

# 令和3年度国民参加による 気候変動情報収集・分析委託業務 成果報告

# 成果報告内容

## (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案

### ア 農業分野「府内産農産物における将来の気候変動影響に関する情報収集」

- ① 将来気候データより、亜熱帯果樹の経営指標を推計し、栽培可能性を検討
- ② もも・いちじくへの影響の情報を収集し、府内で顕在化する時期の推測  
これらに関する他県の対策マニュアルの導入可否を検討
- ③ 水稻高温耐性品種について白未熟粒発生に関する将来予測

### イ 健康分野「屋外作業における暑熱ストレス軽減に関する情報収集」

- ① 将来気候データにより屋外作業時の暑熱環境悪化を予測
- ② 屋外作業者に実際の屋外作業において暑熱ストレス軽減技術  
(ファン付き作業着や水冷式作業着、冷却スプレー等)の効果を検証
- ③ 上記のストレス軽減技術について機器測定によるデータ収集

## (2) 収集した情報や将来予測の妥当性の確認

成果について有識者委員による検討会にて妥当性を確認

ア「農業分野」(R3.7.6、R3.12.21) イ「健康分野」(R3.6.28、R4.1.18)

## (3) 公表・普及啓発

- ・ア「農業分野」とイ「健康分野」それぞれの成果のリーフレットを作成・配布
- ・農業団体及び建設団体へ向けた成果報告会を令和4年3月に開催
- ・ホームページへの掲載

## (4) 報告会の実施 キックオフミーティング(R3.6.29)、中間報告会(R3.12.3)、成果報告会(R4.3.10)

(1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
ア 農業分野「府内産農産物における将来の気候変動影響に関する情報収集」

## ①亜熱帯果樹の将来の経営指標（マンゴー）

大阪府内のマンゴー栽培の期間の仮定

### 情報収集

近畿大学  
宮崎県総合農業試験場  
大阪府内マンゴー生産者

10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
新梢成長		花芽分化	出蕾		開花		果実肥大		収穫	せん定	
		加温期間									
		最低気温 5℃以上			最低気温 10～20℃以上						



### 将来予測の計画

- メッシュ農業気象データから現在気候および将来気候の気温情報を入手。
- 加温期間の必要温度以下となる時間から燃料消費時間を計算し、  
燃料消費時間×重油ボイラの燃費から燃料費を推測。

### 将来予測の結果

- 将来気候の最低気温は、RCP2.6で平均0.6℃、RCP8.5で平均1.3℃上昇。
- 将来気候の燃料費は、RCP2.6で平均30万円、RCP8.5で平均75万円減少。

- (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
ア 農業分野「府内産農産物における将来の気候変動影響に関する情報収集」

## ①亜熱帯果樹の将来の経営指標 (アボカド)

### 情報収集 文献

鹿児島県や和歌山県、愛媛県で露地栽培の実績あり。大阪府内でも露地で栽培可能。

#### ■成木の耐寒性評価

- ・メキシコウラ：  $-7^{\circ}\text{C}$
- ・**ベーコン、フェルテ**：  $-6^{\circ}\text{C}$
- ・ハス、ピンカートン：  $-3^{\circ}\text{C}$

放射冷却を考慮すると  $-3^{\circ}\text{C}$  以下は避ける。  
ハウスでの栽培時は**耐暑性**も考慮する。

#### ■その他の気温の影響

- ・**収穫後の追熟時（主に12月頃）に  $4.5^{\circ}\text{C}$  以下に遭遇すると変色する。**
- ・蕾を形成する3月に遅霜に遭遇すると開花しない。

### 将来予測の計画

1. メッシュ農業気象データから現在と将来気候の気温を入手。
2. 成木の耐寒性の基準となる  $-3^{\circ}\text{C}$  以下に遭遇する日数を計算。  
追熟時の変色の要因となる  $4.5^{\circ}\text{C}$  以下に遭遇する日数を計算。

### 将来予測の結果

1.  $-3^{\circ}\text{C}$  以下に遭遇する日数は、RCP2.6、RCP8.5ともに約0.7日／月存在。  
突発的な低温に備えた凍害対策が必要。
2.  $4.5^{\circ}\text{C}$  以下に遭遇する日数は、RCP8.5でも約15日／月存在。  
追熟時に寒さに当たらないように注意が必要。



- (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
ア 農業分野「府内産農産物における将来の気候変動影響に関する情報収集」

## ①亜熱帯果樹の将来の経営指標（その他）

### 情報収集 国際農研

#### ■パパイア

- ・ 4月に定植、8月下旬から12月中旬まで収穫する1年1作体系の青パパイアは、千葉県等でトンネル被覆やマルチ利用により栽培実績があり、大阪府内でも栽培可能。
- ・ 生育適温は25 ～ 30℃で、14℃以下になると新葉の生育が停止。
- ・ 開花結実には22 ～ 25℃が最適で、26℃以上で落花が増加。



#### ■パッションフルーツ

- ・ 本州では、露地でも1年1作体系の栽培が可能とされており、大阪府内でも露地で栽培可能。
- ・ 成木は短時間なら-2℃の低温にも耐えるが、13℃以下で生育が停止。
- ・ 花芽分化及び発育の適温は13 ～ 25℃、30℃以上で開花、結実が抑制。
- ・ 夏場の高温への耐性が高い品種として、サニーシャインを国際農研が品種登録。



#### ■ドラゴンフルーツ

- ・ 熊本県等で栽培の実績があるので、大阪府内でも無加温ハウスで栽培可能。
- ・ 生育適温は18 ～ 25℃（短時間なら0℃の低温に耐える）。
- ・ 日長12時間以上、気温20℃以上になると周期的に開花。
- ・ 10℃以下で果実に障害が発生。



(1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
ア 農業分野「府内産農産物における将来の気候変動影響に関する情報収集」

## ②ももへの将来影響予測

**情報収集** 大阪府泉州農と緑の総合事務所等 **岸和田市(包近)の主要品種と収穫期**

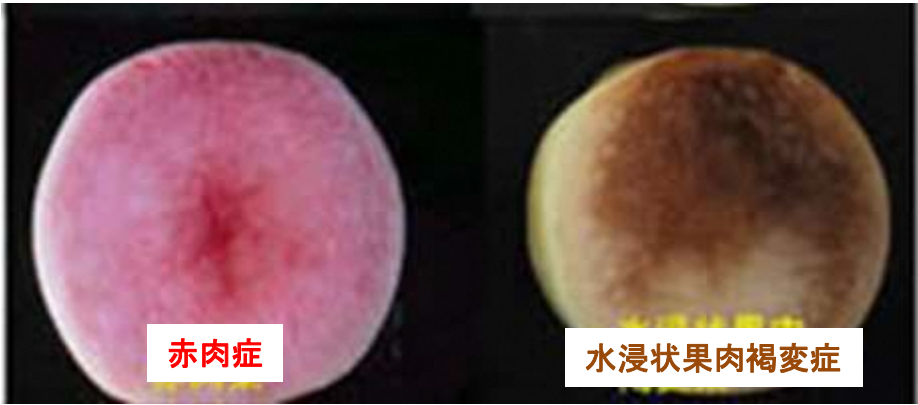
- ・ 清水白桃 : 岡山県で赤肉症が発生しやすい品種  
平均気温で0.6~0.8℃、  
最高気温で約1.5℃高い条件で多発。
- ・ 川中島白桃 : 和歌山県で水浸状果肉褐変症が  
発生しやすい品種

6月		7月		
中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
はな よめ	日川 白鳳	白鳳	清水白桃 川中島白桃	まさひめ

岡山の収穫期（7月下旬）の平均気温は、大阪の収穫期（7月中旬）よりも1.8℃高い。  
和歌山の収穫期の平均気温は、大阪の収穫期の平均気温よりも0.9℃低い。

### 将来予測の計画

1. メッシュ農業気象データから  
現在と将来気候の気温を入手。
2. 6~7月の旬別の平均気温から  
赤肉症発生の危険性を評価。



### 将来予測の結果

1. 将来気候の7月中旬の平均気温は、RCP2.6で1.7℃、RCP8.5で1.5℃上昇。  
赤肉症発生の危険性が高くなると予測。

機能性果実袋、透水性マルチシート等の果肉障害対策を提案



- (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
ア 農業分野「府内産農産物における将来の気候変動影響に関する情報収集」

## ②いちじくへの将来影響予測

**情報収集** 兵庫県立農林水産技術総合センター等

■ 凍霜害発生の危険が高い最低気温 (兵庫県のデータ)

2月前半	2月後半	3月前半	3月後半
-5.5℃	-4.0℃	-2.5℃	-0.5℃

休眠期と発芽期で耐凍性が大きく変化。

⇒発芽が早期化すると危険性が増加。



### 将来予測の計画

1. メッシュ農業気象データから現在気候および将来気候の気温情報を入手。
2. 3月の平均気温から発芽の早期化を予測。
3. 発芽の早期化を前提として危険性を評価。



### 将来予測の結果

1. 3月の平均気温は、RCP2.6で平均1.0℃、RCP8.5で平均1.7℃上昇。
2. 発芽は、RCP2.6で平均5日、RCP8.5で平均9日早期化。
3. 凍霜害発生の危険が高い最低気温以下となる確率は、  
現在気候の10～20年に1日から、RCP2.6で約2～7年に1日に増加

稲わら被覆、アルミ蒸着被覆等の凍霜害への対策を提案

- (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
ア 農業分野「府内産農産物における将来の気候変動影響に関する情報収集」

## ③水稲の白未熟粒の発生予測

情報収集 国立環境研究所

出穂後の平均気温から白未熟粒の発生率を予測する式

$$I = \max\{0, k_T(T_{20} - T_{crit})\}$$

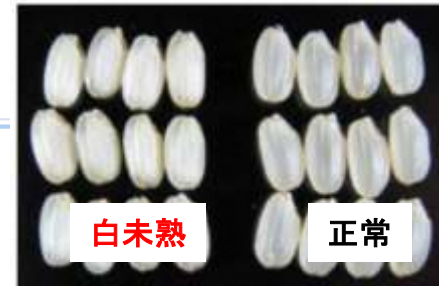
Yuji Masutomi et al 2019 Environ. Res. Commun. 1 121003

I: 白未熟粒発生率

$k_T$ : 温度依存の発生率係数

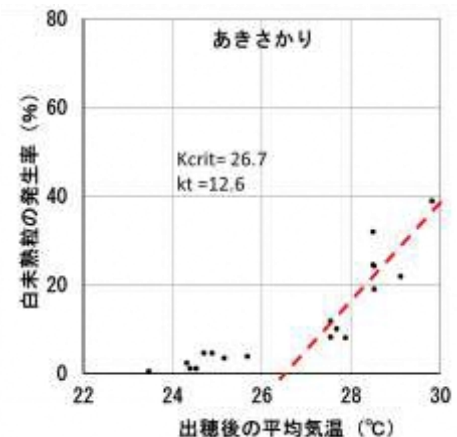
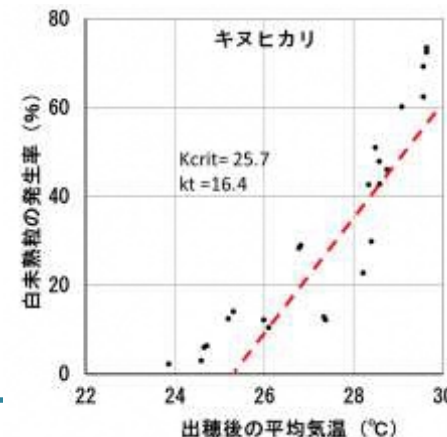
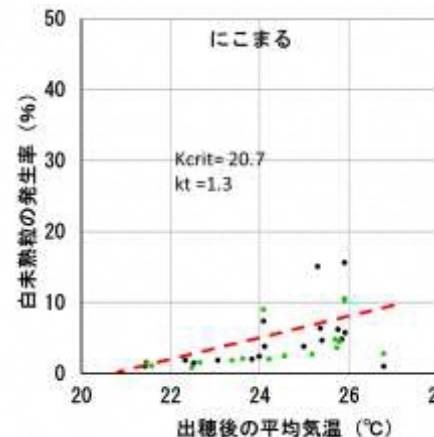
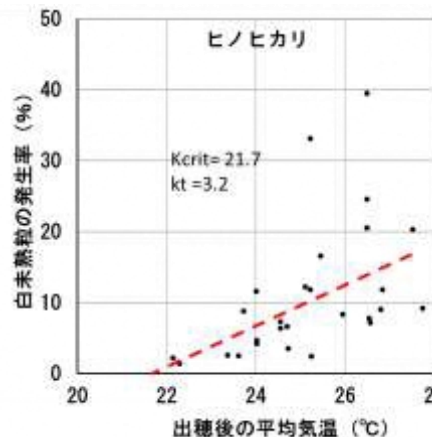
$T_{20}$ : 出穂後20日間の平均気温

$T_{crit}$ : 発生閾値温度



### 将来予測の計画

1. (地独) 大阪府立環境農林水産総合研究所の栽培試験データを入手。
2. 出穂後の平均気温から白未熟粒の発生率を予測する式を作成。
3. メッシュ農業気象データから現在気候および将来気候の気温情報を入手。
4. 予測式を用いて将来の発生率を予測。



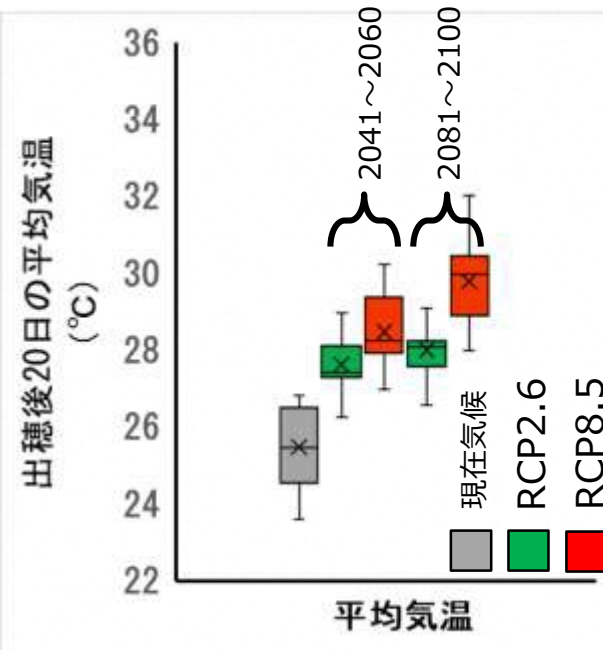


- (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
ア 農業分野「府内産農産物における将来の気候変動影響に関する情報収集」

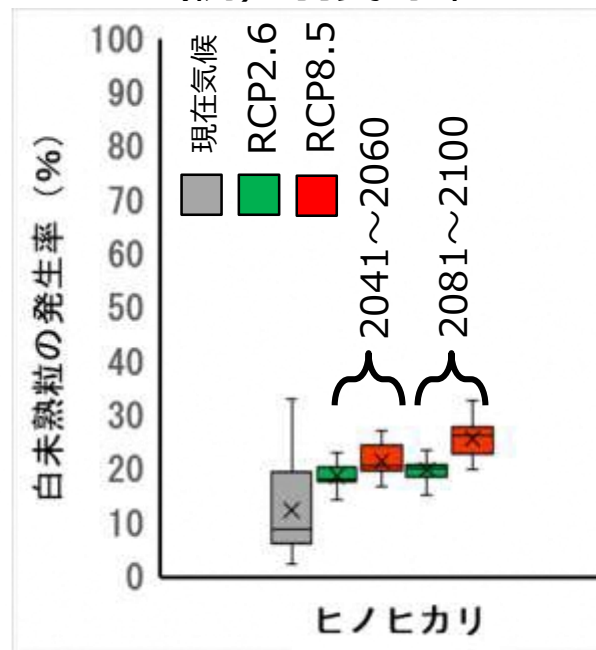
### ③水稲の白未熟粒の発生予測

#### 将来予測の結果

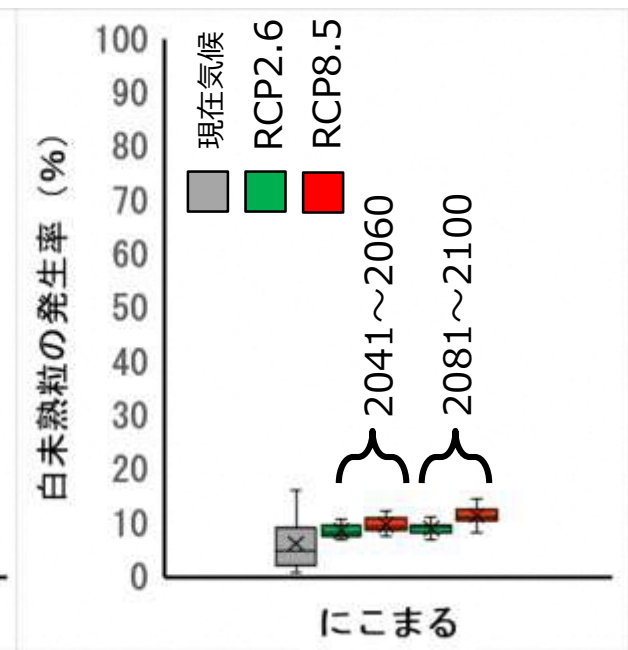
(例) 羽曳野市



出穂後の平均気温は  
RCP2.6で約2.1℃、  
RCP8.6で約2.8℃上昇。



ヒノヒカリにおける  
白未熟粒の発生率は  
RCP2.6で約8%、  
RCP8.6で約12%増加。



にこまるにおける  
白未熟粒の発生率は  
RCP2.6で約3%、  
RCP8.6で約5%増加。

他の試験栽培地の計4品種について、同様の評価を実施。

高温耐性品種導入  
の効果を確認。

- (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
イ 健康分野「屋外作業における暑熱ストレス軽減に関する情報収集」

## ①将来のWBGTの予測

### 情報収集 国立環境研究所

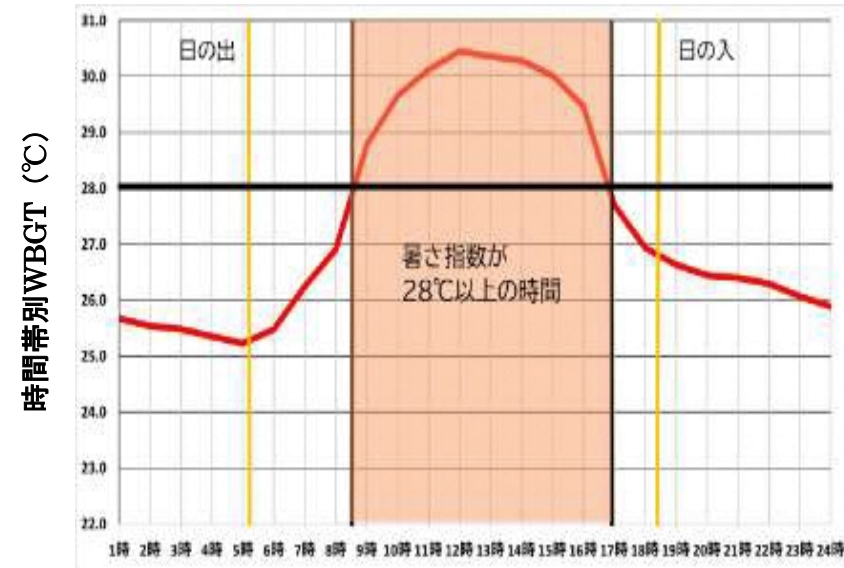
#### ■大阪の2020年8月の時間WBGT

2020年8月は、WBGTが28℃（厳重警戒）を超える時間が日中の大部分を占めた。

#### ■大阪の2090年代8月の時間WBGT

将来気候（2090年代）における8月のWBGTはRCP2.6では、日中のほとんどで28℃を超え、RCP8.5では、夜間でさえも28℃を超えると予測されている。

Takakura, J., Fujimori, S., Takahashi, K. et al. Int J Biometeorol 63, 787–800 (2019)



2020年8月の時間帯別WBGTの平均値 (大阪)

### 将来予測の計画

1. 国立環境研究所からWBGT時間値の将来予測データを入手。
2. 労働時間帯別にWBGTが厳重警戒（28℃以上）となる時間で評価。

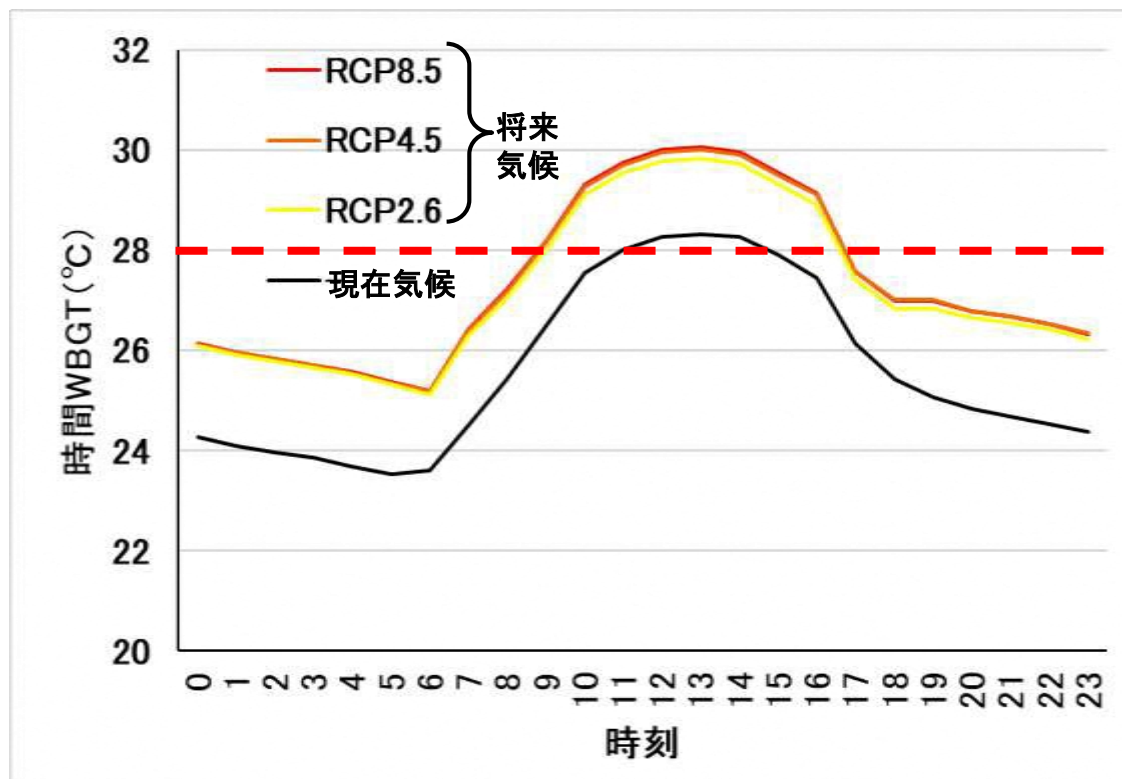
- (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
イ 健康分野「屋外作業における暑熱ストレス軽減に関する情報収集」

## ①将来のWBGTの予測

### 将来予測の結果

現在気候（2001～2010年）と比較して、将来気候（2041～2060年）では、WBGTが28℃を超過する時間が2.0～2.6時間増加すると予測。

⇒屋外作業における熱中症のリスクが増加。





(1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
イ 健康分野「屋外作業における暑熱ストレス軽減に関する情報収集」

# ②屋外作業における暑さ対策の効果検証

情報収集(建設現場)    ■ アンケート    ■ 体温、心拍数、発汗量    ■ 周辺温度・WBGT



ファン付き  
作業着でも  
暑さが厳しい

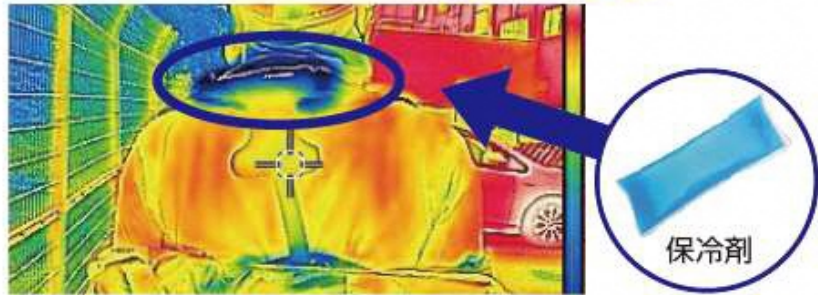


★推奨

ポータブル電源と  
保冷庫で予備の  
保冷剤を準備

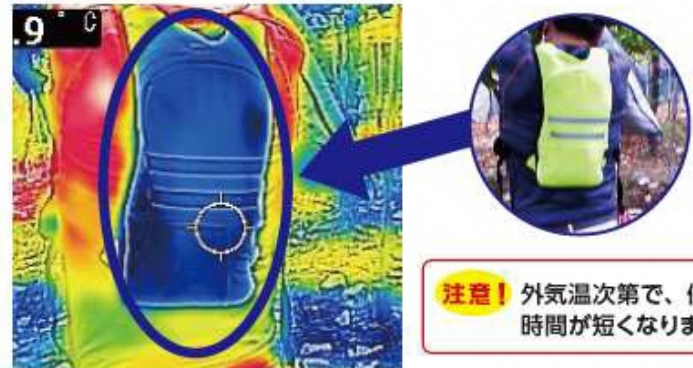


● そのようなときは  
ファン付き作業着の下に **アイスベスト** をプラス

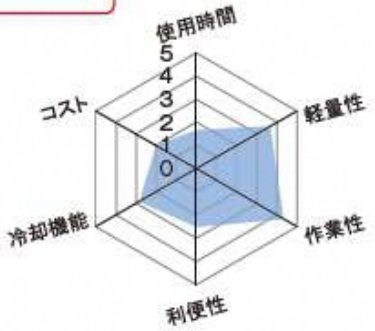
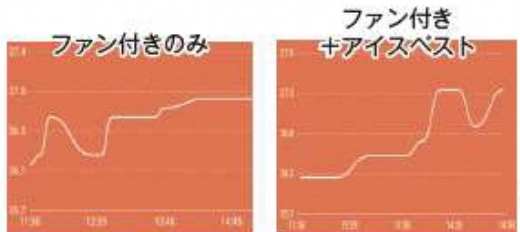


**注意!** 外気温次第で、保冷の時間が短くなります。

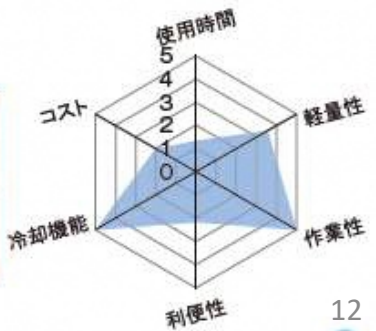
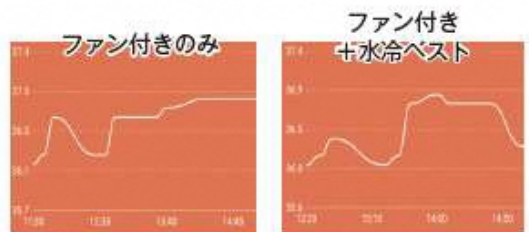
● または、冷却水を循環する **水冷ベスト** を  
プラス



**注意!** 外気温次第で、保冷の時間が短くなります。



体温の変化の例  
縦軸：(℃)、横軸：時間 以降同じ

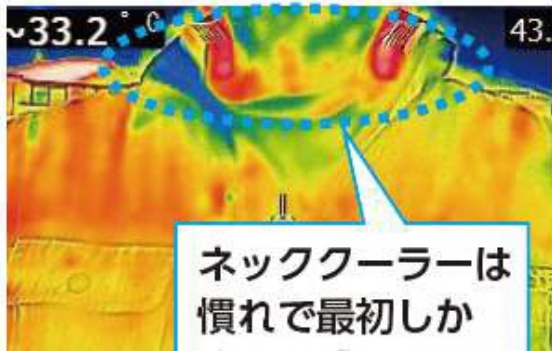


体温の変化の例

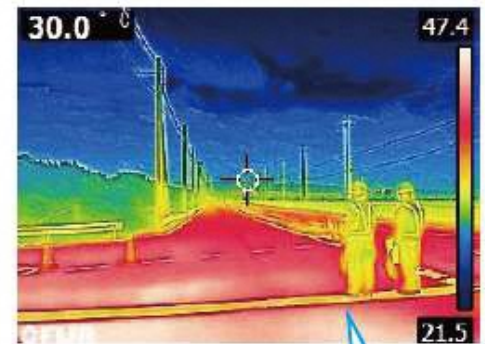
- (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
イ 健康分野「屋外作業における暑熱ストレス軽減に関する情報収集」

## ②屋外作業における暑さ対策の効果検証

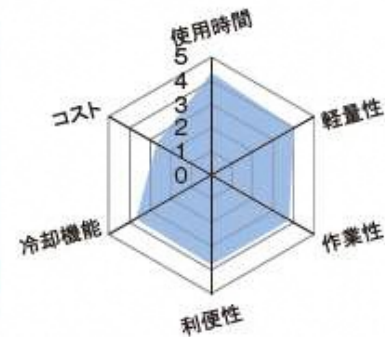
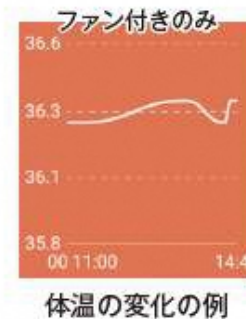
情報収集(建設現場・交通誘導) ■ アンケート ■ 体温、心拍数、発汗量 ■ 周辺温度・WBGT



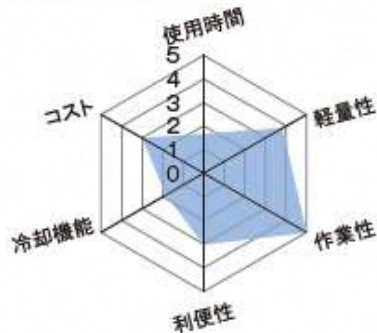
ネッククーラーは  
慣れで最初しか  
冷たく感じない



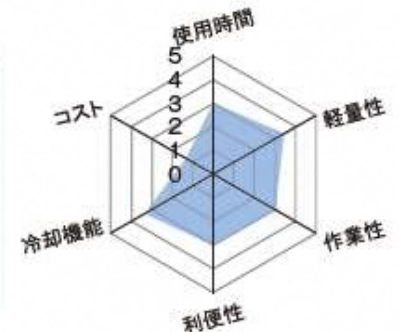
ファン付き  
作業着により  
快適に勤務



体温の変化の例



体温の変化の例





(1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
イ 健康分野「屋外作業における暑熱ストレス軽減に関する情報収集」

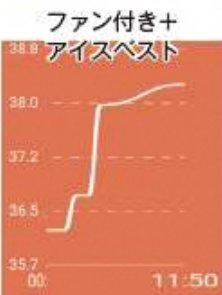
## ②屋外作業における暑さ対策の効果検証

情報収集(水稲栽培)    ■ アンケート    ■ 体温、心拍数、発汗量    ■ 周辺温度・WBGT

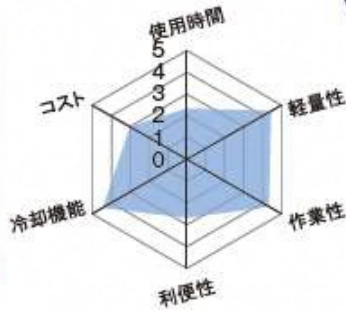
### ● 草刈り作業時



● そのようなときは、ファン付き作業着の下に  
**アイスベスト** をプラス



体温の変化の例

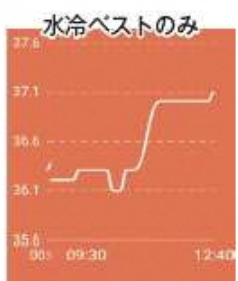


**注意!**  
外気温次第で、  
保冷の時間が  
短くなります。

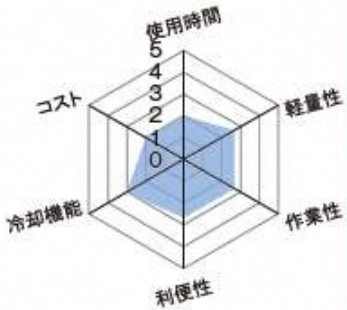
### ● 小型コンバイン操作時



● そのようなときは、冷却水を循環する **水冷ベスト** を利用



体温の変化の例



農業散布で防護服が必要など、空調服を使えない場合にも



- (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
イ 健康分野「屋外作業における暑熱ストレス軽減に関する情報収集」

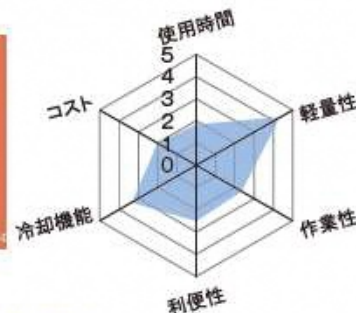
## ②屋外作業における暑さ対策の効果検証

情報収集(ぶどう栽培) ■ アンケート ■ 体温、心拍数、発汗量 ■ 周辺温度・WBGT

### ● ビニルハウス内の管理作業



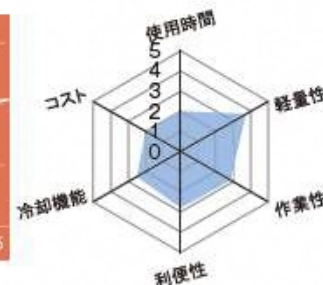
ミストにより  
冷却されるが、  
電池の持ちが  
悪い



体感温度が涼しくても、体温低下が十分でない場合もあるので、水分補給など熱中症対策は不可欠



ファン付き+  
ネッククーラー

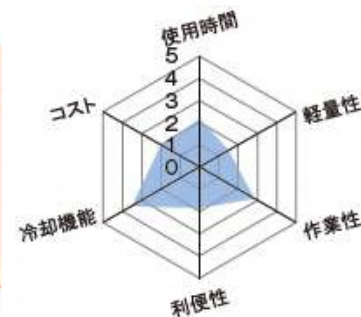


ネッククーラーは慣れで  
最初しか冷たく感じない

### ● ビニルハウス内の管理作業



水冷ベストは  
冷えるが重量が  
あるため労働  
負荷が大きい

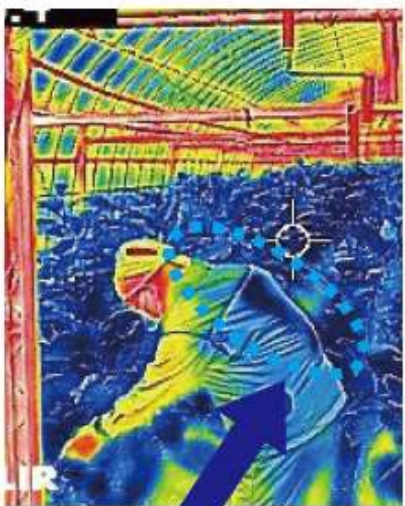




(1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
イ 健康分野「屋外作業における暑熱ストレス軽減に関する情報収集」

## ②屋外作業における暑さ対策の効果検証

情報収集(水なす栽培) ■ アンケート ■ 体温、心拍数、発汗量 ■ 周辺温度・WBGT  
● ビニルハウス内の管理作業



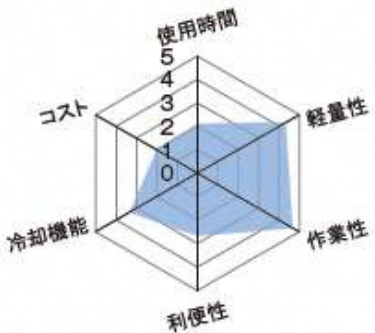
ミストファンを併用することで  
ファン付き作業着のバッテリー  
が熱くなることをミストで軽減  
できる

● ファン付き作業着の下に  
水冷ベストを併用

**注意!**  
外気温次第で、  
保冷の時間が  
短くなります。



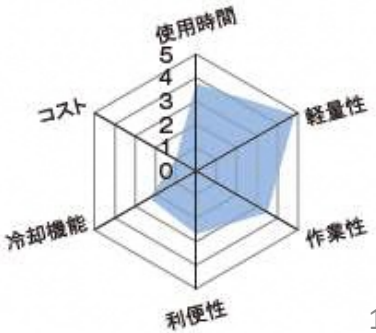
体温の変化の例



**★推奨**  
ポータブル電源と保冷库で  
予備の保冷剤を準備



体温の変化の例



(1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
イ 健康分野「屋外作業における暑熱ストレス軽減に関する情報収集」

## ②屋外作業における暑さ対策の効果検証

### 情報収集(まとめ)

凡例 ◎：すぐに導入を希望、○：導入を検討したい、△：どちらとも言えない、×：導入は困難、－：未実施

グズズ 現 場	時間帯	ファン付き作業着 +水冷ベスト	ファン付き作業着 +アイスベスト	ファン付き作業着 +ミストファン	ファン付き作業着 +ネッククーラー	水冷ベスト またはアイスベスト
建設現場	日中	○	○	－	△	－
交通誘導	日中	－	－	－	△	－
水田周囲の 草刈り	日中	○	◎	－	△	－
農薬散布・ コンバイン操作	日中	－	－	－	－	水冷ベスト◎ アイスベスト○
ぶどう園の 管理業務	午後	×	－	△	△	－
水なすハウス内 収穫作業	早朝	△	－	△	△	－

- (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
イ 健康分野「屋外作業における暑熱ストレス軽減に関する情報収集」

## ③機器測定による暑さ対策技術の評価

### 情報収集 発汗サーマルマネキンを用いた放熱量（冷却作用）の分析

#### <試験環境>

- ・30℃×50%RH 強制対流、放射熱なし
- ・35℃×50%RH 強制対流、放射熱なし

#### <発汗サーマルマネキン条件>

- ・表面温度36℃ 定温制御
- ・発汗量200g/m<sup>2</sup>/hr
- ・装備 肌着(速乾性)/作業ズボン(綿)/ベルト/靴

#### <測定内容>

- ・放熱量 1検体につき120分計測（10秒間隔）  
（胸・腹・上腕・前腕・尻・太もも・肩・背）
- ・衣服内温湿度 1検体につき120分計測（10秒間隔）  
（前身1か所 後身1か所）

#### <試験区>

対照区 ファン付き作業着 ファンOFF

試験区① ファン付き作業着 ファンON

試験区② ファン付き作業着 ファンON+アイスベスト

試験区③ ファン付き作業着 ファンON+水冷ベスト



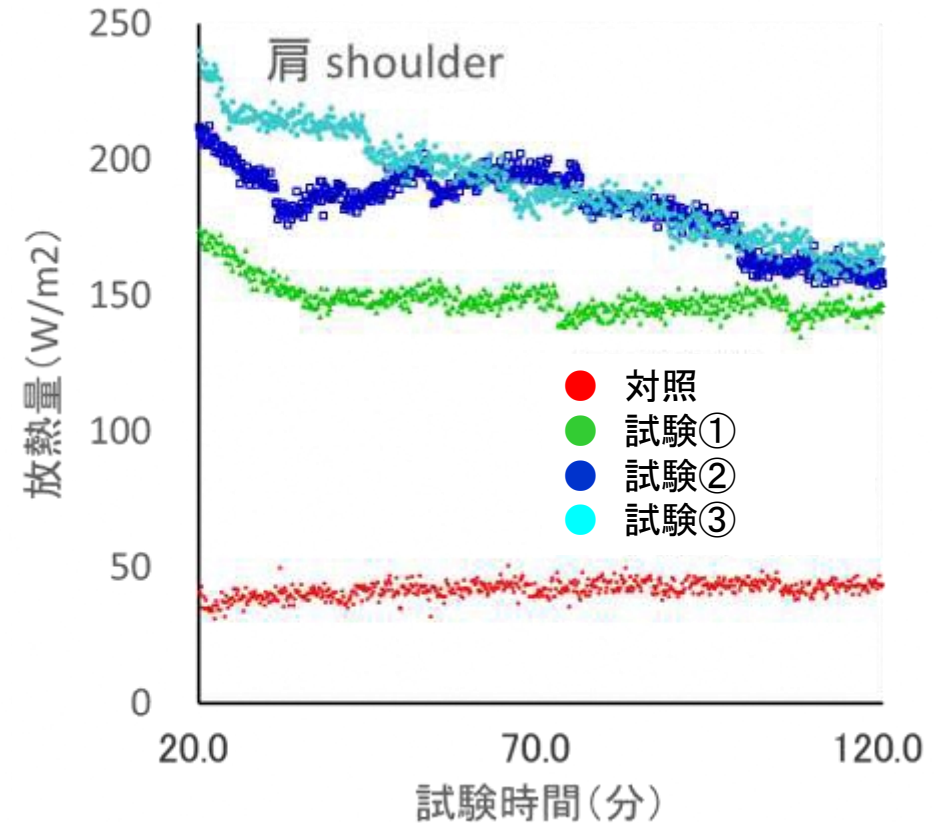
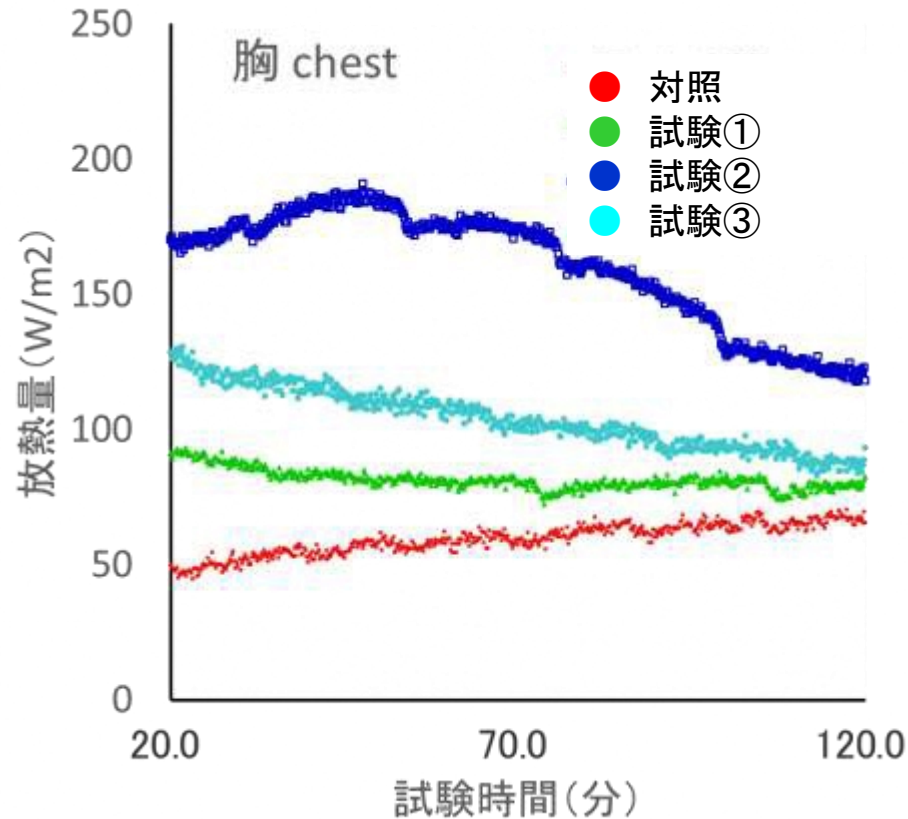
ユニチカガーメンテック社の試験室を利用



- (1) 地域にとって優先的に対応が求められる気候変動影響に係る情報の収集および計画の立案  
イ 健康分野「屋外作業における暑熱ストレス軽減に関する情報収集」

### ③機器測定による暑さ対策技術の評価

情報収集 発汗サーマルマネキンを用いた放熱量（冷却作用）の分析（35℃）



- 対照 ファン付き作業着 ファンOFF
- 試験① ファン付き作業着 ファンON : 放熱量は対照区より大きい。部位により異なる。
- 試験② ファン付き作業着 ファンON+アイスベスト : 「胸」で放熱量が最も大きい。時間とともに放熱量が減少。
- 試験③ ファン付き作業着 ファンON+水冷ベスト : 「肩」で放熱量が最も大きい。時間とともに放熱量が減少。

# おわりに

## ○2カ年の実施で得られたこと

(農業分野) 将来予測に関するノウハウ

予測データの入手から加工

(健康分野) 暑さ対策技術の知見

暑熱ストレスに関連する測定技術

## ○苦労した点

専門的な知見の習得

(主担当の専門は食品)

事業への協力者のアプローチ

## ○今後のセンター活動(事業成果の活用)

- ・大阪府の単独事業によりセミナー等を開催
- ・環農水研における適応関連の研究開発を促進
- ・他の分野の将来予測への応用

# 謝辞

---

有識者検討会の委員の皆様、  
各種ヒアリングに協力いただいた皆様、  
予測モデル等の情報をいただいた皆様、  
暑さ対策技術の現地実証に協力いただいた皆様、  
機器利用にご協力いただいた皆様、  
当研究所の皆様、  
心から御礼申し上げます。