



小型・低消費電力を実現するグリーンMEMSセンサの開発

低消費電力CO₂濃度センサの開発

オムロン（株）

本多 祐仁



NMEMS 技術研究機構



1. 背景と目的
2. 開発テーマ概要・目標
3. 開発内容と取り組み
4. 低消費電力CO₂濃度センサの開発内容と成果
5. ネットワーク・応用分野
6. まとめ

1. 背景と目的

中小オフィスビル



生産工場



店舗



CO₂

CO₂濃度が増えたと...

2,500ppm

気分が悪くなる

5,000ppm以上

健康に影響を受ける

オフィスビル、生産工場、店舗などの室内環境でのCO₂濃度

↓↓↓ (ビル管理法により)

1000ppm以下に抑制に義務付け



NMEMS 技術研究機構



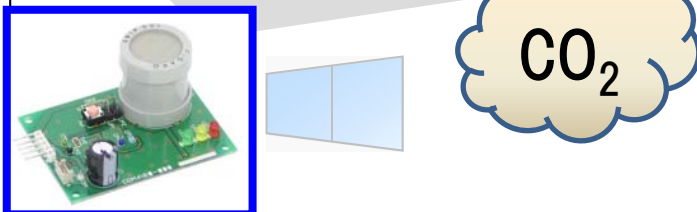
1. 背景と目的

ビル管理法でCO₂濃度を1000ppm以下に抑制することが義務付けられているが、現状は。。

既存のCO₂センサの種類

現状

例) 単三電池4本で
連続稼動約1日程度



既存CO₂センサ端末



NDIR (赤外吸光式)
電池タイプ (固体電解質式)

- ・光源, ヒーターを用いているため,
消費電力が非常に大きい。
- ↓
- ・無線端末化でのモニタリングが困難。
- ↓
- 空調システムでの換気制御ができず,
無人でも一定期間で強制的に換気。
(エネルギー浪費!)



NMEMS 技術研究機構



1. 背景と目的

現状のCO₂センサ(赤外吸光型, 固体電解質型)は光源, ヒーターがあるため, 消費電力が非常に大きいという課題があり!

研究のポイント

従来のセンシング方式に拘らず, 新しいアイデアからCO₂センサの開発に着手

CO₂を特異的に吸着するイオン液体に着目!!

■イオン液体の特徴

- ・イオンのみで存在 (溶媒が存在しない)
- ・導電性が高い
- ・安定性が高い (温湿度, 電圧, 化学的)
- ・融点, 沸点が高い (300°C以上で不燃性)



1. 背景と目的

■ イオン液体電解質のCO₂センサの特徴

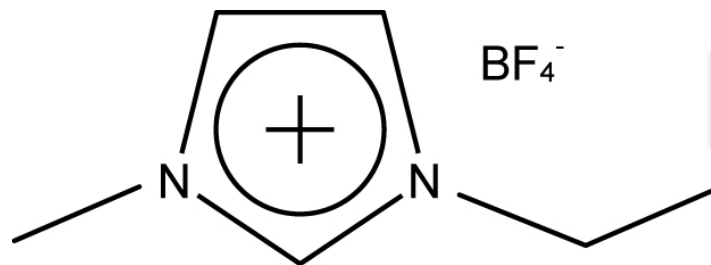
- ・光源や光路長, ヒーターを用いない。
- ・ガスの吸着による電気特性の変化を利用。

従来のCO₂センサと比べ

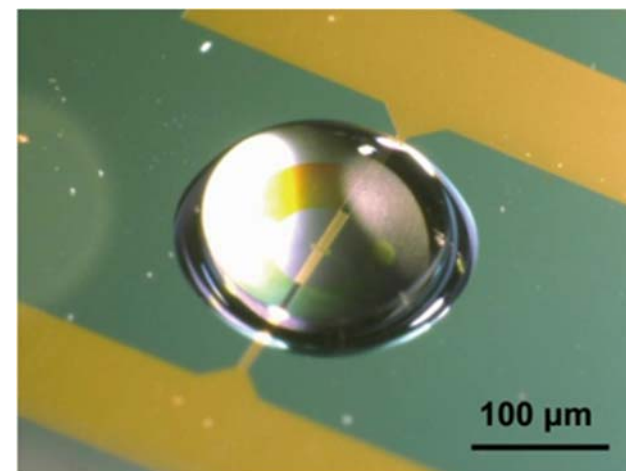


①低消費電力 ②小型化 ③高速応答 ④低コスト

1-ethyl-3-methyl imidazolium
tetrafluoroborate ([EMIM][BF₄])



Absorbs CO₂



NMEMS 技術研究機構



2. 開発テーマ概要・目標

開発目標

- ・端末モジュールサイズ2cm×5cm以下
(センサ本体寸法1cm×1cm以下)
- ・平均消費電力100 μ W以下
- ・測定範囲300-3000ppm、分解能 \pm 100ppm
- ・誤差 \pm 100ppm、使用環境5-45 $^{\circ}$ C

狙いのアプリケーション

- ・中小オフィスビルの会議室 (ビル管理法準拠)



NMEMS 技術研究機構

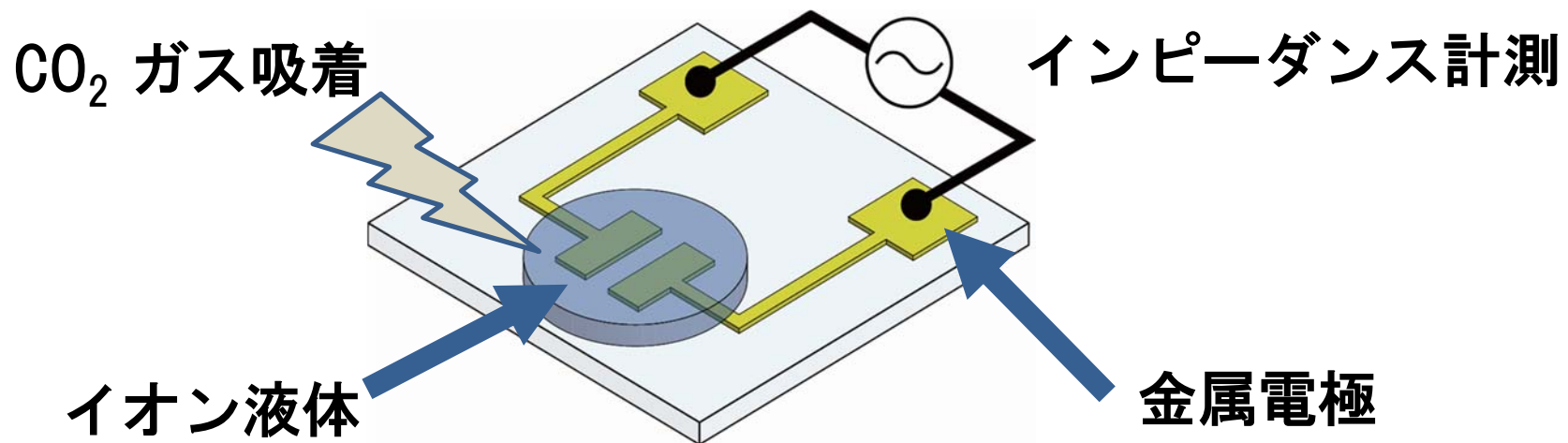


2. 開発テーマ概要・目標

研究の内容

■ポイント

- ・簡易な測定方法および構造(小型, 低背化)
- ・イオン液体を固体化、液漏れ防止
- ・MEMS技術による微細加工に電極をパターンニング

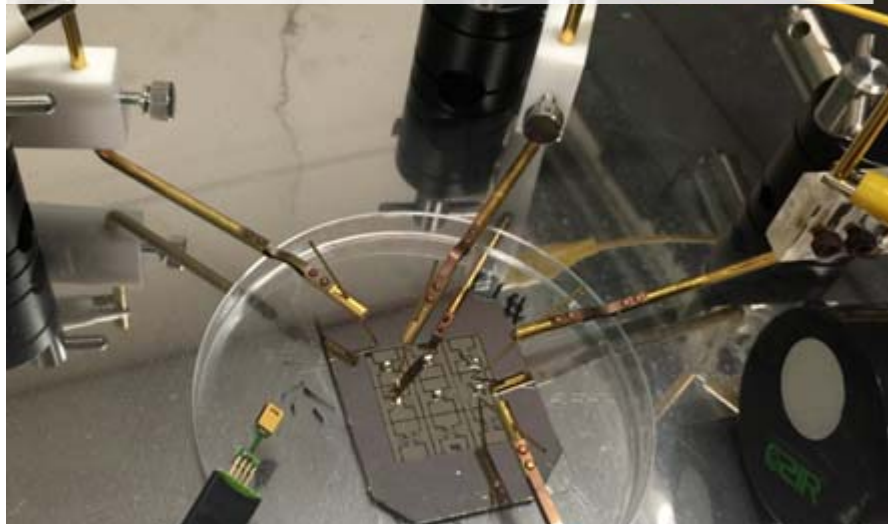


小型(低背面)、低コスト化でのセンサ供給が可能！

4. 低消費電力CO₂濃度センサ開発内容の成果



イオン液体のインピーダンス計測用電極



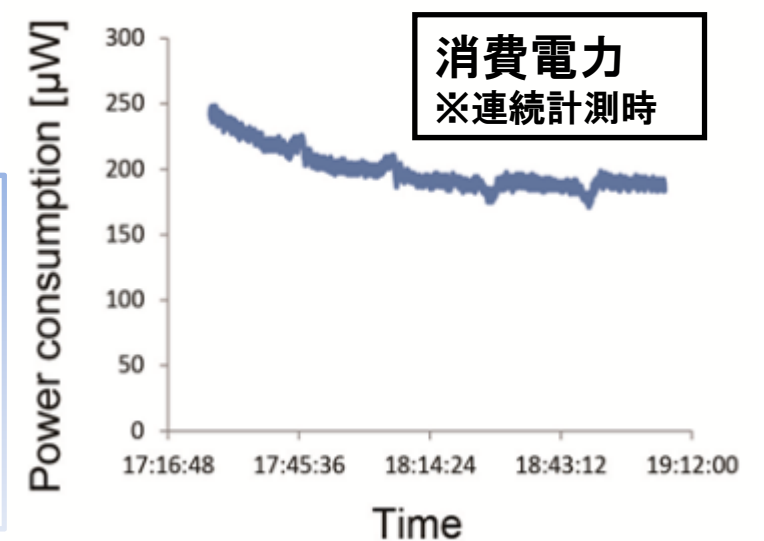
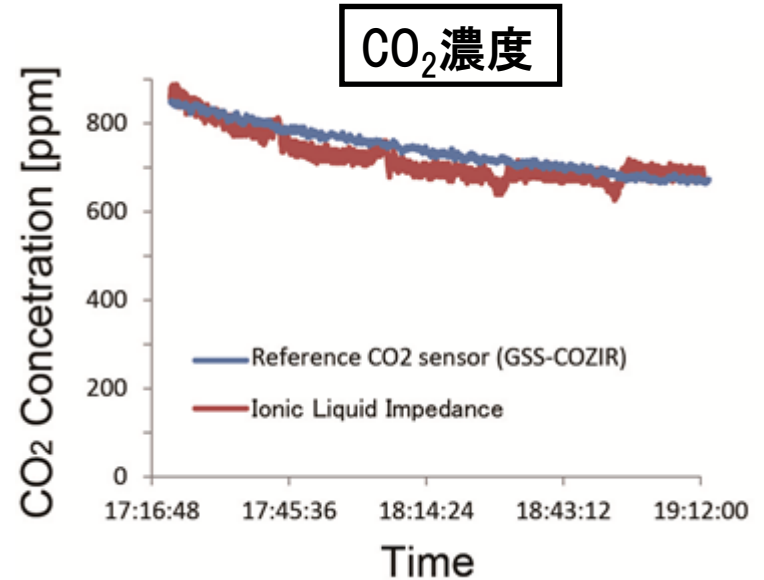
温湿度センサ
(Sensirion SHT)

参照用CO₂センサ
(GSS-COZIR)

イオン液体のインピーダンスから
オフィス内のCO₂濃度を計測



参照用CO₂センサと計測結果が一致！

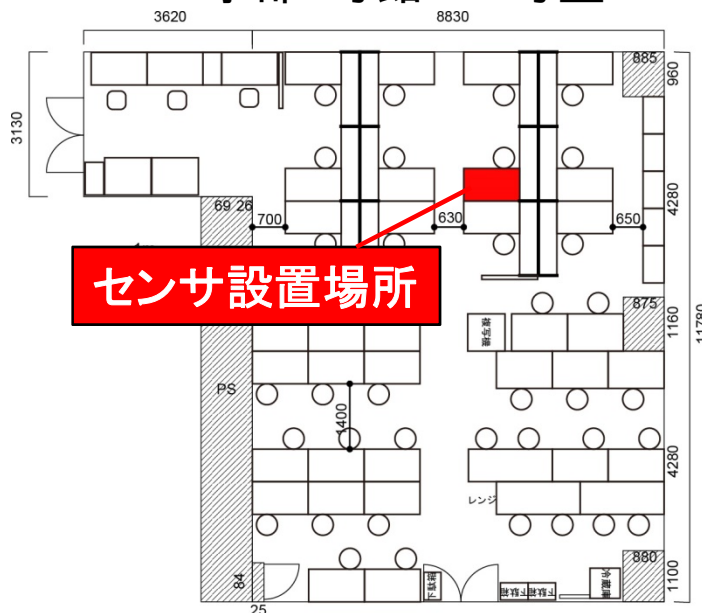


4. 低消費電力CO₂濃度センサ開発内容の成果



実証実験結果

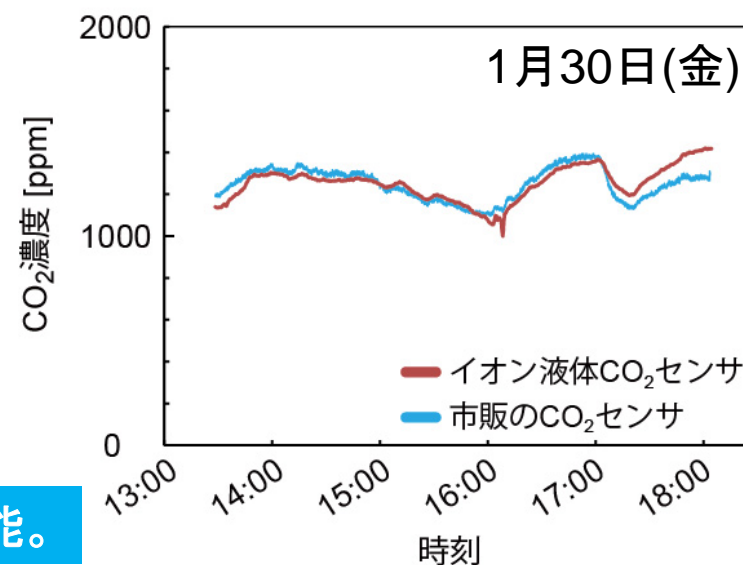
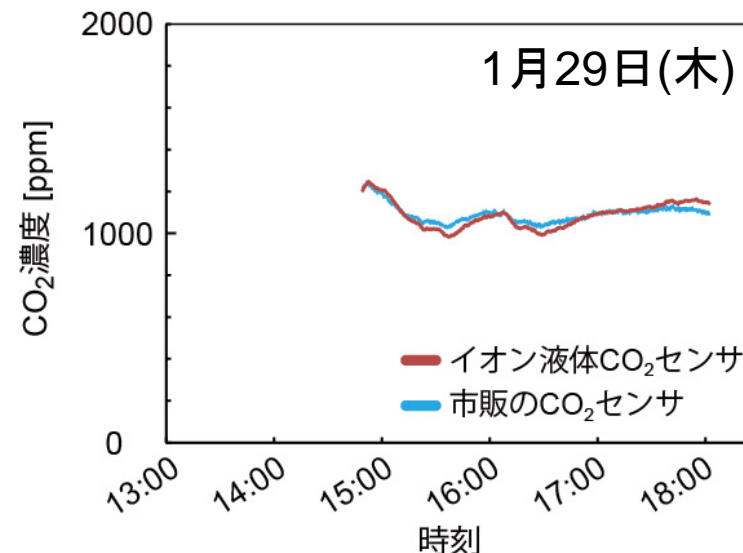
実施場所：東京大学本郷キャンパス
工学部2号館81B号室



面積：125m²、室内最大人数：30名
2015年1月29日(木)、1月30日(金)の2日間。

イオン液体CO₂センサと
市販のCO₂センサ出力を比較。

市販のCO₂センサと同等のCO₂濃度計測が可能。



NMEMS 技術研究機構



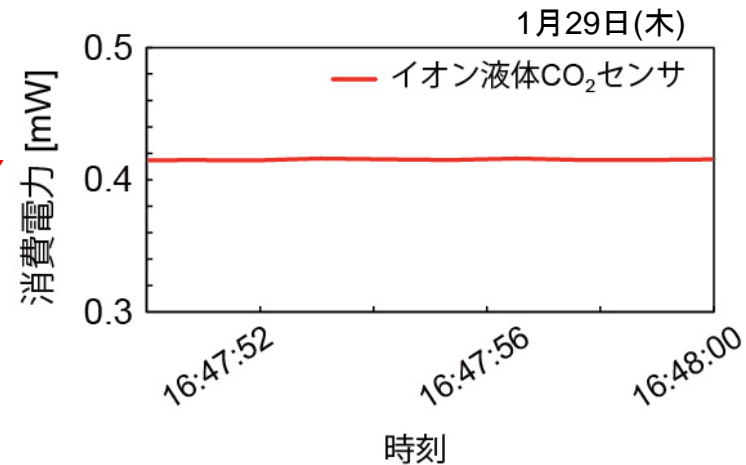
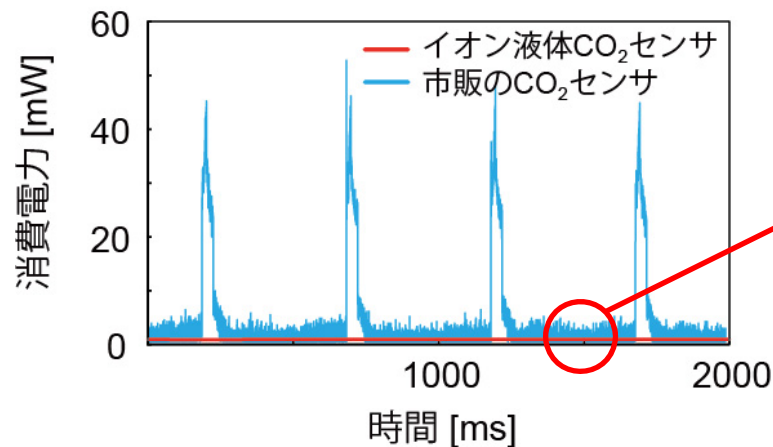
4. 低消費電力CO₂濃度センサ開発内容の成果



実証実験結果

連続計測時

消費電力比較



市販のCO₂センサ: 3.2mW
イオン液体CO₂センサ: 400 μ W^{(注1)(注2)}

(注1)計測回路部の消費電力は含まず

(注2)イオン液体のゲル化や電極の設計改善によりさらに消費電力を下げる事が可能

市販のCO₂センサの8分の1の消費電力で同等のCO₂検出能力



NMEMS 技術研究機構



4. 低消費電力CO₂濃度センサ開発内容の成果



GSN CO₂センサ端末の消費電力計測 (1回計測時 約60s)

アプリ想定での計測時

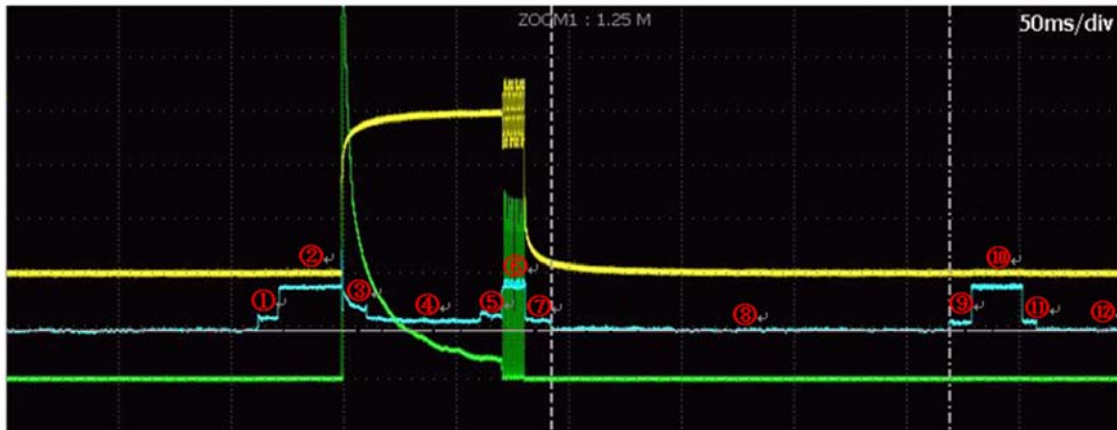
①イオン液体方式

【センサバイアス条件】

周波数 : 1kHz × 10 回

オフセット電圧 0.3V

振幅 : ±0.07V



青 : 電流 10mA/DIV、黄 : センサバイアス、緑 : センサ出力

60 秒に1回の測定における平均電流

区間電流	区間時間	積算電流
mA	ms	mA・ms
①	2.5	9.1
②	8.3	28.25
③	4.9	10.55
④	2	51
⑤	2.6	9.4
⑥	8.5	10.4
⑦	2	11.4
⑧	0.001	177
⑨	1.4	9.64
⑩	8.1	22.66
⑪	1.8	6.3
⑫	0.001	59654.3

スタンバイ起動
UART送信(前回測定データを無線機へ送信)
DAコンバータON
バイアス電圧安定待機(スタンバイ動作)
バイアス電圧安定待機終了(通常動作)
ACバイアス印加およびセンサデータ取得(AD変換)
温湿度データ取得開始
温湿度データ測定待機(スタンバイ動作)
スタンバイ起動
温湿度データ取得
CO₂データ換算
スタンバイ

電源電圧	3.155V
平均消費電力	42.8435μW



センサ計測時の電力
(送信機除く)

約43 μW

送信機電力
(ローム様より)

約61 μW



端末の消費電力

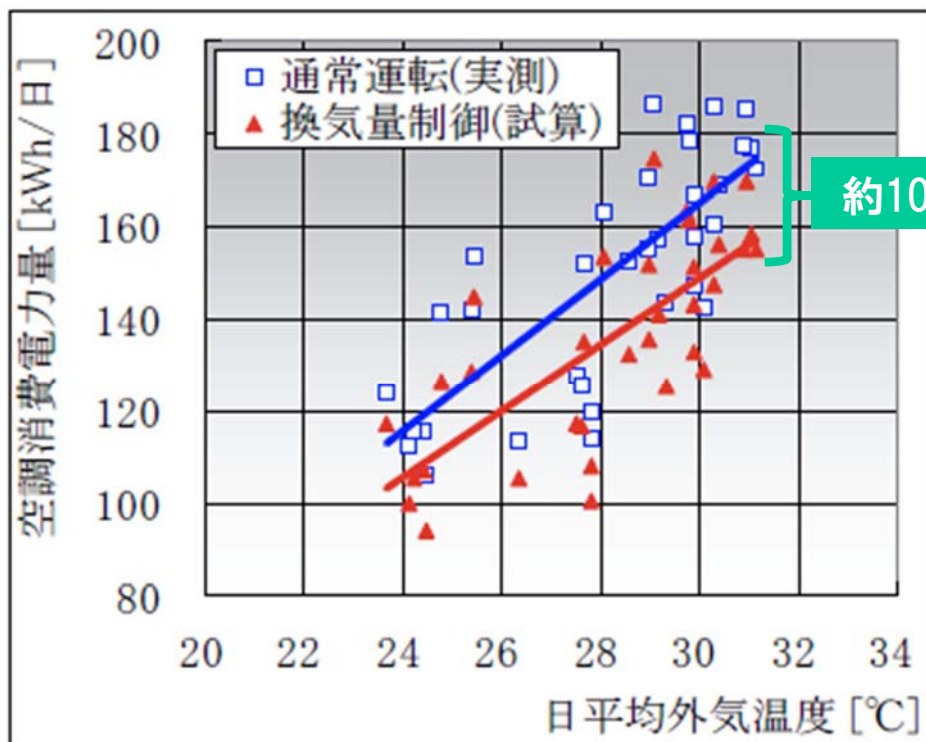
約100 μW

5. ネットワーク・応用分野

省エネ10%削減効果について

CO₂センサを用いた省エネ効果を換気量制御の省エネ効果より試算

※2013年9月空気調和・衛生工学会大会ダイキン工業様の投稿論文より



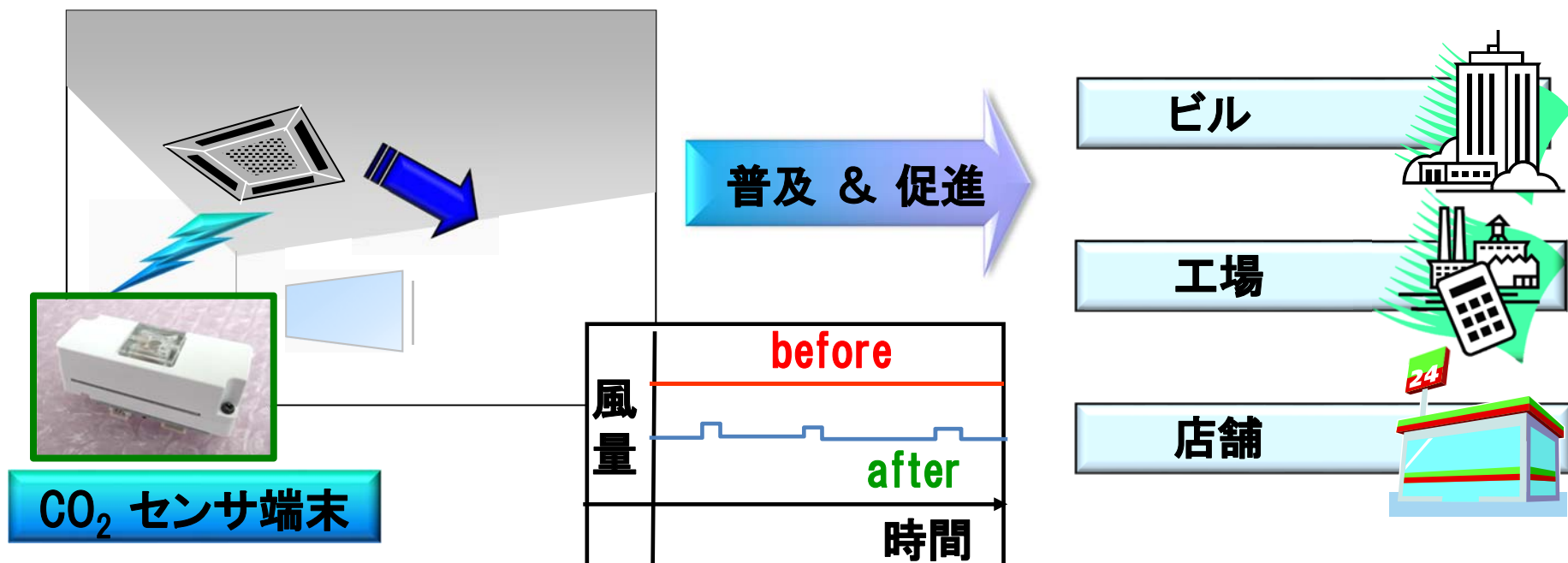
➤ 在室人数に基づく換気量制御の省エネ効果試算値です。

➤ 外気のCO₂濃度を400ppmと仮定し、室内のCO₂濃度を1000ppmに維持できた場合に削減出来得る空調電力%を試算した値です。

➤ 記載の省エネ比率%は、各季節毎の、空調電力に対する比率です。
(※建物全体の年間電力に対する省エネ効果ではありません)

5. ネットワーク・応用分野

オフィスや工場、家庭における空調を中心とした消費エネルギーの低減、エネルギー管理に適用。人の有無、部屋の内部にある装置の可動状況などを把握し、空間全体の省エネルギー化が可能。



NMEMS 技術研究機構



5. ネットワーク・応用分野

アプリケーションとしては、スマートオフィスをはじめ、大規模店舗、工場、植物工場への展開が期待される！

スマートオフィス



スマート植物工場



NMEMS 技術研究機構



6. まとめ

本テーマのまとめ

- ・ **100 μ W 駆動**する低消費電力なCO₂センサを開発。
光源やヒーターがないため、**小型・低背化**が可能。
- ・インピーダンス変化を利用したシンプルなセンシングを実現。
- ・プロトタイプセルで室内のCO₂ガスモニタリングを完了。
- ・従来のセンシング方法と異なる新しいガスセンシング方法を採用。