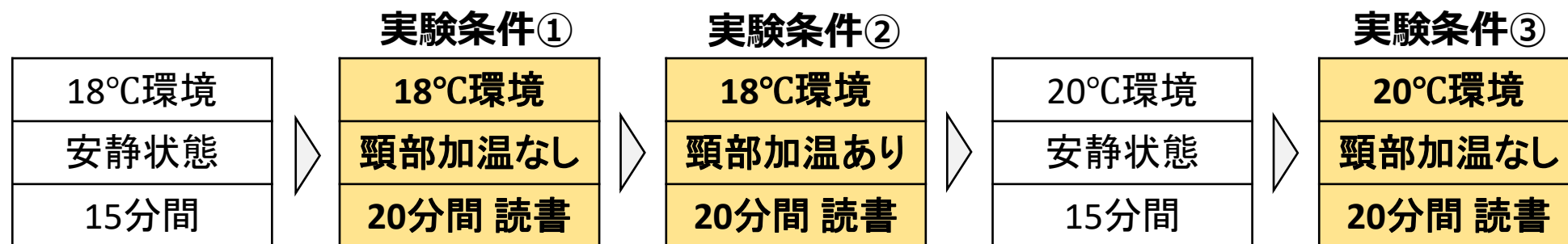
暖房節電調整時のウェアラブルエアコン併用による快適性と省エネ効果の検証

室温20℃→18℃ ▲2℃節電

約39-41℃で加温

〈実験方法〉

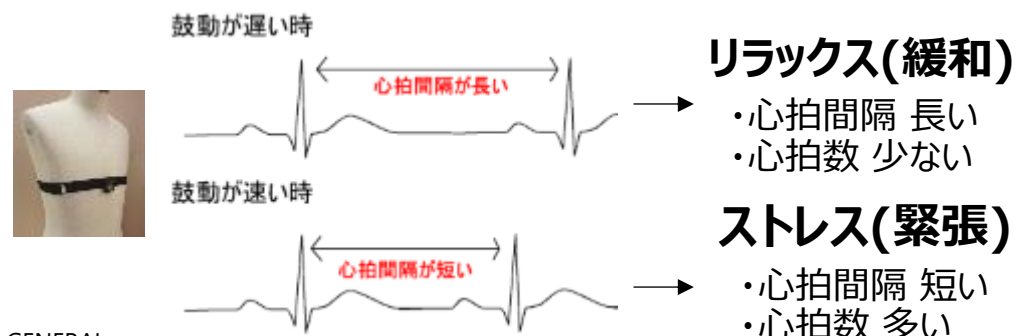
3つの実験条件での生体情報(心拍間隔、心拍数)と主観(温熱感覚)の変化を比較検証



※体を環境に慣らすため

〈評価方法〉

生体評価：胸部簡易心電計「Mybeat」使用

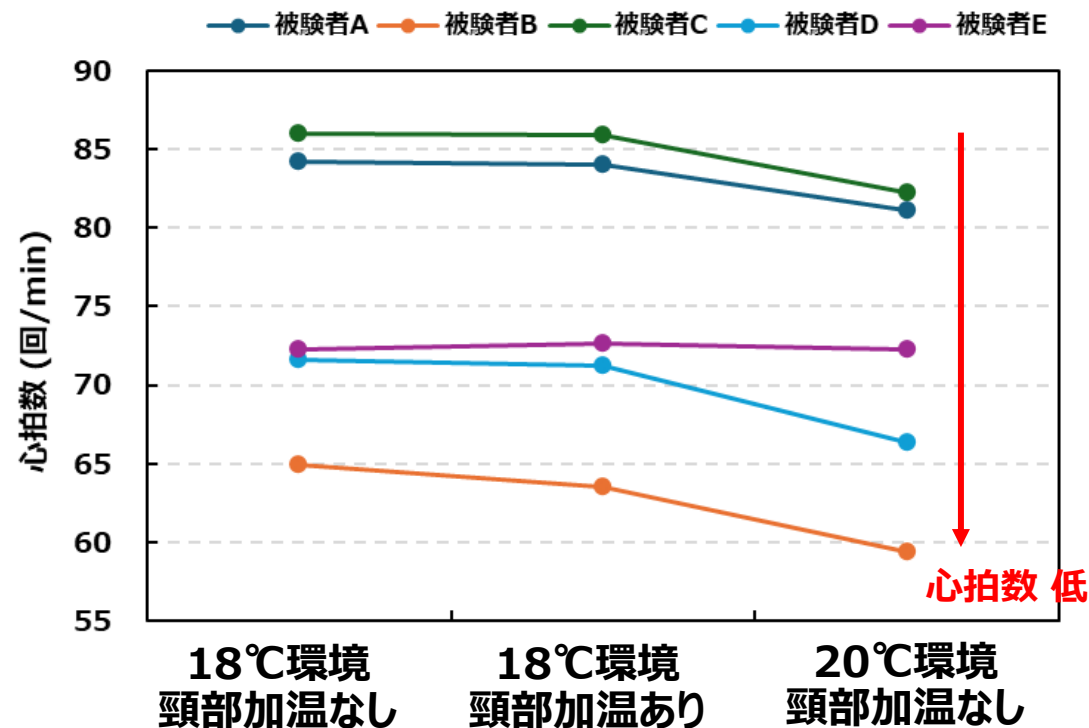


主観評価：アンケート形式

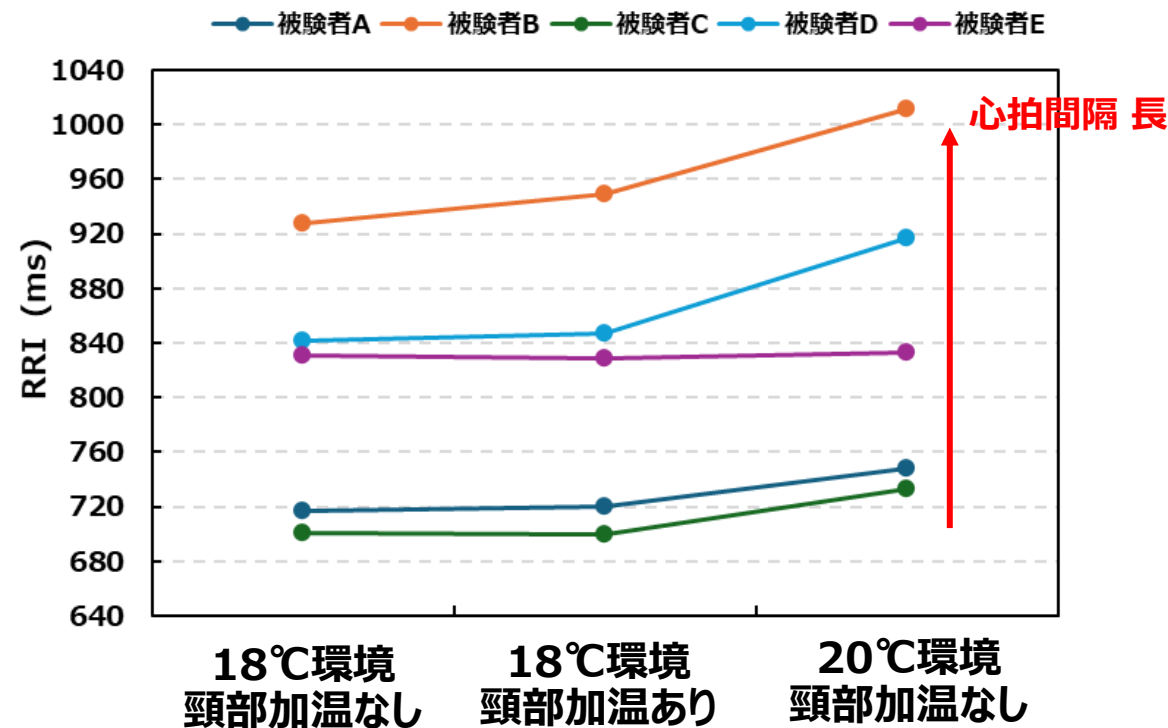


7段階の温熱感覚を5分間隔で紙に記録

心拍数の変化

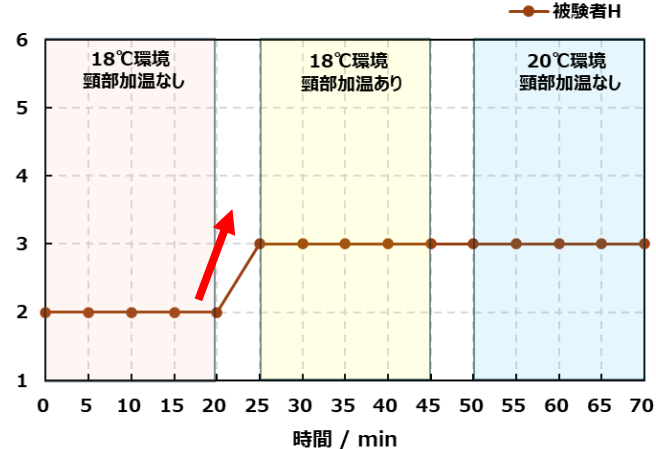
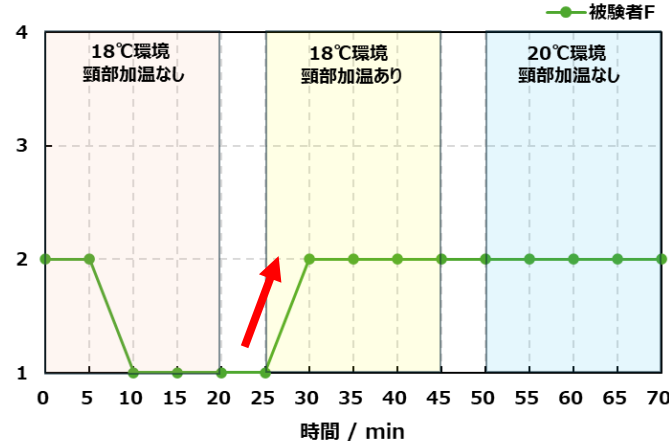
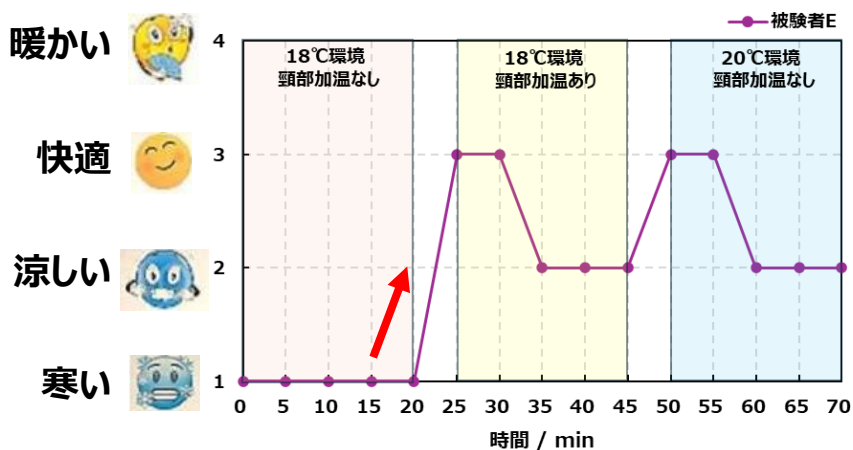
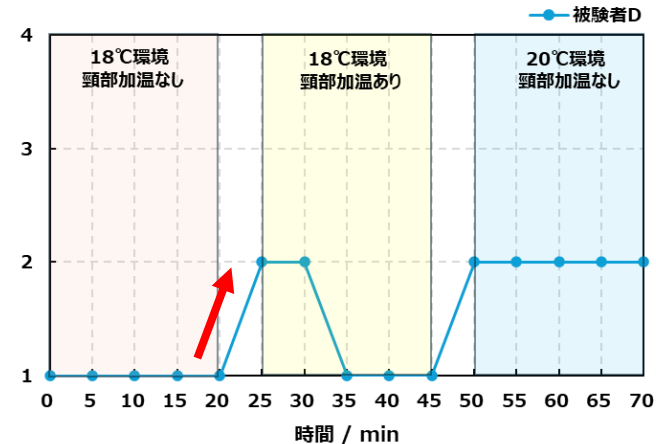
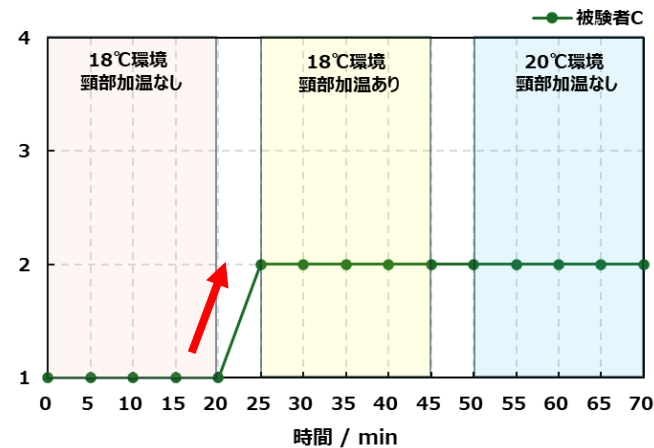
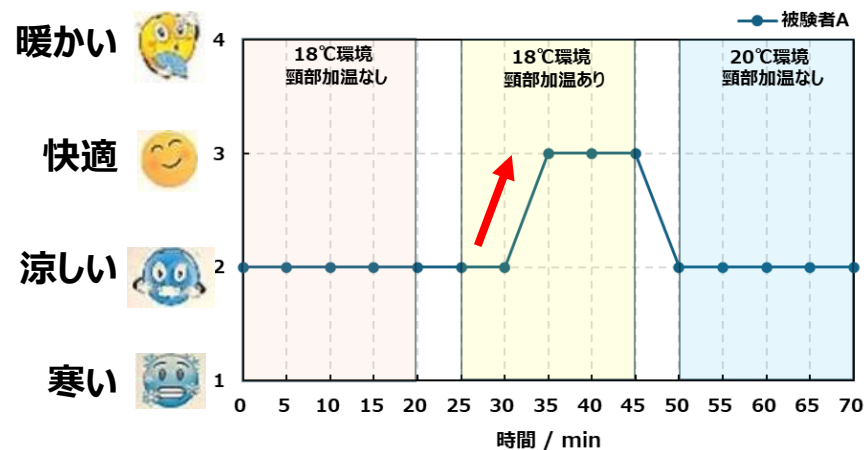


心拍間隔RRIの変化



- ・18℃環境下では**頸部加温**した方が**心拍数が低下し**、**心拍間隔が長くなる**傾向がみられた
- ・環境温度を20℃へ上げた時が、生体反応への改善効果は最も大きかった

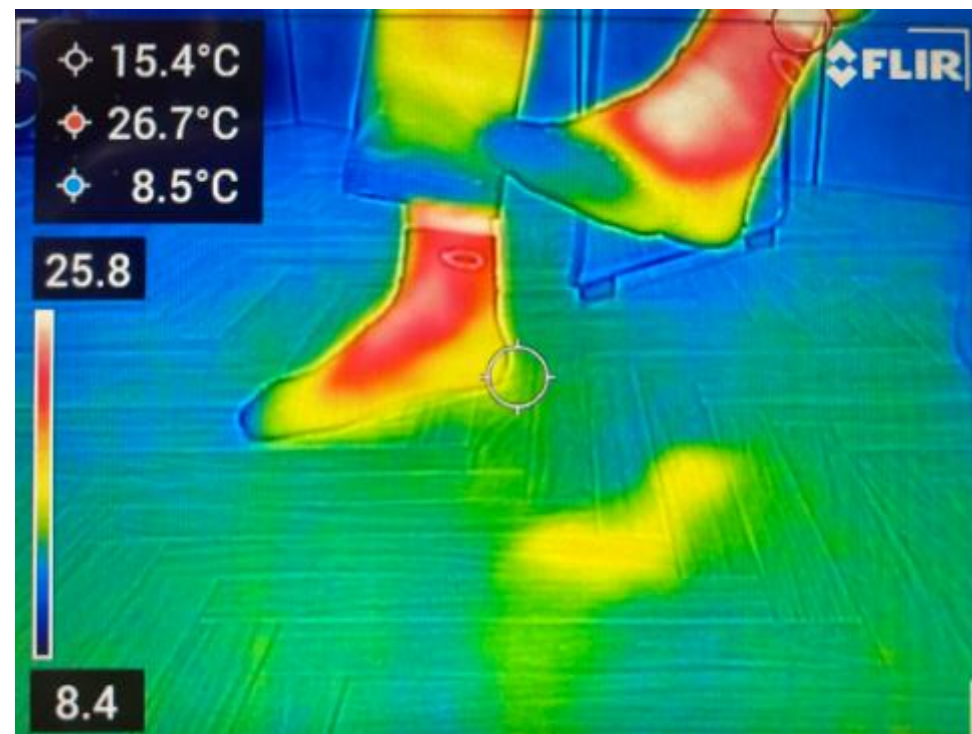
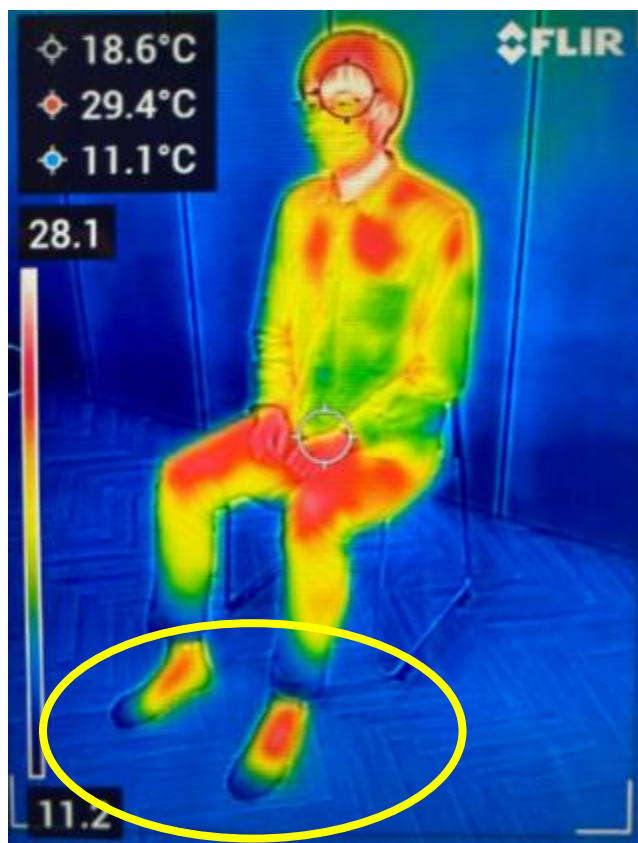
頸部加温による温熱感覚（主観）の変化



18°C環境下の温熱感覚は頸部加温によって改善し、20°C環境の感覚に近づいた

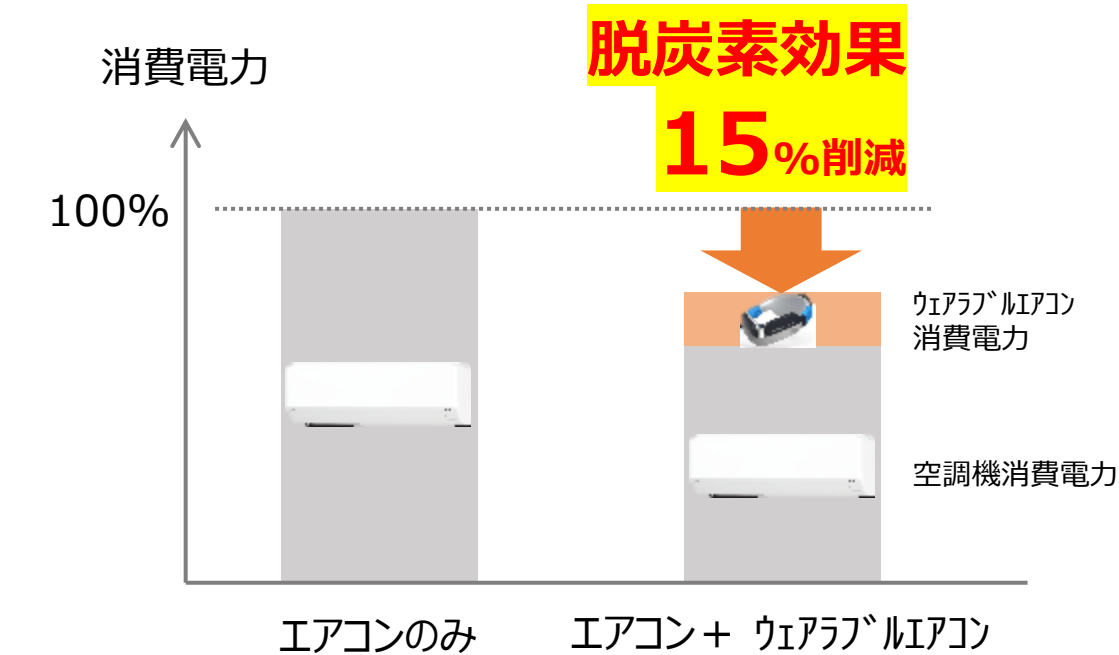
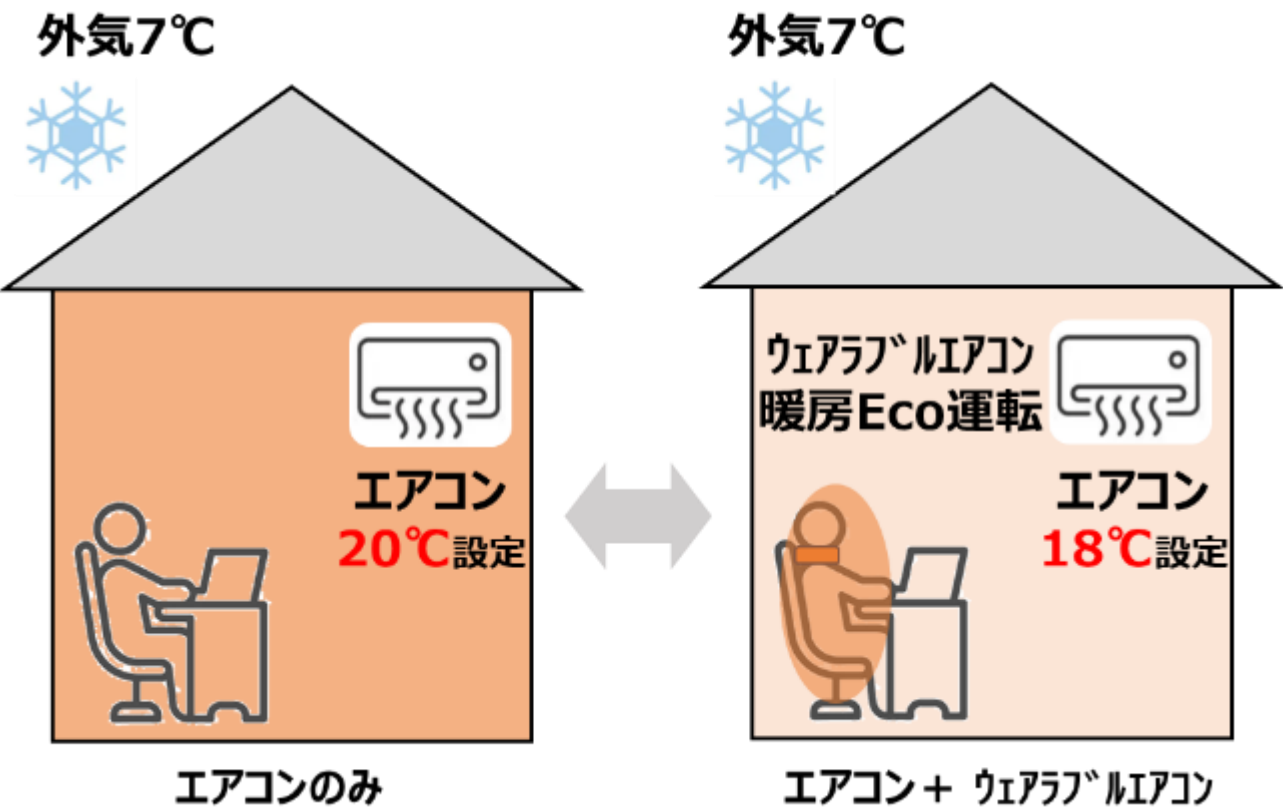
→ 節電調整温度と頸部加温のバランスを適切にとることで快適と省エネの両立が実現

暖房については冷えた床に熱を奪われて、足元から冷えることがわかったため、足元をしっかりと暖房対策を取ったうえで、頸部加温する必要がある。



暖房時脱炭素効果の算出（理論計算）

「冬場に温冷感（安定時）が同じになる条件として、
エアコンのみで過ごした場合と、エアコンの設定温度を下げつつ
ウェアラブルエアコンを使用した場合での消費電力の削減効果を算出」



	エアコンのみ	エアコン + ウェアラブルエアコン
空調負荷	5000W※1	4235※2-4W※3
COP(空調機効率)	5.0	5.0
空調機消費電力	1000W	847W
ウェアラブルエアコン消費電力	-	4W※4
合計	1000W	851W

※1 外気温度7℃、室内温度20℃を維持するために必要な空調負荷5000W(14畳相当)と仮定
※2 外気温度7℃、室内温度18℃を維持するために必要な空調負荷を一次近似で算出
※3 ウェアラブルエアコンの消費電力の分が全て熱となって加わるものと仮定
※4 省エネモードを使用した際の消費電力

研究テーマ：暑さ対策

1. 川崎市現場の暑さ対策における頸部冷却の有効性について
2. 川崎市イベントでのウェアラブルエアコンの活用とユーザー調査分析
3. 次世代ウェアラブルエアコンの開発

研究テーマ：省エネ対策

4. 空調とウェアラブルエアコン併用による冷暖房省エネ実験
- 5. ウェアラブルエアコン導入による脱炭素効果**
6. 研究成果の情報発信
7. 今後の展望

川崎市単身世帯を対象にウェアラブルエアコンを導入した場合の消費電力削減量の算出

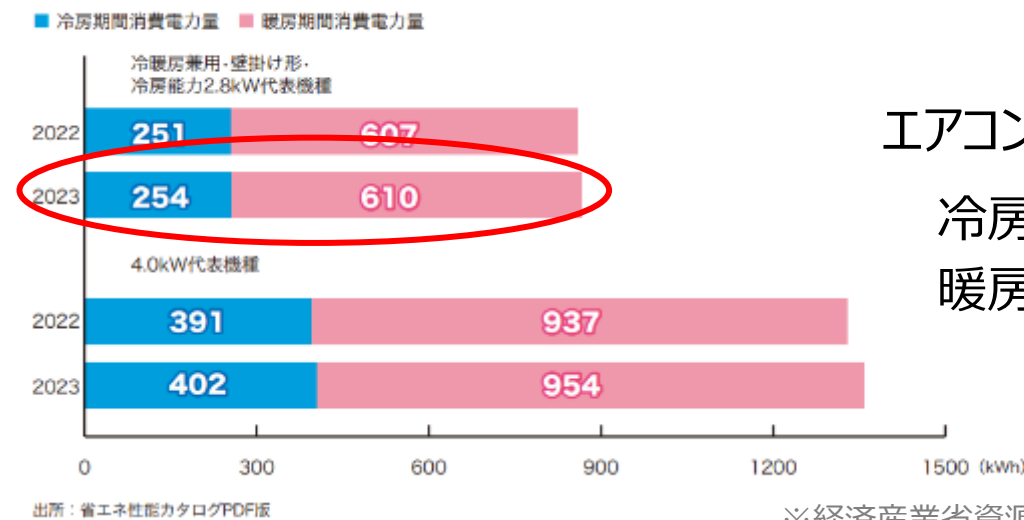
● 期間消費電力量 (kWh)

冷房期間消費電力量と暖房期間消費電力量の合計です。JIS C 9612:2013（ルームエアコンディショナー）に基づき算出されています。

算出条件

外気温度	東京をモデルとしています
期間	冷房期間 5月23日～10月4日 暖房期間 11月8日～4月16日
室内設定温度	冷房時：27℃／暖房時：20℃
使用時間	6：00～24：00の18時間
住宅	平均的な木造住宅（南向き）
部屋の広さ	冷房能力に見合った広さの部屋

■ 期間消費電力量の推移 (kWh)



エアコン冷房能力2.8kW(10畳)
冷房期間消費電力：254kWh
暖房期間消費電力：610kWh

※経済産業省資源エネルギー庁 省エネ性能カタログ2024年版

第4表 区別家族類型別一般世帯数

区 分	総数	親 族 の み の 世 帯								非親族を 含む世帯	単独世帯
		総 数	核 家 族 世 帯					核家族 以外の世帯			
			総数	夫婦のみ	夫婦と子	男親と子	女親と子				
川 崎 市	745,988	395,854	373,427	129,421	192,437	7,758	43,811	22,427	9,332	340,715	
川 崎 区	122,879	54,983	50,554	17,175	24,525	1,411	7,443	4,429	1,428	66,457	
幸 区	80,003	45,791	42,849	14,759	21,848	936	5,306	2,942	901	33,310	
中 原 区	134,619	65,410	62,232	21,842	32,977	1,068	6,345	3,178	1,812	67,360	
高 津 区	113,575	60,192	57,002	19,541	29,769	1,163	6,529	3,190	1,411	51,964	
宮 前 区	102,189	64,789	61,789	20,273	33,211	1,204	7,101	3,000	918	36,466	
多 摩 区	113,427	54,507	51,363	18,828	25,482	1,122	5,931	3,144	2,006	56,903	
麻 生 区	79,296	50,182	47,638	17,003	24,625	854	5,156	2,544	856	28,255	

(注) 総数には、世帯の家族類型不詳を含む。

川崎市一人暮らし
34万715人

川崎市単身世帯を対象にウェアラブルエアコンを導入した場合の消費電力削減量の算出

$$\left\{ \underbrace{(254\text{kWh} \times 24\%)}_{\substack{\text{冷房期間} \\ \text{消費電力量}}} + \underbrace{(610\text{kWh} \times 15\%)}_{\substack{\text{暖房期間} \\ \text{消費電力量}}} \right\} \times \underbrace{340,715\text{人} \times 10\%}_{\text{川崎市単身世帯数の10\%}}$$

$$= \text{約} \mathbf{5,194,541 \text{ kWh}}$$

川崎市全単身者の空調消費電力の削減量

$$5,194,541 \text{ kWh} \times \underbrace{0.447 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh}}_{\text{CO}_2\text{排出係数}}$$

$$= 2,321,960 \text{ kg-CO}_2 = \text{約} \mathbf{2,322 \text{ t-CO}_2}$$

川崎市全単身者の空調節電時の脱炭素効果

研究テーマ：暑さ対策

1. 川崎市現場の暑さ対策における頸部冷却の有効性について
2. 川崎市イベントでのウェアラブルエアコンの活用とユーザー調査分析
3. 次世代ウェアラブルエアコンの開発

研究テーマ：省エネ対策

4. 空調とウェアラブルエアコン併用による冷暖房省エネ実験
5. ウェアラブルエアコン導入による脱炭素効果

6. 研究成果の情報発信

7. 今後の展望

川崎国際環境技術展



HP・WEB掲載



川崎市小学校 キャリア教育



川崎労働災害防止研究会 優良事例



1. 共同研究結果を製品へフィードバックし、製品やサービスの向上

- 25年新モデル、次世代モデル製品へ展開
- 冷却や省電力の他、共同研究成果である涼感性・機能性の向上を図り労働現場の快適環境を提供
- 27年度以降も共同研究結果を製品に反映させ、熱中症や省エネなど温暖化対策に貢献していく

2. 熱中症予防策の共同研究結果を技術リリースとして積極的に情報発信

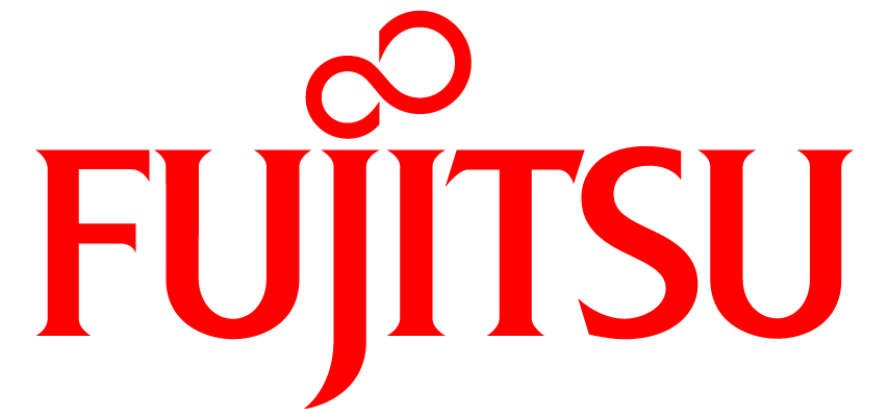
- メディア関連（SNS、新聞、WEB、専門誌等）
- 学会、講演会、展示会

3. 熱中症への対応を急ぐ企業へのウェアラブルエアコンの提供

- 川崎市と共同研究した猛暑環境下の作業現場データを製品に反映させ、同様な環境下で作業する企業への提供を急ぐ

4. 新たな製品・サービスの開発

- ネッククーラー以外の猛暑対策製品の開発



富士通ゼネラル

－ 共に未来を生きる －