

令和5年度 第3回 環境セミナー
産学公民連携共同研究事業 研究成果報告会

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



株式会社富士通ゼネラル

Being Innovative Group ウェアラブル事業部

CONFIDENTIAL

紹介

株式会社 富士通ゼネラル

Being Innovative Group

ウェアラブル事業部

ビジネスアーキテクト

佐藤 龍之介

2015年入社。国内空調機の先行開発部に配属され、内部衛生機能の開発を担当する。

2016年11月にBeing Innovative Groupが発足し、初期メンバーに選任される。

2018年「CEATEC JAPAN」にコモドギアのプロトタイプを参考出展し、2020年にウェアラブル事業化後は、同年コモドギアを製品化、2023年に3代目モデルであるコモドギアi3を提供開始。コモドギアの技術開発と商品企画を主に担当。



1. 川崎市共同研究スタートまでの経緯と研究概要
2. 川崎市労働現場における暑さ対策の有効性の検証実験
3. 空調併用による電力削減効果の検証実験（脱炭素）
4. 川崎市連携による様々な社会貢献活動
5. 今後の取り組み

1. 川崎市共同研究スタートまでの経緯と研究概要

2. 川崎市労働現場における暑さ対策の有効性の検証実験

3. 空調併用による電力削減効果の検証実験（脱炭素）

4. 川崎市連携による様々な社会貢献活動

5. 今後の取り組み

富士通ゼネラルの紹介

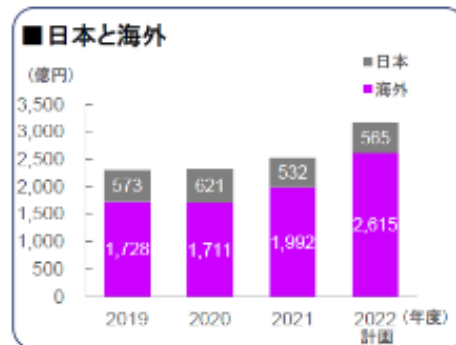
出典：富士通ゼネラルHP Corporate Profile2022

空調機事業の売上推移

世界100カ国以上の人々に 快適な生活空間を提供している 富士通ゼネラルの空調機事業

“人と地球にやさしい技術”が、世界に認められた証しです。

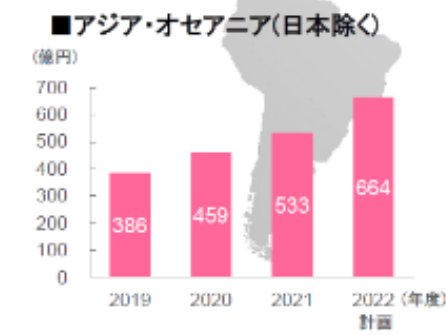
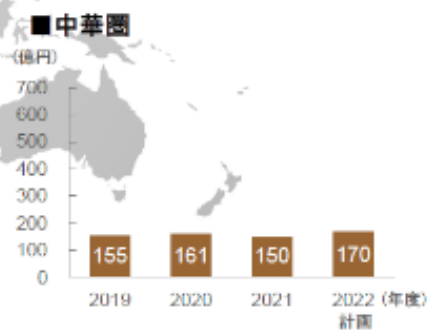
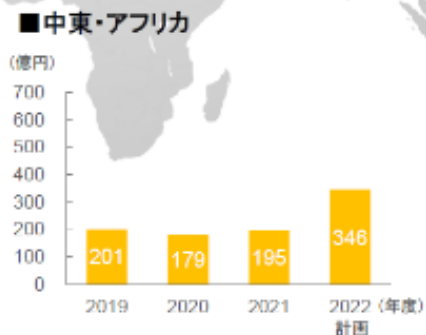
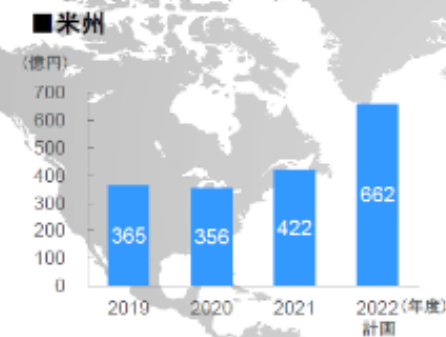
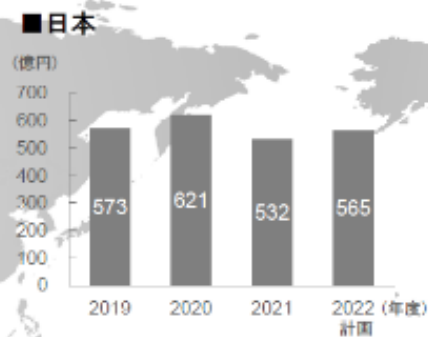
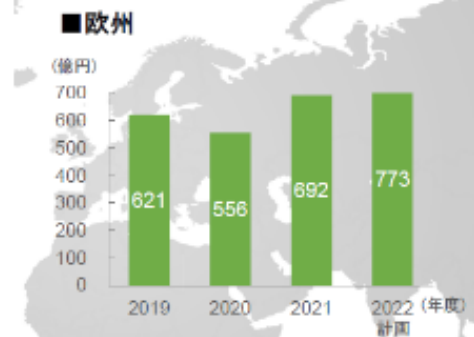
【空調機事業の売上推移】



nocriaシリーズ

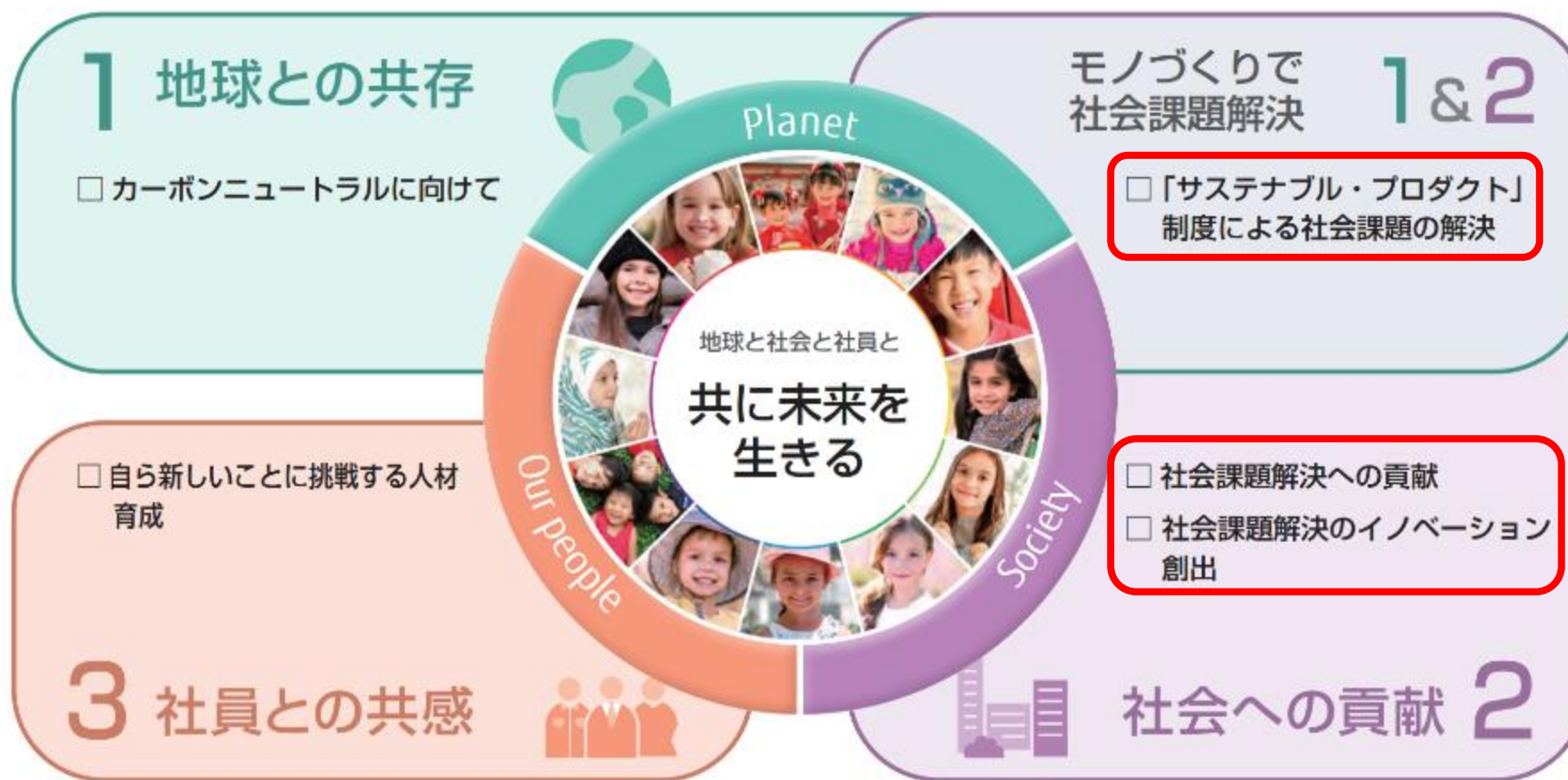


富士通ゼネラル 川崎本社 (高津区)



CONFIDENTIAL

企業理念「共に未来を生きる」を実現するために
「サステナブル経営」を事業活動の中心と位置づけて推進しています。



空調専門メーカーによる本格冷暖房ウェアラブル機器

猛暑環境下の現場労働者へ快適、安心、安全を届ける

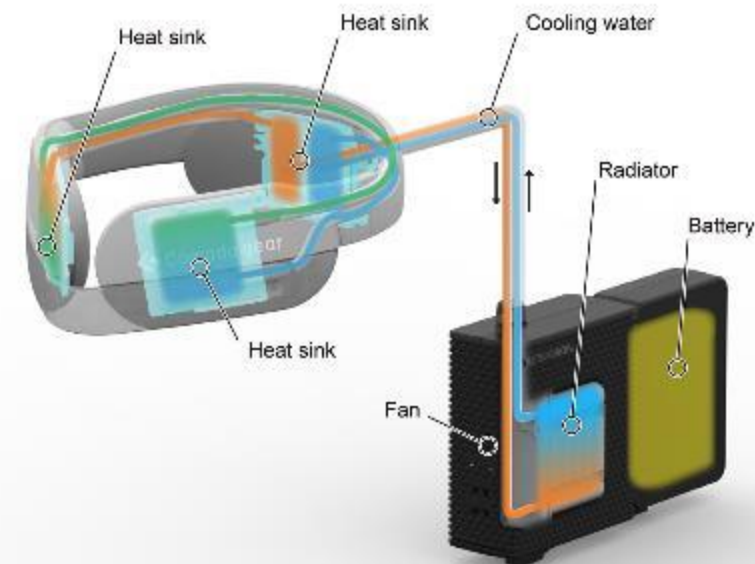


空調機事業で培ったノウハウを新規事業化

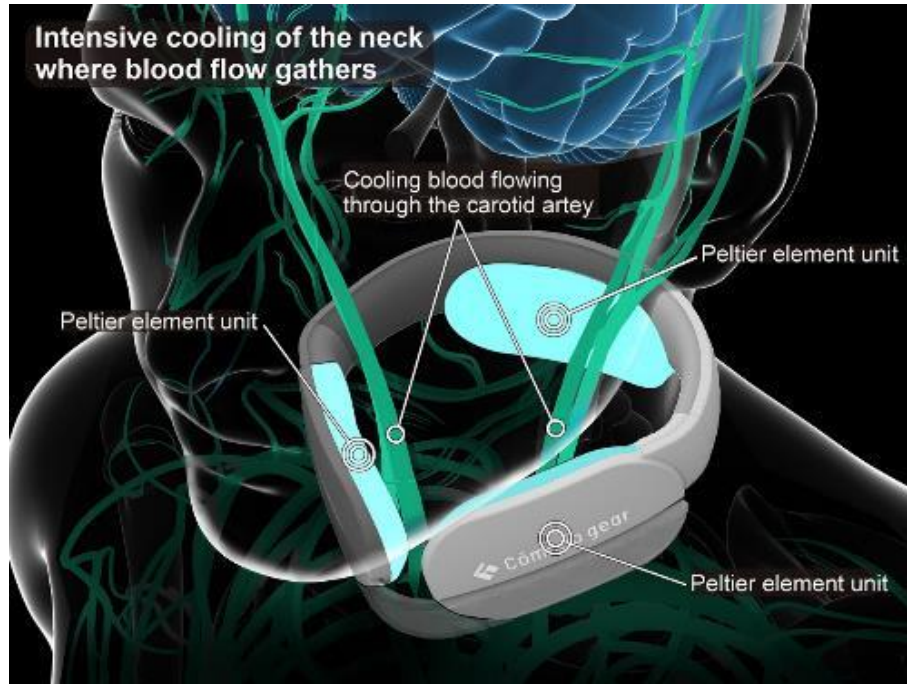
2020年 ウェアラブル事業部発
身に着けるエアコン「CÓmodo gear」



水冷式ペルチェ冷却技術



身体に対する効率的な冷却・加熱



頸動脈を狙って、
効率的に3カ所を冷却・加熱

従来のエアコンとは異なり、
空気を介さず**直接人体を冷却**



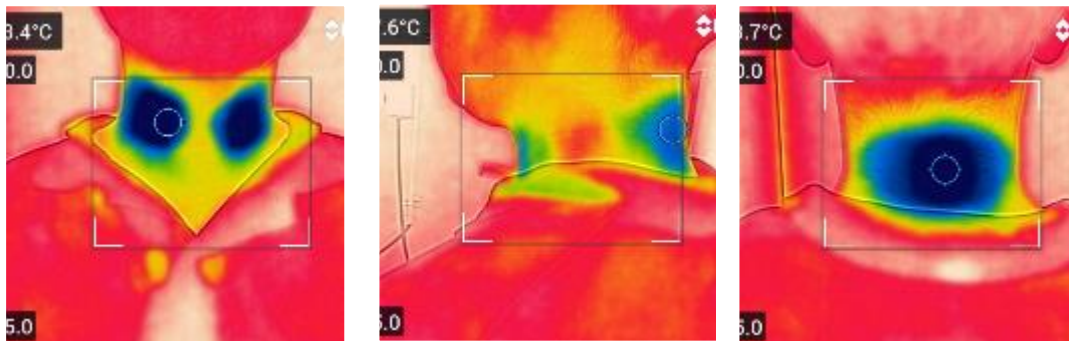
使用エネルギーを効率的に低減し、

労働能率

労働安全

環境改善

40℃環境での冷却状態 サーモ画像



川崎市共同研究の背景

出典：文部科学省・気象庁・環境省 [気候変動の観測・予測及び影響評価レポート]「日本の気候変動とその影響」(2012年度版)から作成

◆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



ウェアラブルエアコン活用による改善提案

①熱中症課題

猛暑環境下での
労働者への負担軽減

②省エネ課題

空調温度の節電調整による
省エネ効果（脱炭素）

2023年 共同研究内容

2022年

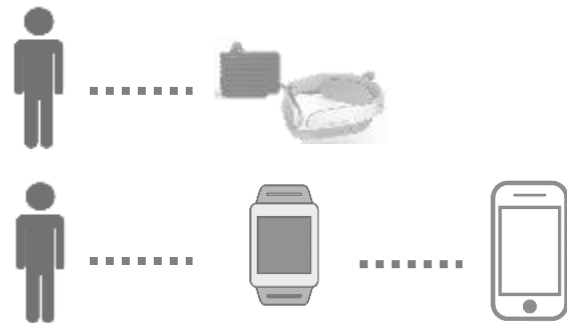
基礎実験

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

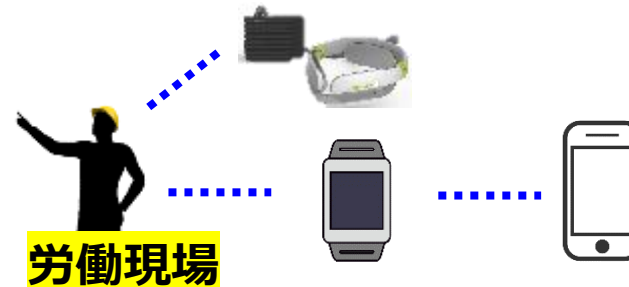
熱中症研究

- ・労働環境調査（継続）
- ・生体情報から熱中症リスク推定

ウェアラブルデバイスの有効性検証

省エネ研究

- ・省エネ実験と脱炭素効果算出

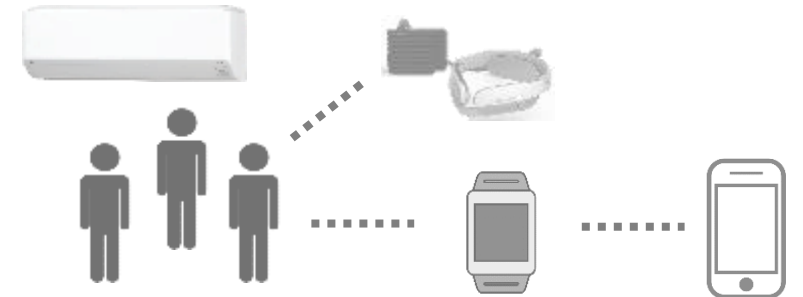


2024年

実験領域拡大

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

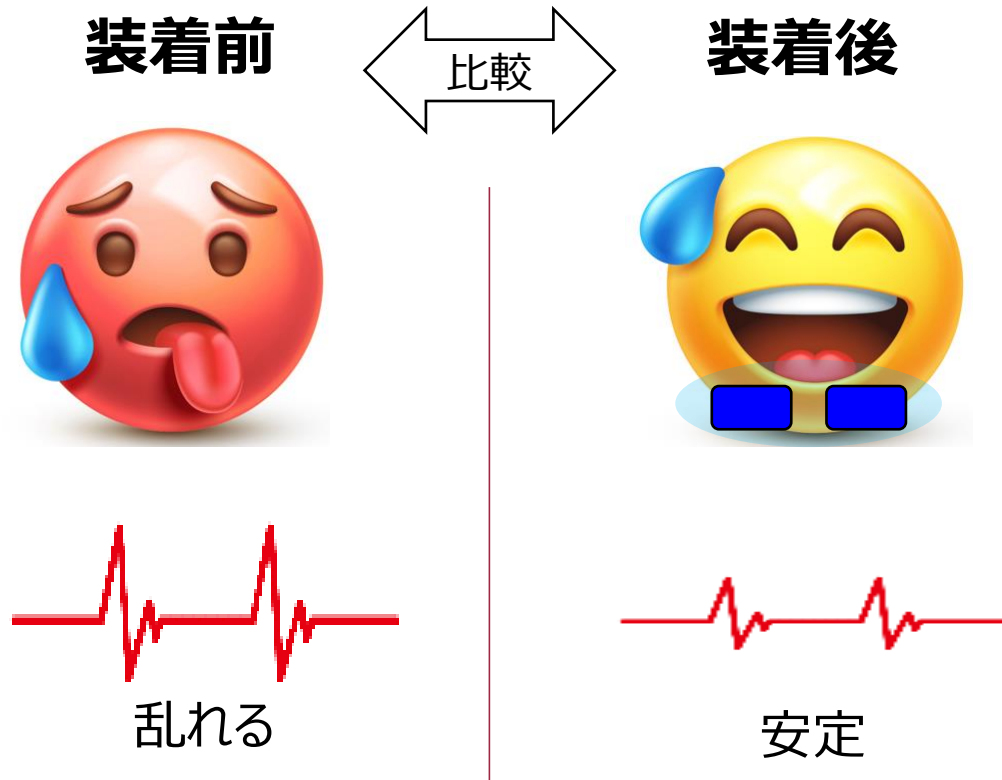


22年度の基礎実験の結果を踏まえ、

23年度よりウェアラブルデバイスを活用した「**本実験**」へ移行

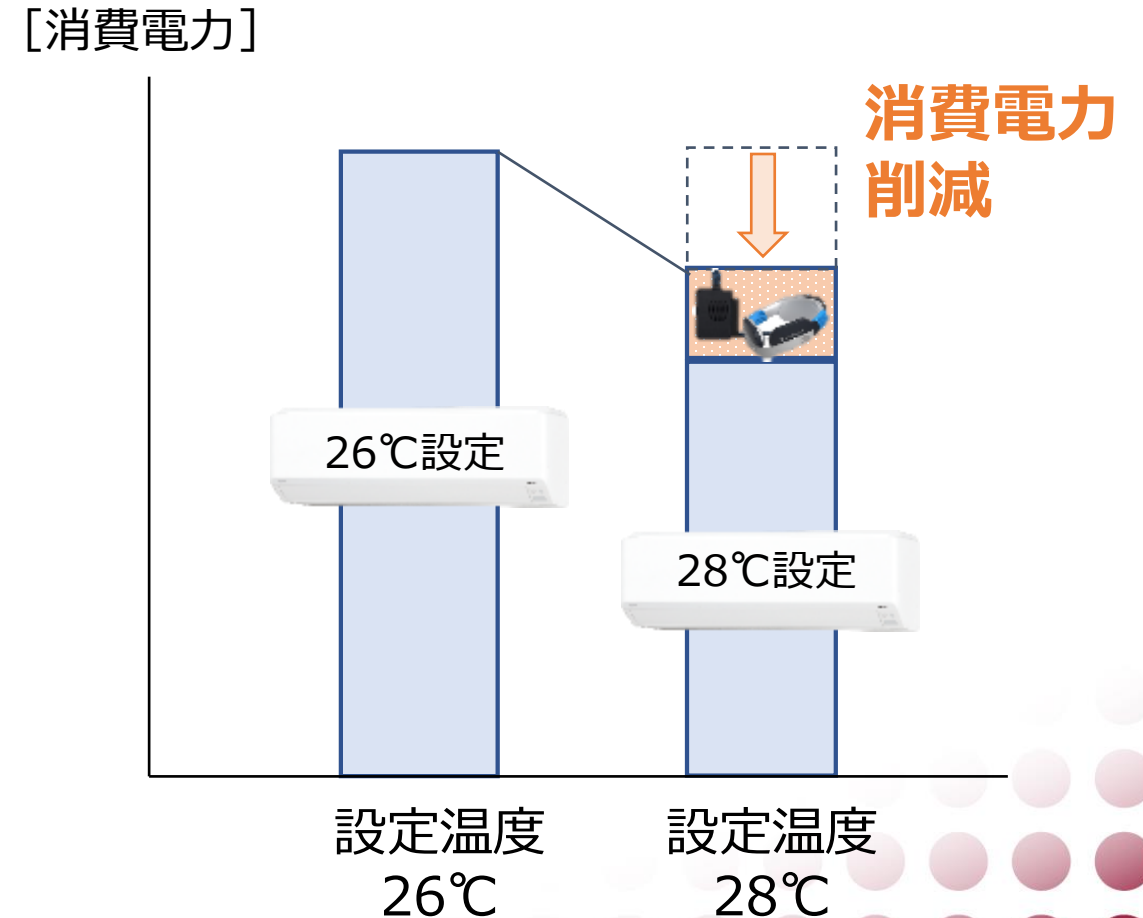
① 熱中症問題

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



1. 川崎市共同研究スタートまでの経緯と研究概要

2. 川崎市労働現場における暑さ対策の有効性の検証実験

3. 空調併用による電力削減効果の検証実験（脱炭素）

4. 川崎市連携による様々な社会貢献活動

5. 今後の取り組み

川崎市現場の労働環境調査

川崎市企業現場7カ所の労働環境調査を実施（前年度 3カ所）

し尿処理施設 入江崎クリーンセンター様



資源化処理施設 浮島処理センター様



学校給食



夏休み多摩川教室 環境総合研究所様



〈川崎市企業〉

(株)レゾナック様



セントラル硝子(株)様



(株)富士通ゼネラル屋外イベント



環境調査 まとめ

現場	屋内外・気温	作業内容	熱中症リスク
入江崎クリーンセンター 地下ポンプ場	屋内 35°C/80%RH	メンテナンス作業	○
浮島処理センター 焼却場	屋内 40°C/40%RH	焼却炉点検	◎
夏休み多摩川教室 多摩川河川敷	屋外 38°C/70%RH	顧客案内	○
セントラル硝子 屋内作業場	屋内 37°C/80%RH	製造作業	○
レゾナック 屋内作業場	屋内 37°C/70%RH	メンテナンス作業	○
富士通ゼネラル サマーフェスティバル	屋外 35°C/80%	電気工事	○
小学校給食室	屋内 35°C/70%	調理・配膳・食材管理	○

浮島処理センター様 (焼却炉点検)

8月下旬

確認項目	調査結果
作業環境	屋内作業で空調が効かず、焼却炉周りは特に高温環境。 熱さ指数「危険」(WBGT31以上)
作業内容	焼却炉点検作業、 階段の上り下り 、機械の安全動作確認
作業時間	1～2時間の作業 、業務はしっかり時間管理
衣服・装備	長袖作業着、手袋着用・ヘルメット着用、防塵マスクと 着衣量多い
性別・年齢	男性多数： 30～50代 中心
対策	冷房の効く部屋で休憩実施 、水分補給実施



実験現場



川崎市現場

データ取得



リストバンド型センサー

生体情報
・心拍数
・心拍変動
・体温
・活動量 etc



冷却温度

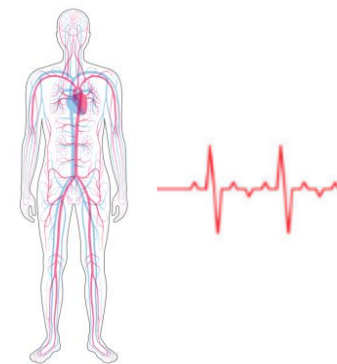


環境情報
・温度
・湿度

有効性検証

01 生体情報

心拍数(変動)から
熱中症リスクを推定
体の状態

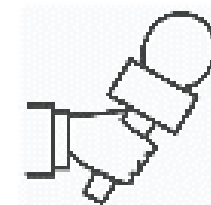


快適指標 PMV

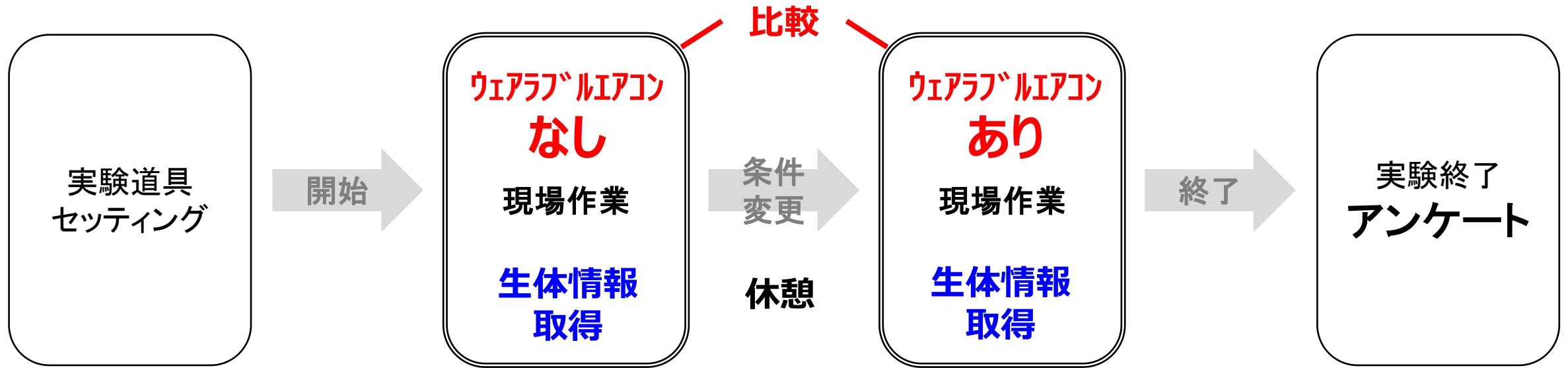
+

02 からだの感覚

直接ヒアリングして
体感温度(主観)の確認



実験の流れ



※体感温度(主観)の取得 ※約15分間隔

実験場所: 川崎市現場 (名前: サトウ) (男性・女性) (屋内・屋外) (20代・30代・40代・50代・60代) 実験No.: 記載不要

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	



01 生体情報による有効性検証結果

頸部冷却で **生体反応は熱中症リスクが低い・快適状態** の方向へ



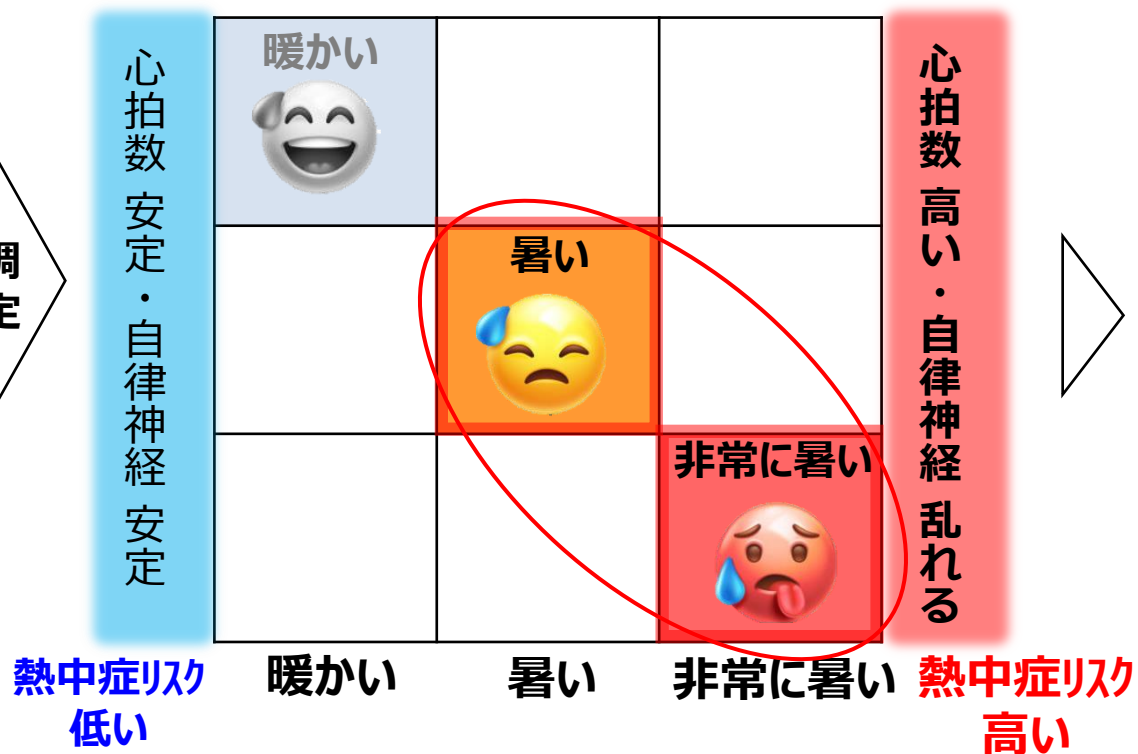
〈頸部冷却なし〉

〈頸部冷却あり〉

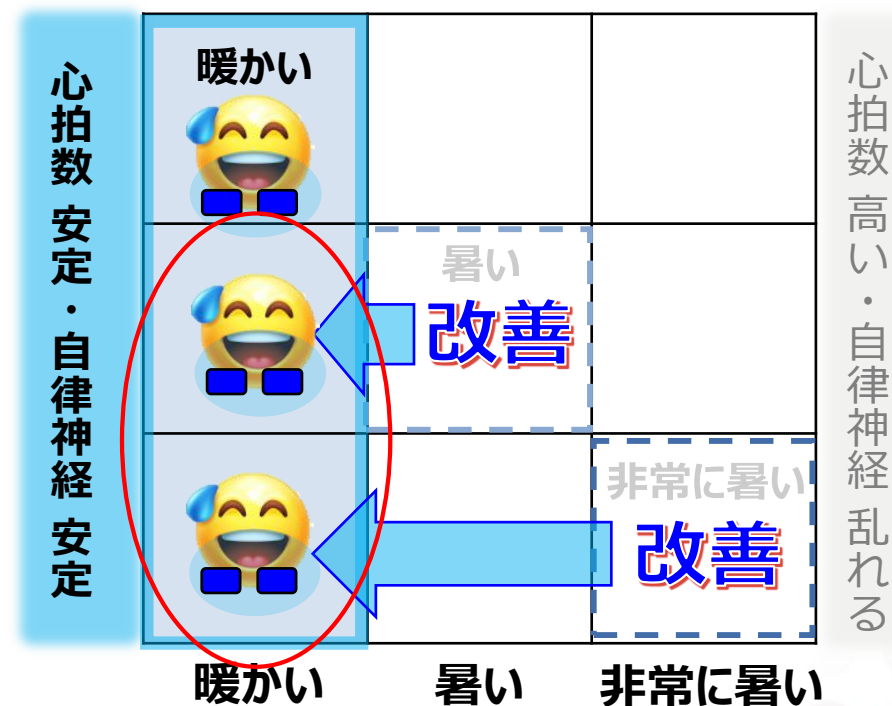
生体情報解析



心拍数
心拍変動
(自律神経)



生体情報からの予測

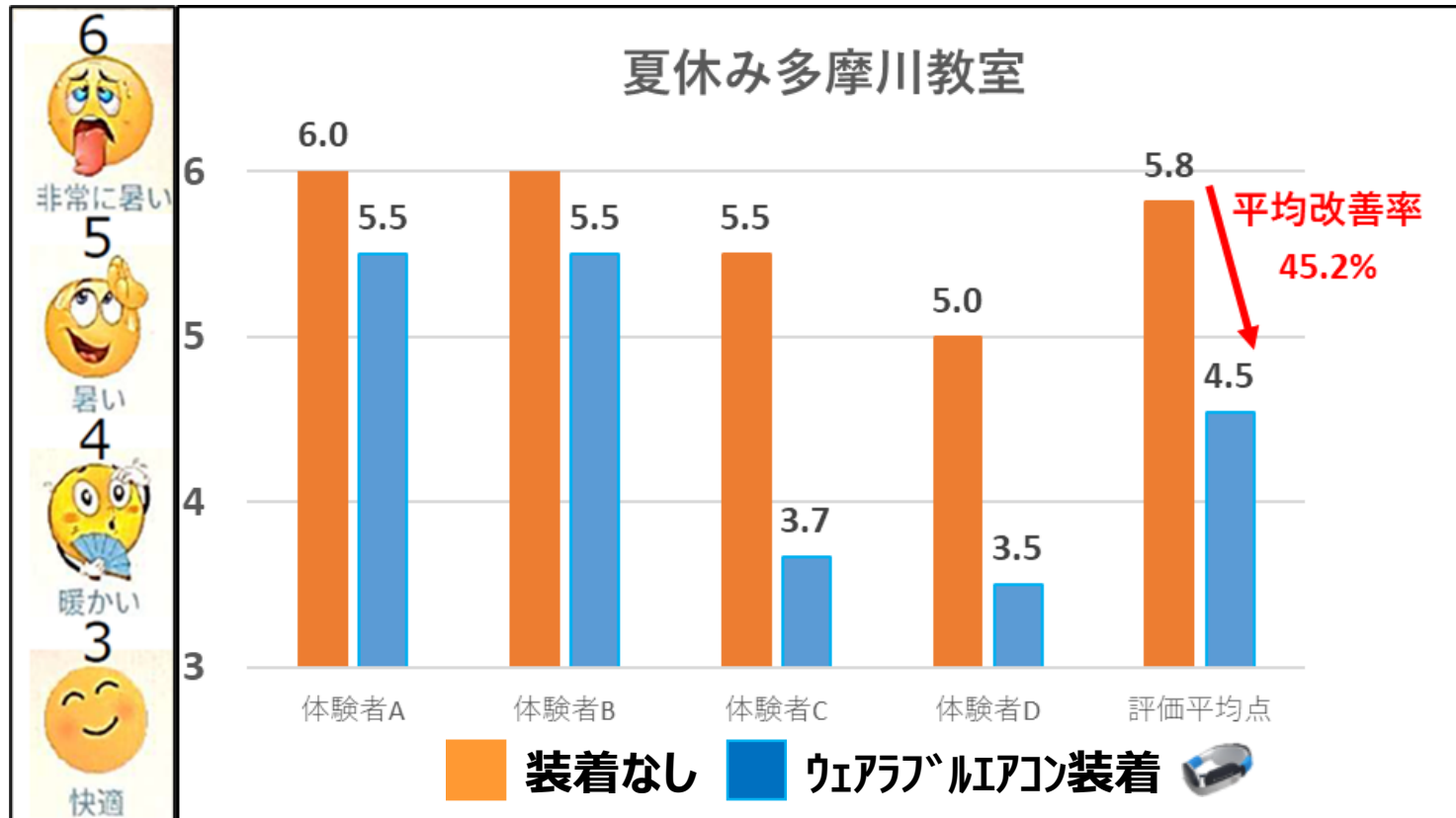
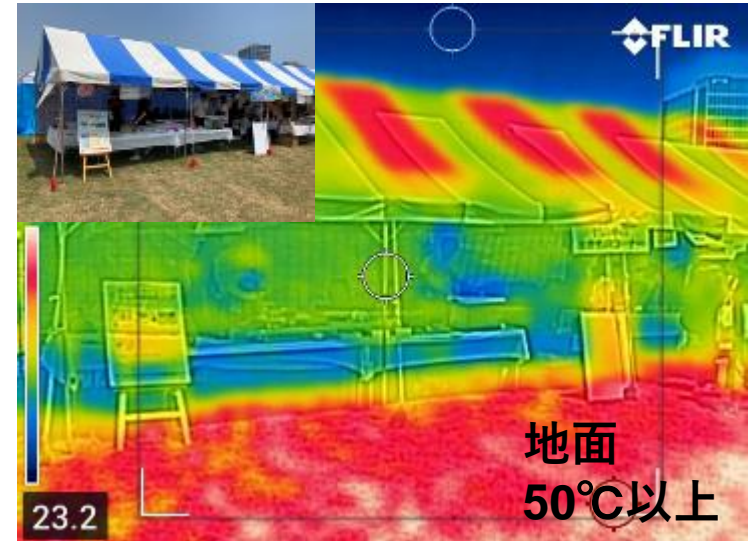


生体情報からの予測

02 体感温度(主観)変化に有効性検証実験

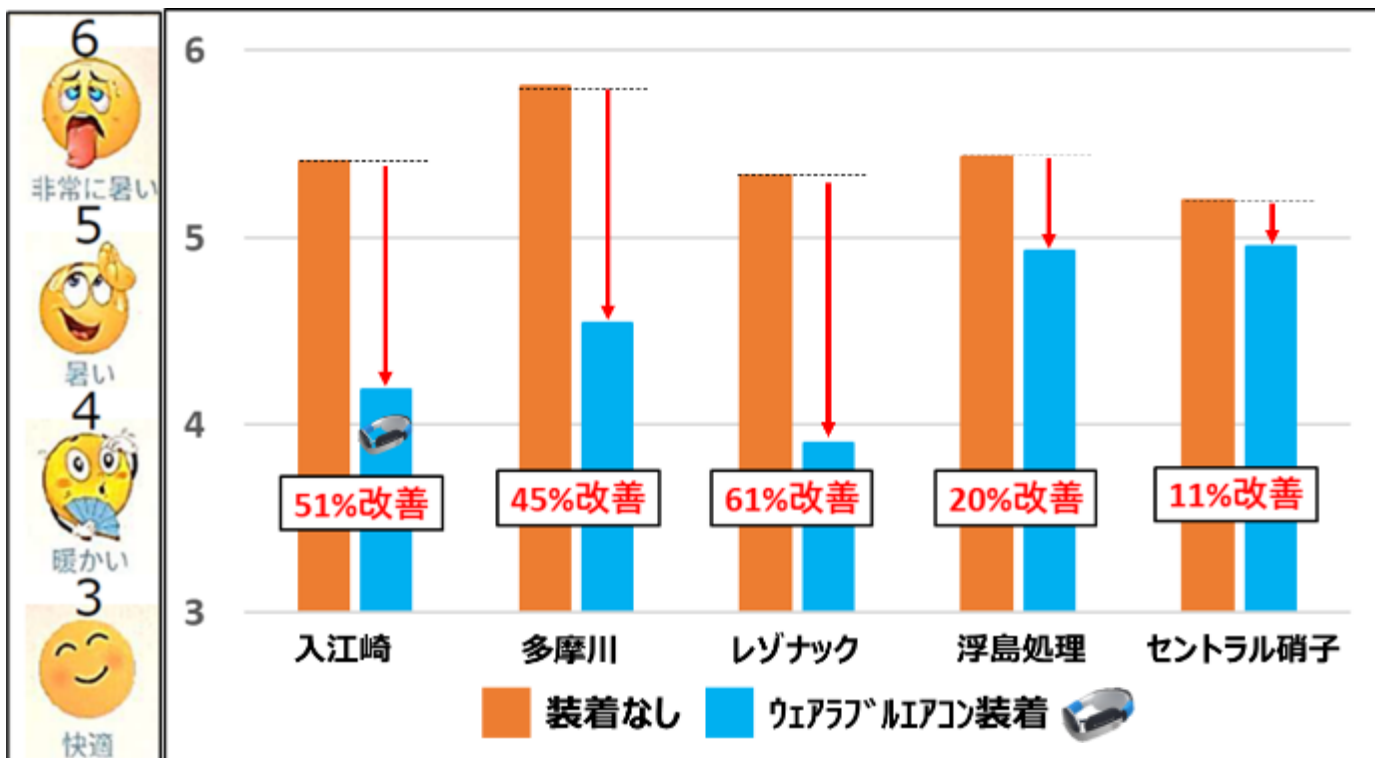
夏休み多摩川教室 (お客様誘導)

実験日 : 2023年7月27日~28日
気温 : 36℃~38℃ (室外)
湿度 : 70%~80%



02 体感温度(主観)変化に有効性検証実験

各現場の体感温度平均値と改善率



全拠点でウェアラブルエアコン装着により
作業者の**体感温度(主観)が改善**された

〈有効性検証結果〉

01 生体情報の検証結果

熱中症リスク低い方向へ

+

02 体感温度(主観)の検証結果

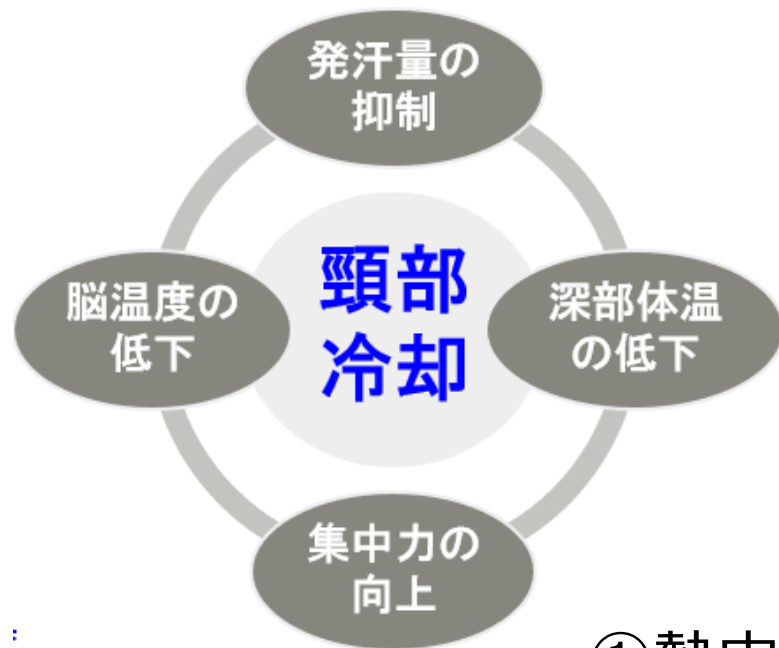
体感温度が快適方向へ

心身共に状態が改善

猛暑対策としての有効性を確認
労働環境改善へ貢献

02 体感温度(主観)変化に有効性検証実験

2023/6/2 開催



医学的知見から

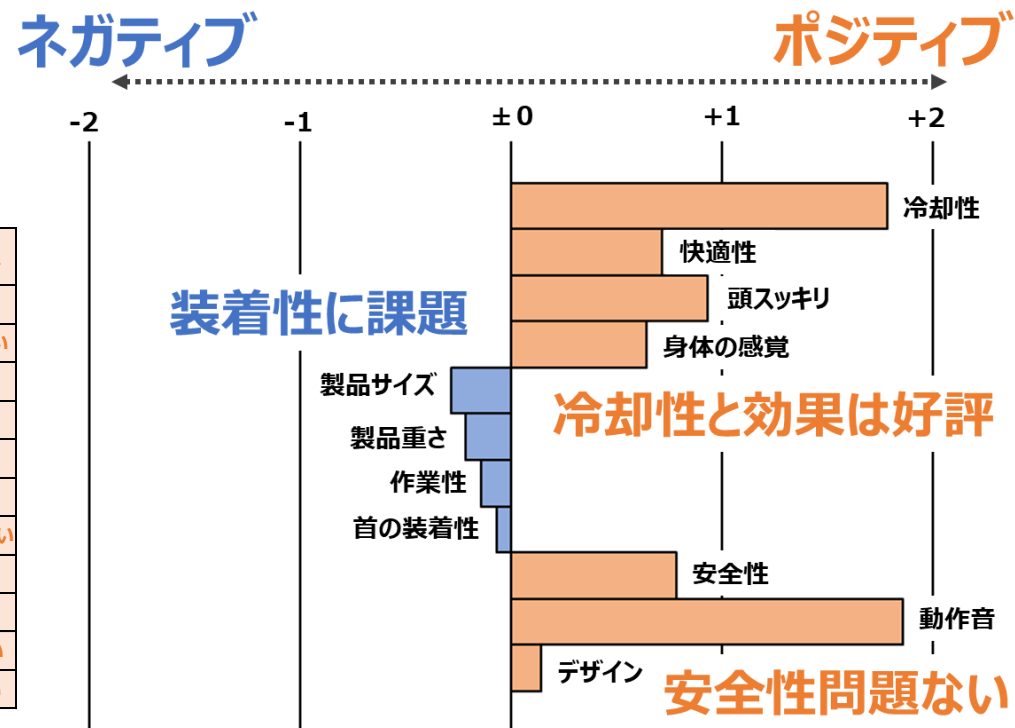
高温下の頸部冷却の有効性を説明し、ウェアラブルエアコンの現場暑さ対策として優位性をPRする**技術講演会**を開催



- ①熱中症治療として頸部冷却は医療分野で良く使用される
- ②頸部冷却は、**パフォーマンスや認知作業向上、温熱感覚改善**
→ **作業効率向上、安心安全快適な労働現場へ**
- ③他の暑さ対策に頸部冷却を加え、総合的な熱中症予防対策に期待

- ・7段階評価アンケート(SD法)
- ・使用感のヒアリング

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	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	ボーつとする								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	かつこ悪い								かつこいい



24年モデルの改良点

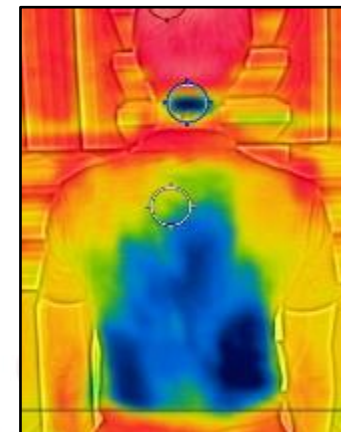
- ソフト制御の改良 → 涼感性持続、長時間動作
- 装備品の改良 → 胴体冷却、フルハーネス対応

▶ 川崎市現場の暑さ対策として展開

メッシュベスト



保冷剤

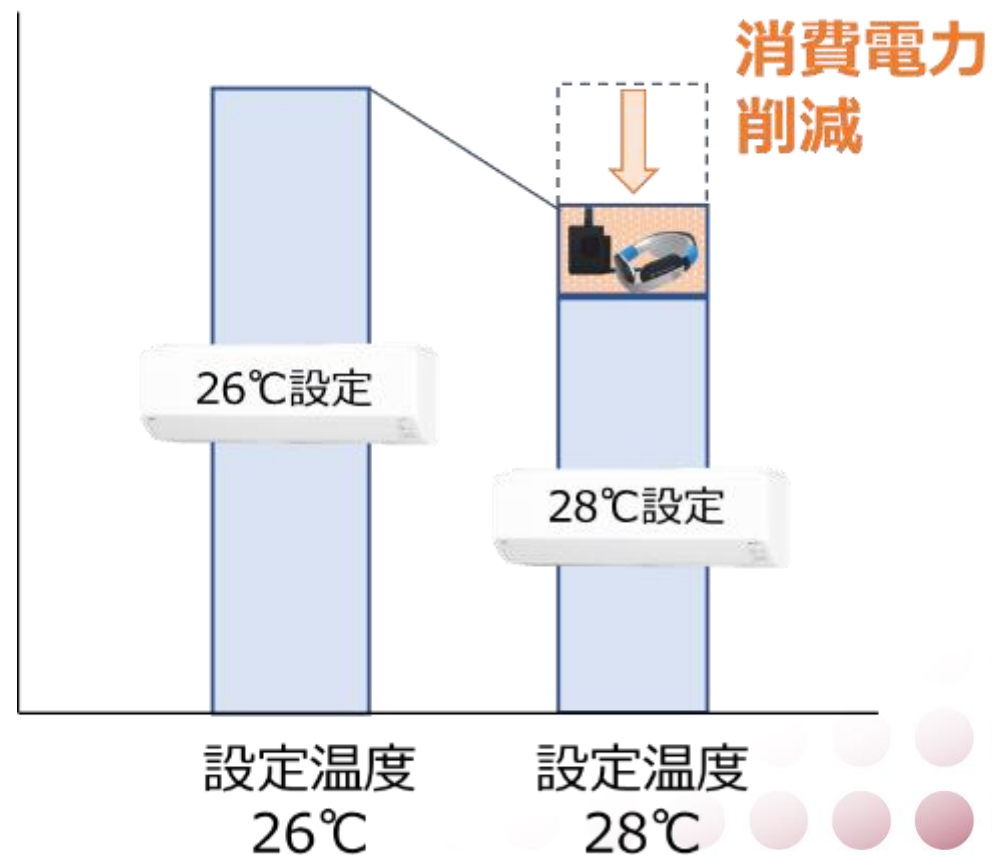


1. 川崎市共同研究スタートまでの経緯と研究概要
2. 川崎市労働現場における暑さ対策の有効性の検証実験
- 3. 空調併用による電力削減効果の検証実験（脱炭素）**
4. 川崎市連携による様々な社会貢献活動
5. 今後の取り組み

01 頸部冷却/加熱時の 体感温度変化の検証



02 空調節電調整による 電力削減率の算出



屋内冷房モードソフトウェアを改良し、**約32%** 省エネ化

冷房モード	前回モデル 消費電力	省エネ改良 消費電力
酷暑モード	約16.1W	約15.9W (▲1.2%)
屋外モード	約11.8W	約11.6W (▲1.7%)
屋内モード 省エネ	約8.2W	約5.6W (▲32%)

暖房モード	消費電力
強モード	約5.0W
中モード	約4.5W
弱モード 省エネ	約4.0W

省エネ実験で使用

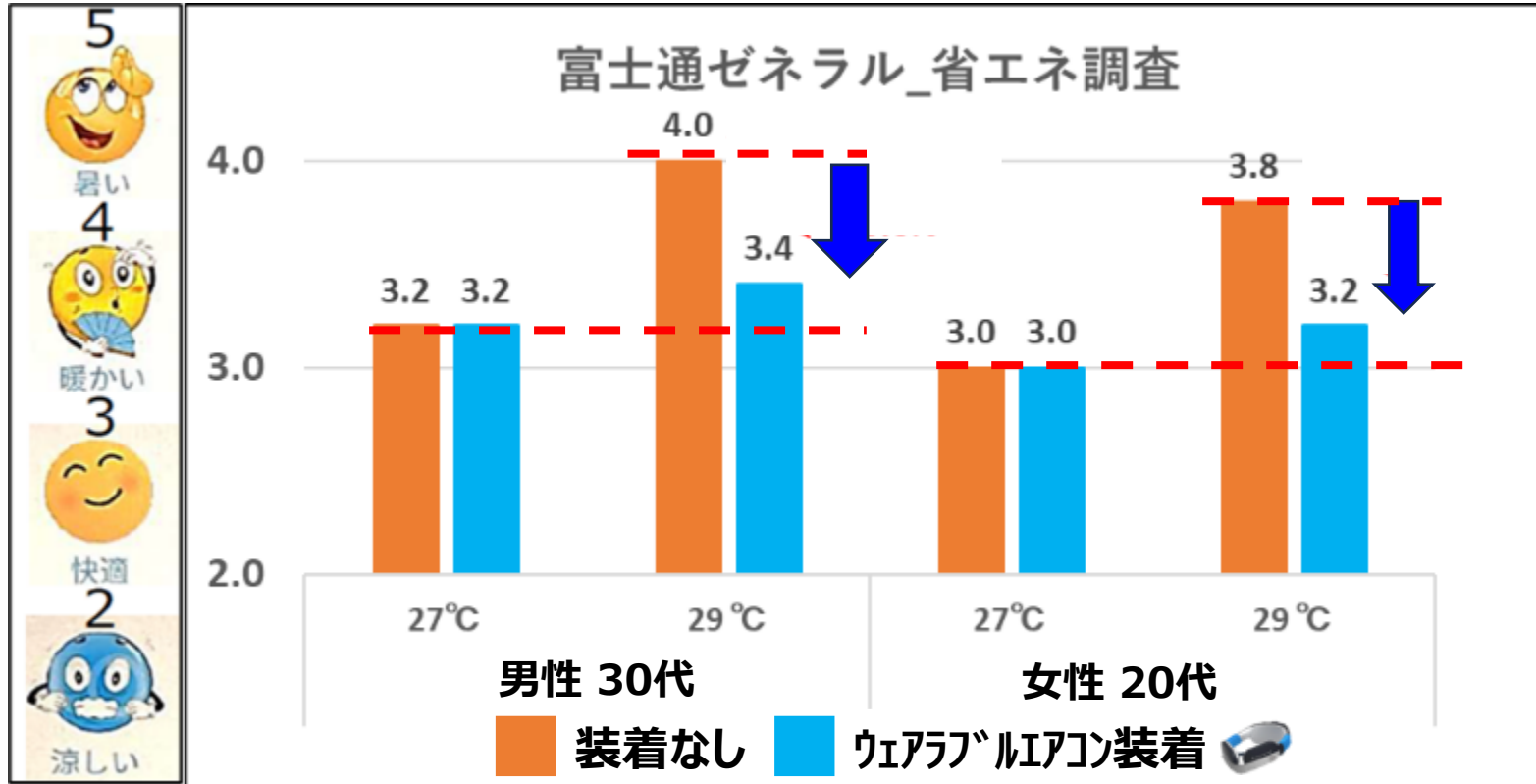
〈消費電力量の測定〉



01 頸部冷却時の体感温度変化の検証

冷房検証：27℃と29℃環境で、頸部冷却なしとありの体感温度を比較

▶ 29℃時に頸部冷却をすると、**体感温度が快適**(主観)に近づく



冷房テスト 環境27/29℃

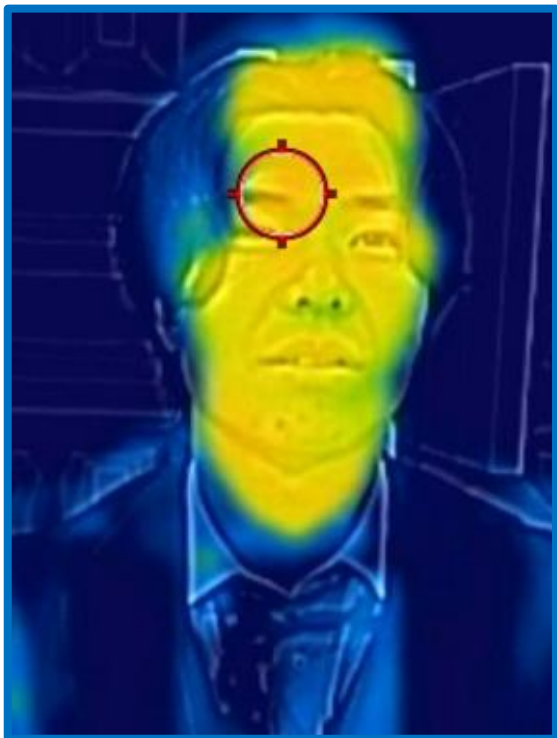
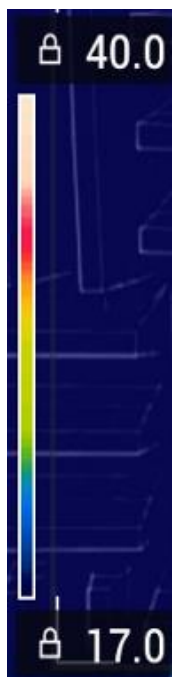


01 頸部加熱時の体感温度変化の検証

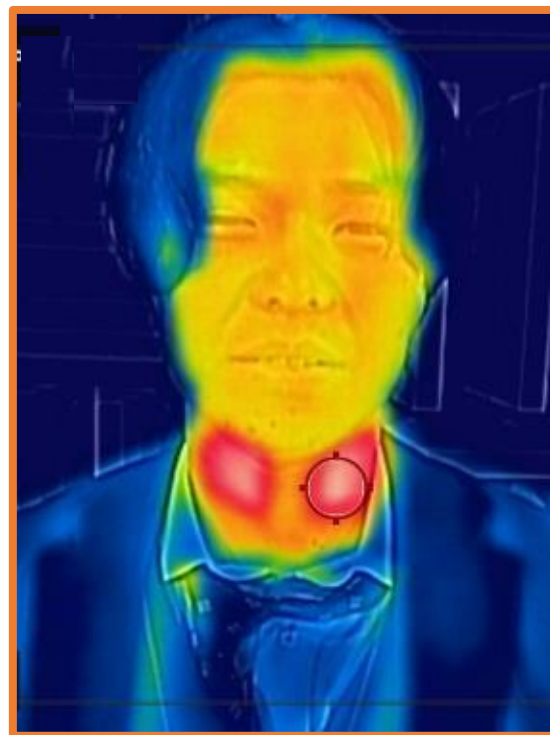
暖房検証：18℃環境下で頸部加熱した時の効果（サーモビューア）

- ▶ 頸部加熱により18℃環境でも**肌寒さが軽減**した（体感）

頸部加熱なし



頸部加熱あり
省エネモード(39℃)



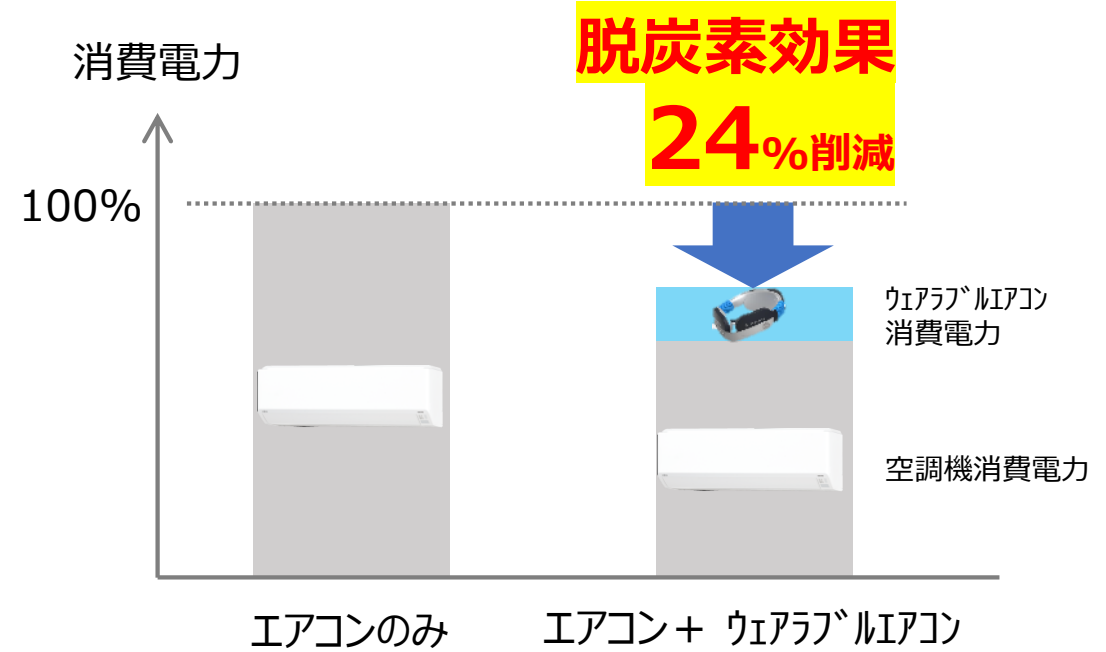
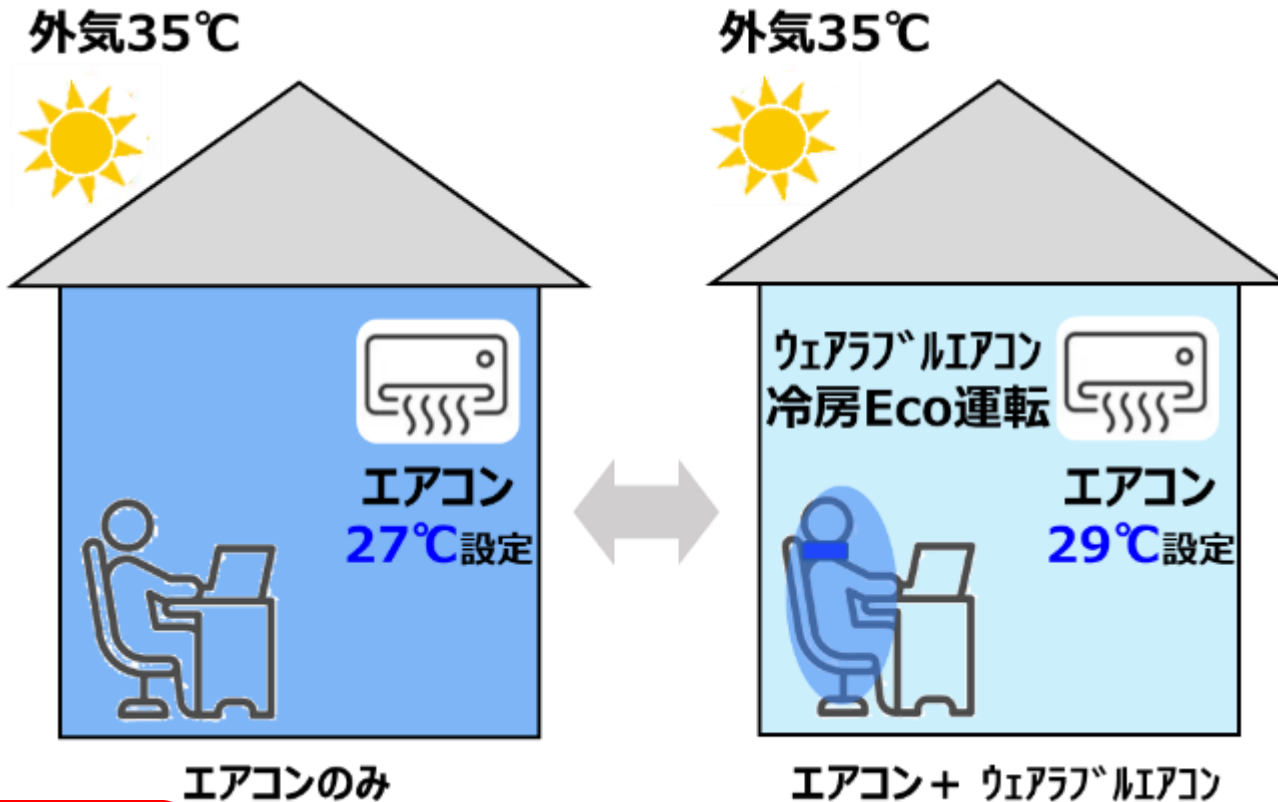
暖房テスト 環境18℃



02 冷房時の電力削減率

冷房時脱炭素効果の算出（理論計算）

夏場、エアコンで過ごした場合に対して、温冷感（安定時）が同じになる条件として、エアコンで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°C、室内温度27°C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°C、室内温度29°Cを維持するために必要な空調負荷を一次近似で算出

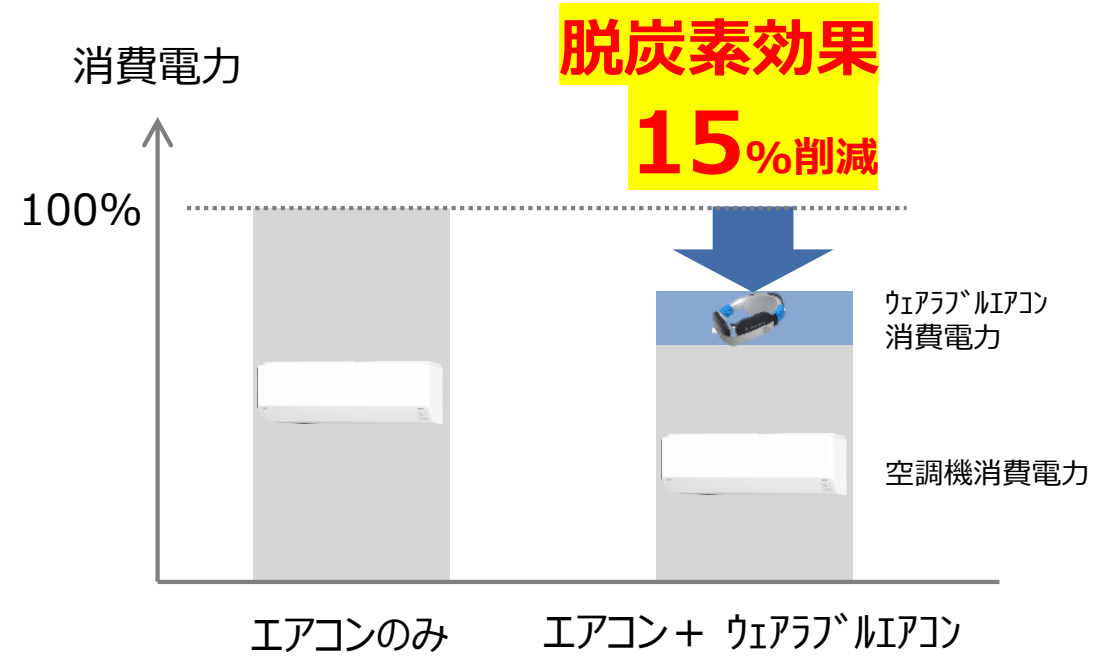
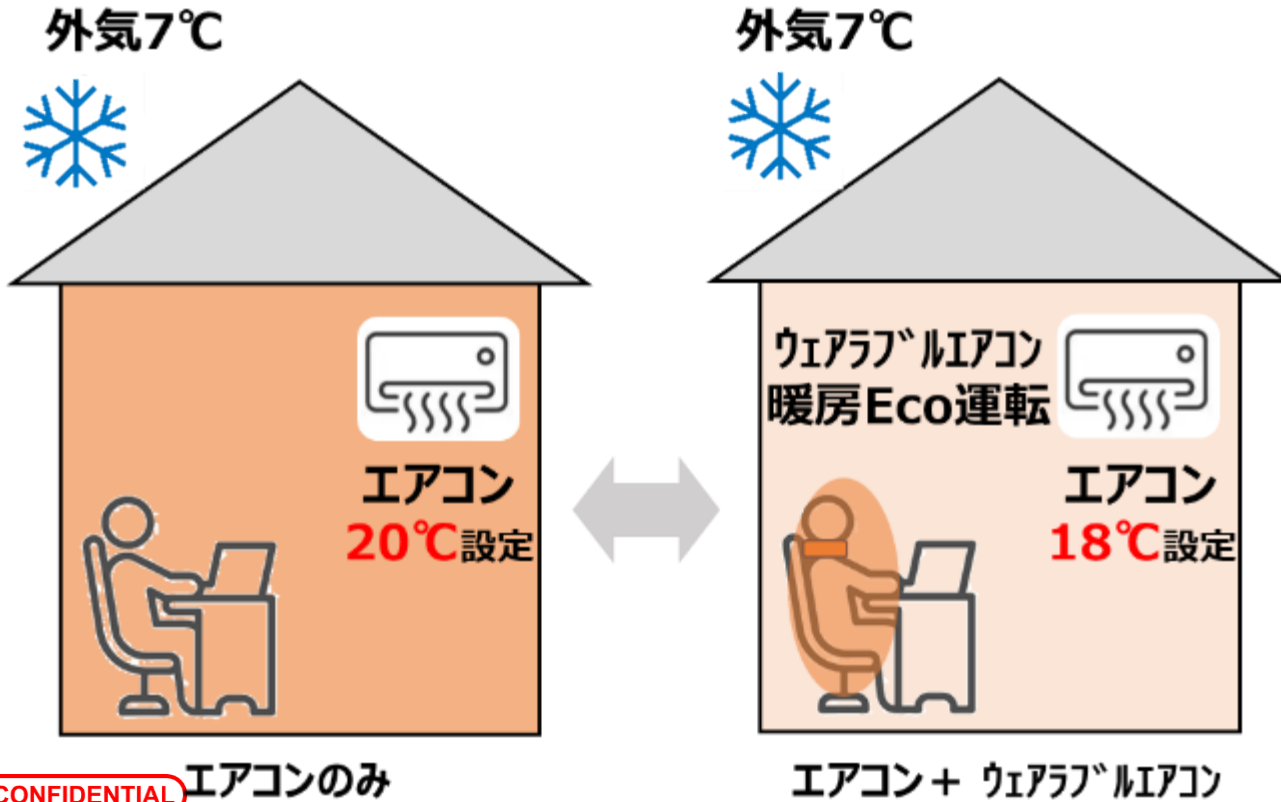
※3 ウェアラブルエアコンの消費電力の分が全て熱となって加わるものと仮定

※4 省エネモードを使用した際の消費電力

02 暖房時の電力削減率

暖房時脱炭素効果の算出（理論計算）

冬場、エアコンで過ごした場合に対して、温冷感（安定時）が同じになる条件として、エアコンでの設定温度を下げつつ、ウェア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
ウェアブルエアコン消費電力	-	4W ^{※4}
合計	1000W	851W

※1 外気温度7°C、室内温度20°C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°C、室内温度18°C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

1. 川崎市共同研究スタートまでの経緯と研究概要
2. 川崎市労働現場における暑さ対策の有効性の検証実験
3. 空調併用による電力削減効果の検証実験（脱炭素）
- 4. 川崎市連携による様々な社会貢献活動**
5. 今後の取り組み

川崎市連携による様々な社会貢献活動

夏休み多摩川教室 川崎市環境局環境総合研究所

子供と一緒にSDGsと環境について考え、自然と触れ合いながら学ぶ教育活動



技術講演会 医師・専門家参加

熱中症対策の重要性と頸部冷却効果の発信



特別授業 川崎市小学校

富士通ゼネラルの取り組み、SDGsについて学ぶ特別授業



川崎国際環境技術展

2023年11月開催の展示会で当社の取り組みを発信



1. 川崎市共同研究スタートまでの経緯と研究概要
2. 川崎市労働現場における暑さ対策の有効性の検証実験
3. 空調併用による電力削減効果の検証実験（脱炭素）
4. 川崎市連携による様々な社会貢献活動
- 5. 今後の取り組み**

1. 共同研究成果のフィードバック、製品サービスの向上

- 24年モデル、新モデル製品へ展開済
- 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
- 2年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. 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. 猛暑・防寒対策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
- **災害時の猛暑・防寒対策としての提案（被災地支援）**

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



FUJITSU

富士通ゼネラル

- 共に未来を生きる -