

湿り空気・過熱水蒸気の 高度利用のための湿度センサ

大阪市立大学大学院 工学研究科
講師 伊與田浩志

背景(水蒸気の高度利用)

空気、過熱水蒸気、これらの混合気体の利用

利用分野

- ・乾燥装置
- ・殺菌装置
- ・熱処理装置
- ・農産物の一次加工装置
- ・食品加工機・調理器 など

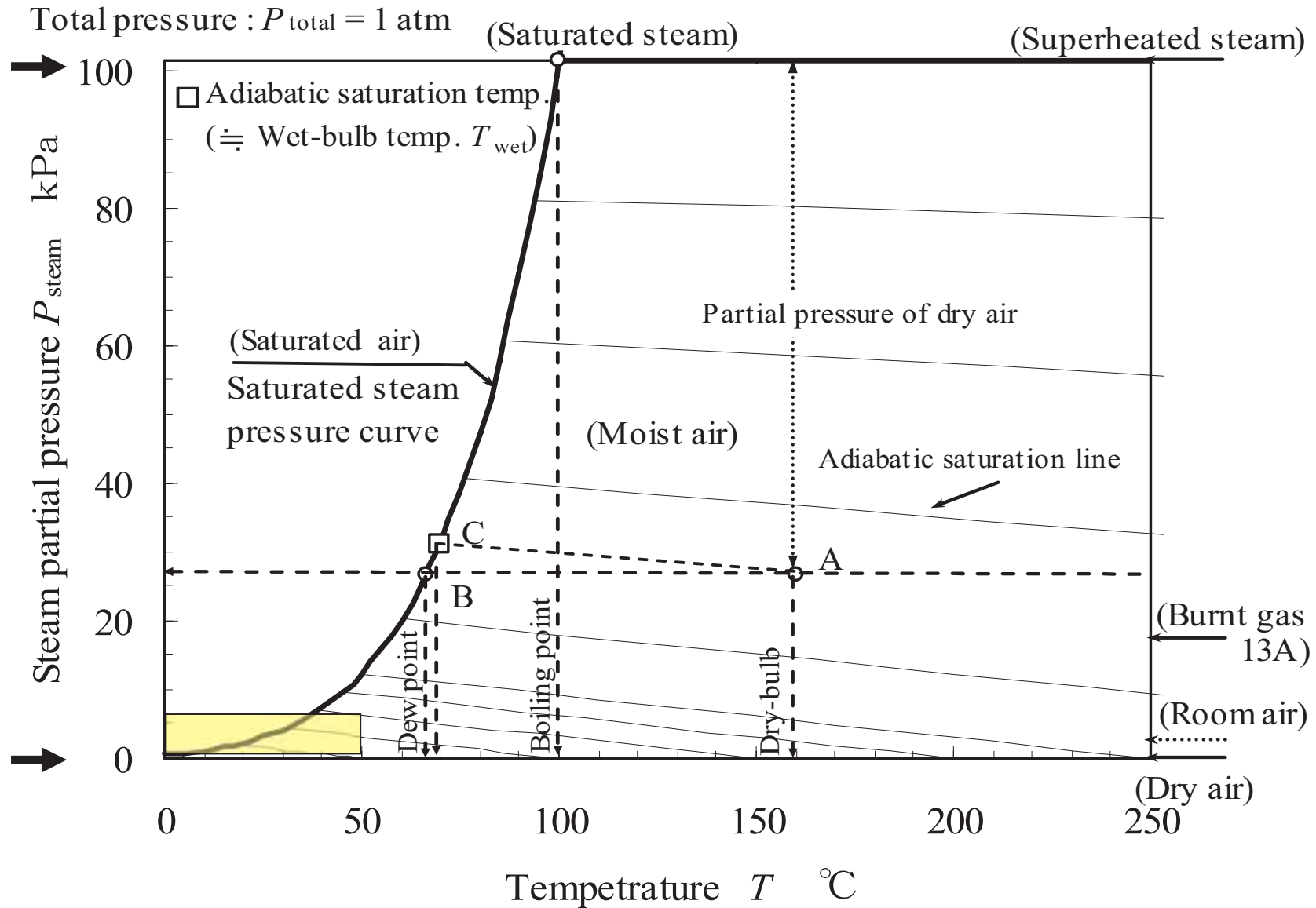
空気・過熱水蒸気利用チャート(参考図)

H₂O 100 %

Superheated Steam (SHS)

N₂ 78.1 %
 O₂ 21 %
 Ar 0.93 %
 CO₂ 0.03 %

Dry Air



背景(改善のニーズ)

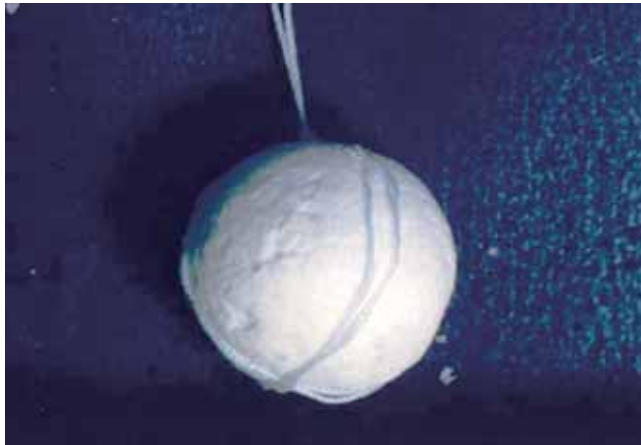
空気、過熱水蒸気、これらの混合気体の利用

課題

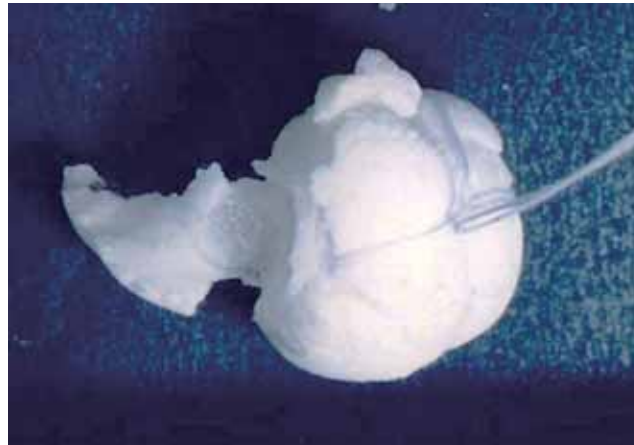
- ・装置、運転条件により、製品性状が異なる
(再現性・安定性・品質向上)
- ・過剰な水蒸気使用の可能性 (省エネ)

過去の研究から、処理物によっては「湿度」が品質に大きな影響を与えることがわかっている

乾燥後の湿り澱粉球(参考図)



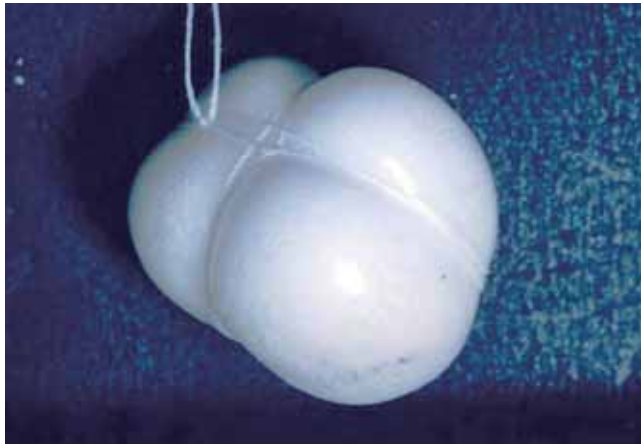
$T_{wet}=48^{\circ}\text{C}$



$T_{wet}=60^{\circ}\text{C}$



$T_{wet}=70^{\circ}\text{C}$



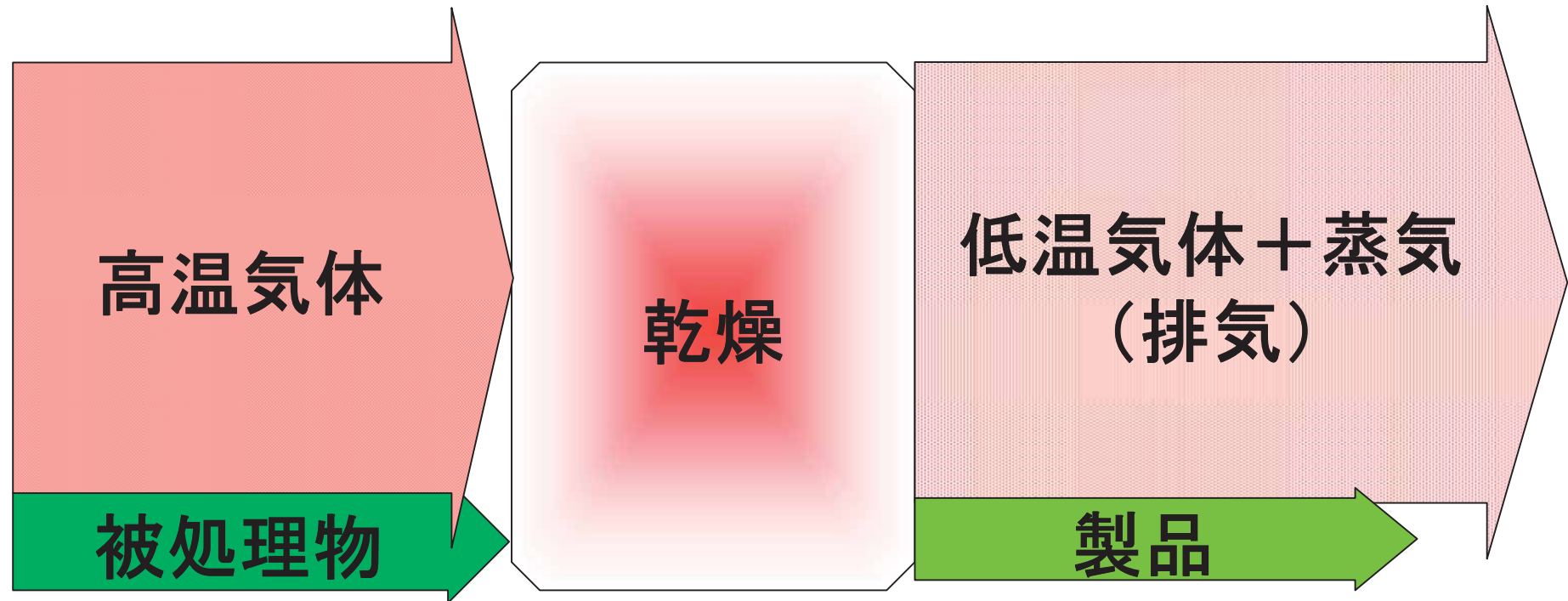
$T_{wet}=80^{\circ}\text{C}$



$T_{wet}=100^{\circ}\text{C}$

過熱水蒸気: 初期温度 < 澱粉糊化温度 < 露点温度 = 湿球温度 = 沸点温度 < 気流温度
 $T_{wet}=60^{\circ}\text{C}$: 初期温度 < 露点温度 < 湿球温度 < 澱粉糊化温度 < 沸点温度 < 気流温度

乾燥装置のエネルギーバランスの例(参考図)



乾燥・殺菌・洗浄などの処理は，被処理物の保有エネルギー量が処理前とほとんど変わらない

=> 「乾燥」とは気体の顕熱を水蒸気の潜熱に変換する操作

=> エネルギー多消費型プロセス

背景(対策)

空気, 水蒸気, これらの混合気体の利用

- ・湿度(気体中の水蒸気濃度)の計測と制御が必要不可欠



水・水蒸気・空気の高度利用による
各種製造プロセス・装置高性能化の実現

課題

空気、過熱水蒸気、これらの混合気体の利用

現状の湿度計測の課題

- ・センサの汚損
- ・高温、結露によるセンサの劣化
- ・価格（イニシャル・校正）

提 案

空気, 過熱水蒸気, これらの混合気体の利用

新技術

- ・原理と構造が単純
 - ⇔ ユーザーの理解が必要
 - ⇔ 原理と誤差要因の開示
 - ⇔ 応用可能性あり
- ・幅広い温度, 湿度域(空気～過熱水蒸気)
でのセンシングが可能

新技術の基となる原理

気流中に置かれた「水」の温度は、気流に含まれる水蒸気量(湿度)によって変化する。

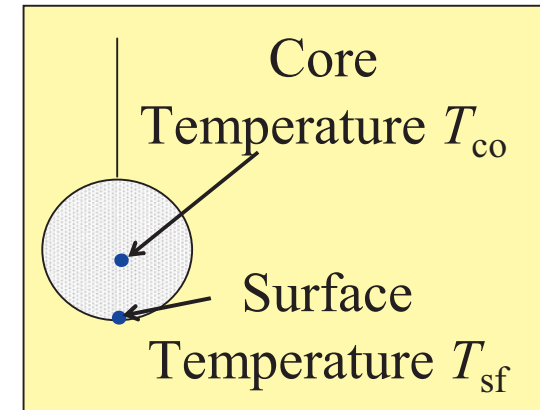
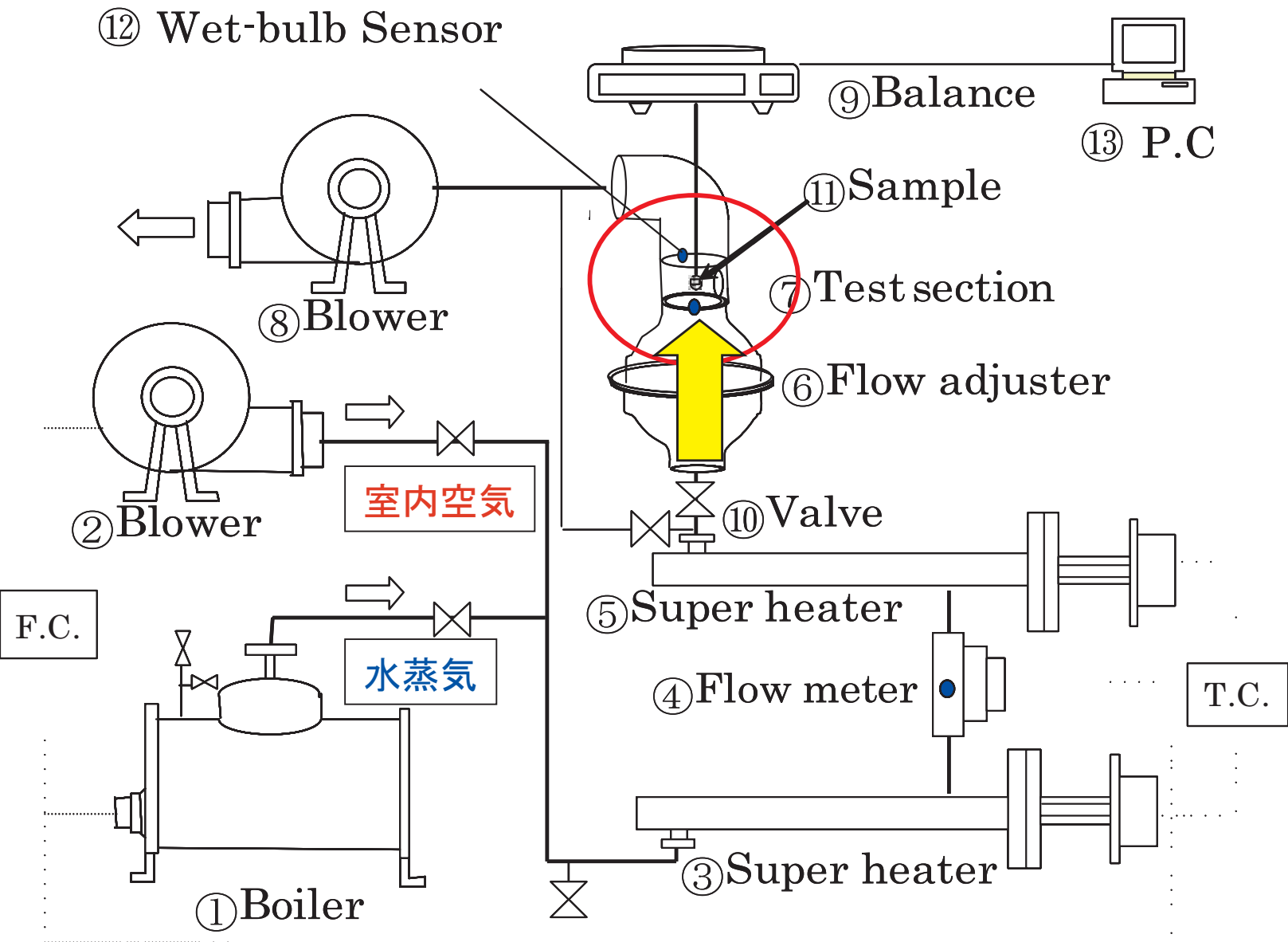
「乾・湿球温度計」

常温空気中では広く利用されているが、高温域、高湿度域(過熱水蒸気)での利用は提案されていない。 ⇒ (誤差が大きくなるため)

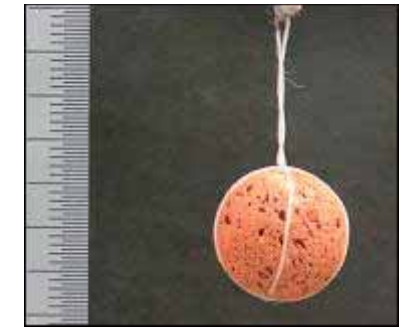
新技術の基となる研究成果・技術

球状の耐火断熱レンガに水を含ませて、過熱水蒸気、空気、高湿度空気中に置いた際の、温度変化、含水率変化の測定実験の紹介

実験装置(参考図)



⑪ Sample
(Wet spherical brick)

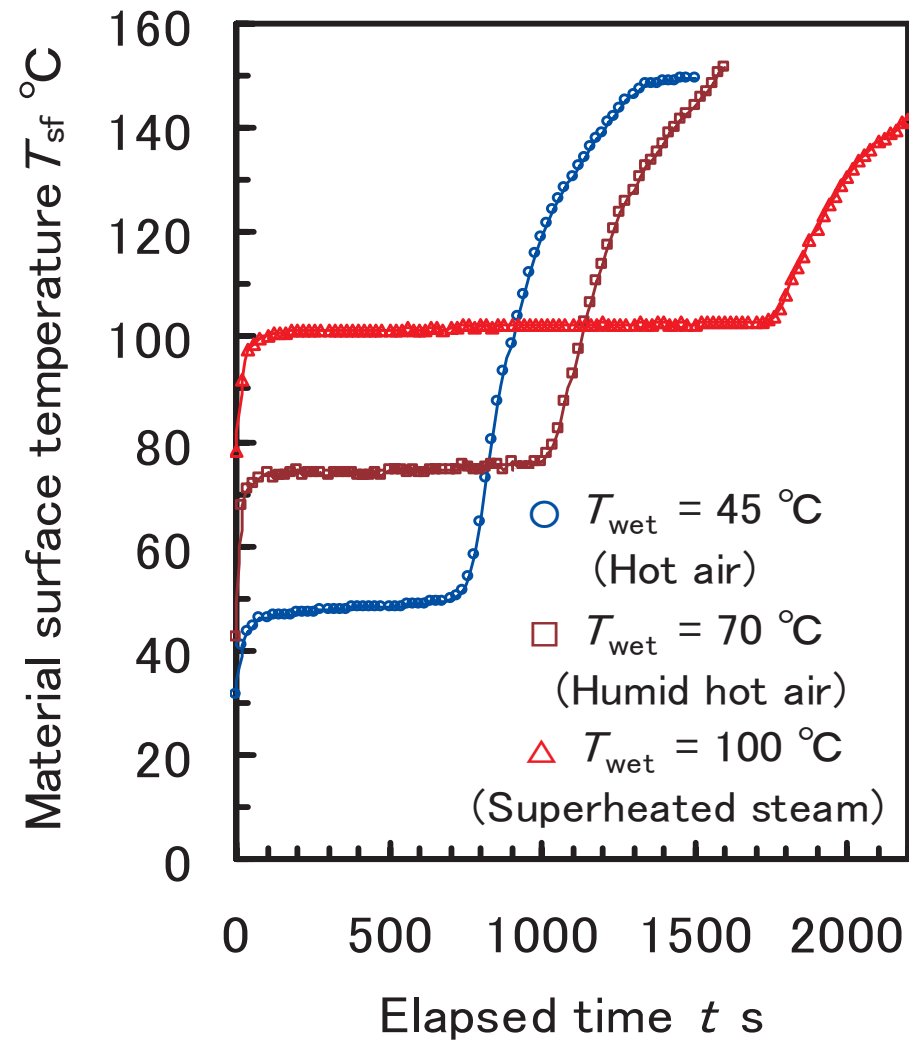
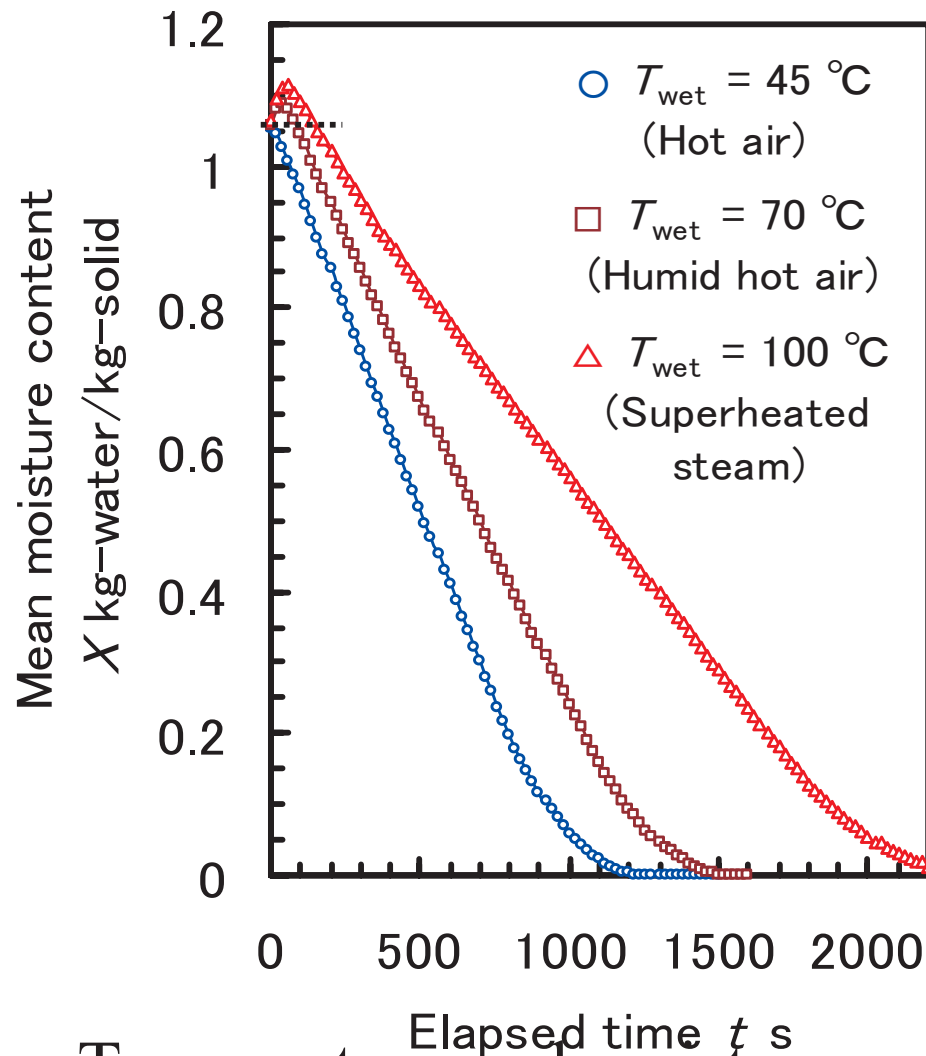


直径15mmの水を含ませた多孔質球(空隙率約70%)

表面温度 T_{sf} : 材料表面の溝(深さ1mm)に線径0.2mmのK型熱電対を固定

Experimental Apparatus • Thermocouple

含水率・温度の変化(参考図)



Temperature and moisture content changes of material during drying ($T_g=160\text{ }^\circ\text{C}$)

新技術の基となる研究成果・技術

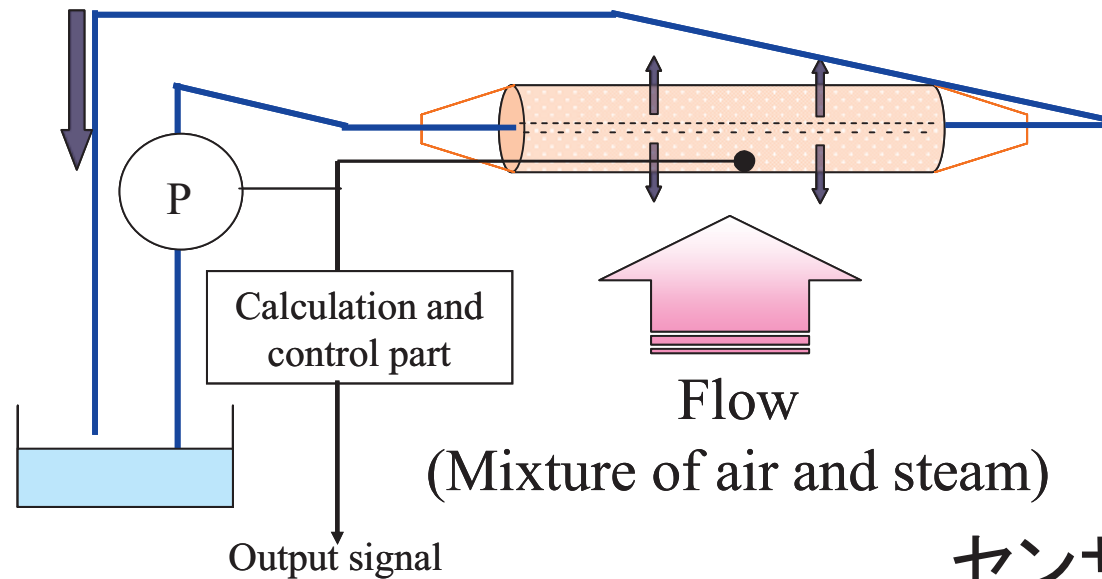
高温・高湿度域でも使用可能な測定原理

＜アイデア＞

- ・湿球温度計で使用される「ガーゼ」「不織布」ではなく、熱的に安定で、適切な細孔構造を有するセラミックス系の多孔質材料を感湿部に使用
- ・感湿部の水分量を適切に制御する補器を使用
- ・過熱水蒸気域まで使用可能な、

新たな湿度表現・演算方法の確立

開発概要と現状



センサシステム概略

試作品：最大誤差5%FS(280°C以下)

応答時間 30~90秒程度

(測定条件に依存)

センサシステムの応用

湿度(水蒸気モル濃度)の計測以外に、
流速、伝熱場等の解析に利用できるなど、使用
形態に応じて発展の可能性あり。

開発の考え方

目的

水・水蒸気・空気を利用した
各種製造・加工プロセスの最適化

ものづくりの立場から



装置技術の進歩が必要不可欠

☆ 水蒸気量の計測と制御はその基盤技術 ☆

組み込まれる装置の目的や用途によって、
最適な形状や構成
耐久性、メンテナンスの考え方
求められる精度・価格のバランス
が異なる。

企業への期待（今後の希望）

- センサを組み込む装置、センサの双方の最適設計が必要なため、装置の共同開発を基本とする連携
- 長時間運転の限界については、今後検討が必要
（シール材等の耐久性が未確認。水使用のリスク）
これらの技術をお持ちの場合は、センサの製造・開発面での連携
- 装置ユーザーとの連携

次世代に向けた水蒸気（過熱水蒸気を含む）の利用技術、装置技術の確立を目指しています。

重要な要素技術の一つとして、本センサの開発を進めます。

本技術に関する知的財産権

【センサ部】

- 発明の名称 : 水蒸気測定装置
- 出願番号 : 特願2009-107436
- 出願人 : 公立大学法人 大阪市立大学
- 発明者 : 伊與田浩志、井上保

お問い合わせ先

公立大学法人 大阪市立大学 新産業創生研究センター

コーディネーター 渡辺 敏郎（わたなべとしろう）

TEL 06-6605-3469

FAX 06-6605-3552

e-mail watanabt@ado.osaka-cu.ac.jp

<http://www.osaka-cu.ac.jp/cooperation/index.html>

ありがとうございました。