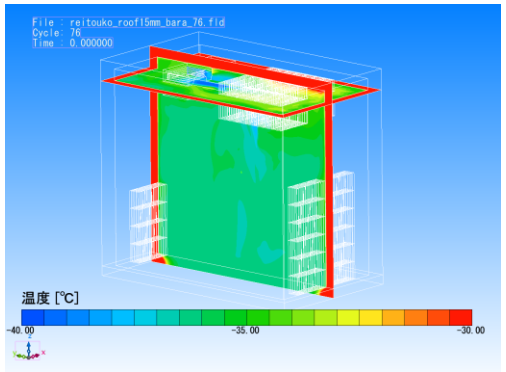
2025.3.7
青森産技工業部門
成果発表会

省エネルギー型食品保存用
高精度恒温冷凍保管システムの開発と事業化

大青工業株式会社 IoT担当 主任　米塚明央
工業総合研究所電子情報技術部 主任研究員 古川元

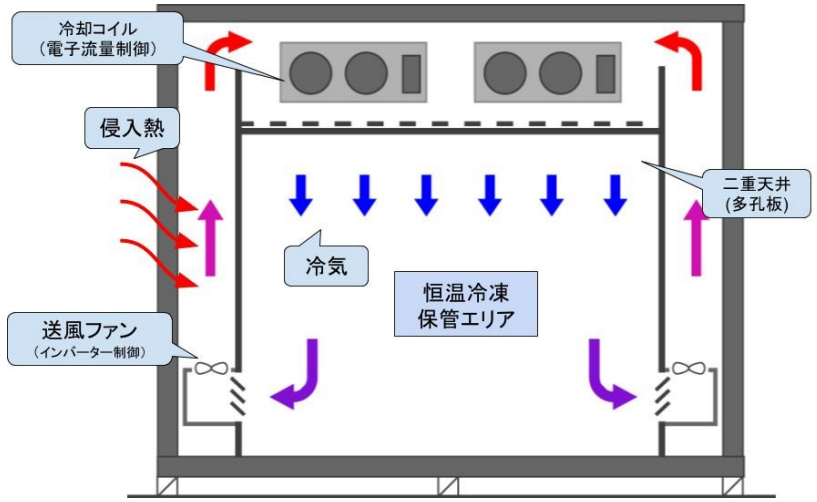


共同研究概要

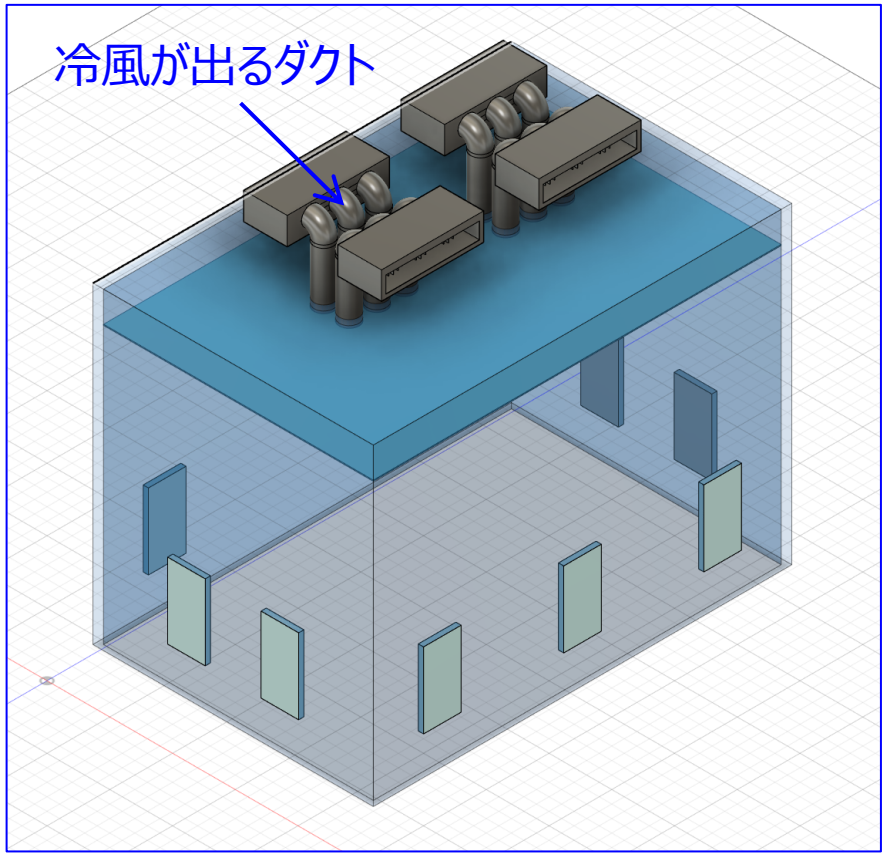
均温化技術とAI・IoT技術を組み合わせることで、**最小のエネルギー投入量で保存期間の延長を実現する**高精度恒温冷凍保管システムを開発

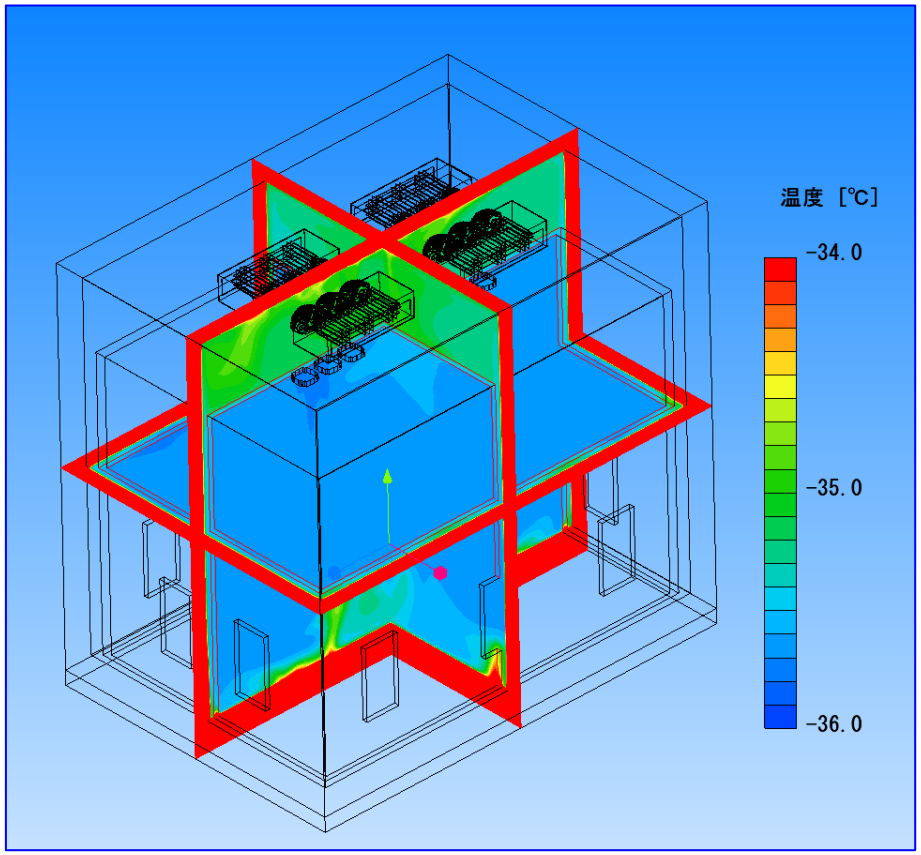
大青工業：機器設計、施工、制御プログラム開発、試運転、性能評価

工総研：IoTセンサ等選定、試作、シミュレーションによるレイアウト検討



恒温庫内の熱流体解析

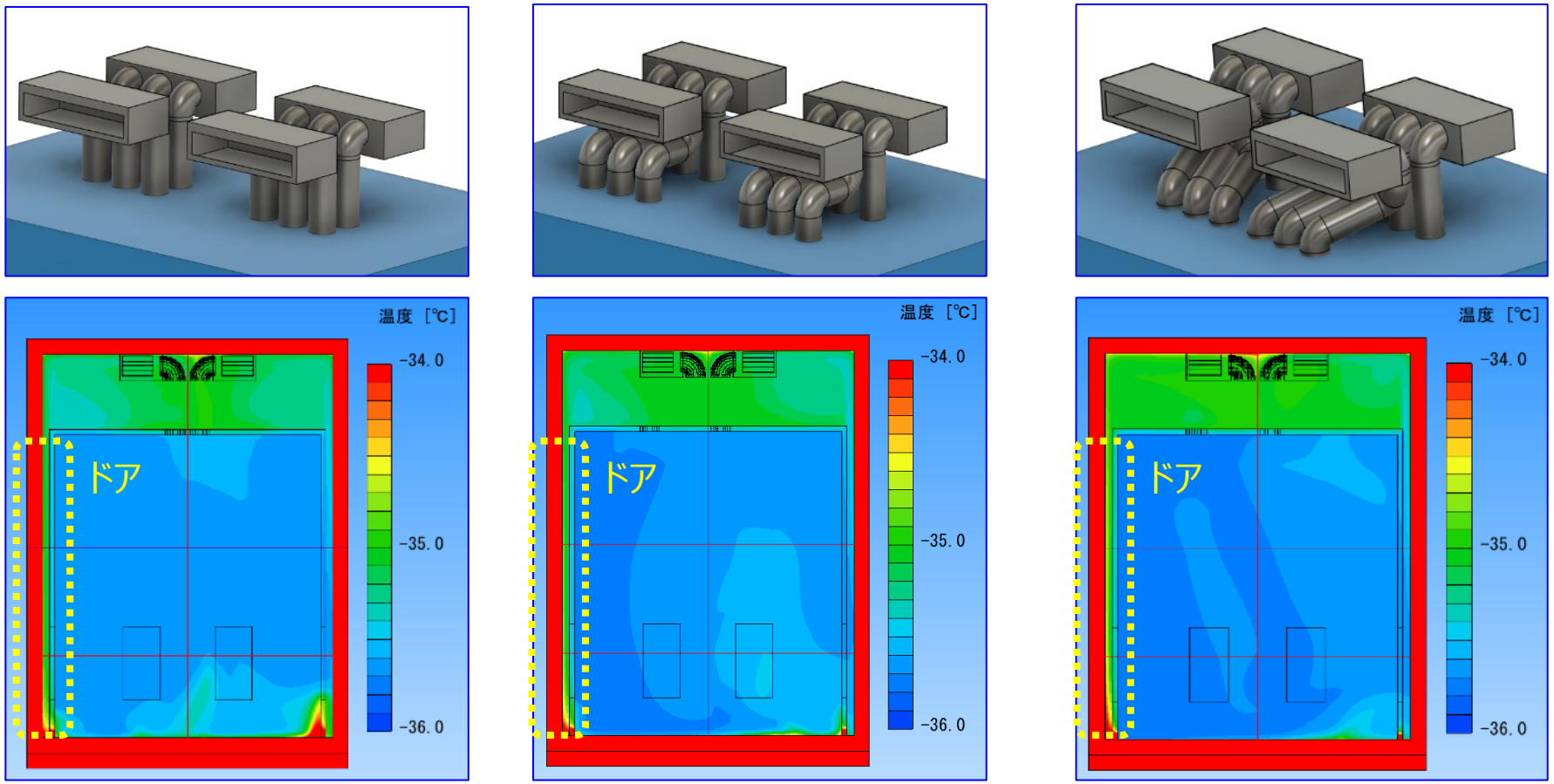




図面をもとに3Dモデル化

物性値等の条件を設定し解析
→温度分布を表示

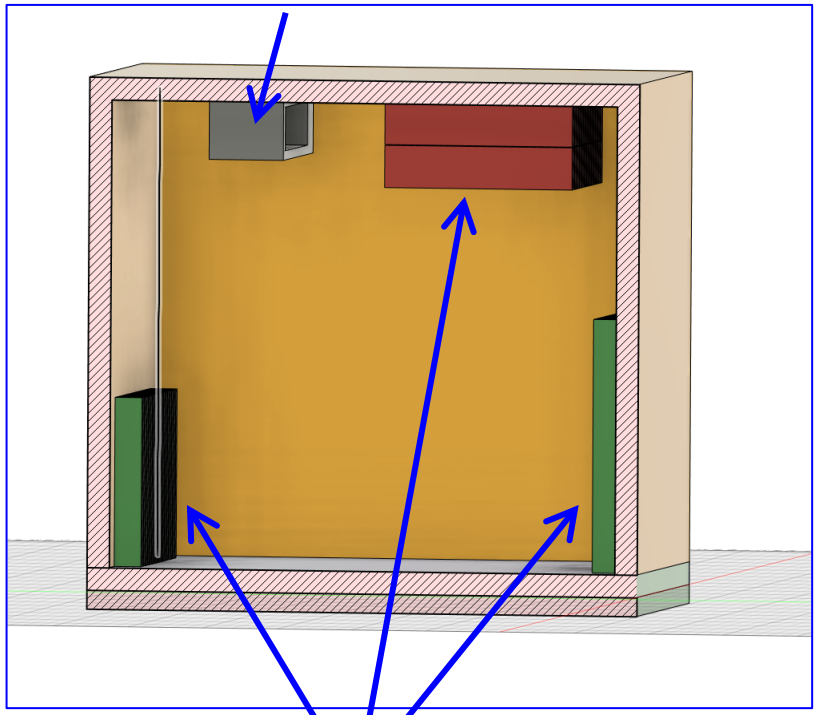
ダクト位置による温度分布の比較



ドア付近を効率的に冷やすレイアウトを検討

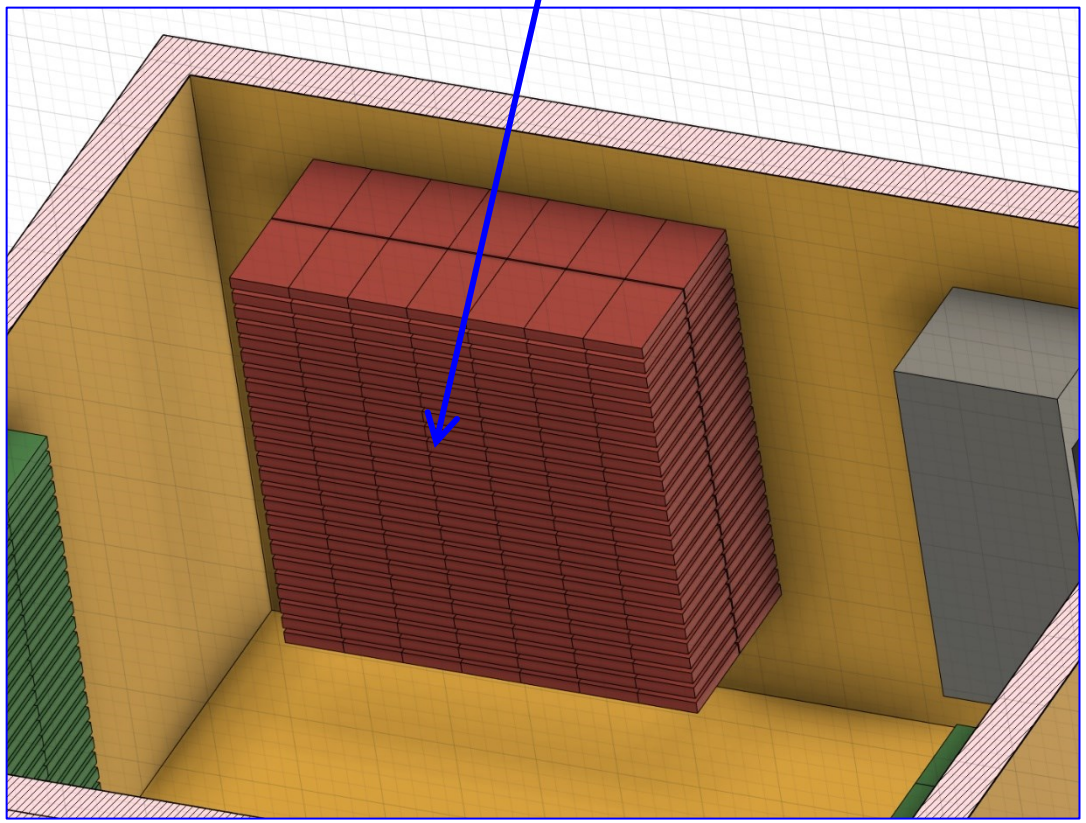
蓄冷剤を用いた冷凍庫内の熱流体解析

クーラー(横向き)



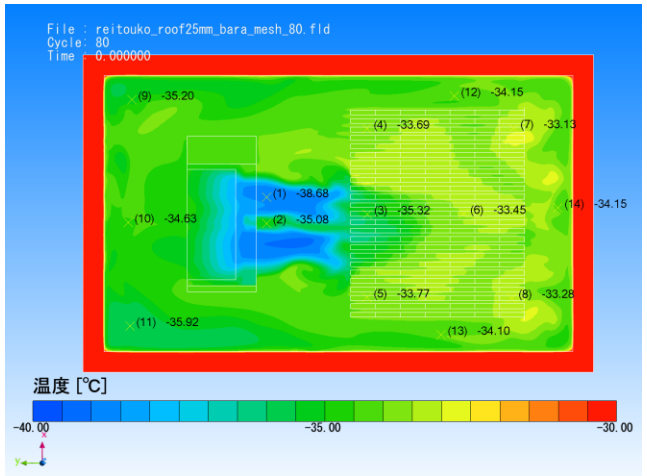
蓄冷剤

効率的に冷やしたい
→最適な間隔は？？

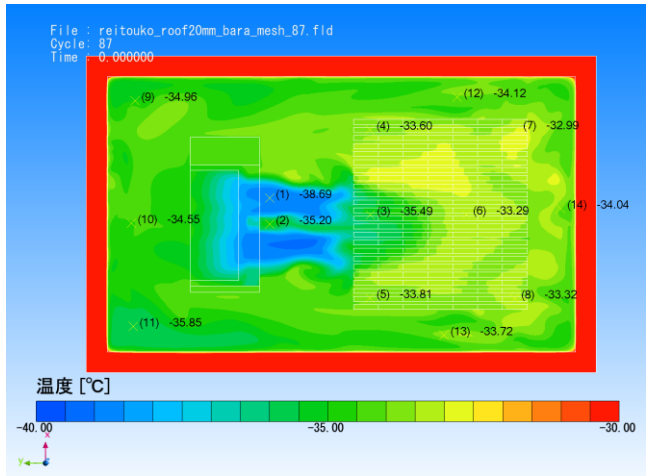


蓄冷剤配置間隔による温度分布の比較

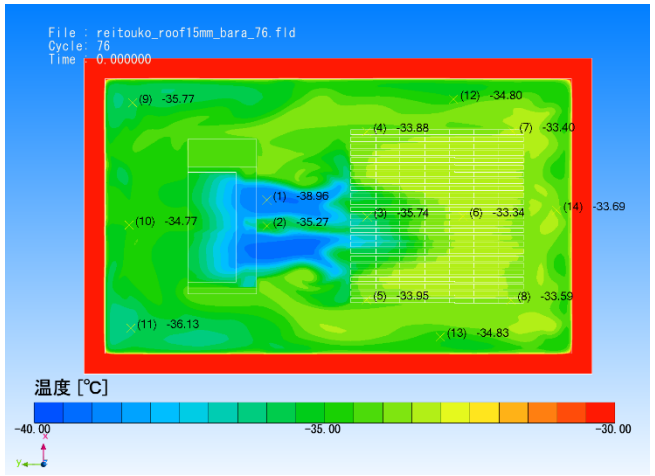
25mm



20mm

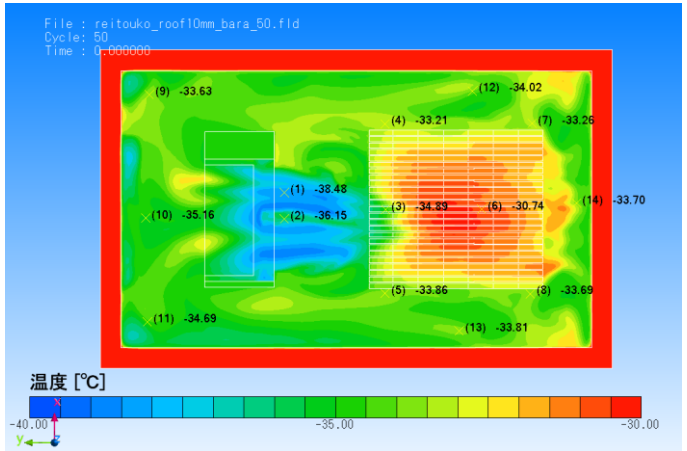


15mm

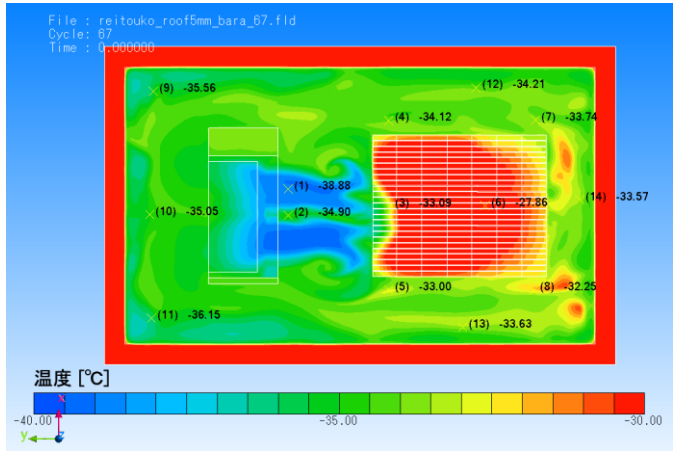


10mmから悪化→15~20mm程度が妥当か

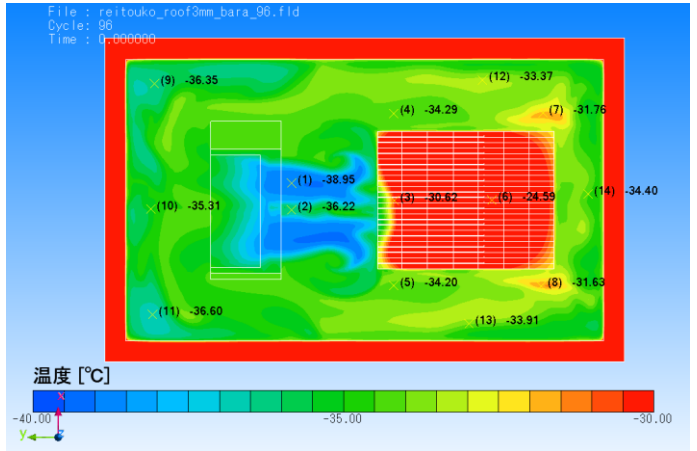
10mm



5mm

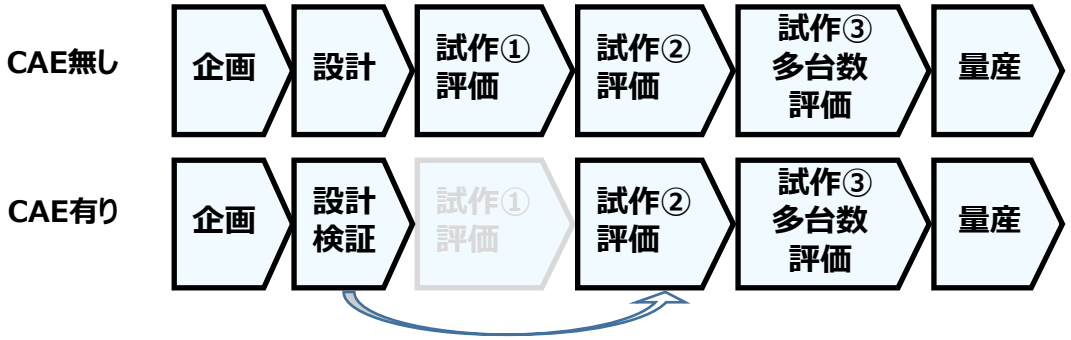


3mm



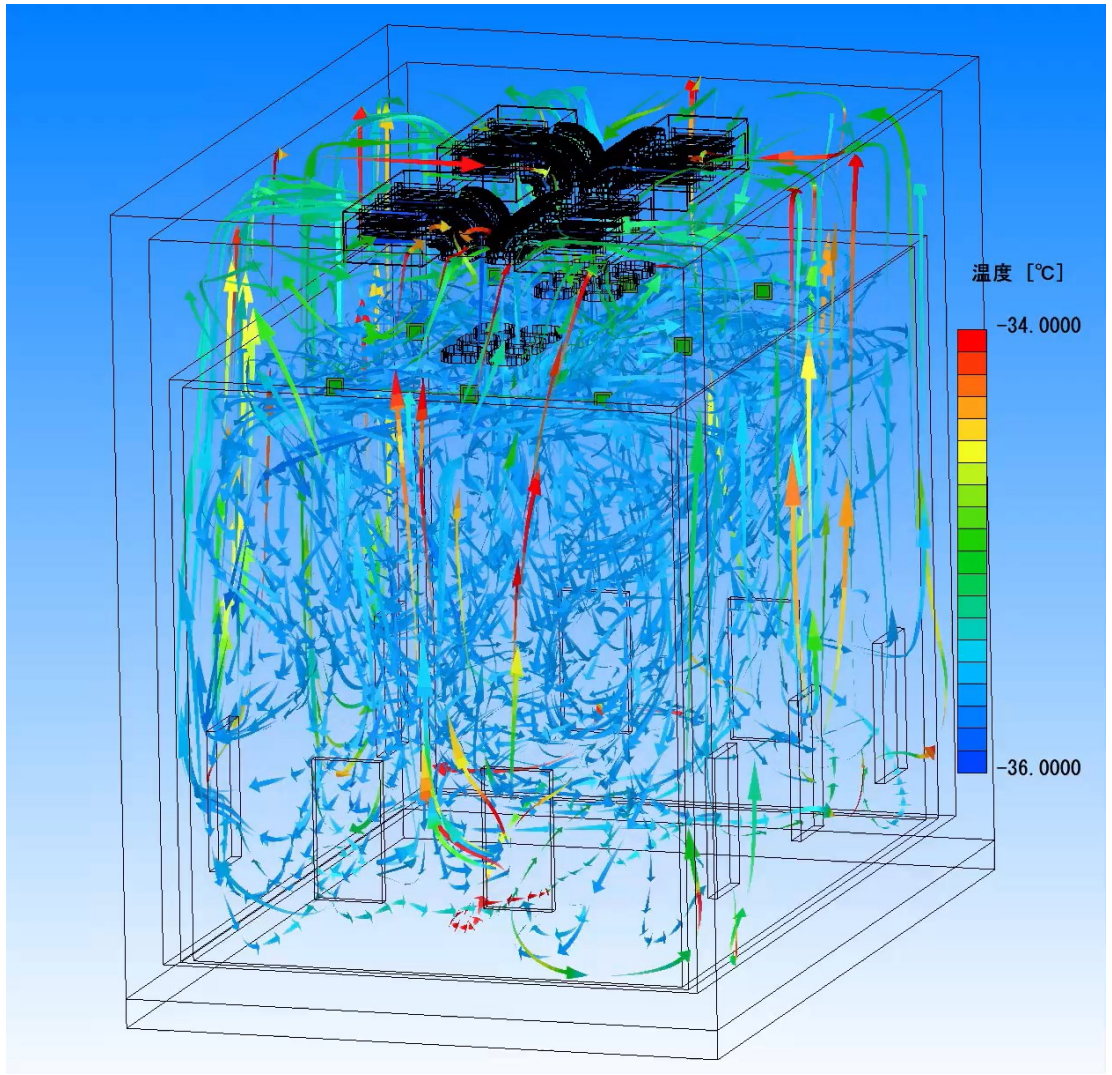
シミュレーション(CAE)のメリット

- バーチャルで試作や評価ができる
  →資材、時間、人手のコスト削減



- 言葉で説明するより伝わりやすい
  →考えを共有する手段として有効

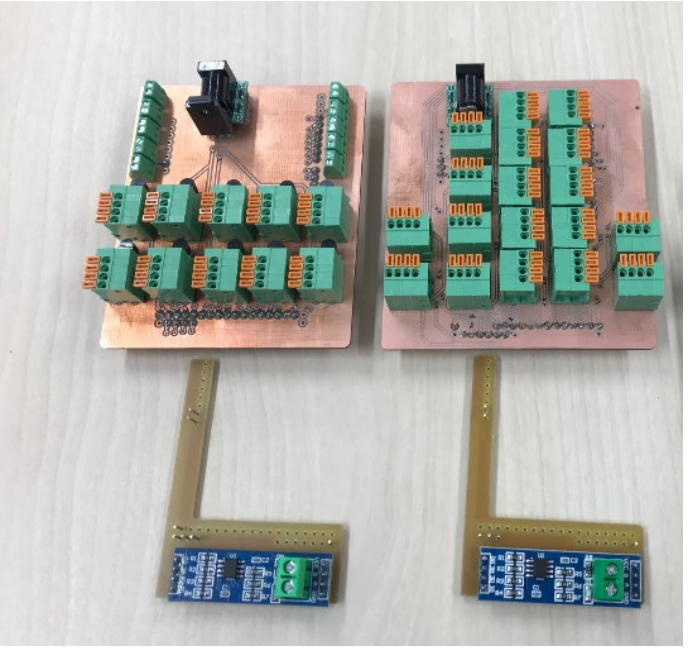
シミュレーション(CAE)のメリット



目で見えないものの可視化→多分野で有効に使いたい

IoTセンサ等の試作

庫内モニタリング用
IoTセンサ基板



バルブ、循環ファン
制御用基板試作

IoT開発支援棟の設備で実施

AI・IoT・DX・シミュレーションなど
お気軽にお問い合わせください

工業総合研究所

会社概要

- ◎ 大青工業株式会社(たいせいこうぎょう)
- ◎ 所在地： 青森県青森市
- ◎ 設立　： 1950年
- ◎ 資本金： 4500万円
- ◎ 売上高： 16～18億
- ◎ 社員数： 約50名

・冷凍冷蔵　・凍結設備
・氷温設備
・冷熱関連設備
・空調設備
・給排水衛生設備

設計・施工
メンテナンス
機器製造

・農水産物　・食品
・長期鮮度保持貯蔵
・生鮮食品
　濃縮・熟成・乾燥

研究・開発
受託研究

得意分野

- 均温・均湿技術
- 農作物の貯蔵研究
- 生鮮物貯蔵ノウハウ
- IoT・AIの活用

受賞歴

- 2024 あおもり産学官金連携
  イノベーションアワード2024「チャレンジ賞」
- 2022 AWS Summit Online 2022
  「登壇、基調講演にて事例紹介」(日本経済新聞全国版掲載)
- 2019 東奥日報社「東奥賞」
- 2019 経済産業省
「第8回ものづくり日本大賞 東北経済産業局長賞」受賞
- 2018 経済産業省「地域未来牽引企業」選定

最近の取り組み

AWS Summit online 2022

Vol.8 | 中小企業を進化させる AmazonのDXサポート

AWSクラウドがもたらした、農業を支えるDXの進化

社会全体がDX（デジタルトランスフォーメーション）に舵を切る中で、Amazonは日本の企業の約9割を占める中小企業（小規模事業者含む）を支援し、さまざまなサービスやプログラムを通して中小企業のDXを後押ししている。デジタルがもたらす中小企業の変革とは？ そして、変革を加速させるAmazonのサポートとは？ 連載企画の第8回は、農業を支える中小企業のDXを紹介する。

食品の最適な保存環境を提供し、生産者をサポート

青森県青森市にある大青工業株式会社の理念は「冷熱をデザインする」。その意図を、技術本部 IoTプロジェクト担当の米塚明央さんはこう説明する。

米塚「冷凍冷蔵設備などの設計や施工、メンテナンスを手がける当社では、さまざまなシステムを開発して冷熱をコントロールしています。農作物や魚介類は、収穫・漁獲した瞬間から温度との闘いが始まります。保管から運搬、加工、店頭販売に至るまで、鮮度を保ち、雑菌を増殖させないための冷熱管理は必須なのです」

冷蔵と冷凍の中間領域である温度帯を、±0.05℃以内の誤差で管理する氷温技術を開発するなど、同社は食品の保存技術にさまざまな革新をもたらしてきた。

米塚「創業当時は劣化しないための保存技術が主流でしたが、消費者ニーズが変化した現在では、いかにおいしく、見た目を美しく保つかが重視されます。それに伴い、食品ごとに異なる最適温度に合わせて設備を作る時代が訪れました。食品に寄り添った保存環境を構築することが、当社の信念である『冷熱をデザインする』ことです。そして、最適な保存環境を提供することで付加価値を生み出し、生産者をサポートすることが大きな役割です」

クラウドでデータ収集し、機械学習で故障を予知

そんな同社にとって、設備の修理やメンテナンスには長年の課題があった。故障に伴う修理は夏場に集中するため、作業員に負荷が集中していたのだ。

米塚「作業員が現場に駆けつけても、予期しない故障だったために必要なパーツがないというケースもありました。設備が故障して食品が劣化すれば、被害額は億単位にのぼることも。すぐに課題を解決する必要がありました」

そこで立ち上がったのが、設備内のさまざまな情報を遠隔監視し、異常を検知するシステムの構築プランだ。

米塚「青森県でクラウド化を支援するIT企業と知り合い、AWSを活用した遠隔監視システムの構築に着手しました。AWSに監視・制御データを収集・蓄積し、機械学習させることで故障を予知する仕組みです。異常検知システムの構築は、着手したのが2018年12月で、稼働したのは翌年の1月。このスピード感もAWSでしか実現できないものだったと思います」

AWS上に収集されたデータを機械学習し、故障の推論を実行。異常を検知した場合は作業員のスマートフォンにすぐに通知される。

米塚「庫内の温度や酸素濃度など、各設備の状態を遠隔で知ることができるので、現場に向かう作業員は故障の原因を絞り込むことができます。事前に作業についてイメージがしやすいため、準備する道具やパーツの精度が上がり、修理完了までの時間も短縮できました」

さらに、稼働状況や修理のデータはクラウド上に集約され、メンテナンス業務も大きく変えたという。

米塚「蓄積されたデータと故障予知データをもとに、1カ月ごとにメンテナンスの巡回スケジュールを立てています。集約された情報と推論に基づいて冬の間に前もって修理・メンテナンスを行い、夏場の故障を防ぐことで、お客様の満足度を上げるだけでなく、作業員の業務負荷の平準化を実現しました」

新たな技術を開発・提供することで、同社はお客様の商品開発や新たな保存法に貢献する未来を思い描いている。

米塚「農業のDXは発展途上。生産者が高齢化し、デジタル技術による省人化や効率化が不可欠である以上、伸びしろは十分にあると考えています。これからも、ただ単に農業のDXをサポートするのではなく、お客様に寄り添った、付加価値に結びつくDXを考えていきたいと思います」

米の銘柄判定アプリを開発したKAWACHO RICEと、冷凍冷蔵設備の遠隔監視・故障予知システムを構築した大青工業。DXを通して農業を支える両社の取り組みには、AWSのサービスが不可欠だった。既存に、AWSを活用して何を実現するか、どんな課題を解決するかというアイデアこそ、DXのカギであることを教えてくれる。

大青工業株式会社（青森県青森市）技術本部 IoTプロジェクト担当・米塚明央 様
1950年創業の大青工業株式会社は、青森県産のリンゴを保存する冷蔵庫の開発・施工からスタートし、時代のニーズに合わせた保存技術を次々と開発。厳密な冷熱管理システムが高い評価を得ている。

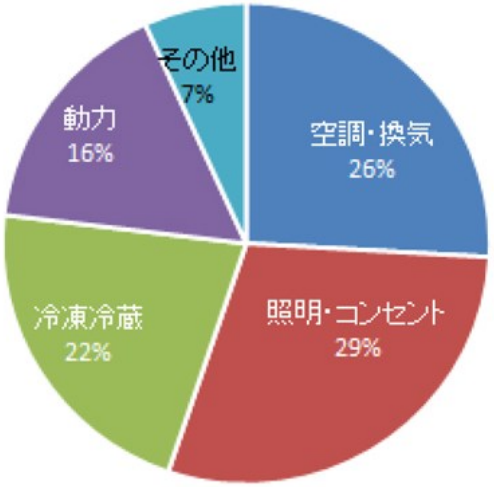
日本経済新聞　2022年（令和4年）4月26日（火曜日）

aws SUMMIT JAPAN
「AWSを活用した数多くのDX成功体験を紹介する」
無料のオンラインイベント
2022年5月25日[水]・26日[木]開催
Amazonの中小企業支援を詳しく知りたい方は、Amazonのブログ About Amazonをご覧ください。

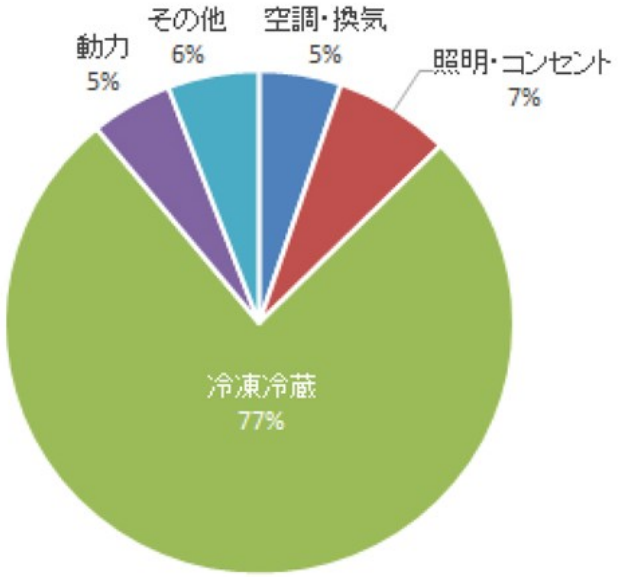
日本経済新聞(全国版)
2022/04/26 掲載

冷凍・冷蔵倉庫における電気使用量の比率

定温倉庫の用途別電力使用比率



冷凍冷蔵倉庫の用途別電力使用比率



出典 ： 東京都環境局東京都地球温暖化防止活動推進センター（クールネット東京）
業種別省エネルギー対策テキスト「倉庫・冷凍冷蔵倉庫の省エネルギー対策」（平成28年2月（第2版））掲載資料より作成

冷凍冷蔵倉庫では電力の77%が冷却エネルギーとして消費！

開発の背景

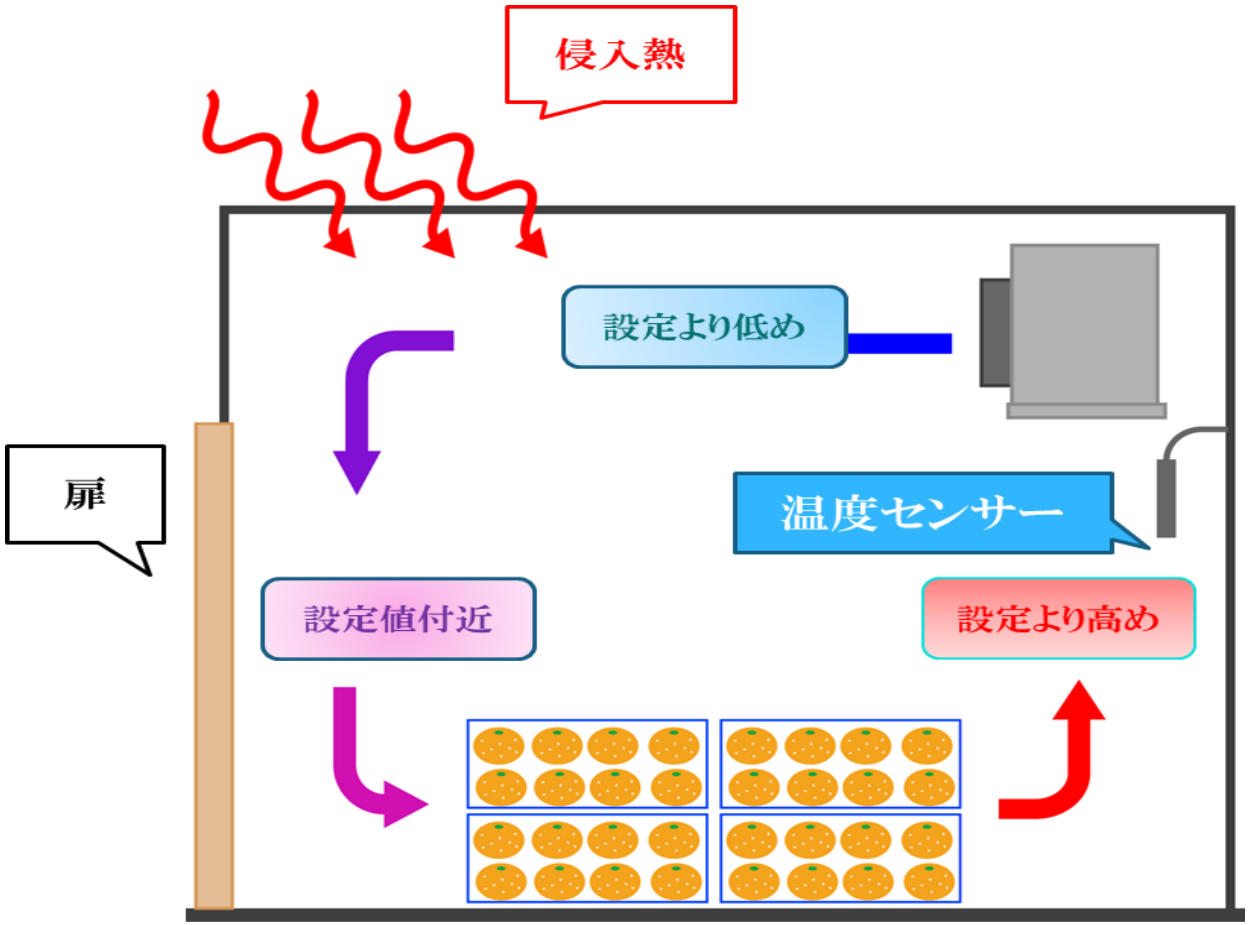
冷熱業界の一般常識

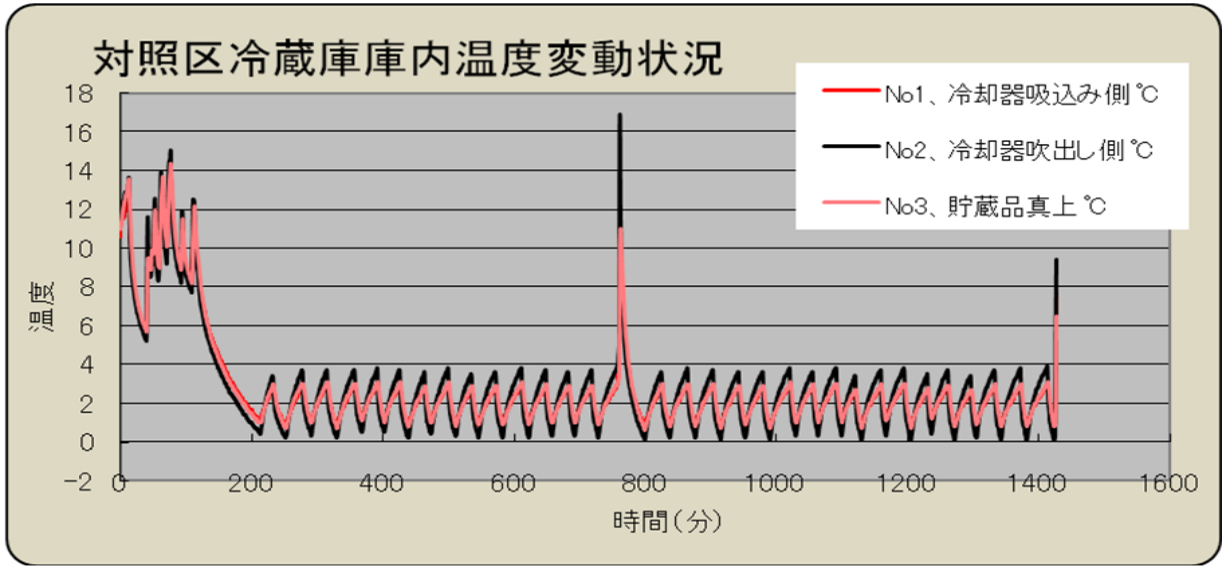
・冷却速度は速いほど良い。
・貯蔵温度は低いほど高品質が維持される。

近年の研究成果では・・・

・冷却速度は品質保持にさほど影響しない
・過不足の無い貯蔵温度がある。（超低温でなくともよい）

一般的冷凍・冷蔵庫の熱特性

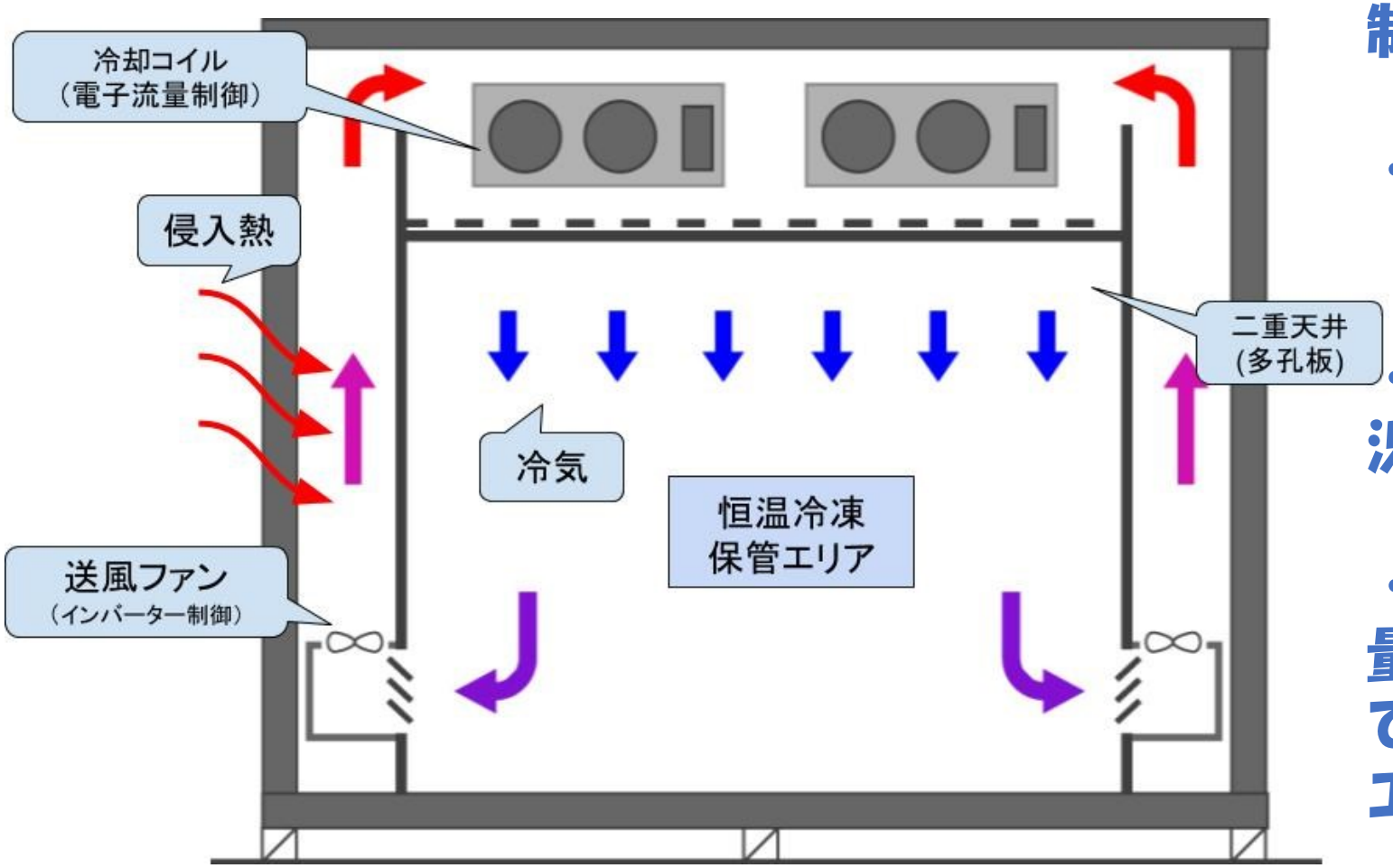




庫内の温度ムラが大きい
2℃～5℃差

デフロストによる大幅な温度
上昇が生じる（+20℃程度）

高精度恒温冷凍保管庫



・二重壁・二重天井による冷気循環方式

・複数系統冷却器（電子膨張弁制御）

・庫内に複数設置したファンによる風量コントロール

・各種センシングによる庫内状況の把握

・制御にAIを取り入れ、冷媒流量および風量をコントロールして、周辺環境によらない最適省エネルギー運転調整機能

高精度恒温冷凍庫

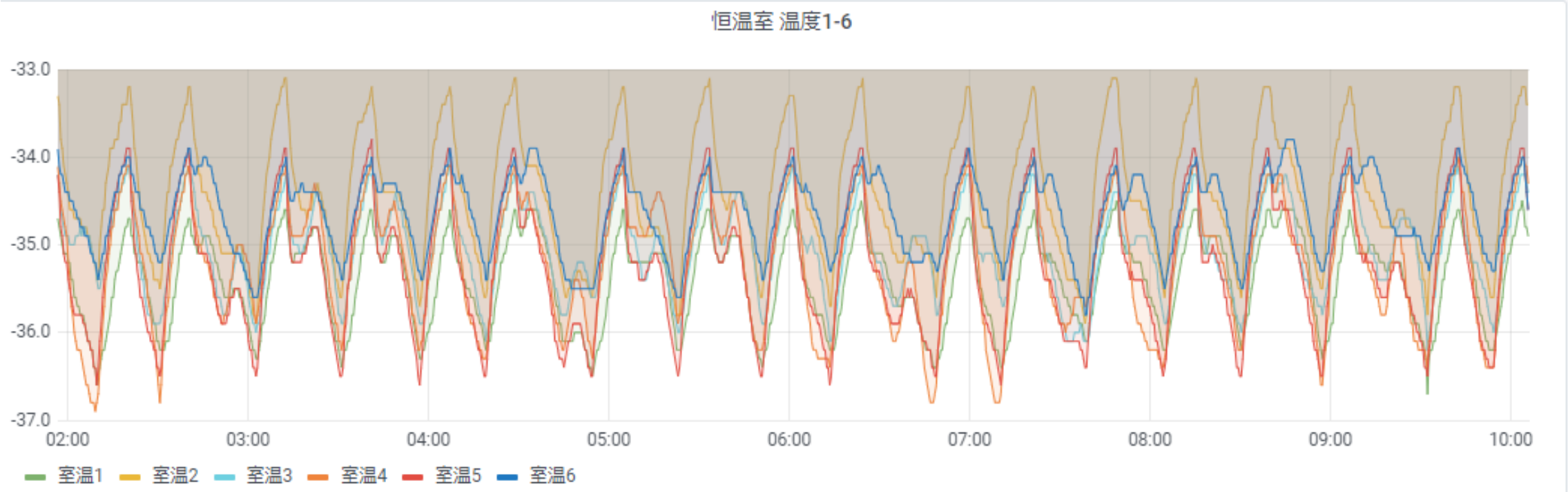
【スペック】

- 恒温室 2坪（二重壁・二重天井構造）
- 前室　 2坪（通常冷凍室）
- 設計温度 －35℃

[最大温度差]
- （冷却時）± 1.5 ℃
- （デフロスト時）設定値 +2.0℃以内

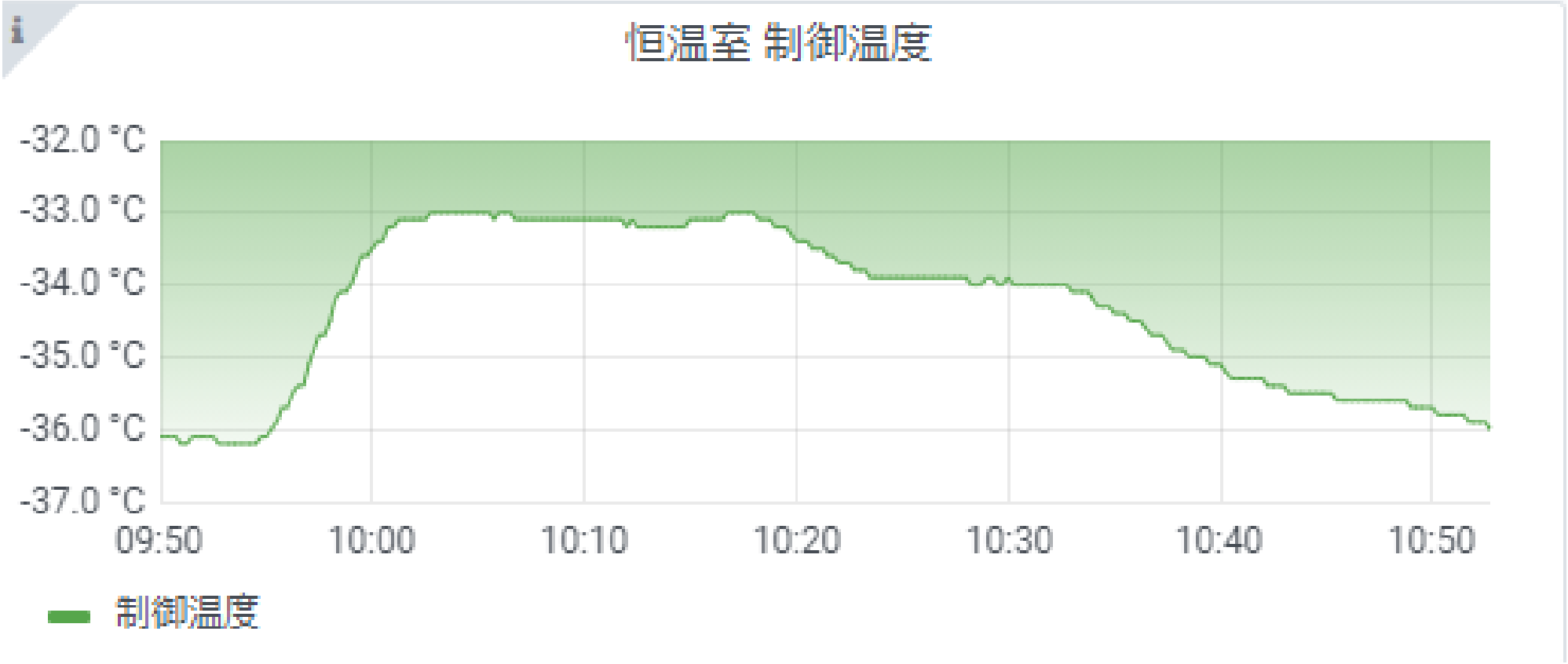
【AI機能】
- ゾーニング冷却機能
- 入庫率計測機能
- 入出庫自動記録（顔認識）
- 差圧式デマンドデフロスト
- 音声コマンド

温度安定性



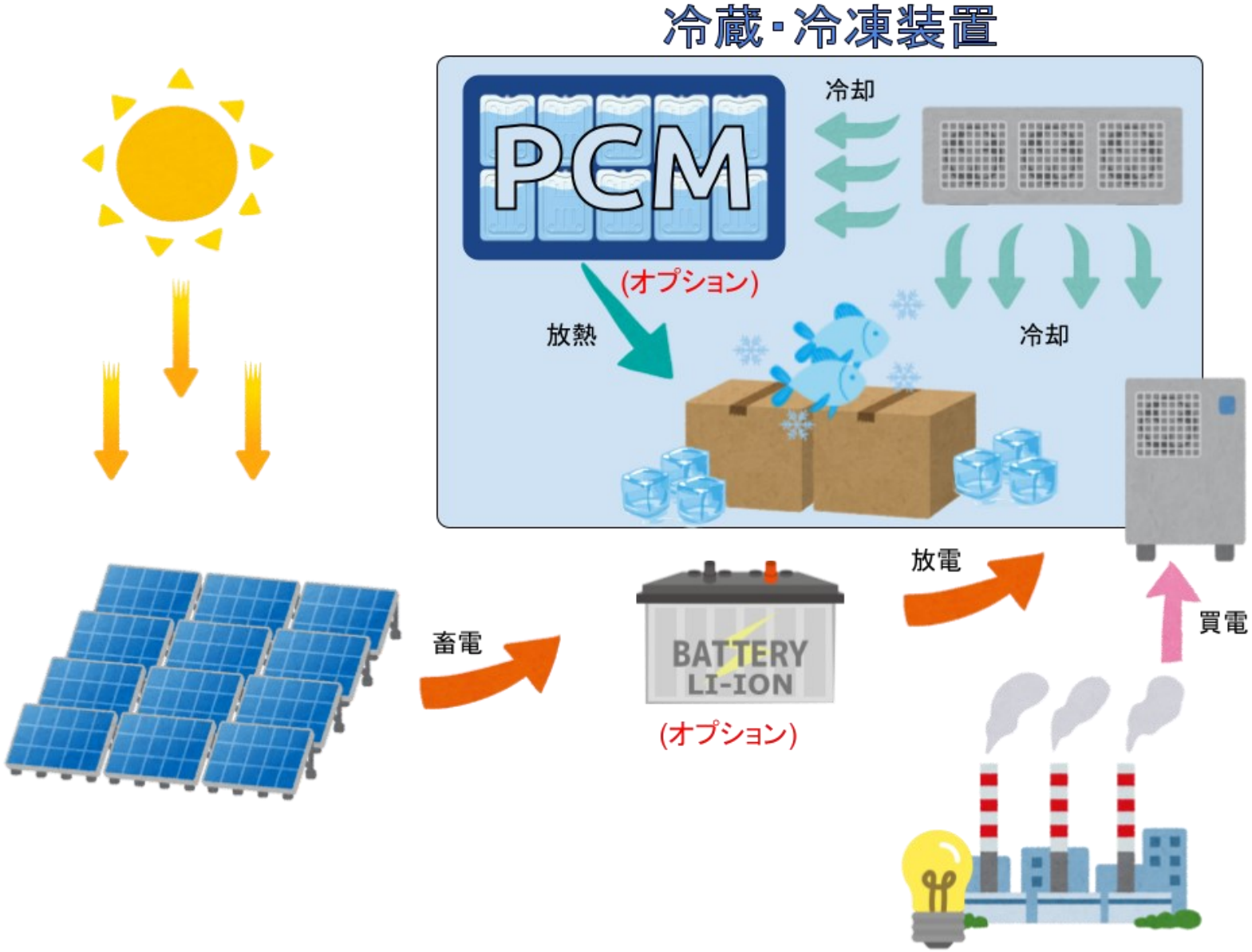
どの時間帯においても<u>庫内の最大と最小の差が 1.5℃以内</u>

デフロスト時の温度推移

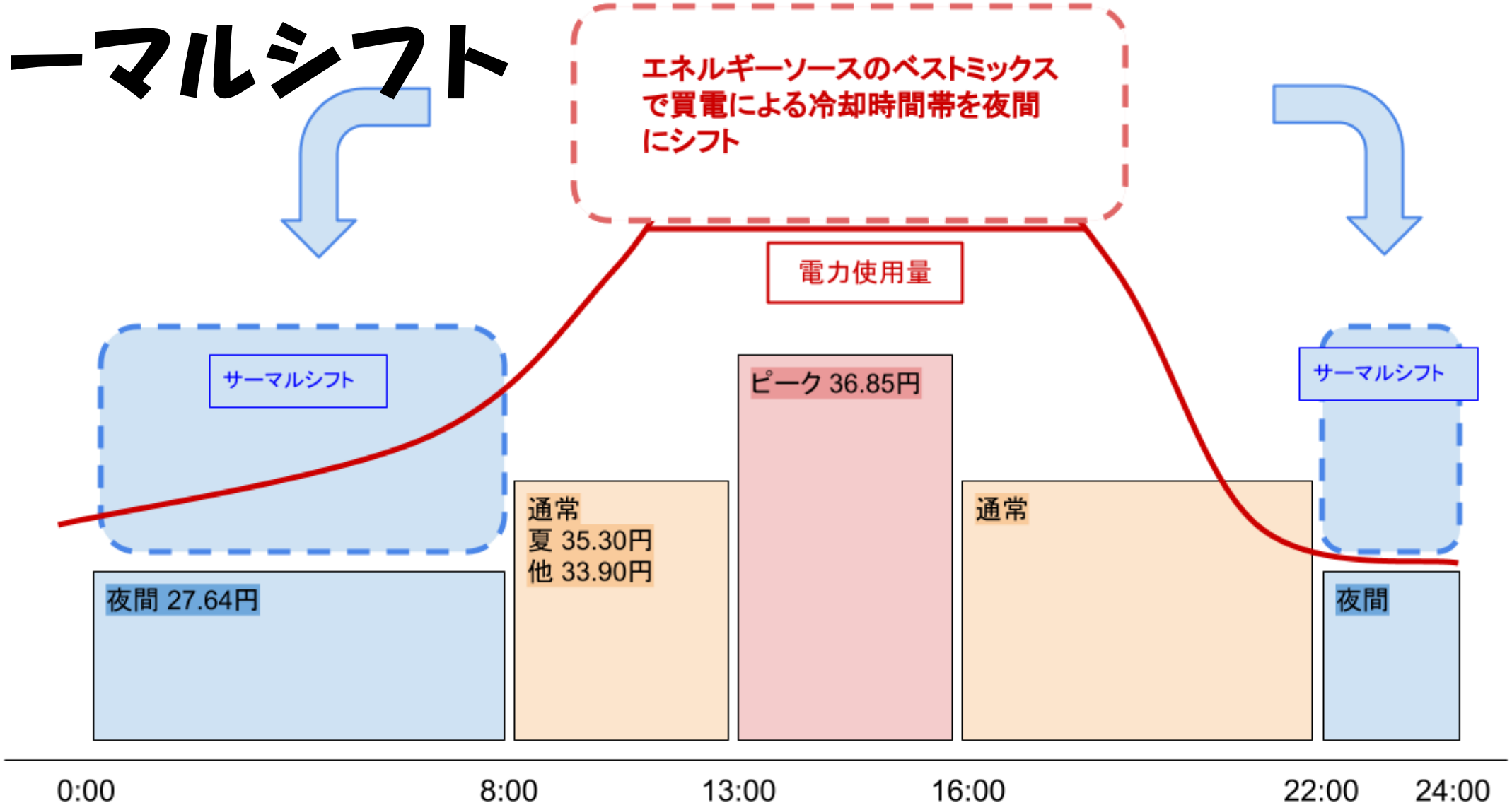


デフロスト運転時における温度上昇幅⊿t=5℃以下を実現

全体構成概略図

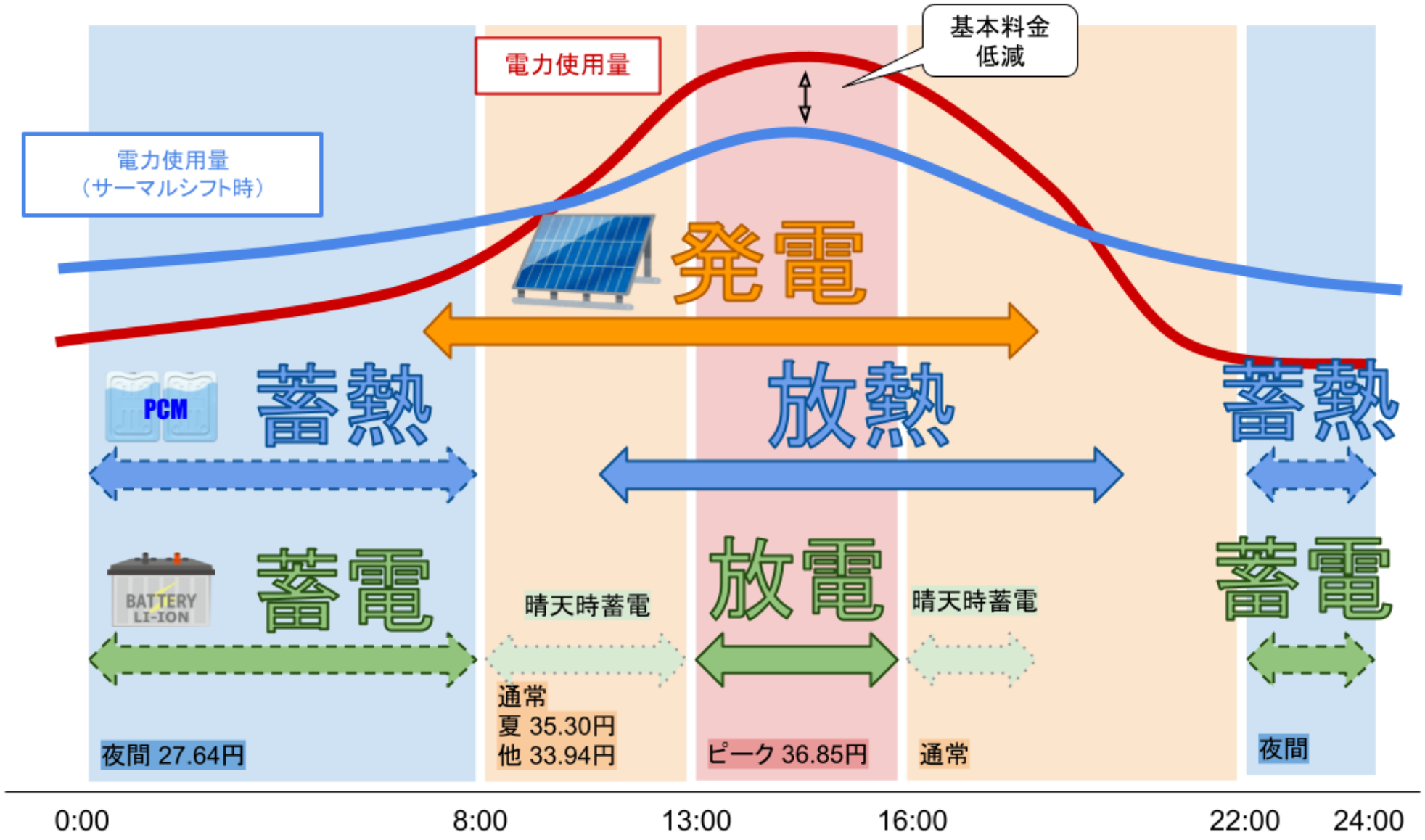


サーマルシフト



東北電力電気料金 高圧季節別時間帯別電力S (2023.11月)

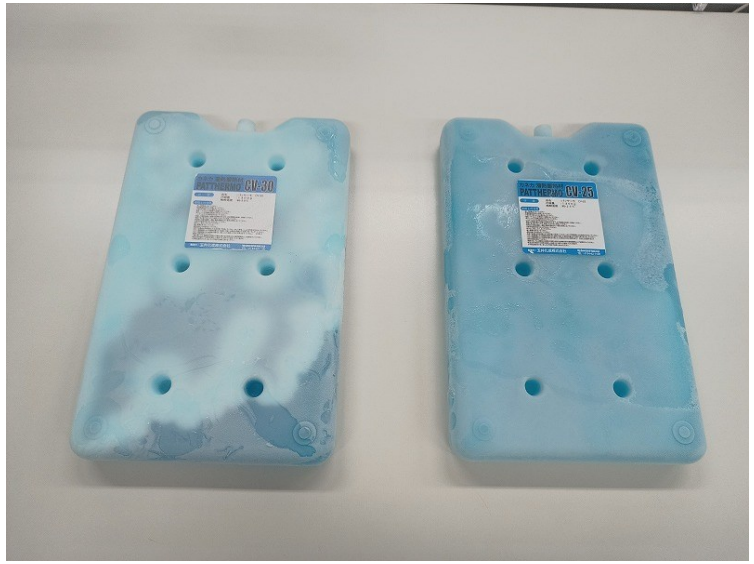
各コンポーネントの働き



東北電力電気料金 高圧季節別時間帯別電力S (2023.11月)

構成機器

PCM



凍結温度 -27℃
凍結潜熱 180kJ/Kg

バッテリーユニット

（パワーコン 9.9kw）
バッテリー（20kWh）

太陽光パネル

発電能力 10kw
（過積載率 150%）

冷却ユニット（PCM）の設置

天井設置
幅 1560mm
高　610mm（装填高）
奥　1240mm
蓄熱量 21.9kwh（潜熱）

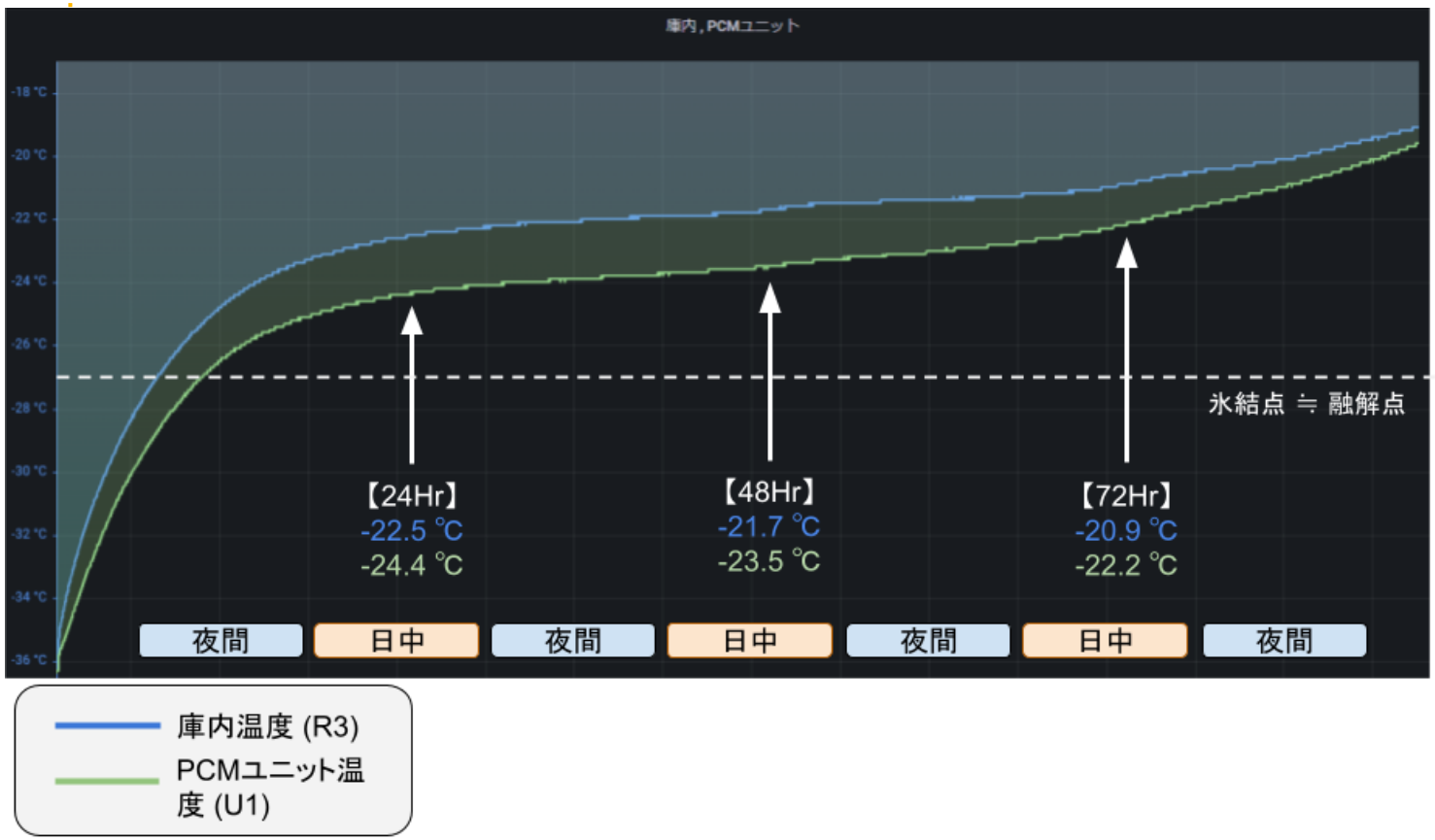
PCM装填数　350個

壁面設置

幅 1950mm
高 1560mm（装填高）
奥 300mm

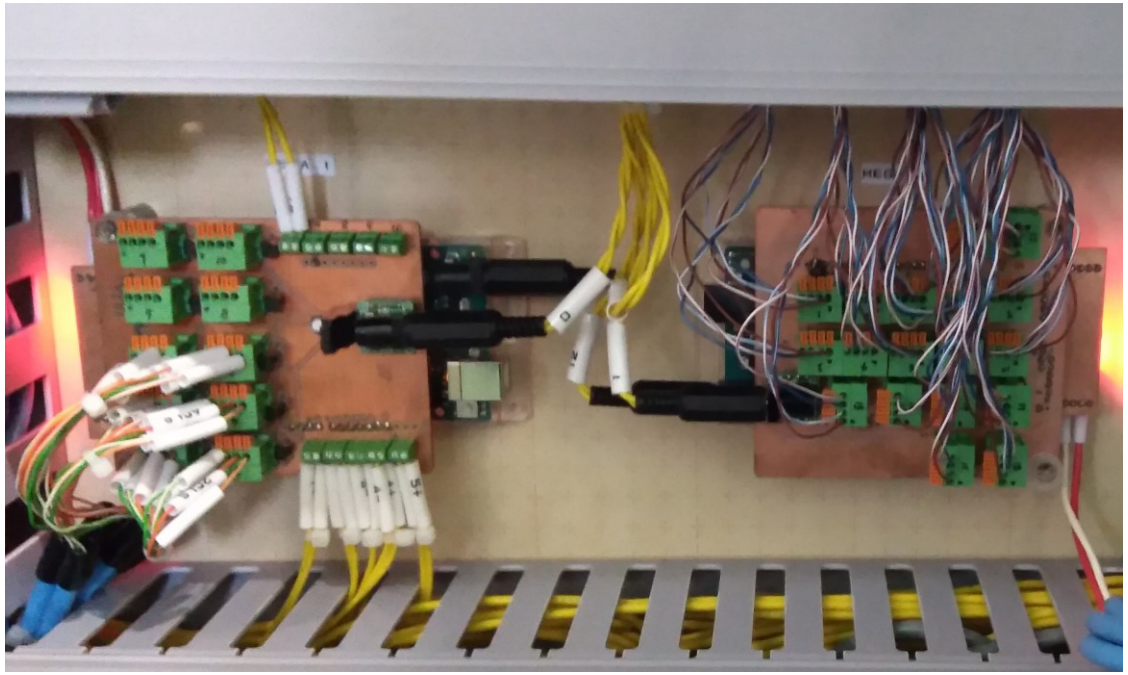
蓄熱量 9.8kwh（潜熱）
PCM装填数　156個

冷却ユニット（PCM）凍結解答試験

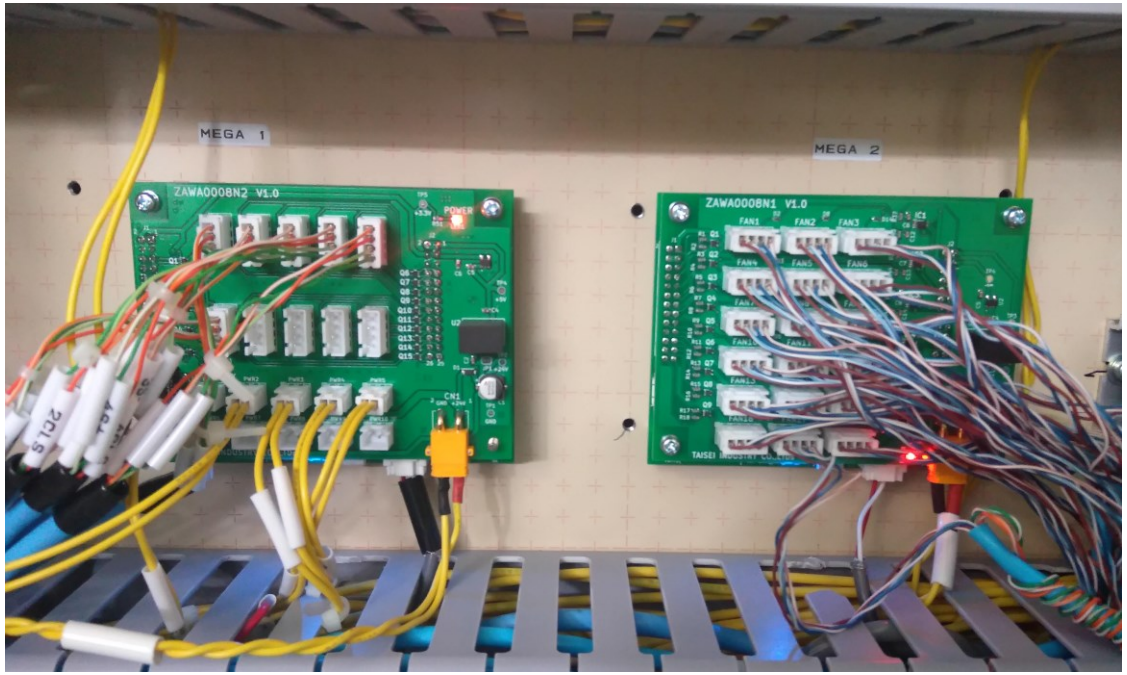


- 完全凍結まで48hr(-35℃設定)
- -20℃以下の状態を約72hr維持
- 温度上昇がなだらか
- 均一な温度状態
- 適切な風量コントロールにより更に効率的に冷却効果を延長できる可能性
- 目標とする設定温度から 5～8℃程度の凍結点のPCM選定が必要

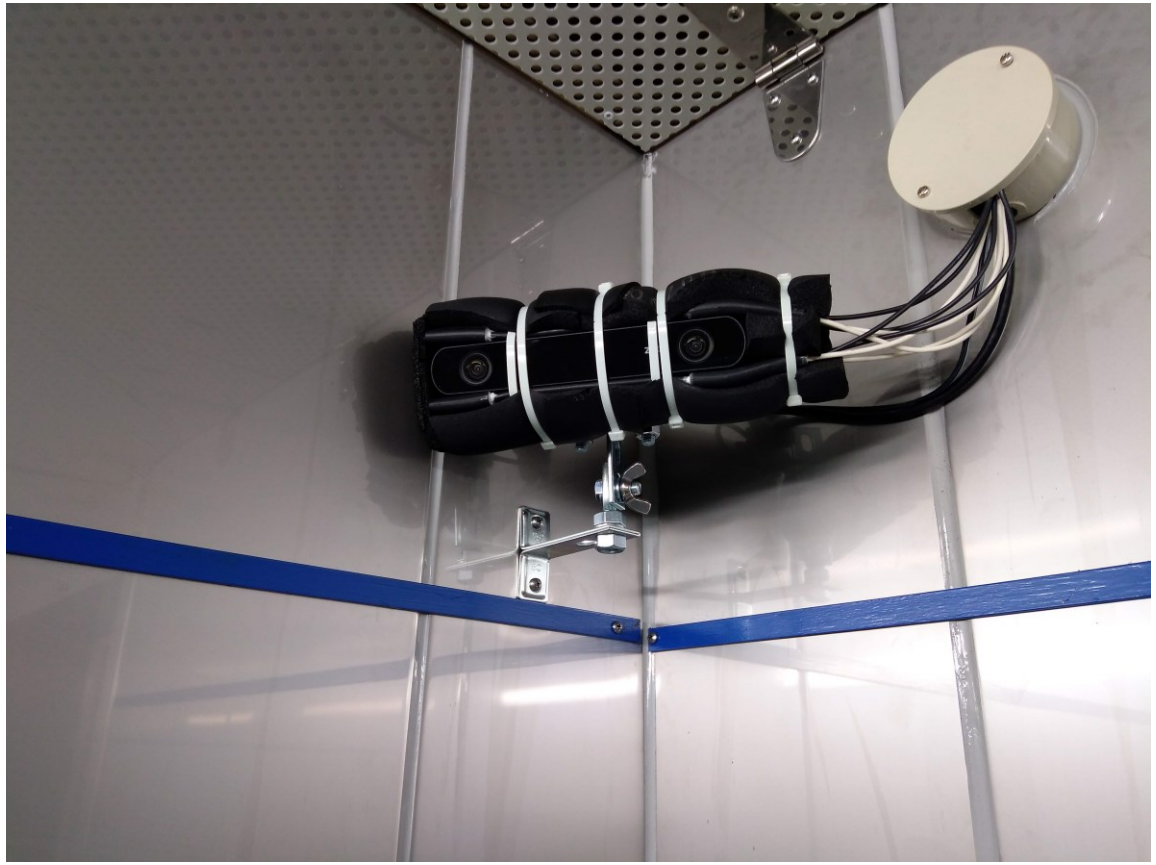
制御基板(バルブ制御、循環ファン制御)



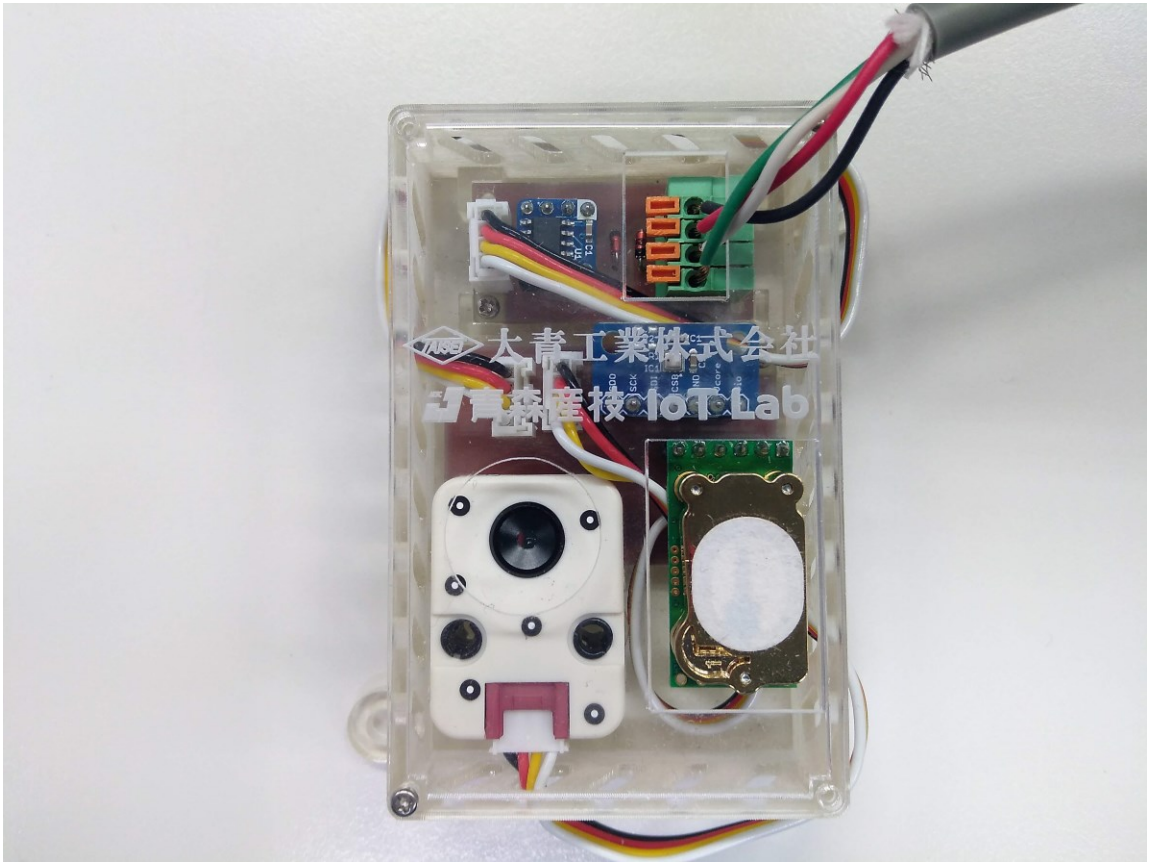
試作品



完成品



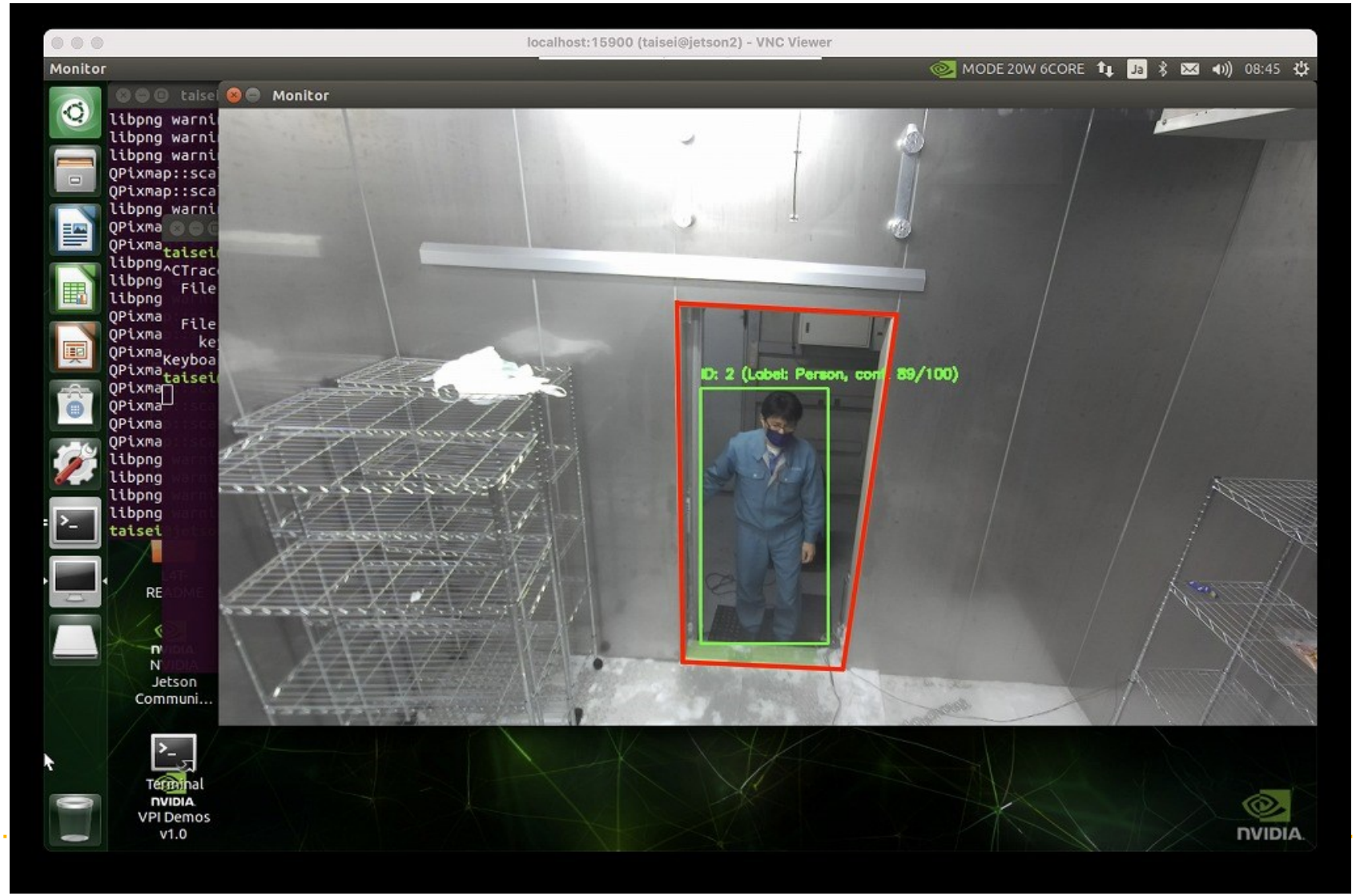
ステレオカメラ



センサーボックス

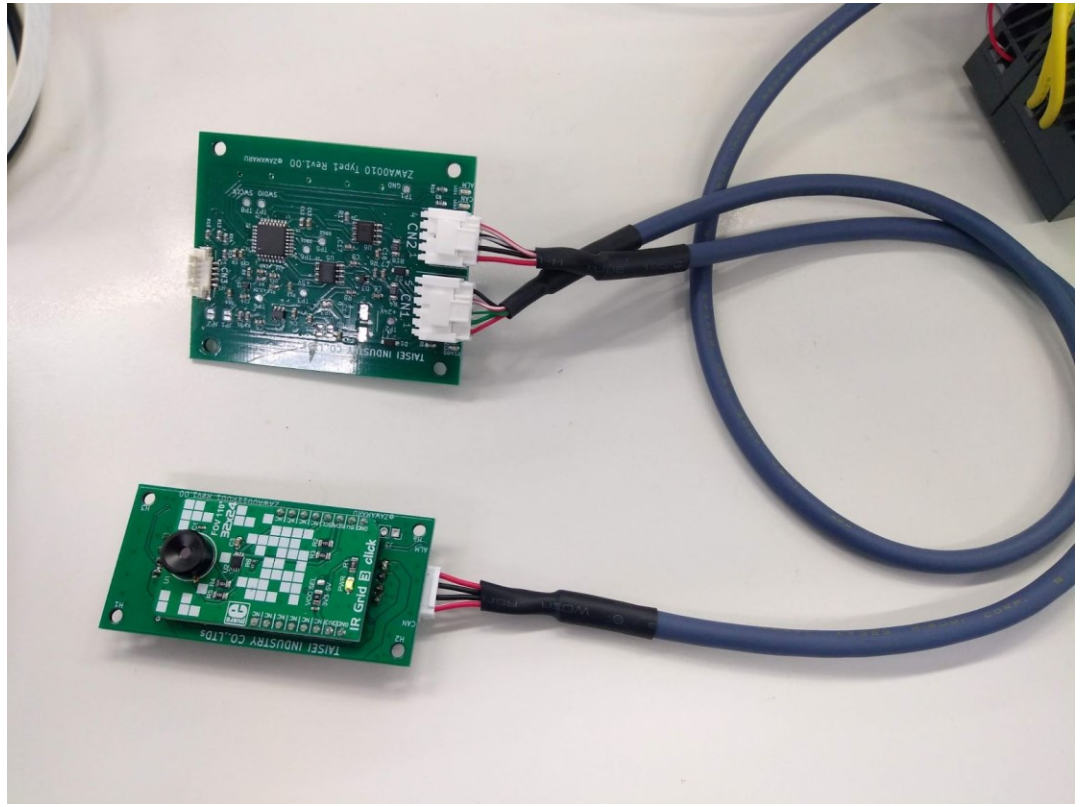
カメラによる入庫量把握

簡易入庫ログ


localhost:15900 (taisei@jetson2) - VNC Viewer
Monitor
MODE 20W 6CORE
08:45
Monitor
ID: 2 (Label: Person, conf: 89/100)
Jetson Communi...
Terminal
NVIDIA VPI Demos v1.0
NVIDIA

サーマルアレイユニットの開発

試作品



完成品

サーマルアレイユニット

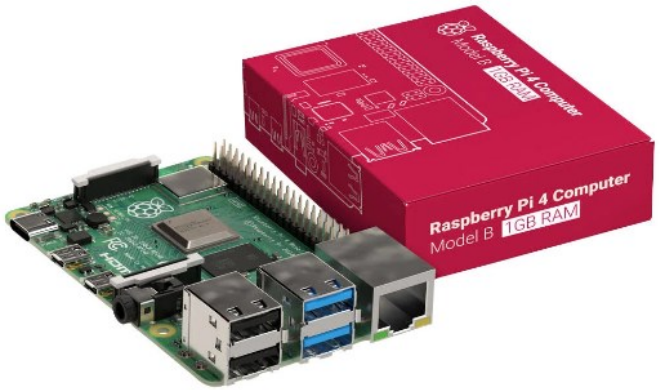
汎用ボードで実装している機能

python

- センサーデータの収集
- 収集データの蓄積
- データの可視化
- ネットワーク機能（遠隔監視）
- データアップロード（クラウド）
- 一部制御

influxdb

Prometheus



Grafana

制御温度
-34.4 °C

冷凍機1
正常

冷凍機2
正常

圧縮機1
OFF

圧縮機2
ON

冷凍機1
16 w

冷凍機2
986 w

UC11入口 -28.2 °C

UC12入口 -27.8 °C

UC21入口 -44.9 °C

UC22入口 -29.6 °C

UC11 SV
OFF

UC12 SV
OFF

UC21 SV
ON

UC22 SV
OFF

UC11サクション 0.03 MPa

UC12サクション 0.03 MPa

UC21サクション 0.03 MPa

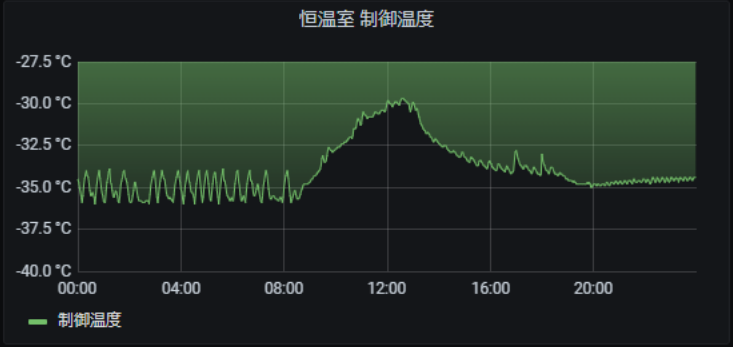
UC22サクション 0.03 MPa

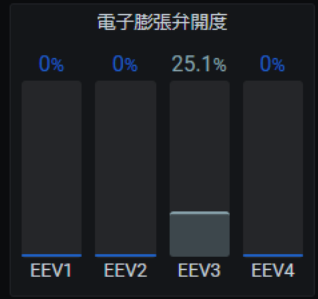
UC11 過熱度
41.5 °C

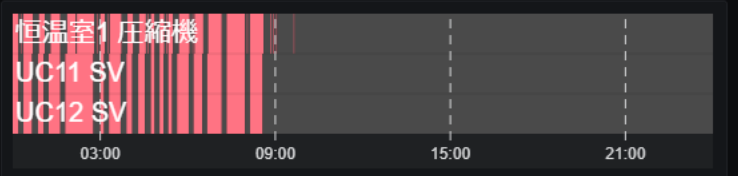
UC12 過熱度
40.9 °C

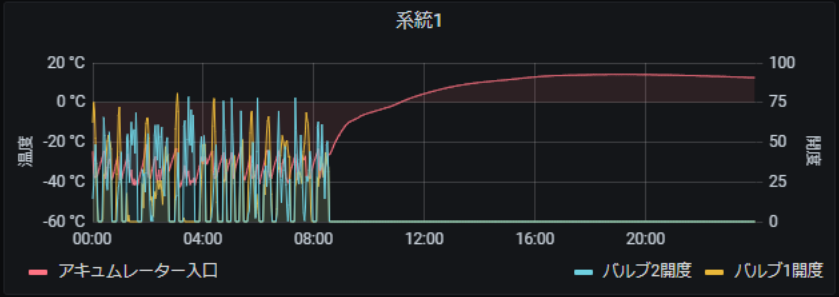
UC21 過熱度
0 °C

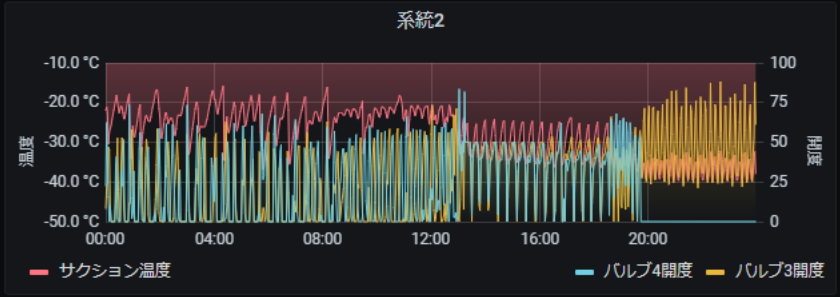
UC22 過熱度
37.2 °C

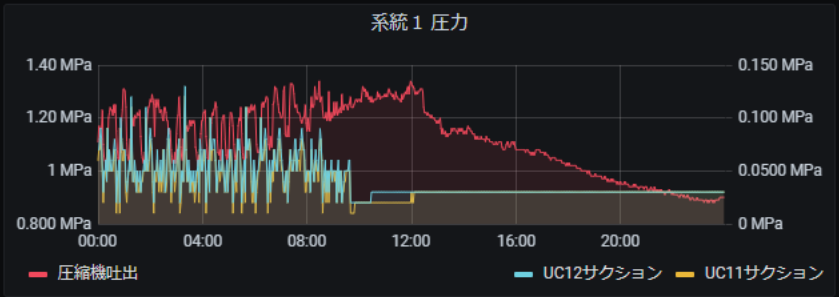


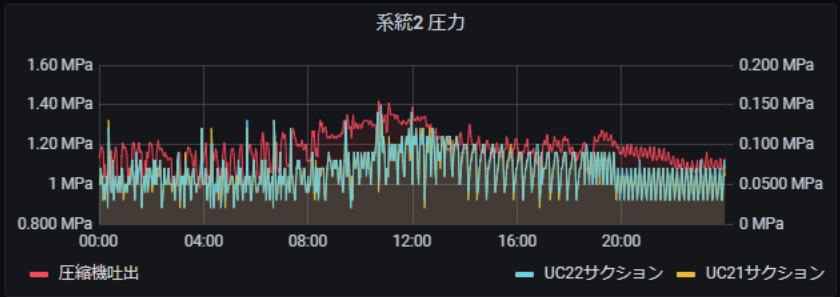


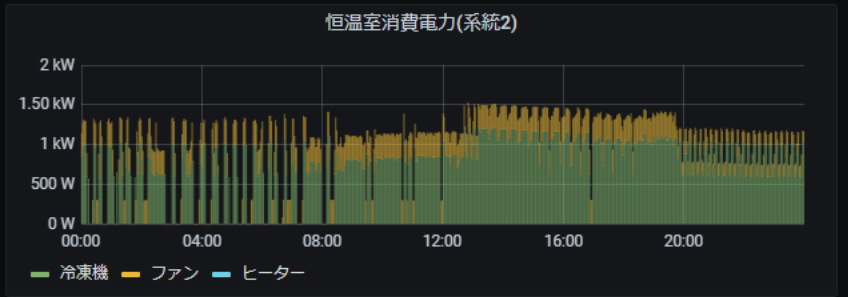












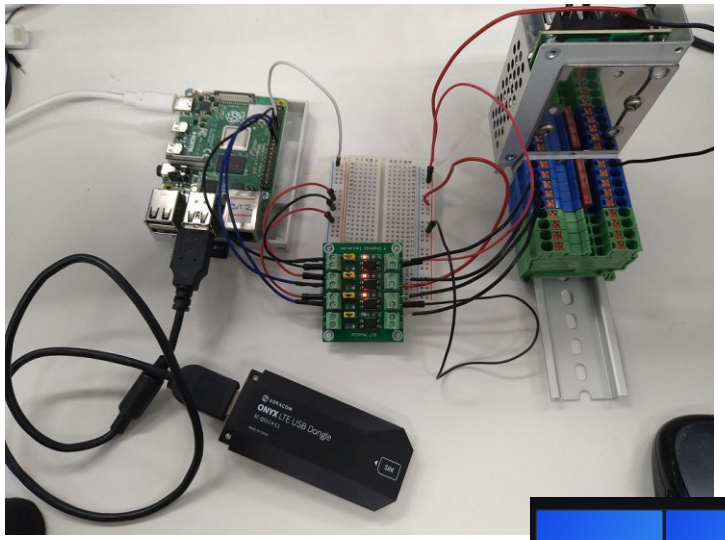
IoTコントローラー（コンテナ型AI氷温庫）

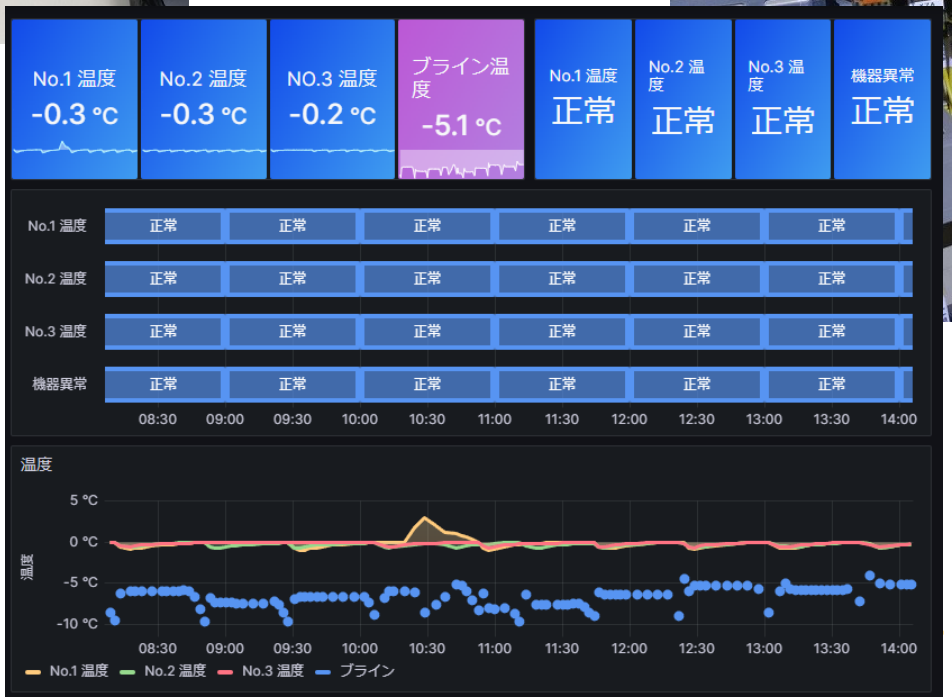
実装場所：長崎県長与町

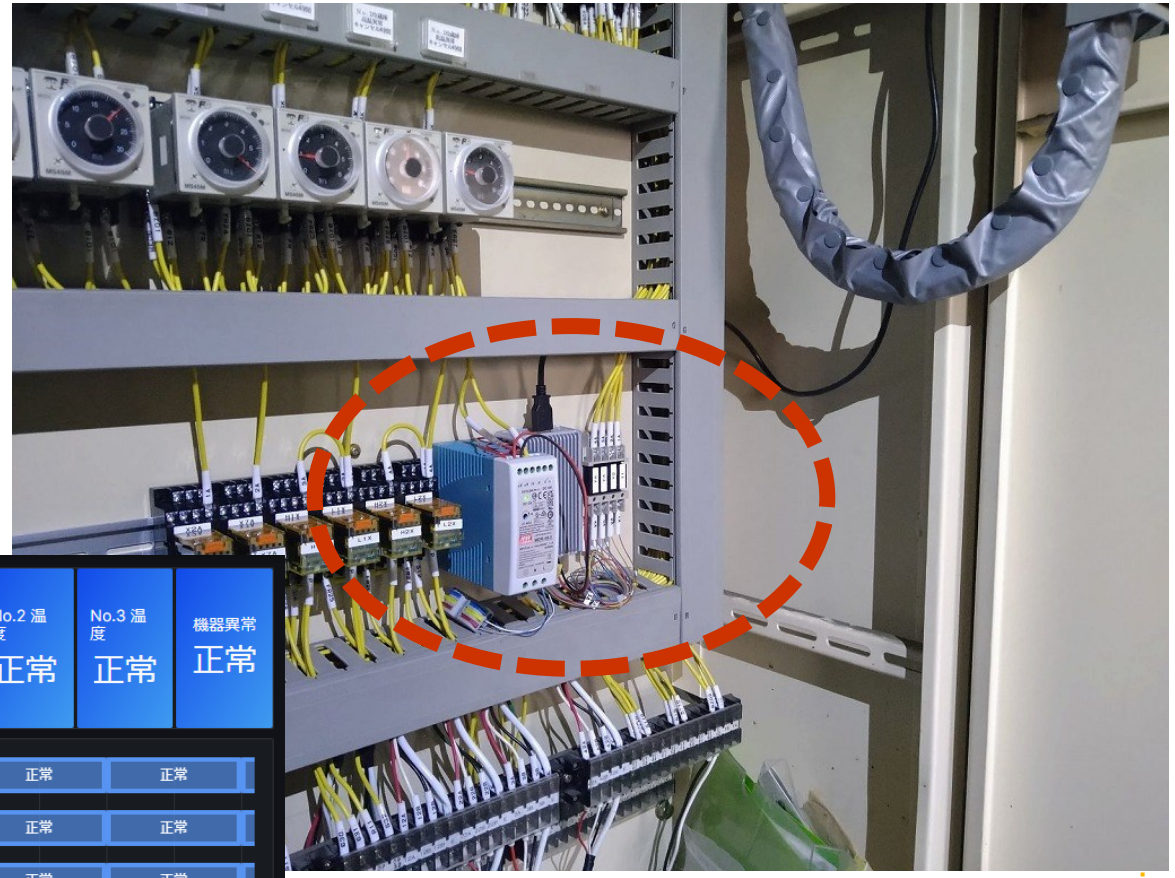
IoTコントローラー（コンテナ型AI氷温庫）

実装場所：長崎県長与町

簡易警報装置

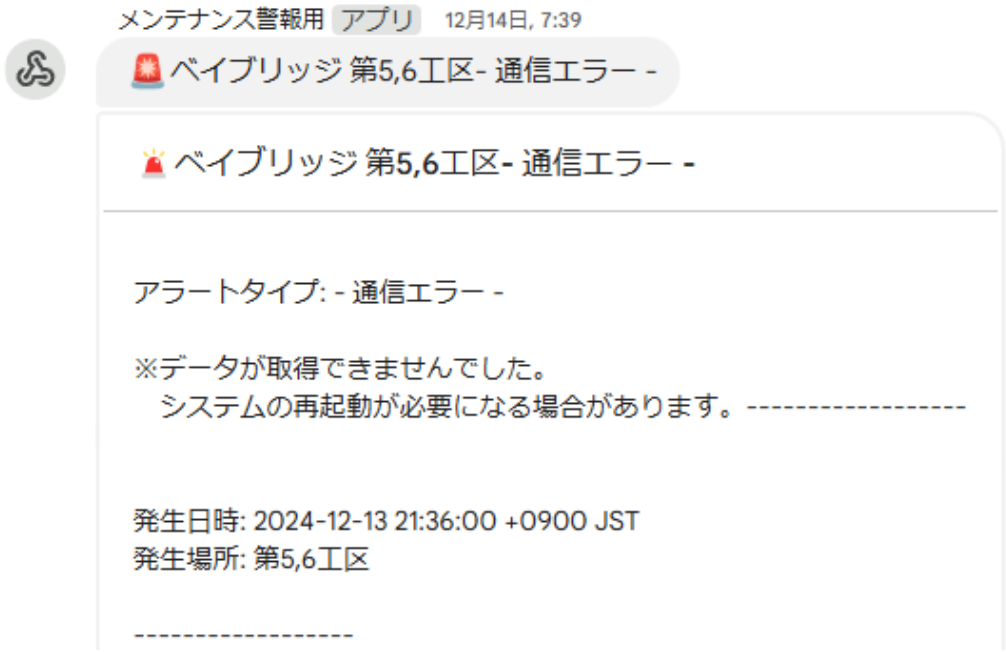

ONYX LTE USB Dongle


No.1 温度
-0.3 °C
No.2 温度
-0.3 °C
NO.3 温度
-0.2 °C
ブライン温度
-5.1 °C
No.1 温度
正常
No.2 温度
正常
No.3 温度
正常
機器異常
正常
No.1 温度
No.2 温度
No.3 温度
機器異常
正常
08:30 09:00 09:30 10:00 10:30 11:00 11:30 12:00 12:30 13:00 13:30 14:00
温度
5 °C
0 °C
-5 °C
-10 °C
No.1 温度 No.2 温度 No.3 温度 ブライン



簡易警報装置

異常警報出力

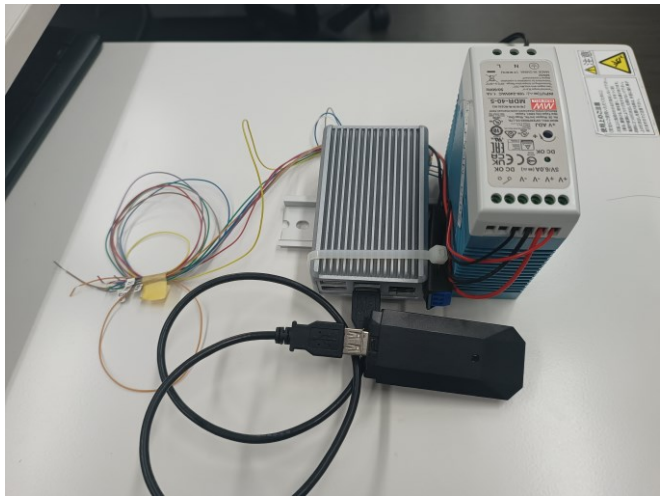


発報先： Google Chat

データ収集ユニットの開発及び客先設置

【システム特徴】

- ラズパイ（Raspberry Pi 4）ベース
- 可視化ツール（Grafana）
- データベース（InfluxDB）
  1台で記録とデータ可視化機能
- 月報／日報データのメール送信機能およびメール・LINEでの警報発報機能
- グラフ化した画像データを設定したメールアドレスへ送信する機能
- グラフは、電力会社のデマンド計測基準となる30分単位で集計・作成
- デマンド対応のリアルタイム警報としても活用可能



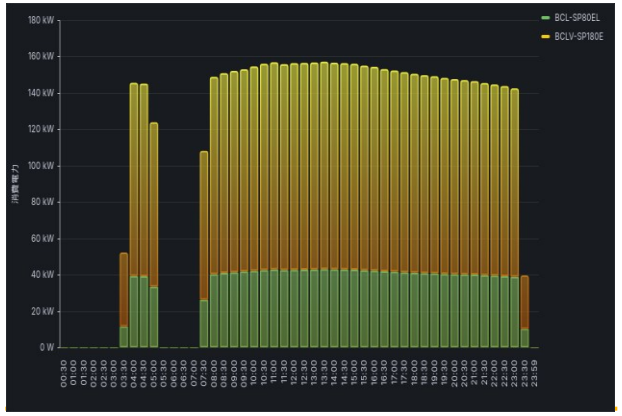
File nippou_2024-09-25.png is attached.

db@taiseiaomori.co.jp 2024/09/25
青森製氷 電力消費量レポート 2024-09-24
File nippou_2024-09-24.png is attached.

db@taiseiaomori.co.jp 2024/09/24
青森製氷 電力消費量レポート 2024-09-23
File nippou_2024-09-23.png is attached.

db@taiseiaomori.co.jp 2024/09/23
青森製氷 電力消費量レポート 2024-09-22
File nippou_2024-09-22.png is attached.

日報送信機能



2024-09-24 日報

ユニット1... BCL-SP80EL, ユニット2... BCLV-SP180E

時間	合計値					ユニット1			
	電力(平均)	電力(最大)	電力(最小)	1日使用電力	使用料金	電力(平均)	電力(最大)	電力(最小)	1日使用電力
	W	W	W	Wh	円(概算)	W	W	W	Wh
00時	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01時	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02時	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03時	98.089	146.698	0	99.249	3.474	25.239	39.546	0	25.548
04時	134.641	146.179	0	133.084	4.658	36.356	39.393	0	35.848
05時	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06時	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07時	128.135	150.265	0	128.997	4.516	33.110	40.670	0	33.360
08時	151.510	152.765	150.109	153.790	5.382	41.133	41.565	40.678	41.754
09時	153.817	155.505	152.034	153.565	5.374	41.904	42.340	41.324	41.839
10時	156.431	157.239	155.420	156.126	5.466	42.664	42.958	42.327	42.579
11時	156.105	156.797	155.214	156.800	5.452	42.552	42.774	42.299	42.472
12時	156.578	157.339	155.791	156.295	5.470	42.810	43.123	42.466	42.733
13時	156.889	157.645	156.168	156.603	5.482	43.019	43.193	42.805	42.937
14時	156.182	156.960	155.470	155.891	5.456	42.848	43.079	42.666	42.770
15時	154.704	155.890	153.535	154.364	5.403	42.322	42.774	41.919	42.231
16時	152.739	153.706	151.926	152.460	5.335	41.689	41.948	41.462	41.616
17時	150.969	152.044	150.031	153.184	5.361	41.197	41.539	40.966	41.804
18時	149.453	150.284	148.250	149.178	5.222	40.801	41.018	40.502	40.722
19時	147.943	148.883	147.257	147.665	5.168	40.314	40.600	40.134	40.238

添付1（グラフ）　添付2（エクセル日報

もっと賢い冷凍庫を・・・

ChatGPTを使用した音声認識機能の実装

ChatGPTの機能を使って音声認識機能を冷凍庫に実装してみました・・・

言語処理と曖昧な表現解釈の全てをChatGPTへ丸投げ可能

- 分かち書き処理不要
- 連続処理、例外処理

主要部はプロンプトなのでローコード

マルチリンガル対応

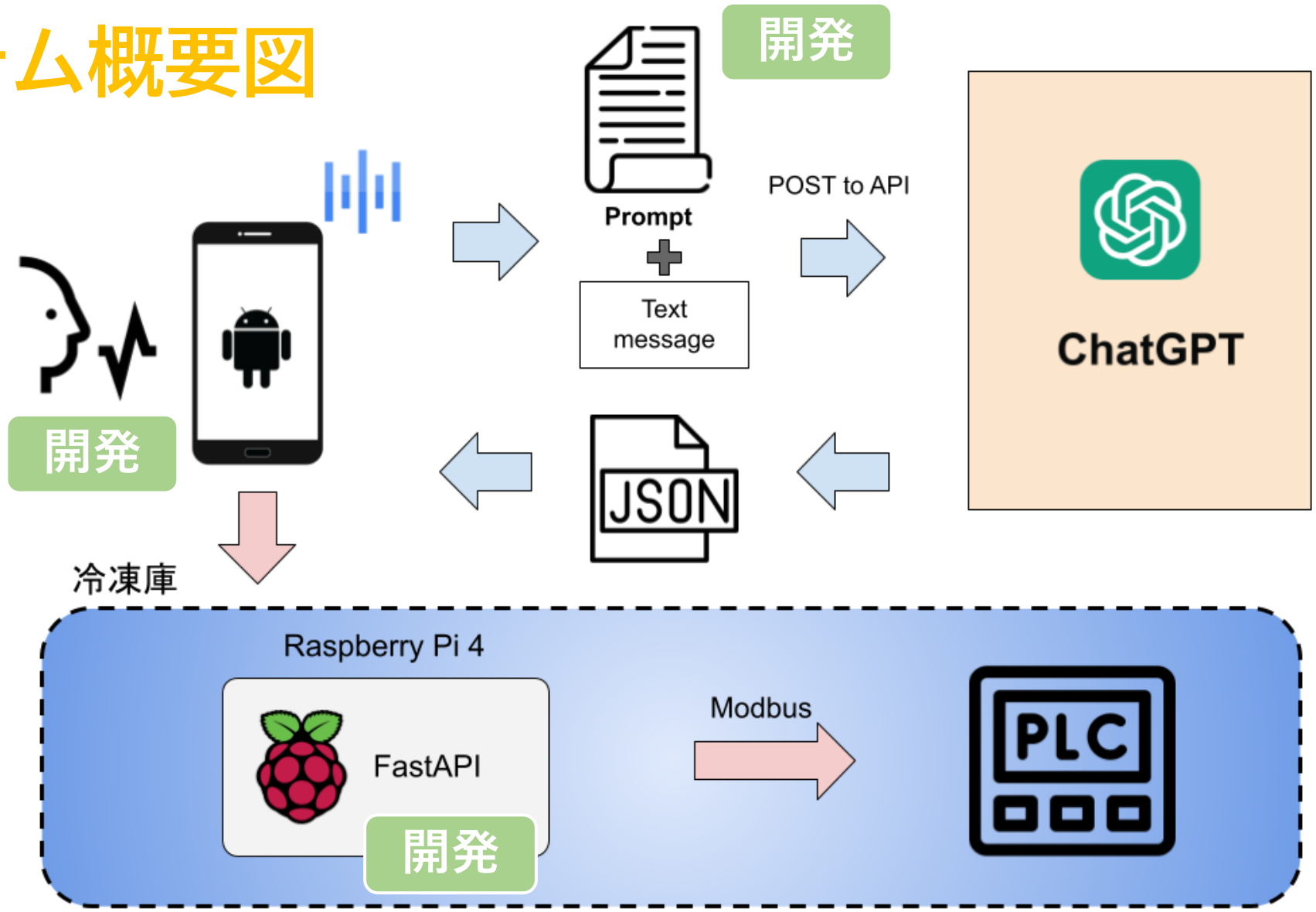
音声入力のメリット

離れた場所からの設定変更が可能
入力項目が多いときに操作を簡略化

今回実装部分

- 温度湿度の設定
- ステップコントロール設定
- ファンコントロール設定

システム概要図

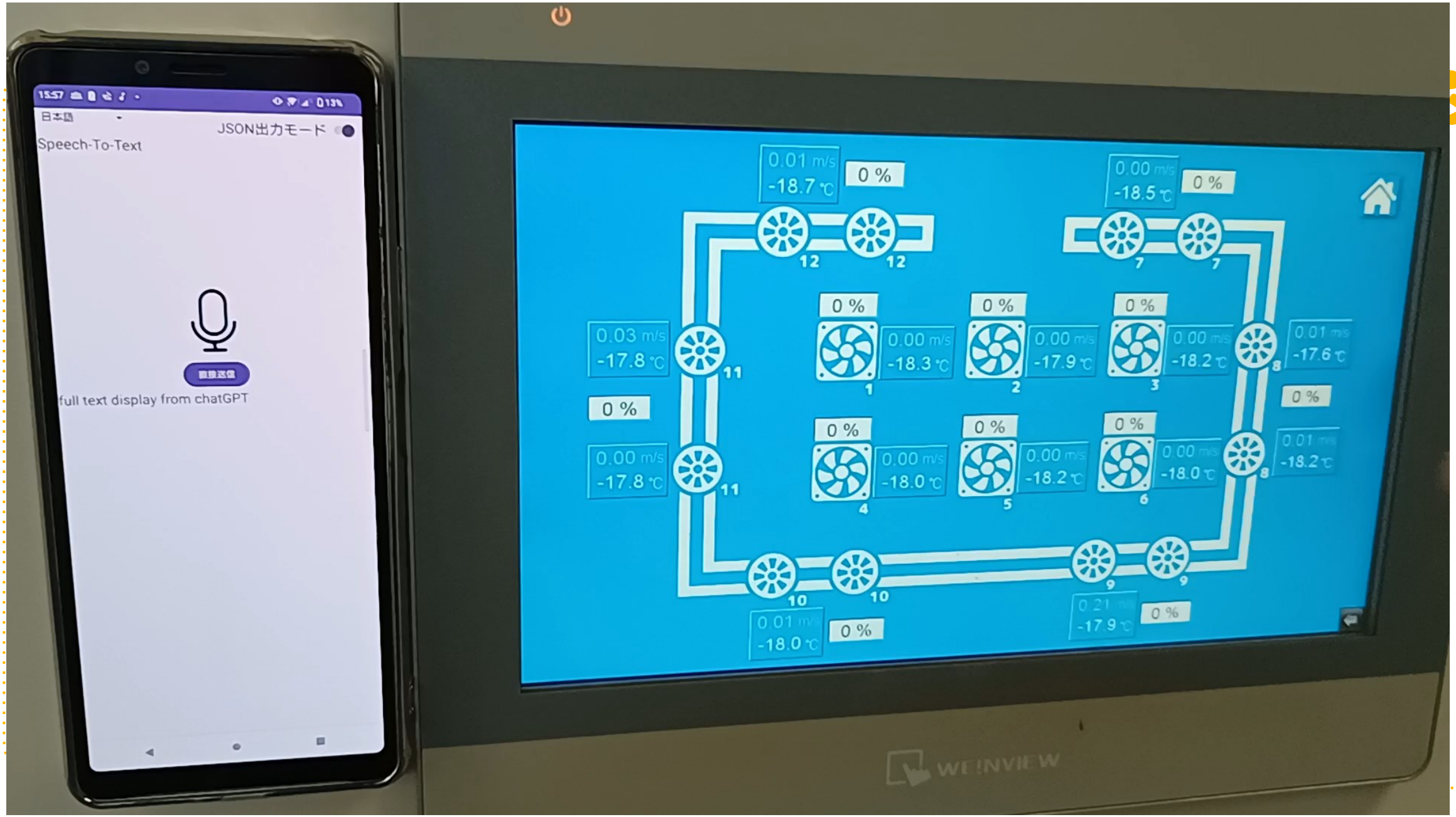

開発
Prompt
Text message
POST to API
ChatGPT
開発
JSON
冷凍庫
Raspberry Pi 4
FastAPI
開発
Modbus
PLC

Few-Shots prompting

入出力例をいくつか示してレスポンスを得る方法

```
--- 入力例1: ファン１の出力を 45% にしてください。
--- 出力例1: {"act": "set-fan", "fan" : [1], "output" : 45}
```
```
--- 入力例2: ファン8、ファン9の出力を 99% にしてください。
--- 出力例2: {"act": "set-fan", "fan" : [8,9], "output" : 99}
```
```
--- 入力例3: すべてのファンの出力を100%にしてください 。
--- 出力例3: {"act": "set-fan", "fan-all": true, "fan":[], "output": 100}
```
```
--- 入力例4: ファンの2番から5番の出力を80%にしてください。
--- 出力例4: {"act": "set-fan", "fan":[2,3,4,5], "output": 80}
```

上記４例のフィードで今回の挙動を実現



※ファン -> パン の誤変換で途中失敗しています