

産業に貢献する新しい温度センサ・ 測定技術とその応用

近年、温度測定のニーズは特に安心、安全、環境・省エネ等やIoTでのセンシング技術の広がりに伴って増えている。
チノーでの新しい分野や市場における温度センサや測定技術および校正技術の取り組みについてご紹介する。

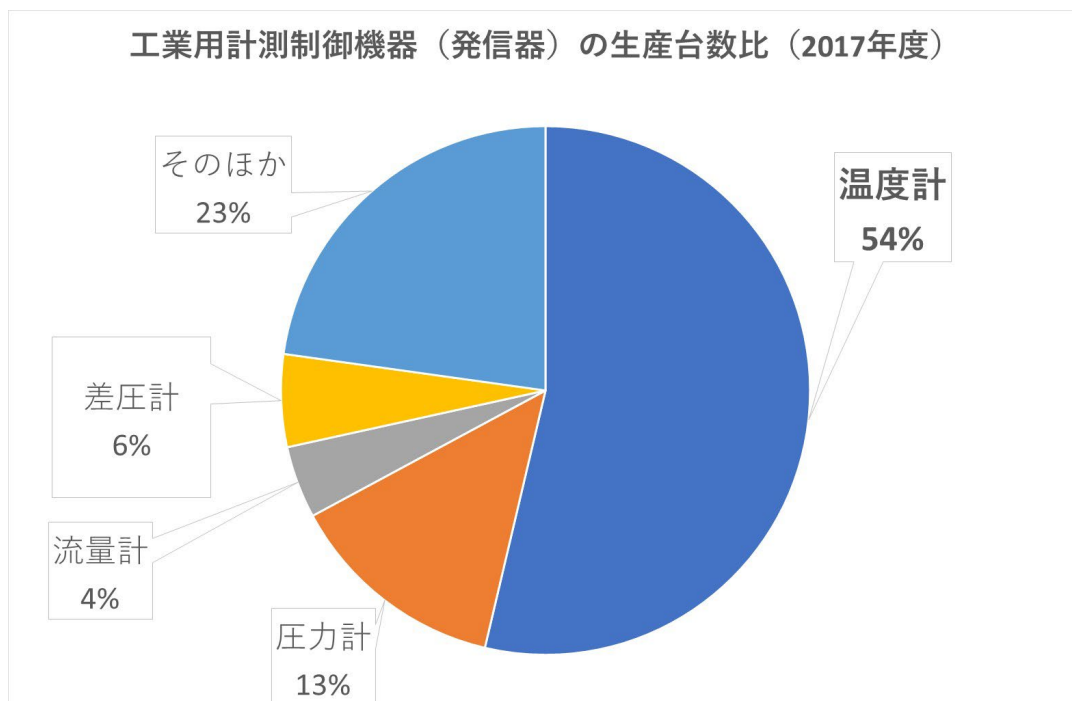
2018年9月27日

株式会社チノー 清水孝雄

http://intermeasure.org/05_seminar.html

工業用計測制御機器のうち発信器の

生産台数の比率(2017年度)



* 2017年度の工業用計測制御機器の生産台数の比率・台数構成比は、**温度計が54%でほぼ半分。**

●工業用温度計



接触式温度センサ



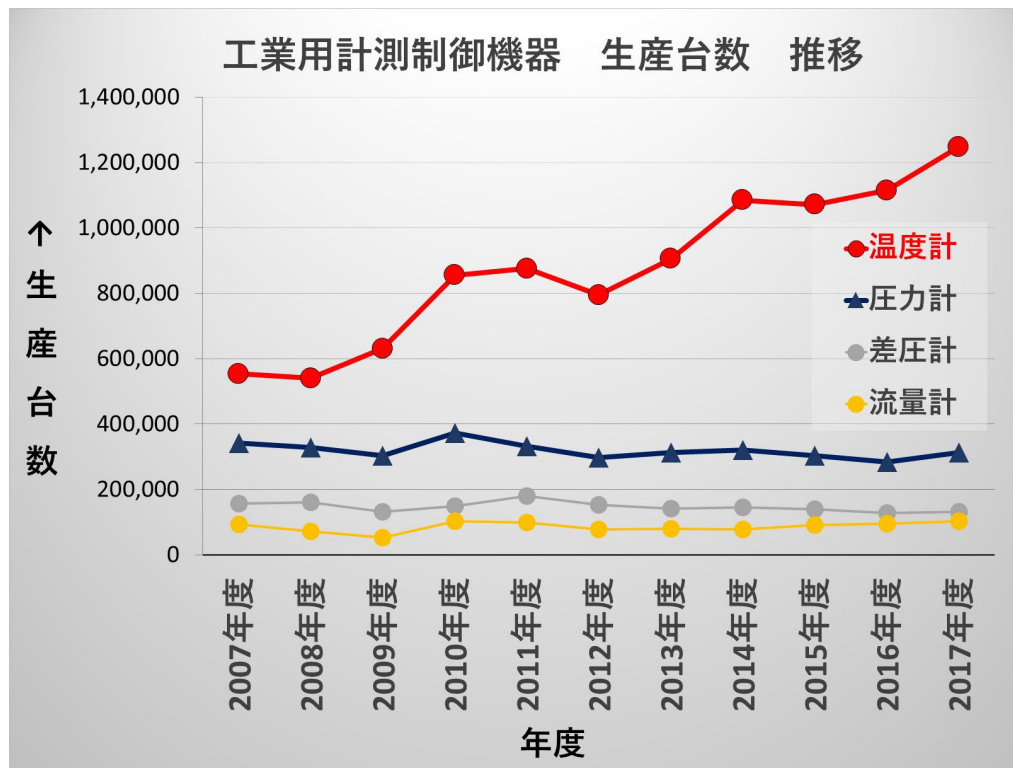
非接触式放射温度計



熱画像装置

(経産省機械統計データより)

工業用計測制御機器の生産台数の推移



●工業用温度計



接触式温度センサ



非接触式放射温度計

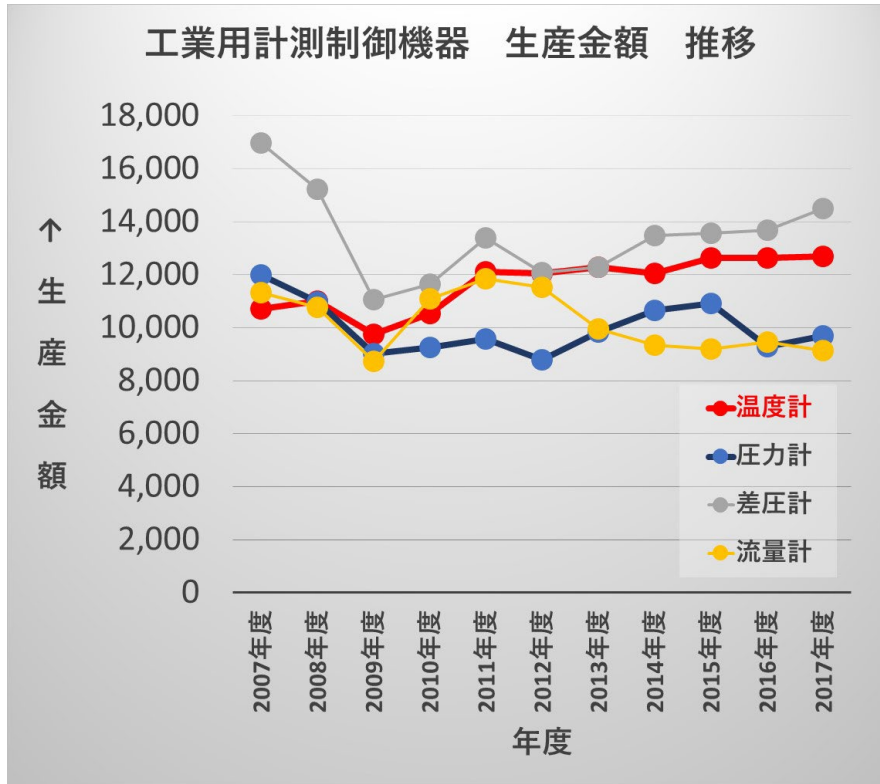


熱画像装置

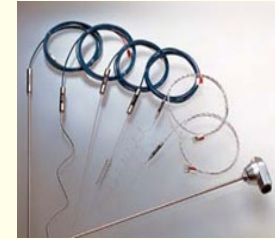
* 生産台数は、工業用温度計のみ、10年で約2倍以上増加。

(経産省機械統計データより)

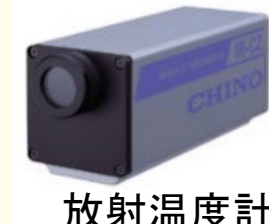
工業用計測制御機器の生産金額の推移



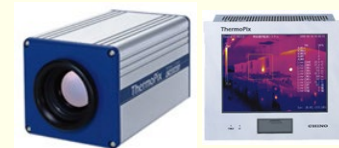
●工業用温度計



接触式温度センサ



放射温度計



熱画像装置

* **工業用温度計**の生産台数は、10年間でほぼ2倍に増加、生産金額はほぼ横ばい。
製品価格は1/2に！ 工業用温度計の、低コスト化。

(経産省機械統計データより)

温度センサ（接触式、非接触式）と測定事例

- 接触式温度センサ（熱電対、測温抵抗体）
- 非接触式温度センサ（放射温度計、熱画像）
- 温度標準技術
- 最近の温度測定の特ピックス（IoT）

接触式温度センサと測定事例

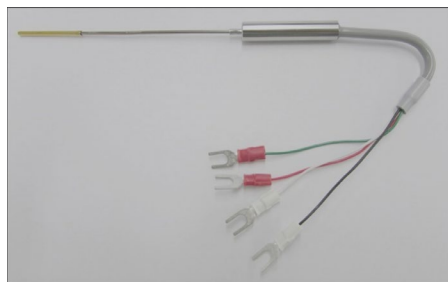
各種 接触式温度センサ(熱電対、抵抗体)



■ シース形温度センサ



■ サイロ内測温用温度センサ



■ 極低温工業用Pt-Co温度センサ



■ 各種温度センサ

適用温度 : 4.2Kから2000°C付近まで

仕様分野 : 鉄鋼・半導体・金属熱処理・医薬等あらゆる産業分野

シース形熱電対温度センサ



太さ $\phi 22\text{mm} \sim 10\text{mm}$



太さ $\phi 8\text{mm} \sim \phi 0.15\text{mm}$ 以下



①高温・過酷な雰囲気での要望 ②より細く、高速応答での要望

①高温・過酷な雰囲気での要望

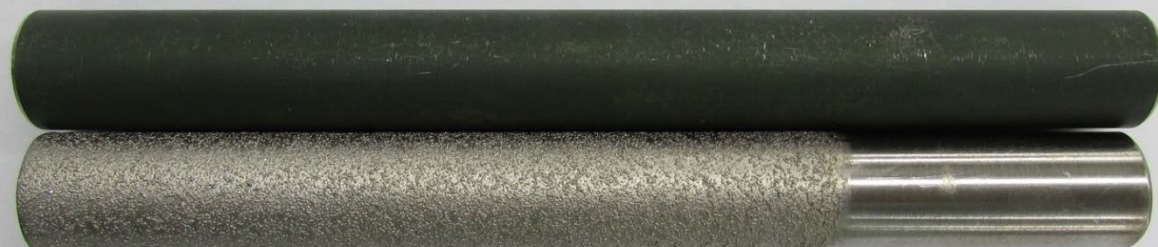
焼却炉用HDコーティング付ソリッドパック熱電対

■特長

- ・ソリッドパック熱電対に耐食性のある酸化被膜(アルミナ・クロミア)を形成した**長寿命耐酸化コーティング(HDコーティング)**を施す
- ・**拡散バリアコーティングシステム**によりコーティング層の拡散を抑制して長寿命化を図る
- ・高温時に曲りにくくなる

通常の
ソリッドパック熱電対

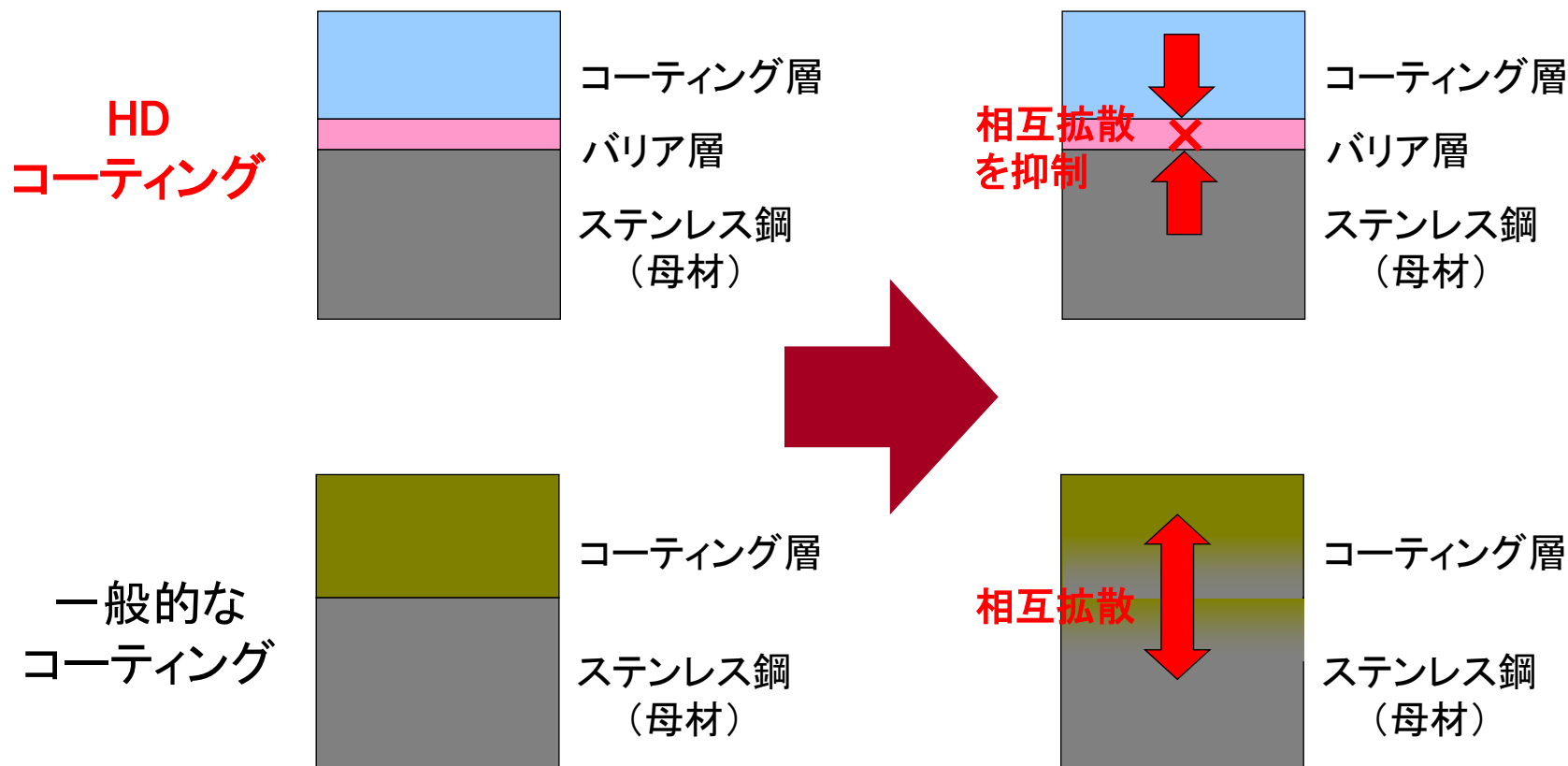
HDコーティング付
ソリッドパック熱電対



HDコーティング部分

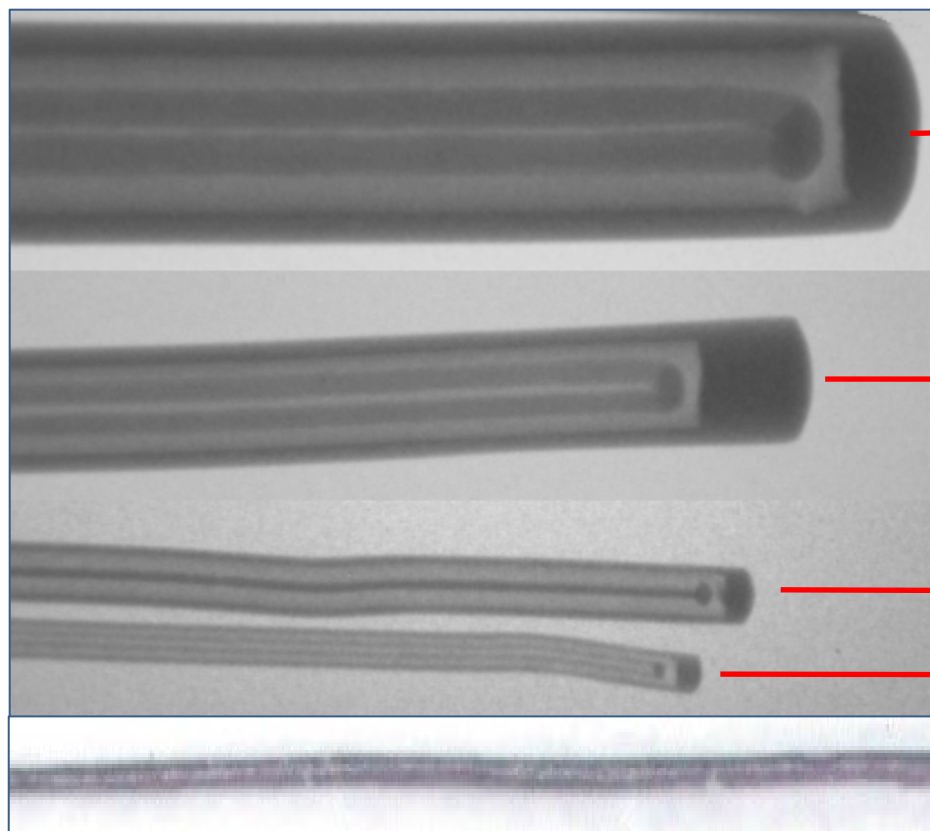
焼却炉用HDコーティング付ソリッドパック熱電対

■ 拡散バリアコーティングシステム



②より細く、高速応答での要望

極細シース熱電対



直径 0.5mm ϕ
シャープペンの芯
と同じ太さ

直径 0.3mm ϕ

直径 0.15mm ϕ

直径 0.1mm ϕ

人の髪の毛

φ0.1～0.5極細シース熱電対

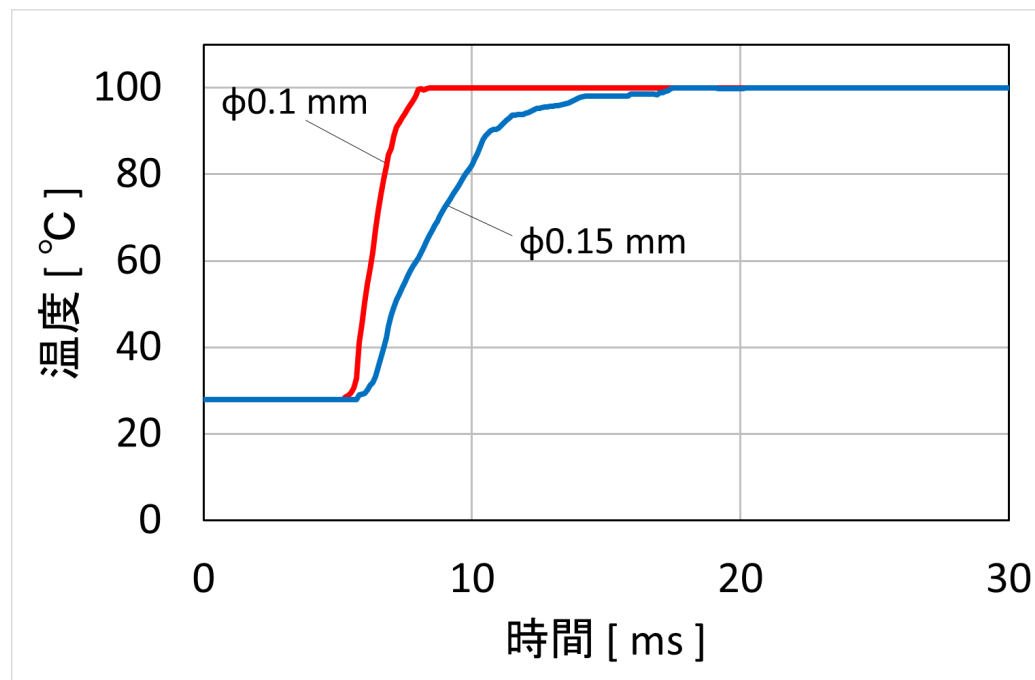
■用途 — 極細の線径や高速応答 —

- ・微細物(金属や樹脂)の表面温度測定
- ・狭い箇所の温度測定
- ・二次電池充放電の評価用
- ・測定対象物に埋め込み、測定対象物内あるいは表面の温度測定

応答時間

外径 (mm)	90%応答時間 (ms)
φ0.1	3
φ0.15	7
φ0.3	24
φ0.5	84

測定条件: 室温→沸騰水中

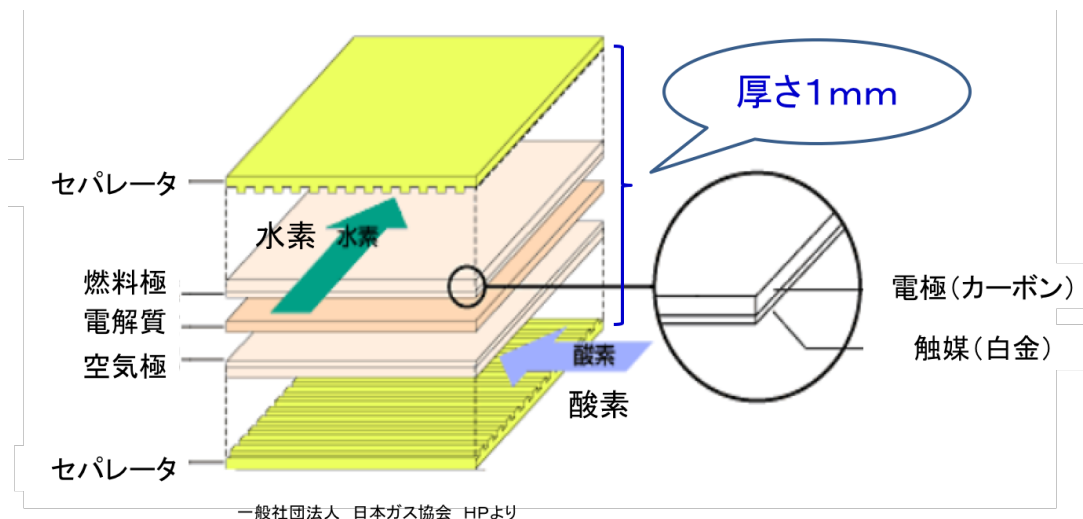


極細シース熱電対の使用例

■リチウムイオン電池 内部発熱測定



■燃料電池 内部温度測定



サイロ内測温用温度センサ

サイロ内測温用温度センサ



港湾サイロ

大豆・大麦・トウモロコシ等など
食料や飼料



カントリーエレベーター

収穫した“もみ”の貯蔵

バイオマスサイロ用測温ケーブル C202

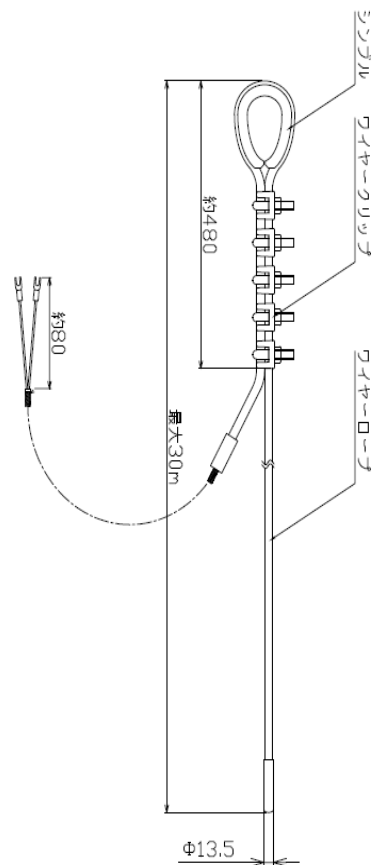
■用途

- ・木質チップ、木質ペレット、下水汚泥など
バイオマス材料の温度監視

■特長

- ・防水仕様
- ・測温接点数最大6点

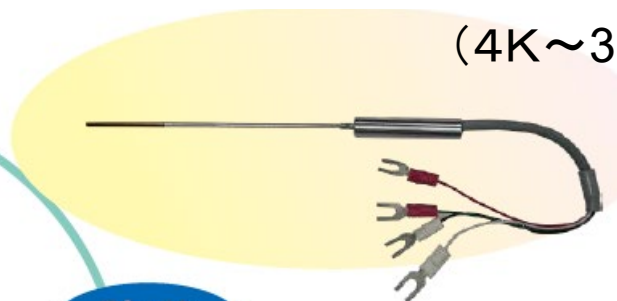
※シーース熱電対を使用した
本質安全防爆仕様にも対応



極低温市場と温度測定の要望



■極低温工業用Pt-Co温度センサ (4K~375K)



貯蔵



LNG 製造・運搬・貯蔵



MRI



リニアモーターカー

極低温用白金・コバルト(Pt-Co)測温抵抗体

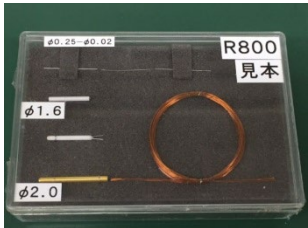
■ 白金・コバルトとは...

- ・素子に白金とコバルトの合金を使用。
- ・極低温で高精度な温度測定が可能。
- ・標準器にも利用できる再現性の良いセンサ。

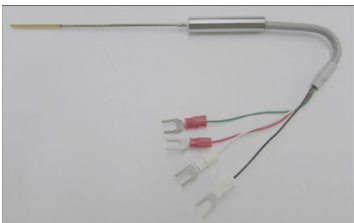


産総研と共同

極低温標準用
白金・コバルト測温抵抗体
R800-4 (4~300K)



極低温工業用
白金・コバルト測温抵抗体
R800-6 (4~375K)
-7 (15~375K)

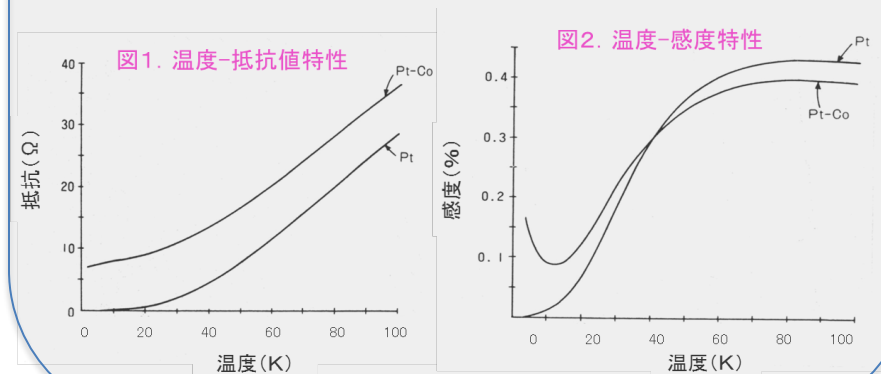


極低温工業用
白金・コバルトシース測温抵抗体
NR800-6 (4~375K)
-7 (15~375K)

Pt測温抵抗体(100Ω)に対して、Pt-Co測温抵抗体(100Ω)は

- ①抵抗値の温度変化が大きい(図1)
- ②極低温域での感度(温度に対する抵抗値の変化の割合)が高い(図2)
- ③感度を上げるため、Ptの抵抗値を増やす(100Ω→1000Ω)と自己発熱が大きくなる

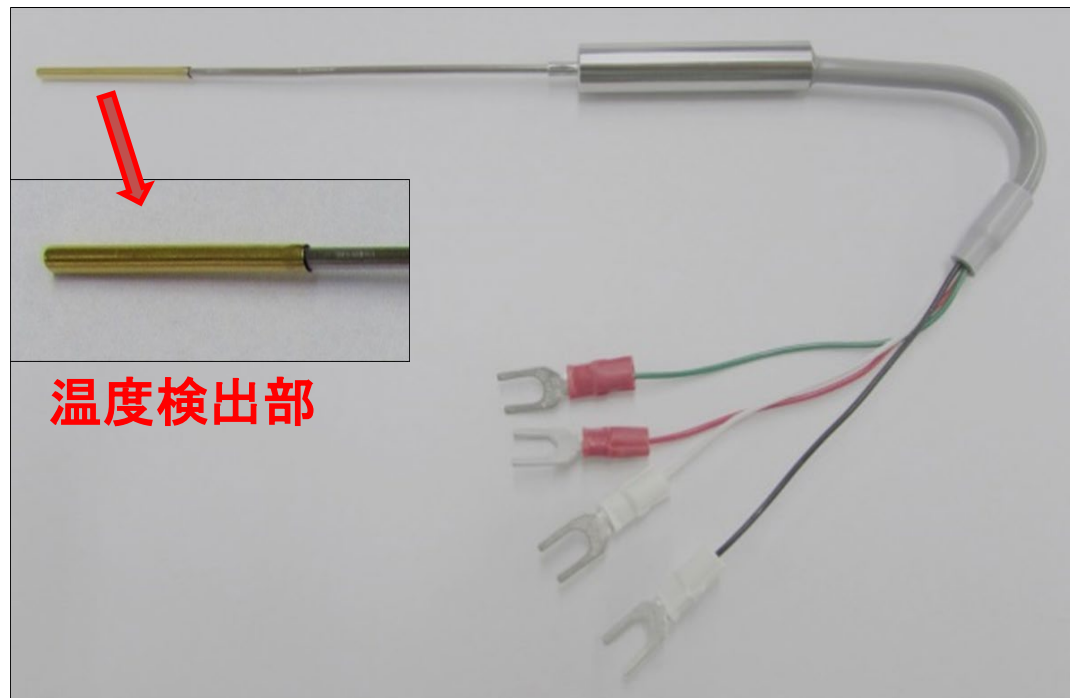
このため、精度の高い温度測定が可能。



白金・コバルトシース测温抵抗体 NR800-6,7





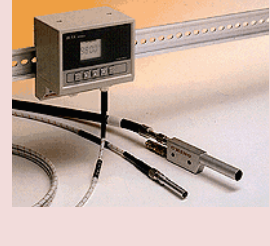
■特長

- ・保護管部分は $\phi 1.6$ シースタイプ
- ・先端部は $\phi 2.0$ 金メッキ付無酸素銅保護管
- ・温度範囲 $4 \sim 375\text{K}$ を $\pm 0.5\text{K}$ の精度で測定でき、製品毎の目盛り付け不要
(極低温燃料を使用するロケットエンジンの燃焼試験設備へ納入)
- ・金鉄・クロメル(シース)熱電対の代替用途に最適



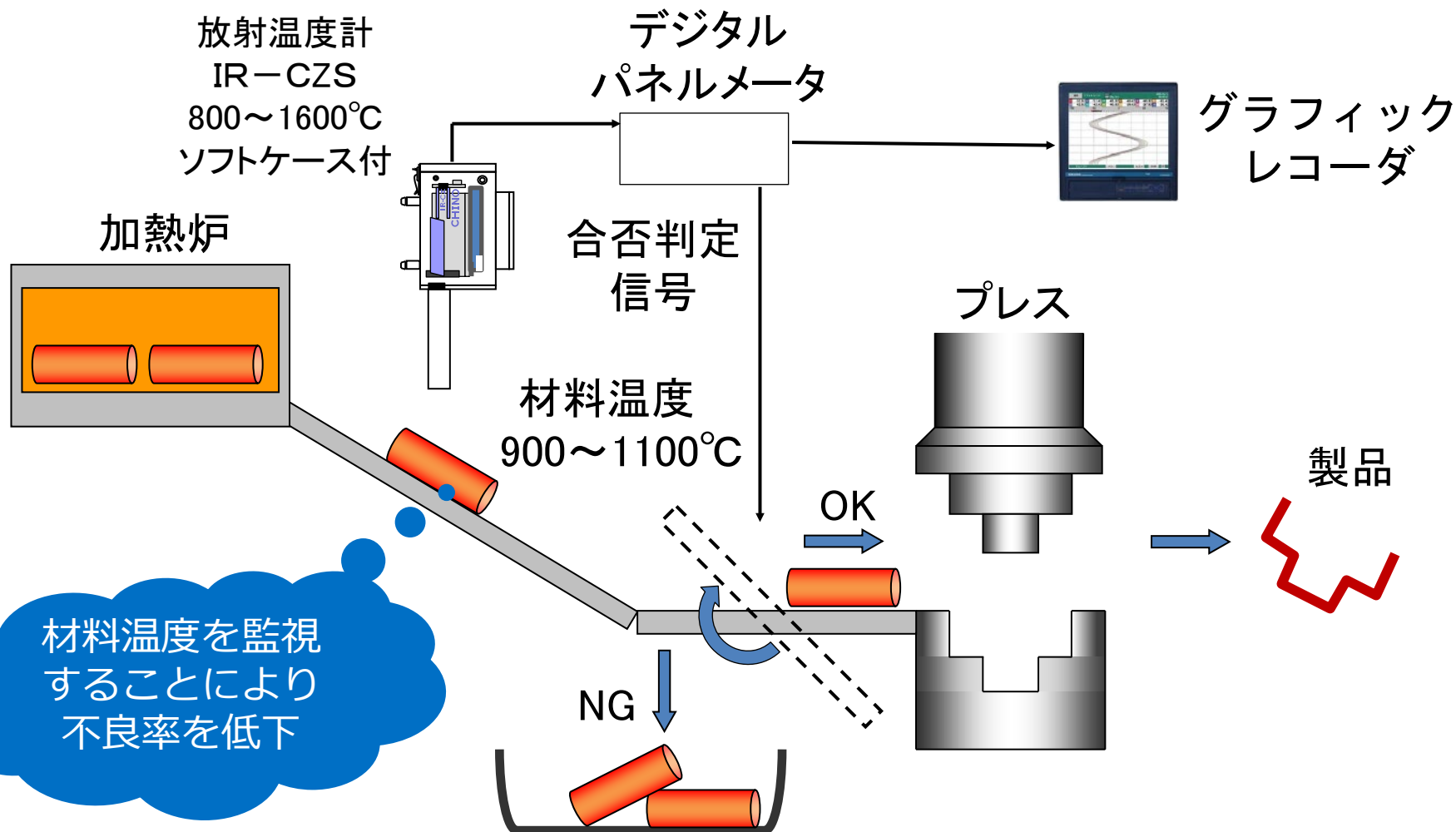
放射温度計と測定事例

赤外線放射温度計

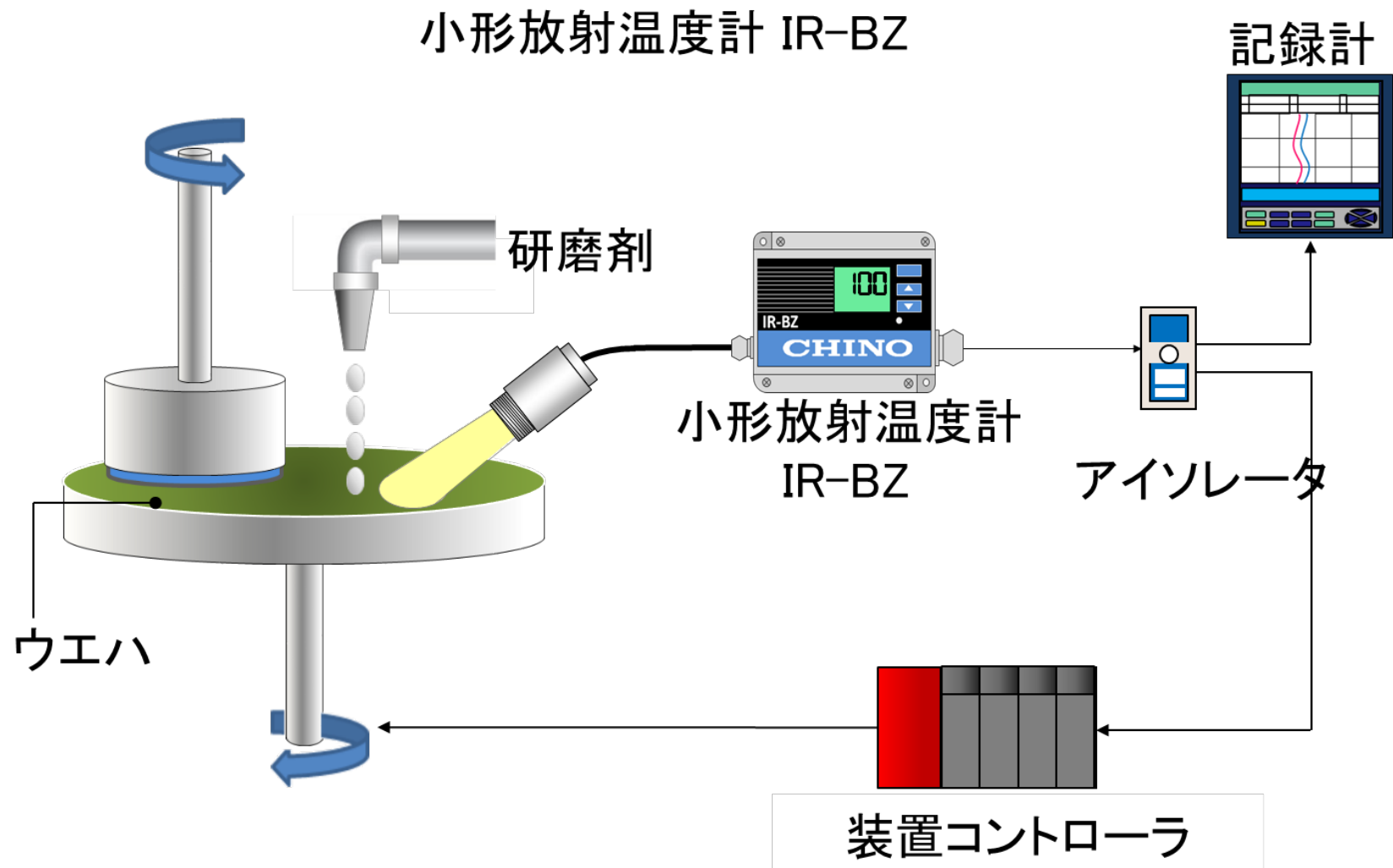
名称 形式	放射温度計 IR-CA 	高温高精度 2色温度計 IR-CZQH 	プロセス用 放射温度計 IR-SA 	小形 放射温度計 IR-BZ 	ファイバ式 放射温度計 IR-FA 
温度範囲	-50～3000℃	900～3500℃	0～2500℃	0～1000℃	70～3000℃
集光方式	レンズ	レンズ	レンズ	レンズ	レンズ+ファイバ
焦点方式	可動・固定	可動	固定	固定	固定
耐熱温度	50℃	60℃	90℃	50℃	50℃ (レンズ150℃)
通信機能	有り	有り	有り	有り	有り
出力	・アナログ出力 ・通信出力 ・接点入出力	・アナログ出力 ・通信出力 ・接点入出力	・アナログ出力 ・通信出力	・アナログ出力 ・通信出力 ・接点入出力	・アナログ出力 ・通信出力 ・接点入出力

自動車部品鍛造用放射温度計

測定目的: プレス可能な材料温度であるかを判定。

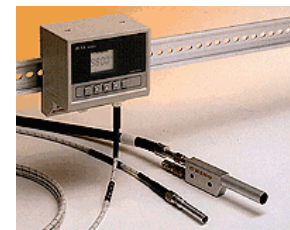
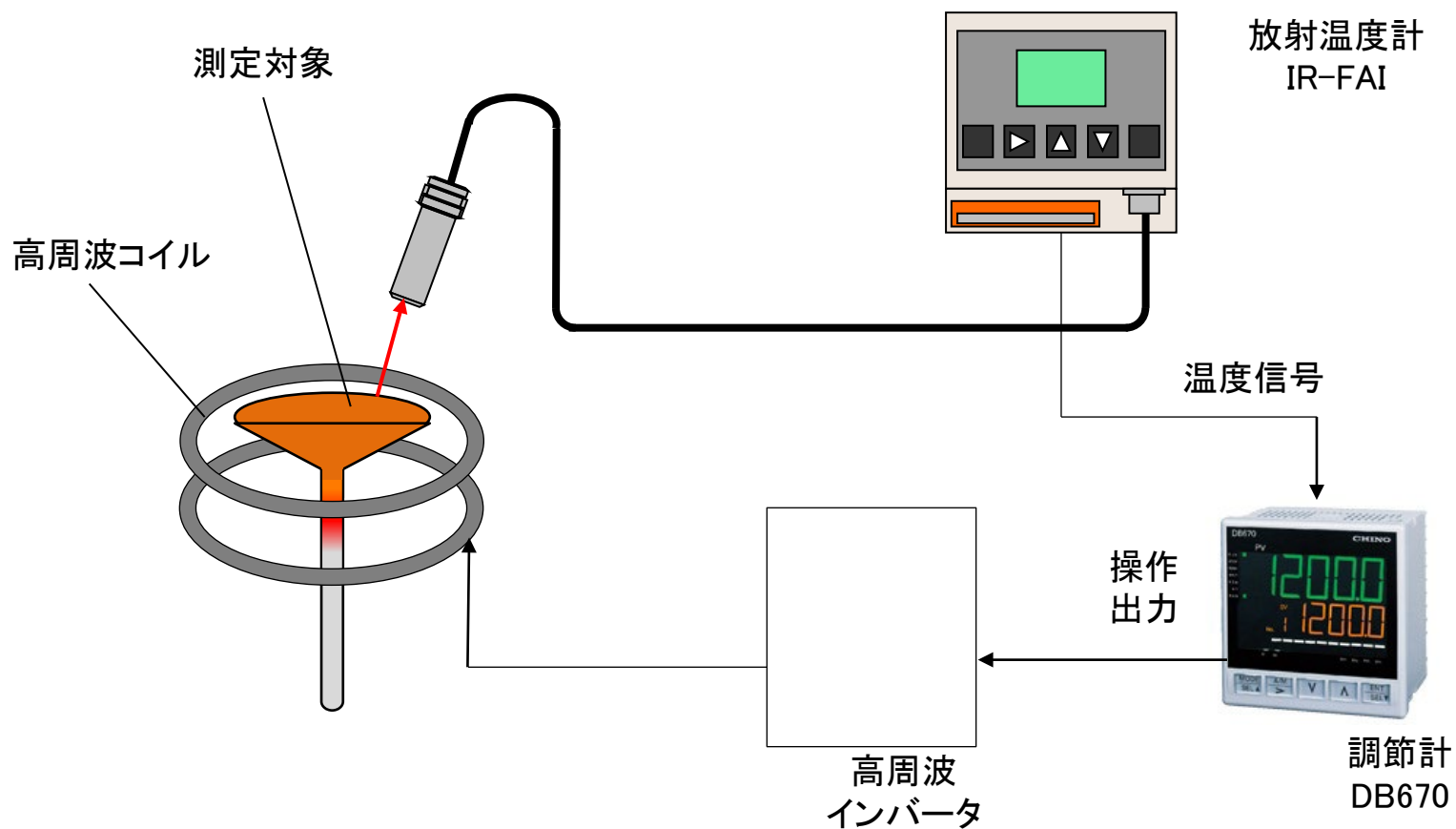


放射：半導体ウエハ表面研磨温度測定

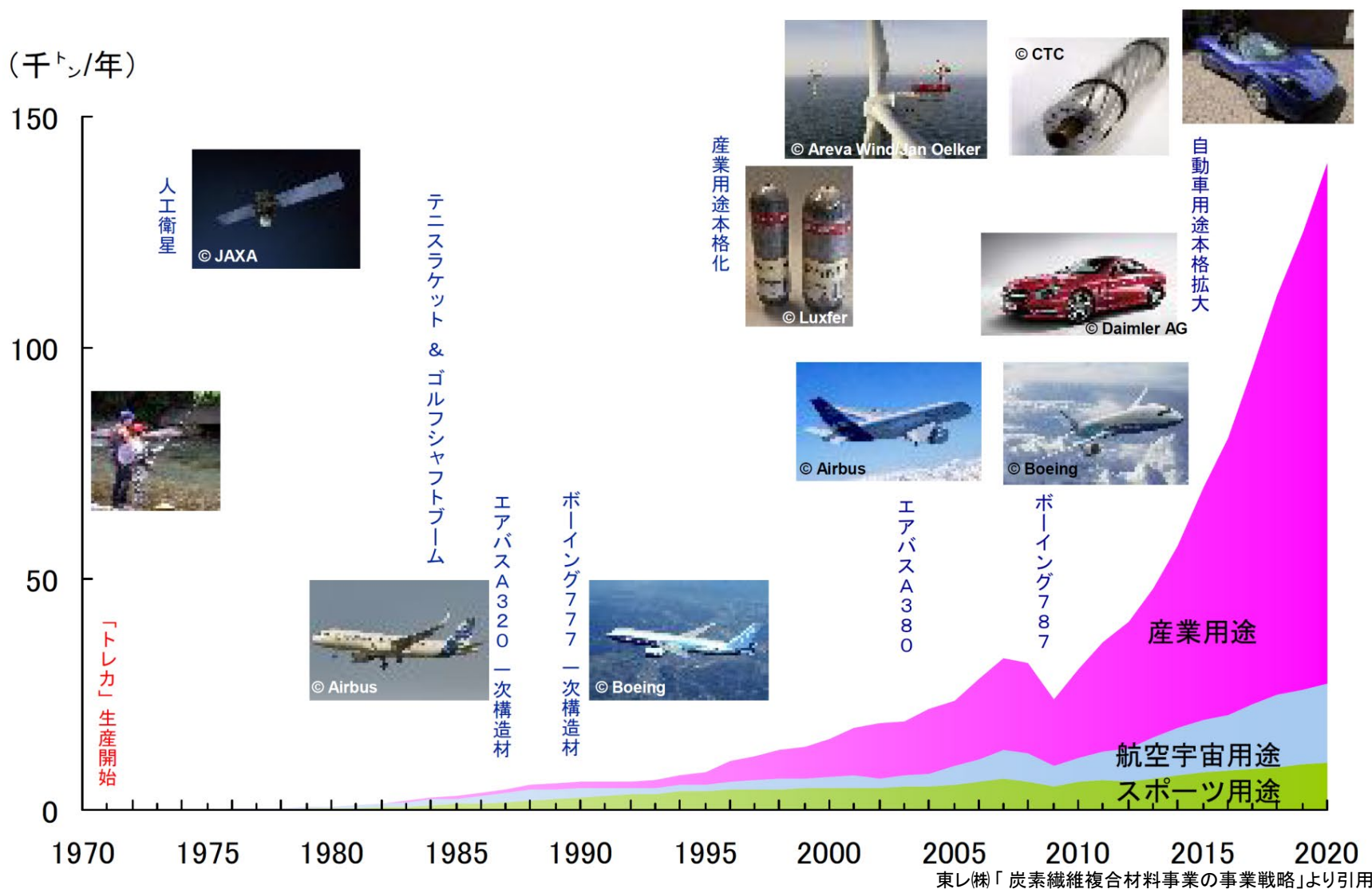


赤外線放射温度計の使用例(光ファイバ式)

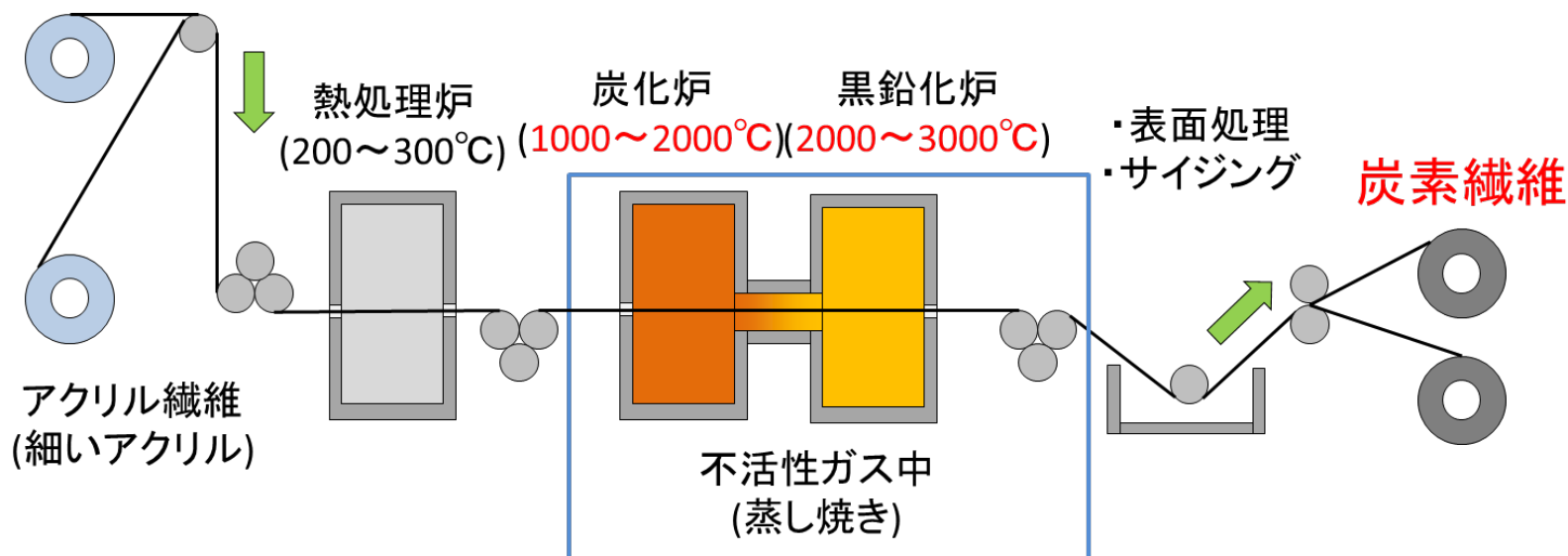
誘導（高周波）加熱の用途例



炭素繊維の需要動向



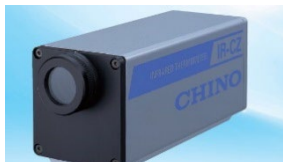
炭素繊維の製造工程と温度



➡ アクリルの糸を超高温で蒸し焼きにすることで炭素繊維が製造される。

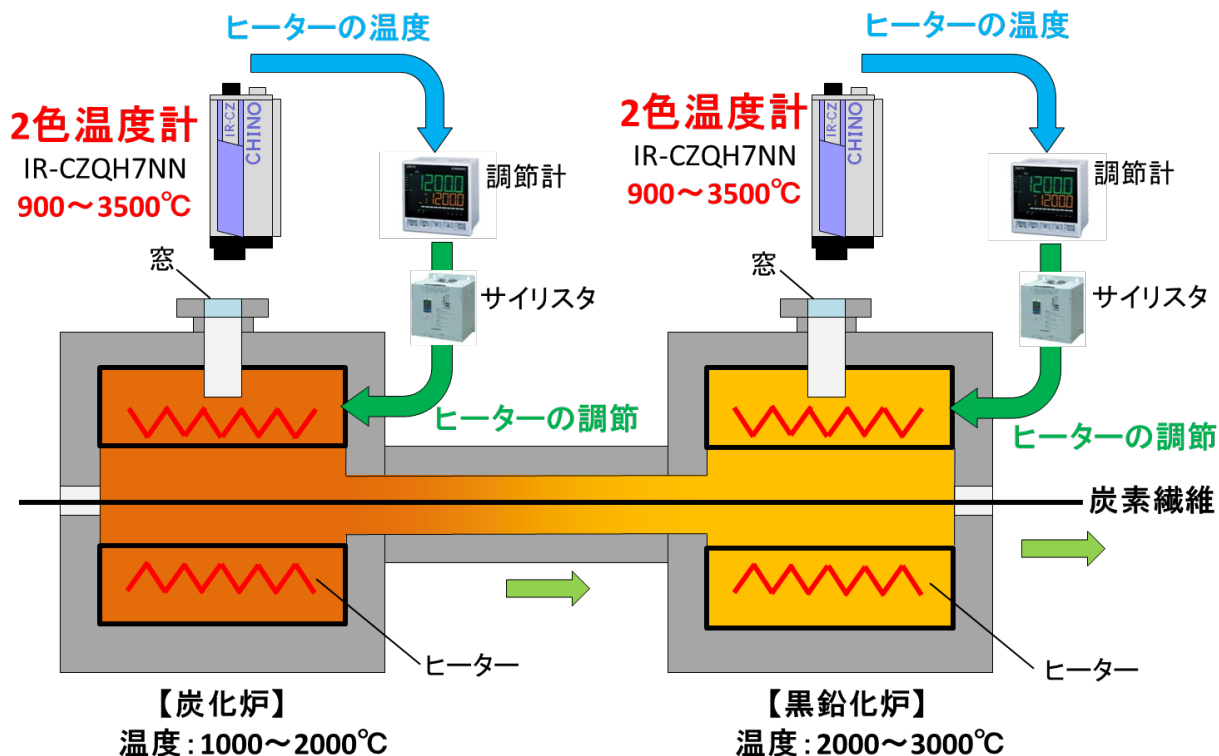
蒸し焼きにする温度が高いため放射温度計で温度測定が必要になる。

炭素繊維製造装置用2色放射温度計

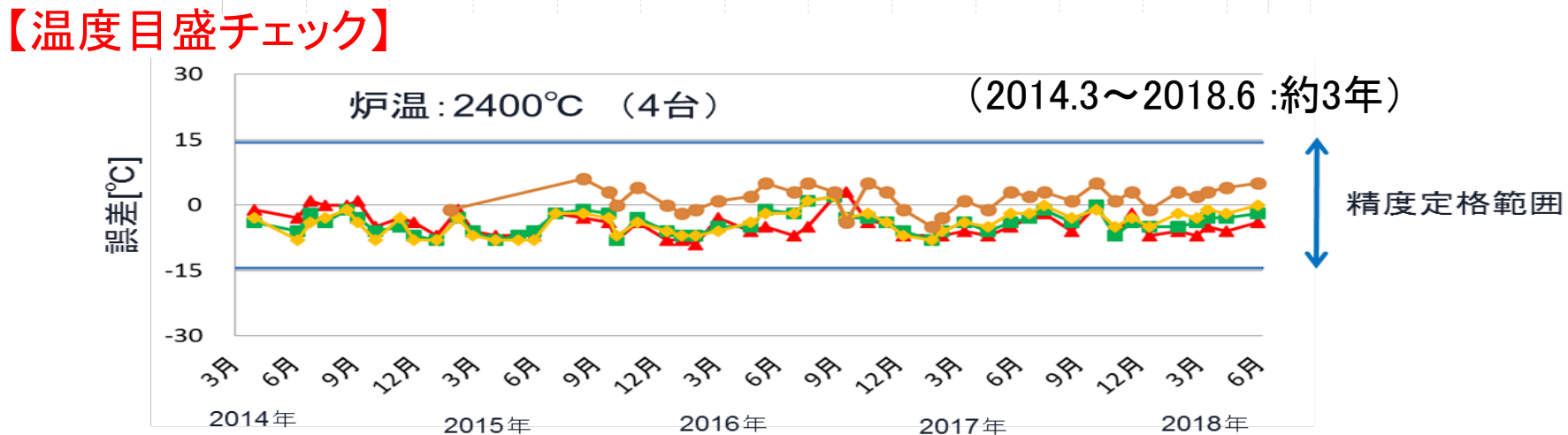
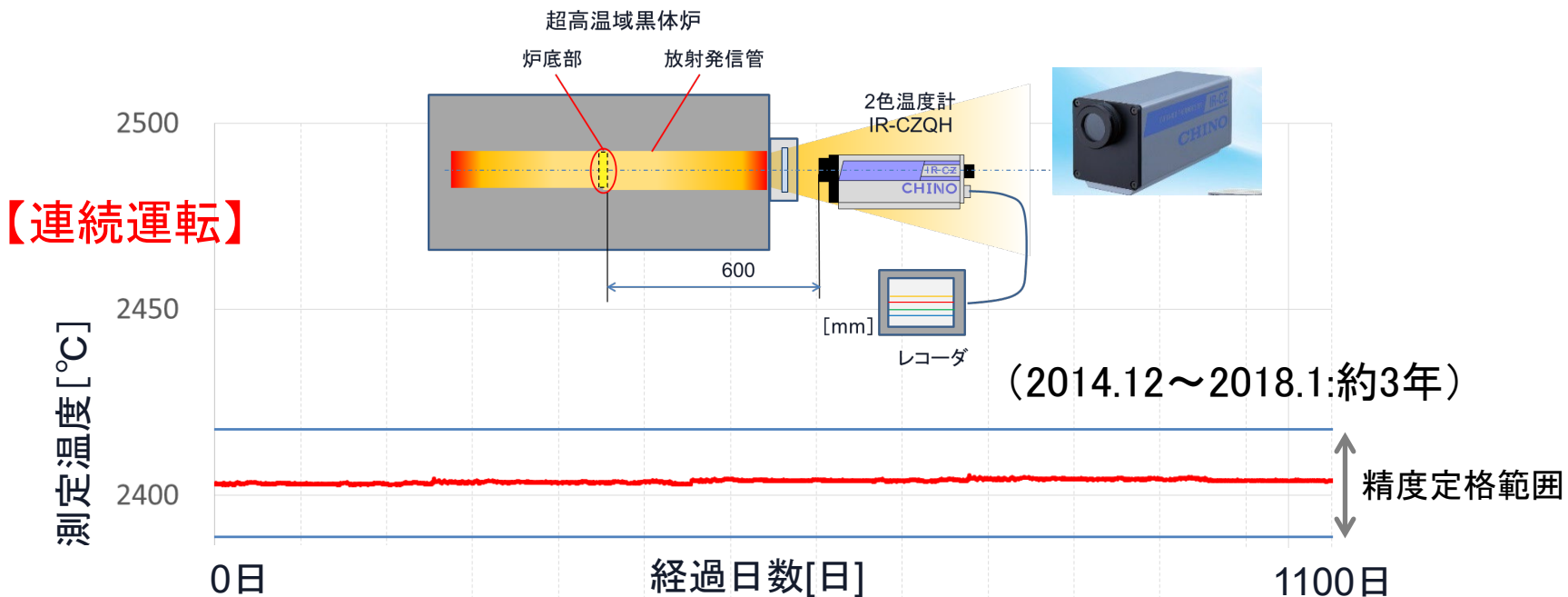


●特長

- ・超高温連続測定での耐久性を向上
- ・2色測定方式での光路障害の影響を低減
- ・応答性能を改善し高速測温を実現



2色温度計の高温での連続試験



熱画像装置と測定事例

平面温度分布測定：熱画像装置



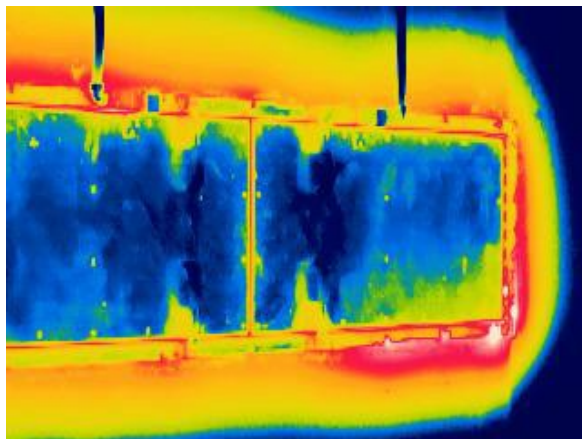
固定形熱画像装置



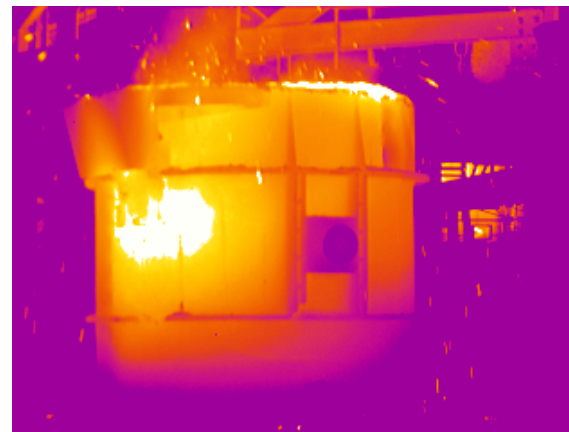
携帯形熱画像装置

温度を画像(面)で捉える熱画像計測装置
設備の異常監視での用途が拡大

異常発熱監視と広域火災監視



炉壁の診断



鉄鋼取鍋の
溶湯漏れ検知



プラントの
広域火災監視

小形熱画像装置 CPA-L4

シャッターレスにより切れ目のない連続計測が可能

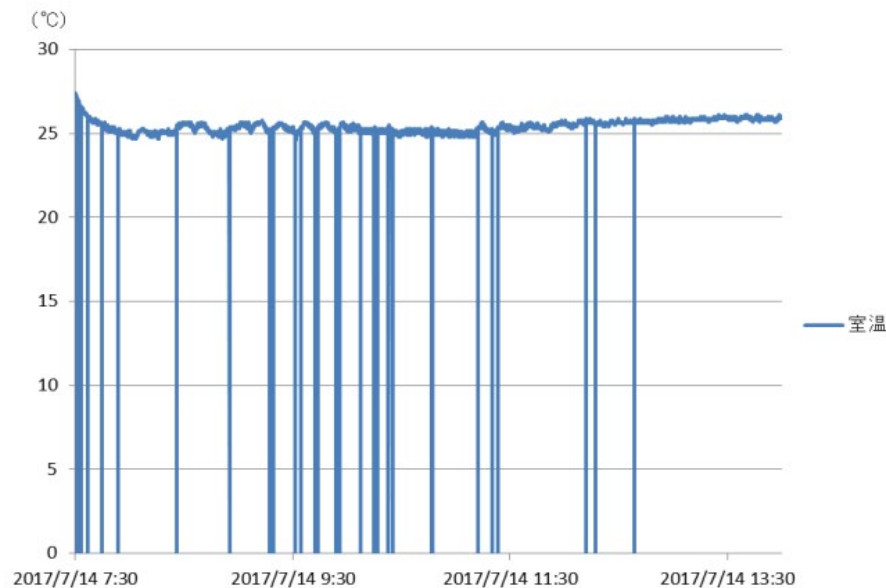
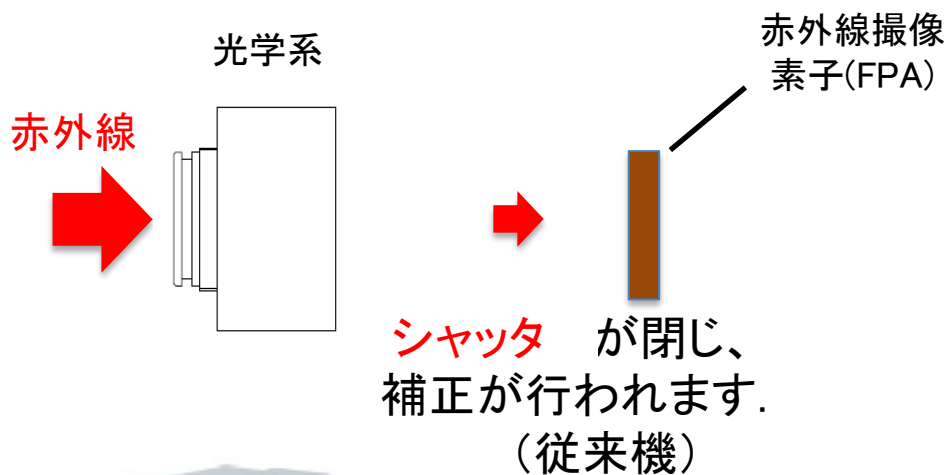


特長

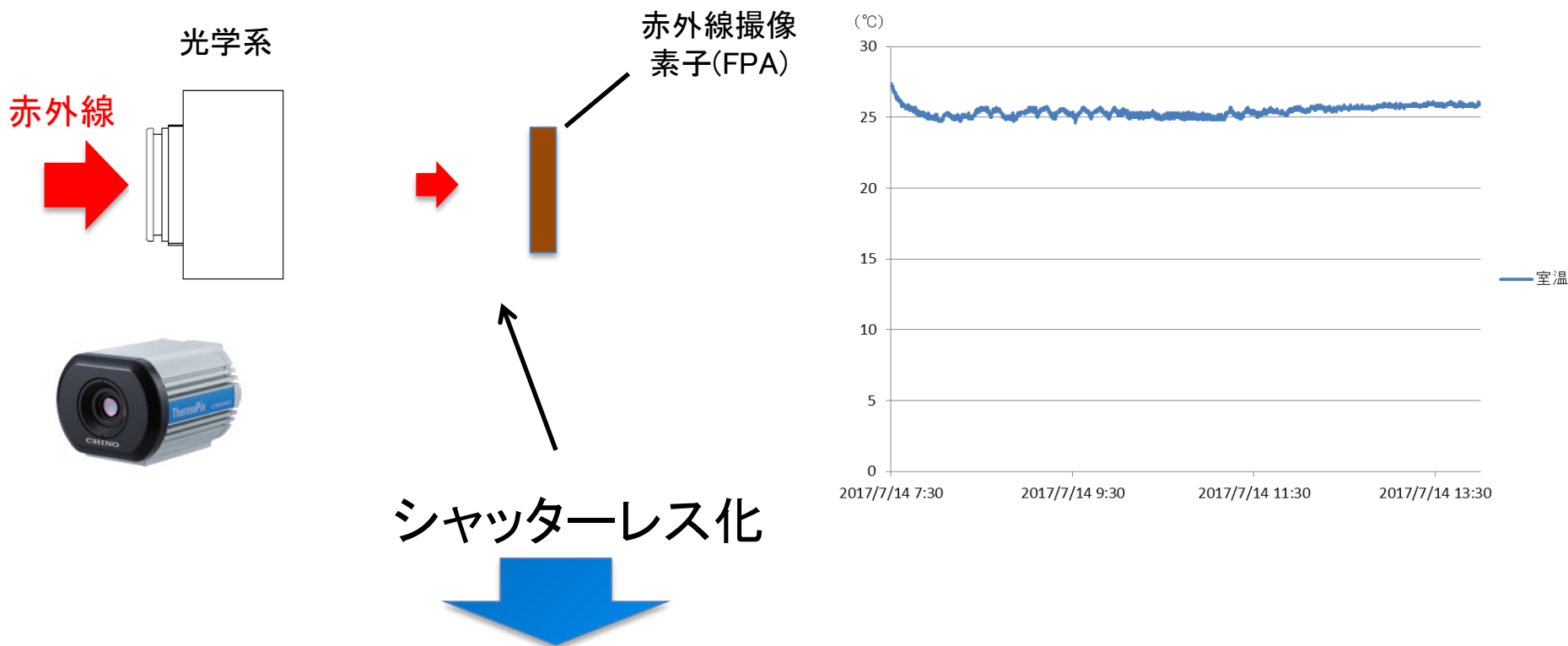
- ①切れ目のない連続計測
- ②優れた周囲温度特性

視野角	水平25° × 垂直19°	水平50° × 垂直37°
温度測定レンジ	-20～150 / 0～300℃ / 0～500℃ (購入時選択)	
温度指示精度	測定値の±2%または±2℃のどちらか大きい値	
検出素子	非冷却固体撮像素子 (320 × 240画素)	
測定波長	8～14μm	
測定距離	0.3m～∞	0.2m～∞
電源	24V DC (100～240V AC : 専用電源付属)	
外形寸法・質量	(L)110 × (W)98.6 × (H)85 ・1.2kg	(L)128 × (W)98.6 × (H)85 ・1.3kg

特長①シャッターレスによる切れ目のない連続計測

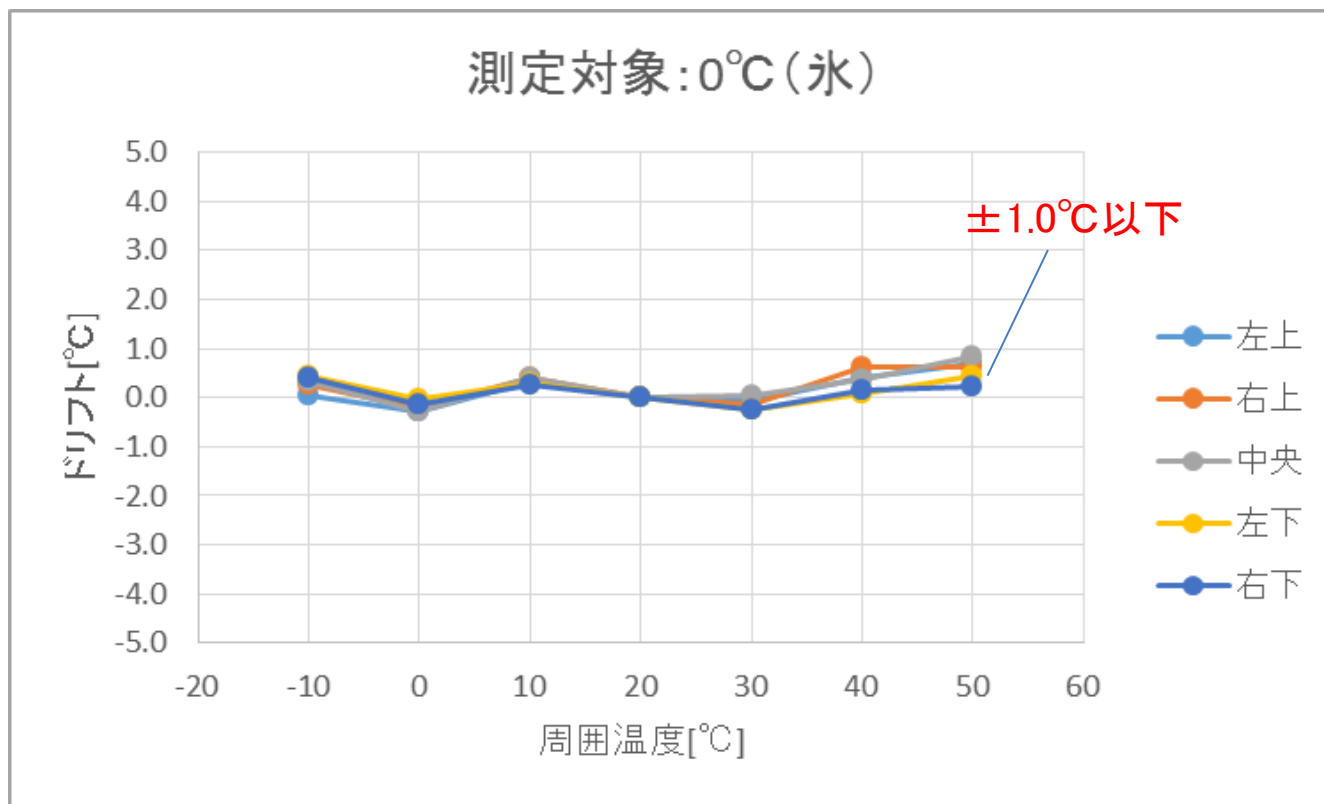


特長①シャッターレスによる切れ目のない連続計測



切れ目のない連続計測を実現

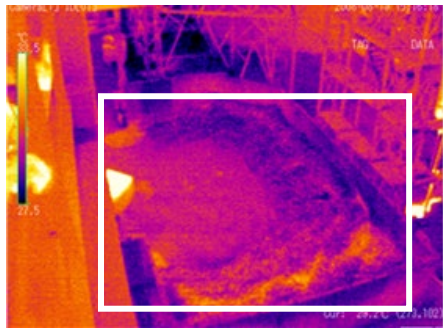
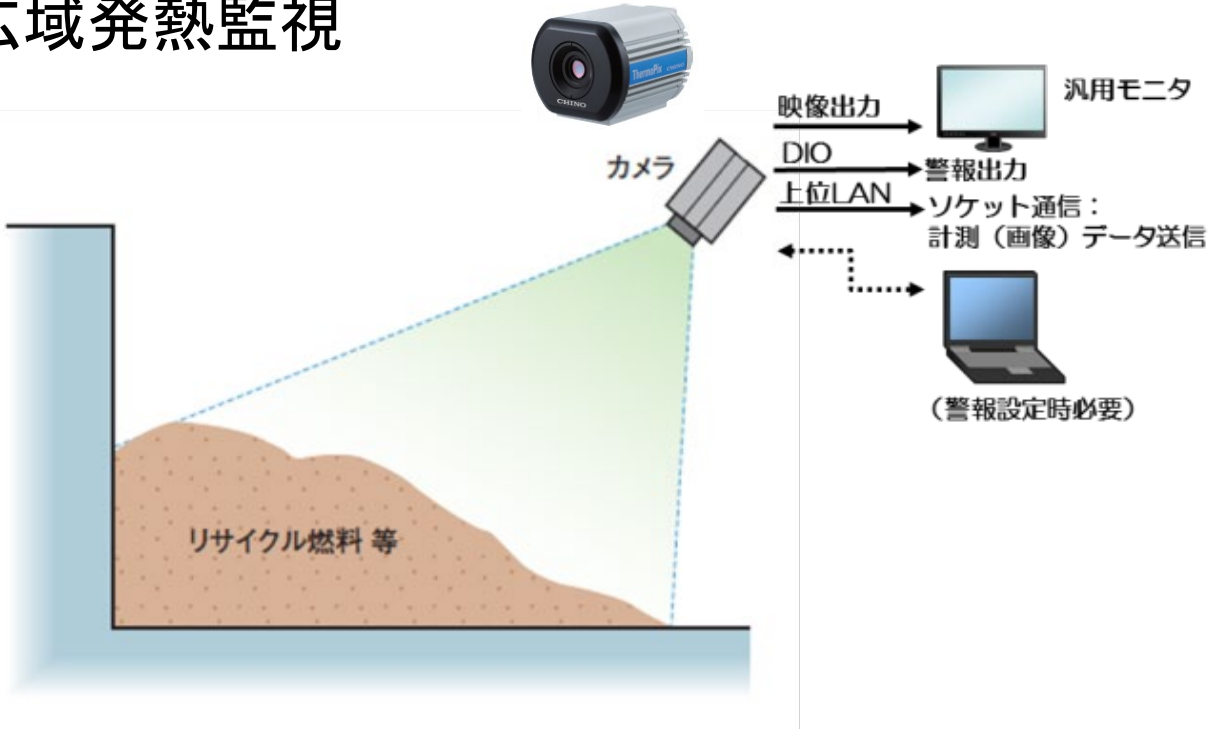
特長②周囲温度特性(-20~150°C仕様の例)



周囲温度:-10~50°Cにおける氷点の指示変動

熱画像装置による広域発熱監視

広域発熱監視

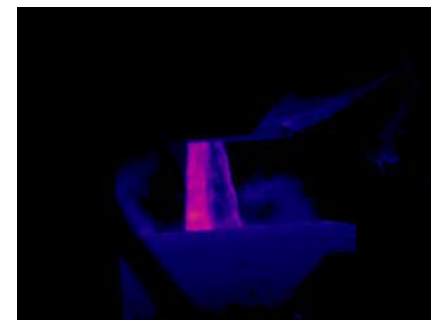
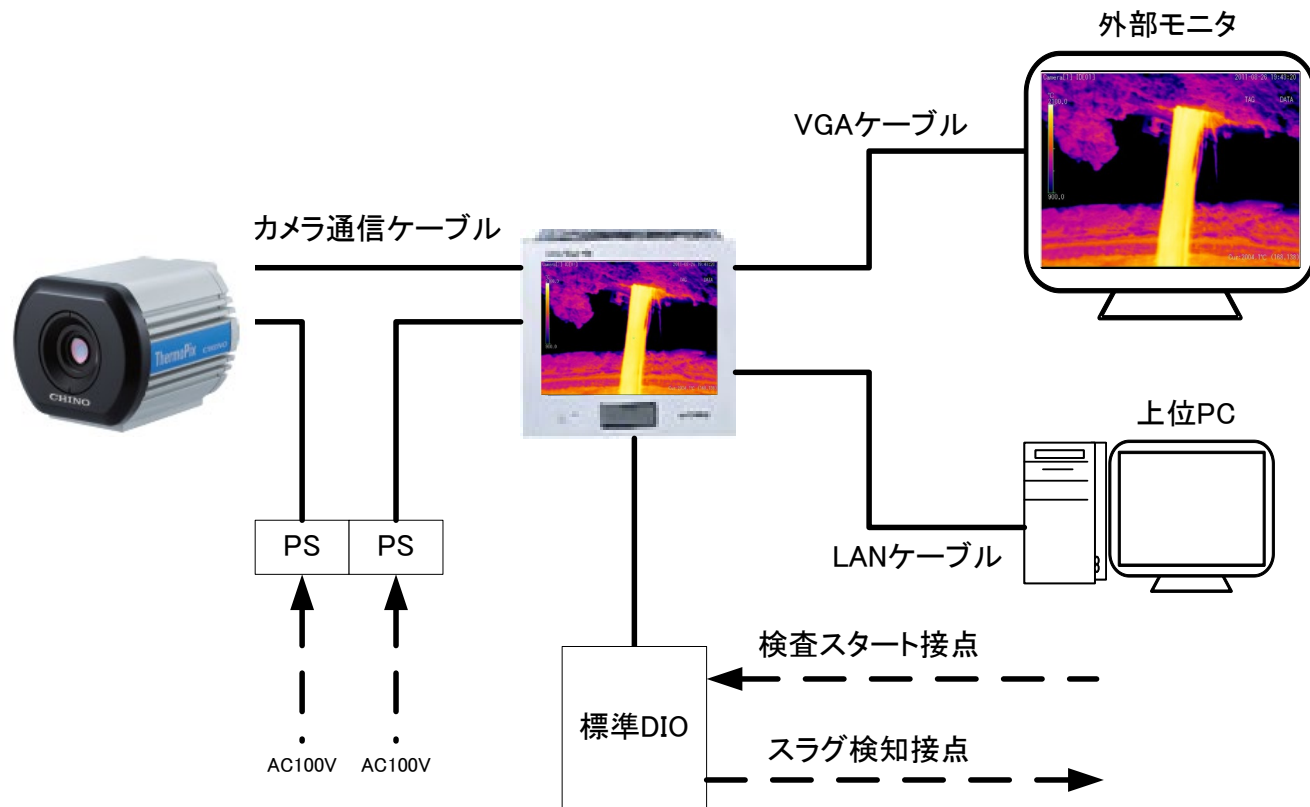


エリアを設定

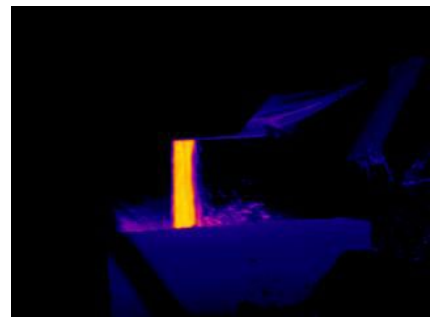
石炭・リサイクル燃料(RDF・RPFなど)の貯蔵ヤード…自然発火による火災
熱画像に任意設定した計測エリアの最高温度を判定し、警報(接点出力)

→ 火災事故の未然防止

熱画像装置によるスラグ流出検知



スラグなし(放射率:低)



スラグあり(放射率:高)

従来はオペレーターが目視で転炉の傾動時期を判定

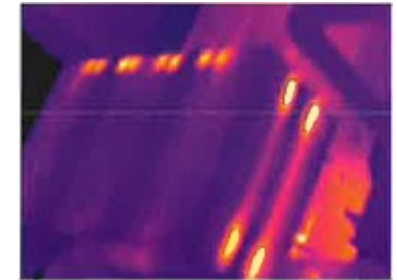
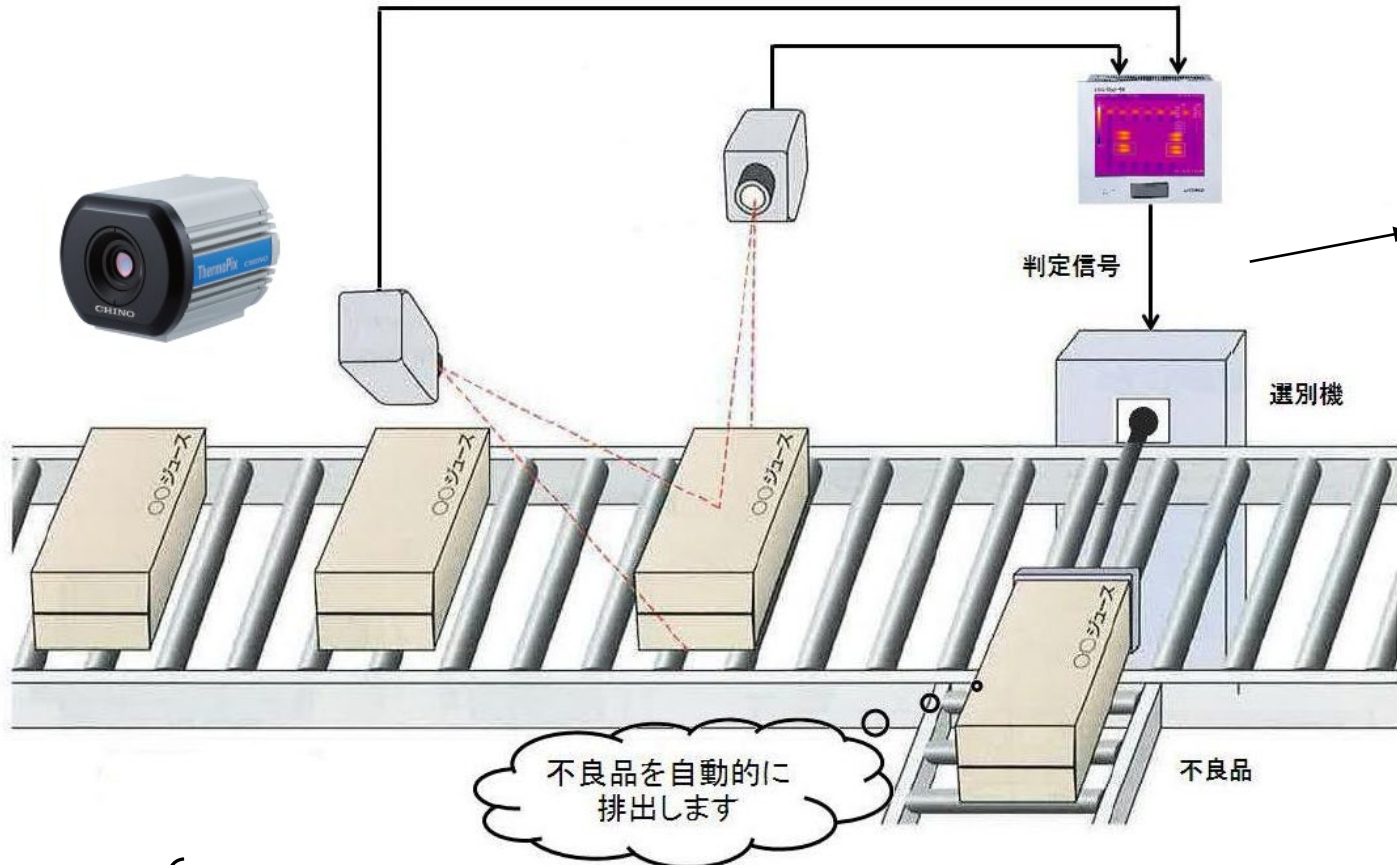
問題点: 熟練度や発煙等の影響でバラつき有り

→ スラグ(放射率:高)と溶鋼(放射率:低)の放射率差異により
スラグ流出の有無を認識し、安定した転炉の傾動時期の判定



生産性の向上

熱画像装置によるホットメルト接着不良検知



熱画像を
2値化



粒子数/面積が
適正範囲か？
良否判定

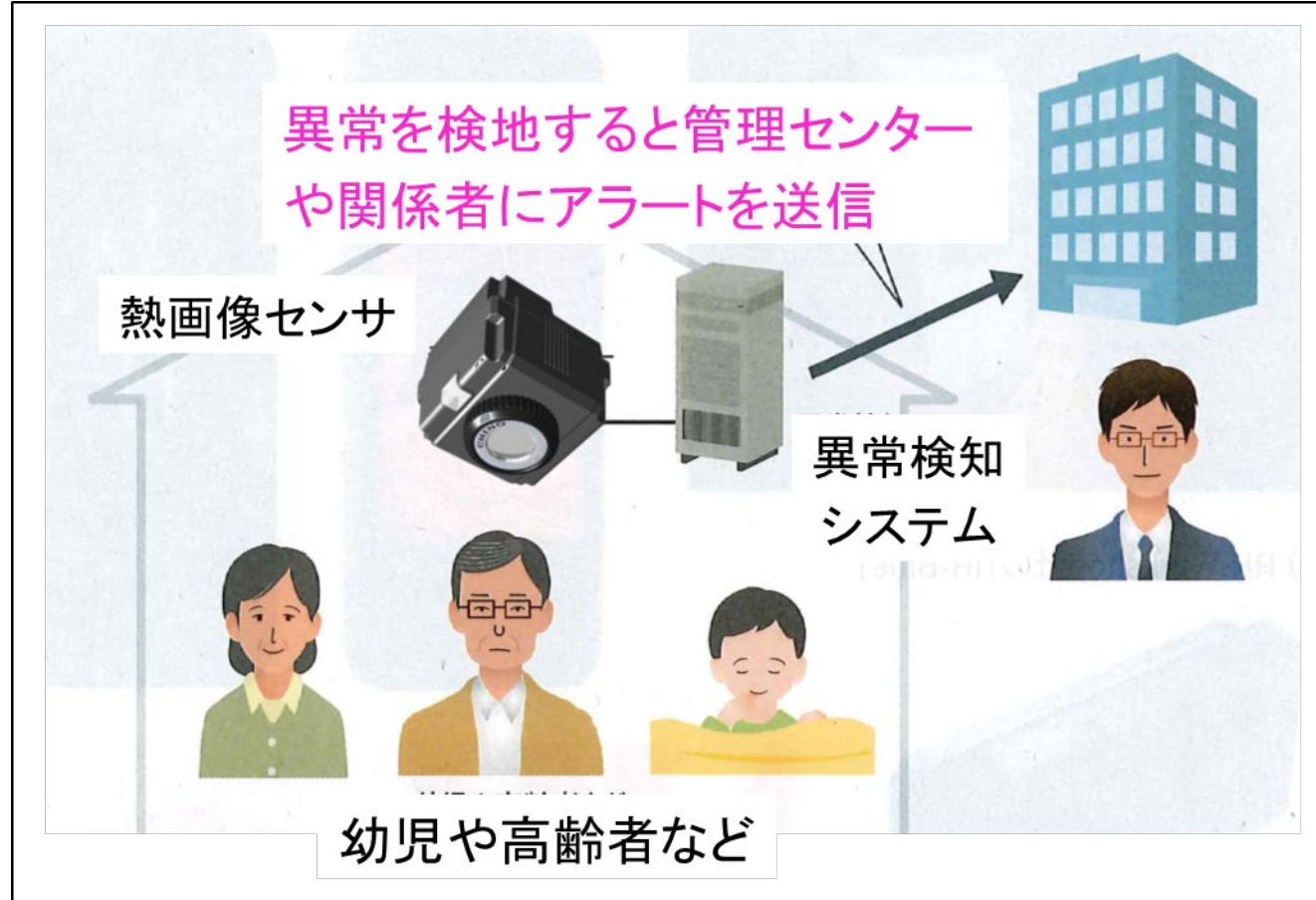
不具合 {
 メルトの過多…製品への付着
 メルトの過少…輸送時の落下などの梱包不良



品質管理・生産性の向上

熱画像装置(CPA-L4):シャッターレスは連続かつ安定した判定が可能

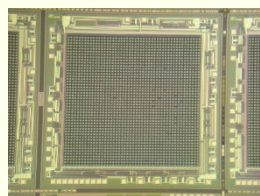
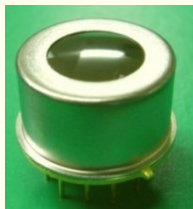
熱画像を使用した見守りシステムへの応用



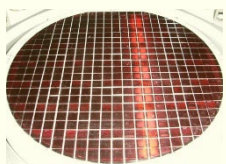
- ・熱画像では、①可視カメラでできないプライバシーの配慮し、
②夜間でも検知できる見守りシステムを構築できる

小形熱画像センサの展開

・2000画素
FPA素子



48*47画素
熱画像(FPA)



・MEMS技術
・CMOS技術



日産自動車殿との共同開発

小形熱画像センサによる見守り通報システム

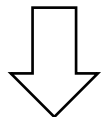
埼玉県産学連携研究開発プロジェクト

「プライバシーを保ちながら転倒転落等を感知・通報するシステムの開発」

研究開発体制：埼玉県立大、北海道科学大、(株)チノー、(株)浅川レンズ、
カーターテクノロジーズ(株)、医療法人青木会、
国立障害者リハビリテーションセンター研究所

期間 : 2017.8.2 ~ 2019.3.31

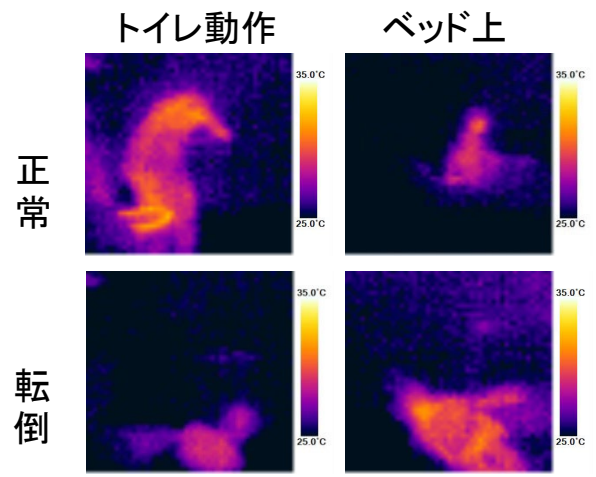
高齢者、認知症、運動機能障害患者等の
転倒、転落の事故防止、早期発見



複数配置の熱画像センサデータから
統計解析により転倒判別を行う

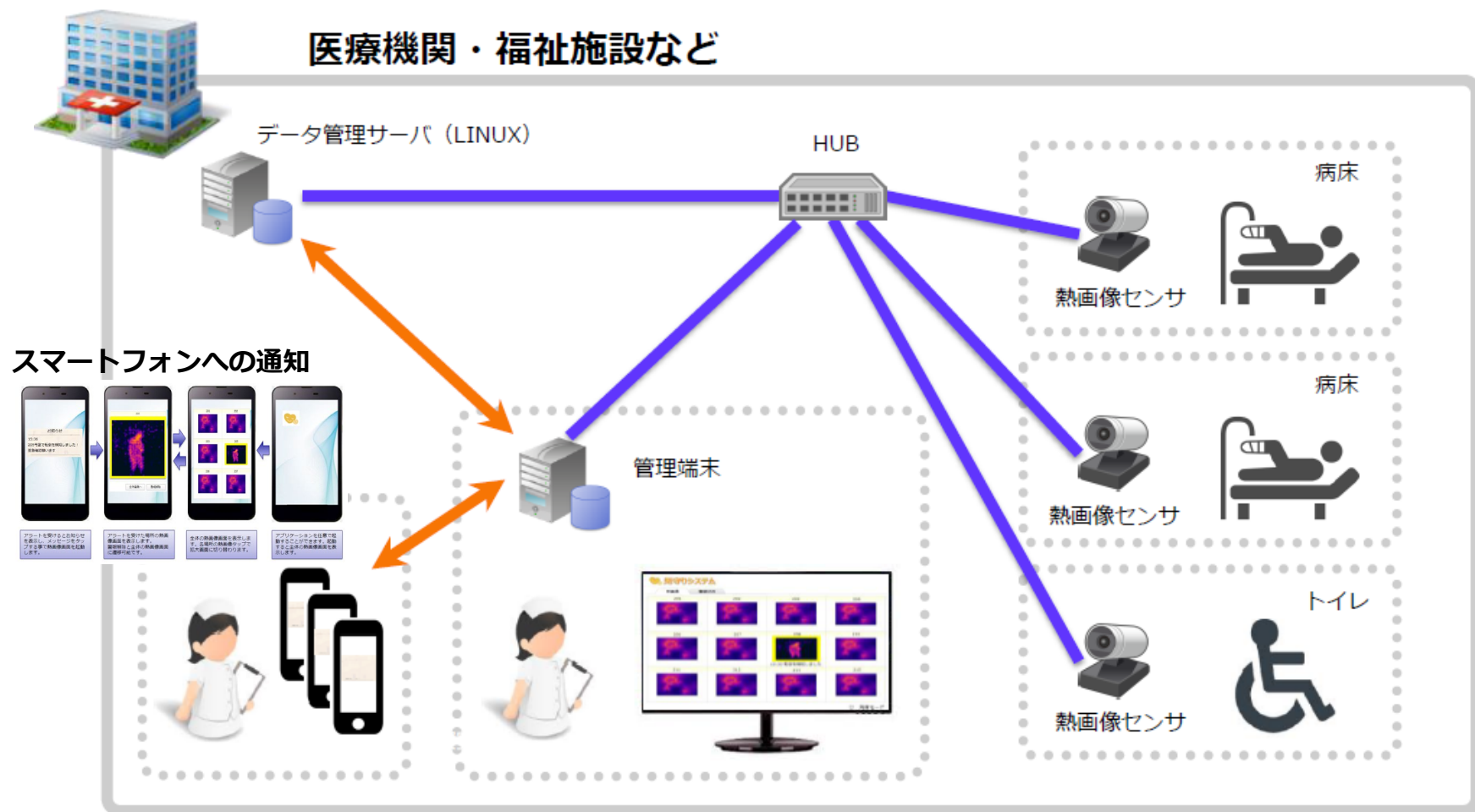


小形熱画像センサ

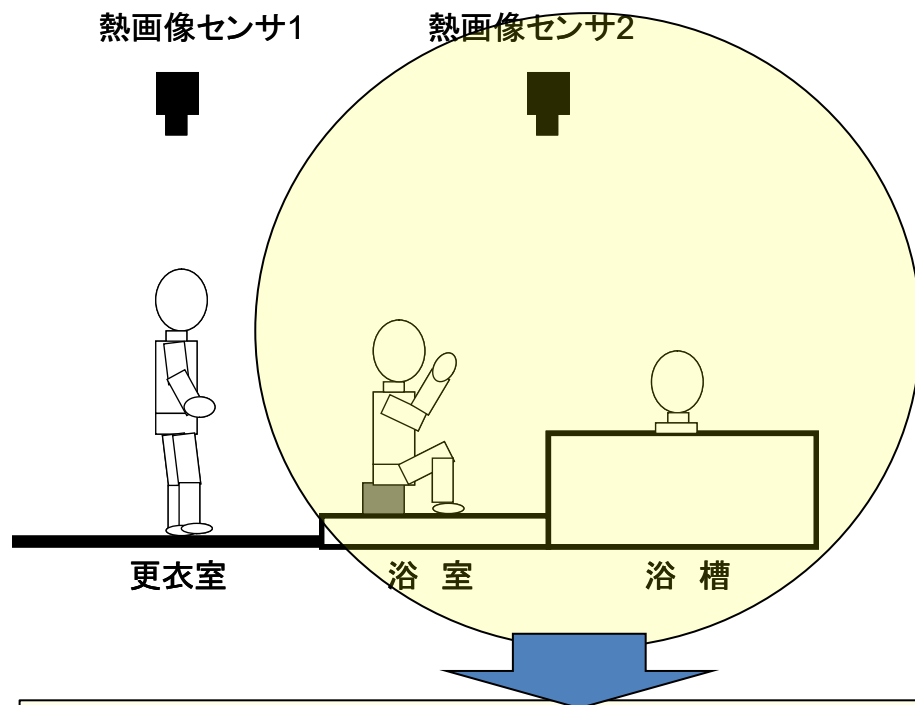


小形熱画像センサによる見守り通報システム

システム構成



熱画像による入浴中での看視

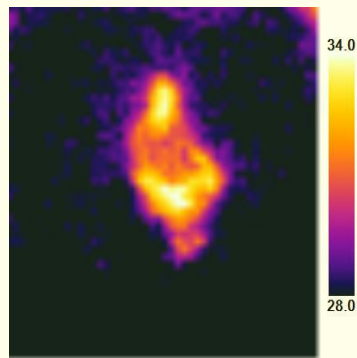


高齢者の入浴中の死亡事故

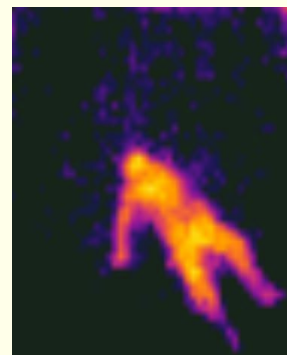
・年間約1.4万人以上
(交通事故死 約0.5万人)



正常動作



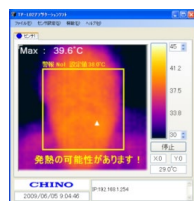
転倒動作



複合形感染症検知システム

首都大学東京と共同開発。薬で発熱を抑えている「隠れ患者」も発見できる。
空港などでの検疫に威力を発揮。

- * 顔の温度：熱画像(温度) + 脈拍 + 呼吸数のセンサによる判定
アルゴリズムの開発



・体表面温度チェツカ



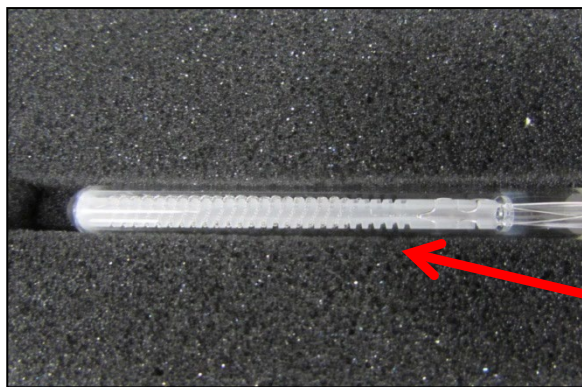
感染症など病院他で試験中

温度標準技術

温度センサの基準

標準温度センサ

産総研と共同



先端の感温部分



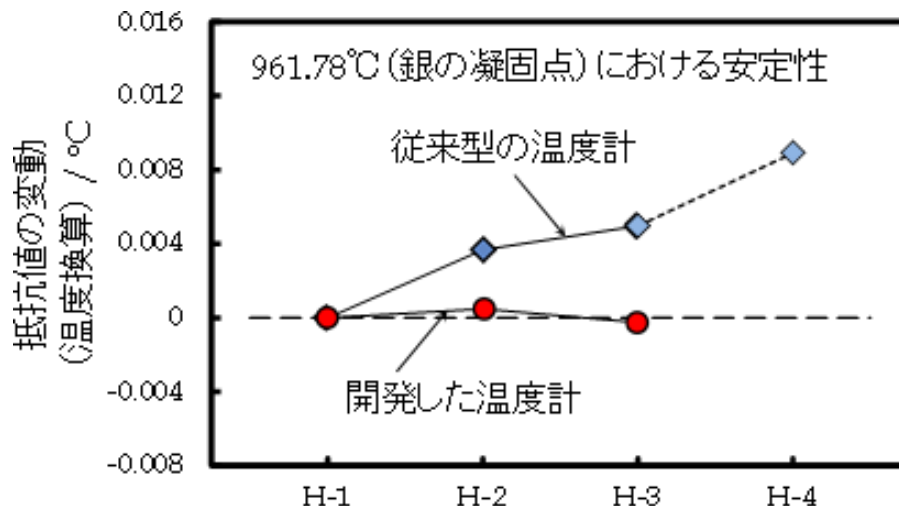
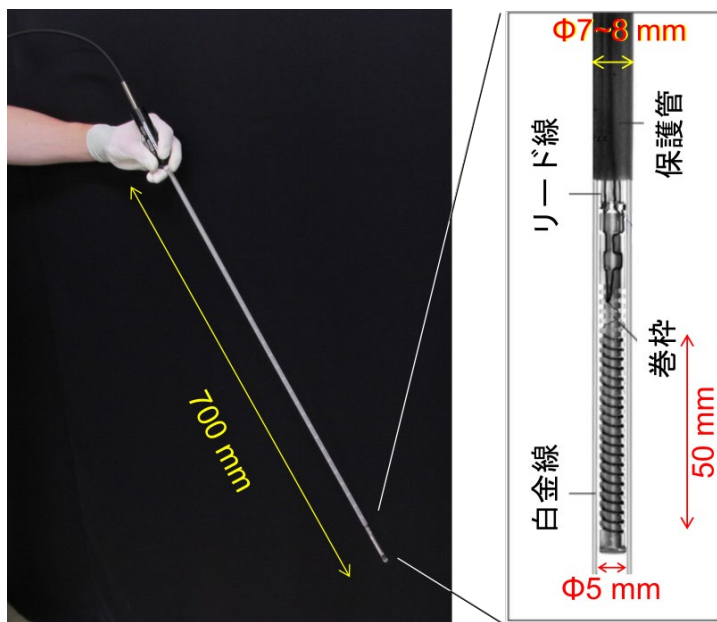
産業技術総合研究所殿との共同開発

1000 °C付近の高温で使用できる高精度な温度計

産総研と共同

ポイント

- ・1000 °C付近の高温域で高精度の温度測定が可能な白金抵抗温度計を開発
- ・白金線の熱処理とセンサ構造を最適化することで実現
- ・材料製造プロセスなど、高温域での温度測定・温度制御技術の向上に貢献



開発した白金抵抗温度計の外観(左)と先端のセンサー部(右)

銀の凝固点(962°C)における白金抵抗温度計の評価結果

放射温度計 温度校正装置

産総研と共同



小形定点黒体炉 IR-R0A



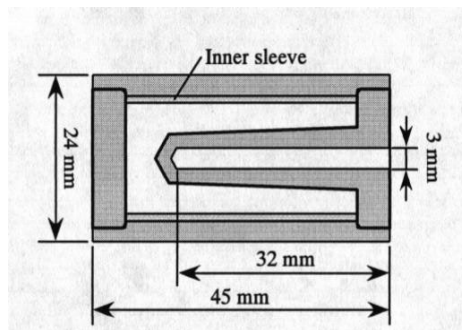
標準用放射温度計 IR-RST

JCSS温度校正:400~2000°C(申請中~2800°C)

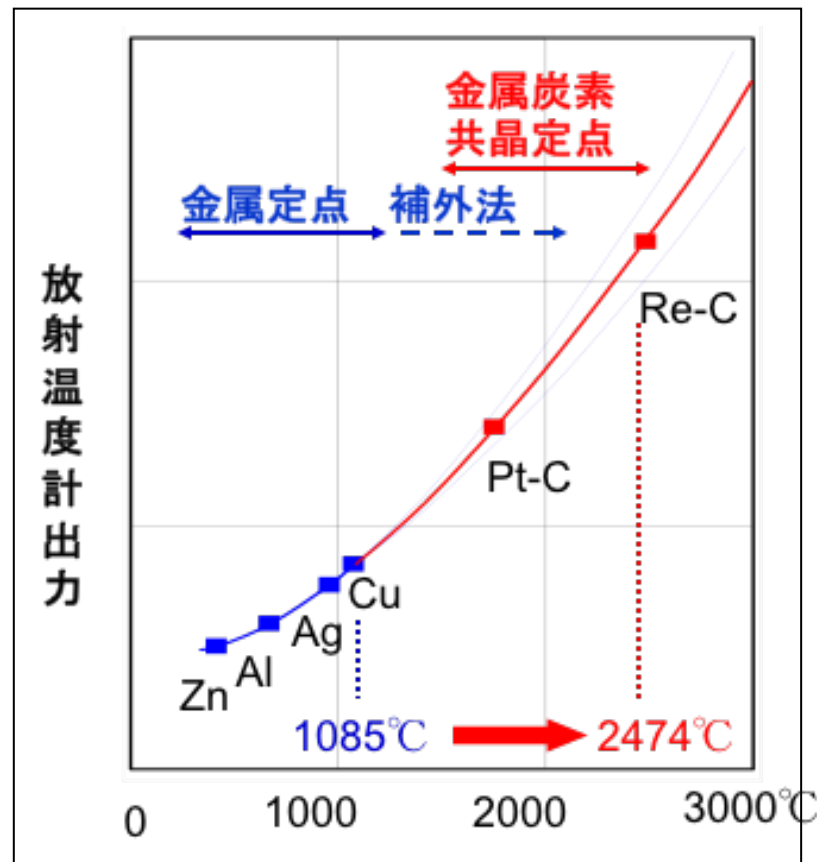
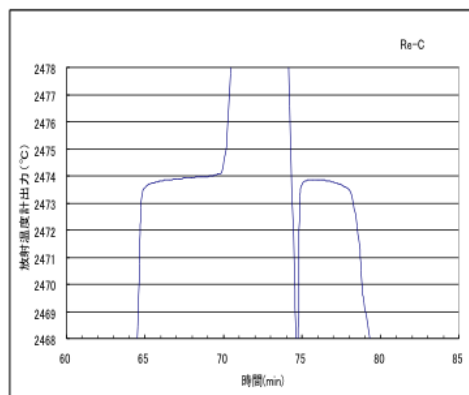
放射温度計の校正のための新しい高温定点

産総研と共同

最高温度：
2800°C



・黒鉛製定点るつぼ



超高温定点黒体炉 IR-R80

世界の研究・校正機関の納入(7カ国)

: 英・独・仏・中国(2台)・スペイン・タイ・イタリア

精密な温度校正：温度可変黒体炉 (VTBB)

VTBB: Variable Temperature Blackbody

産総研と共同

・現行比較黒体炉：

空洞放射率が不十分、校正不確かさの推定が不能、波長特性有

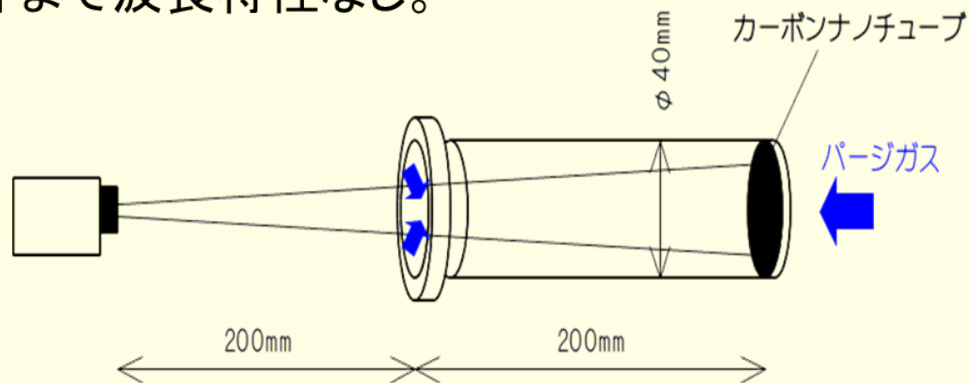
空洞放射率：IR-R24 0.993、IR-R26 0.997



■ 空洞放射率 0.998以上 の温度可変黒体炉

・炉底：カーボンナノチューブ → 放射率0.98以上

・可視から赤外まで波長特性なし。



ISO 18436-7 機械状態監視診断技術者認証

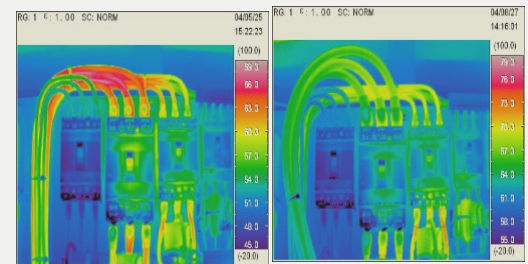
ISO認証機関

技術者認証事業本部
(JSNDI:日本非破壊検査協会)



訓練機関

チノ



異常 正常
・電線の結束による放熱障害

サーモグラフィを用いた機械の状態監視と診断を行う技術者のためのISO資格認定
(毎年2月、8月に実施)

● ISO資格認証取得方法

①審査・承認された**訓練機関**で

規定時間(32時間)以上のトレーニングを受講

②修了試験に合格



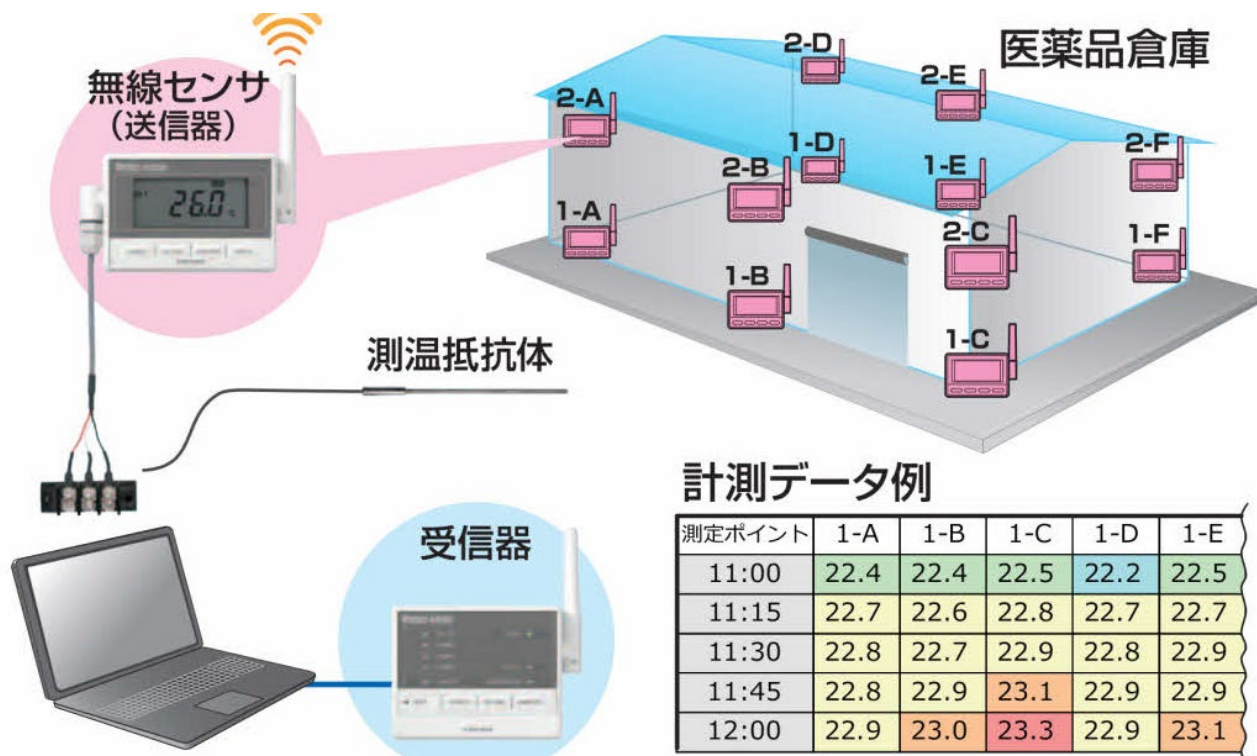
③日本非破壊検査協会にて、ISO認定試験を受験。

IoTの事例(温度測定)

医薬品倉庫の温度マッピング

医薬品のバリデーション(医薬品等の製造・管理の検証)を無線温度センサでの計測・校正サービス

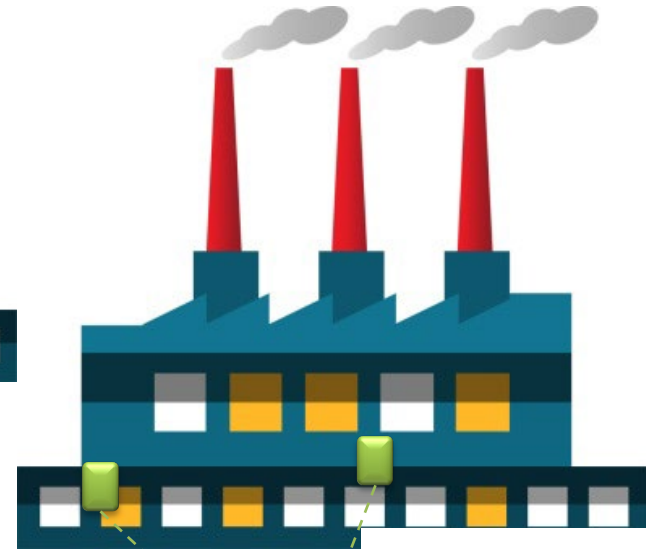
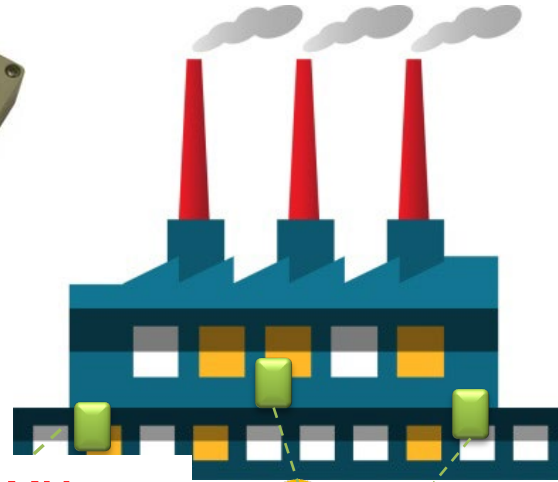
- ・国家標準にトレーサブルな温度計測機器を使用。
- ・信頼性のあるデータ管理が必要。



IoTシステム事例 - 設備の無線温度監視

ワイヤレス温度ロガー

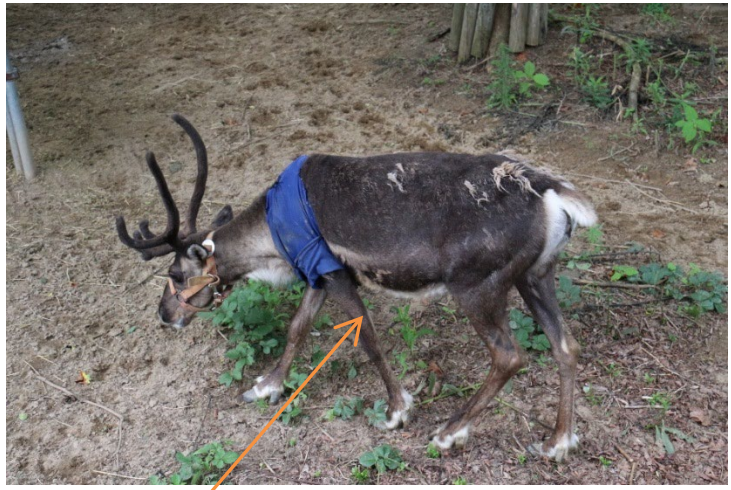
設備監視への応用



- 各センサがロガー
- 移動しながら自動的にスマートフォンにデータ収集
- Bluetooth Low Energy・920MHz利用

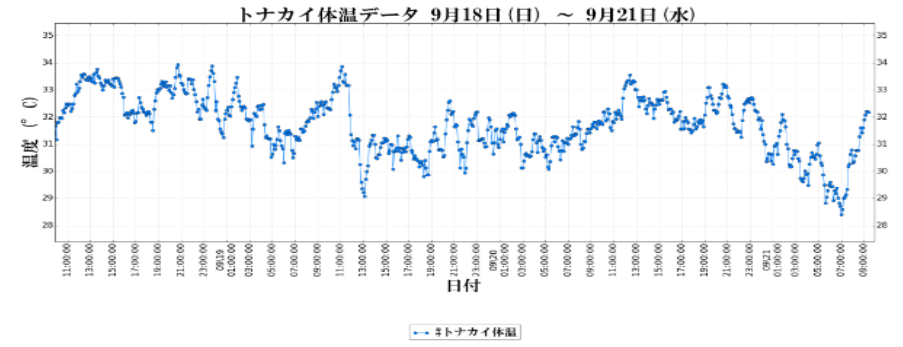
IoTシステム事例 - 秋田市大森山動物園

環境モニタリングへの応用

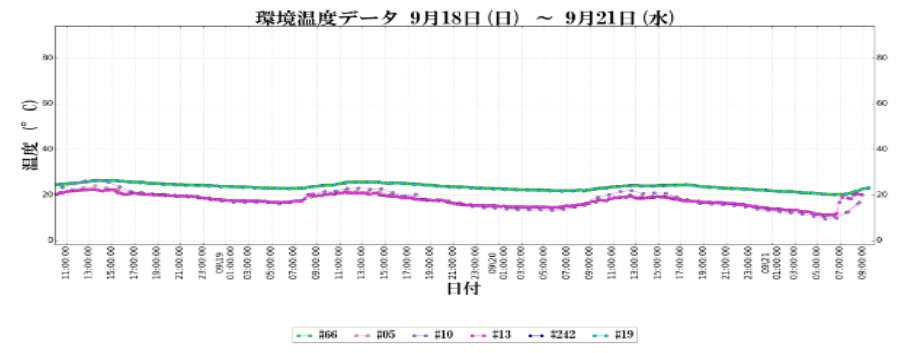
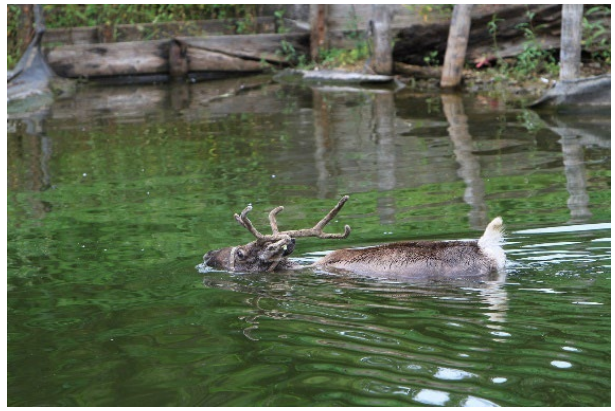


温度トレンド

下記のトレンドグラフは15分おきに更新されます。
最新の3日間のデータを表示しています。



トナカイの皮下体温測定



暑さに弱いトナカイの体温測定と行動観察により暑さ対策を検討

岩手大、大森山動物園共同

ご清聴ありがとうございました