社会基盤i(アイ)センシングセンター

(Innovation center for sensing and analysis of infrastructure: i-SAIN)

6／19（金） 第2回仕繰セミナー

16：30から始まります．各自のビデオは停止してください．
また，音声オフにして下さい．

センター長　中畑和之

愛媛大学工学部
社会基盤*i*センシングセンター

コロナウイルス対策のための教室換気実験とアラートシステムの構築

（6月9日教室換気実験，天気　晴れ時々曇り）

中畑和之，森伸一郎，板垣吉晃，河合慶有

第3版

6／18　愛媛大学　BBS
夏季の冷房期間における「換気の徹底」と「熱中症の予防」について（依頼）

　日頃より皆様には省エネルギー対策の取組にご協力いただいているところですが，今夏は新型コロナウイルス感染症の影響により，これまでとは異なる生活環境下であることから，下記の点にご留意いただき，適切な教育・研究環境を確保した上で，無理のない範囲で省エネルギー対策の取組にご協力いただきますようお願い致します。

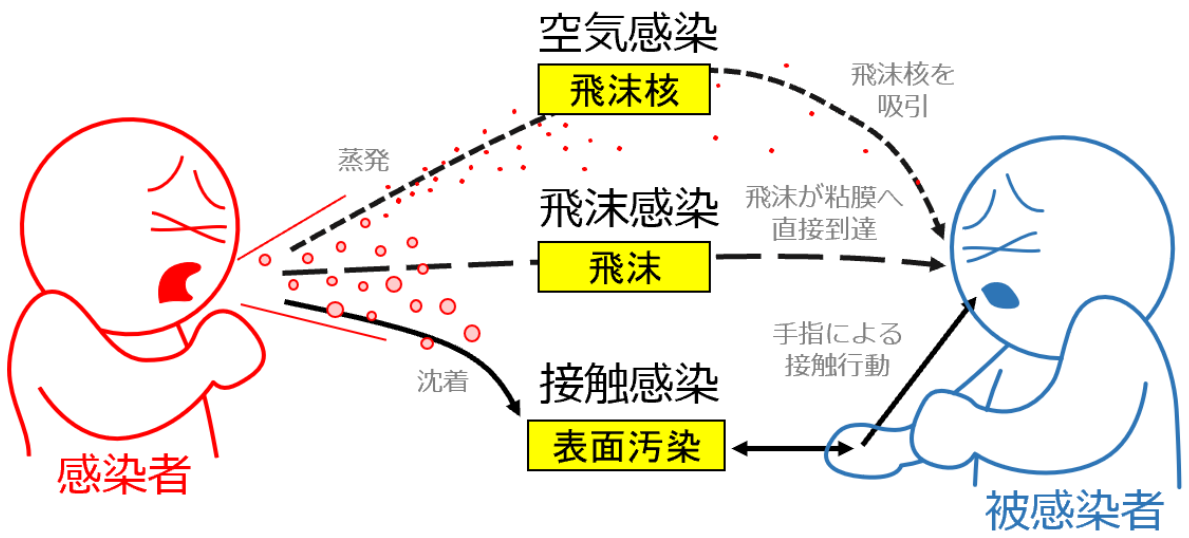
記

１．「換気の徹底」について
　○ エアコン使用時も室内を密閉空間にしないように３０分に１回は５分以上，２方向の窓や扉を開けましょう。
　○ 始業時，昼休憩，午後４時の３回は，全窓を開けて換気しましょう。
　○ 部屋に備え付けの機械換気設備がある場合は，常にＯＮにしておきましょう。
２．「熱中症の予防」について
　○ 換気で外気を取り入れることにより室温の上昇が予想されます。換気時はエアコンの温度設定を通常時より下げて運転するなど，可能なかぎり室温が２８℃以上にならないように適宜調整をお願いします。
　○ 換気中にエアコンを停止する必要はありません。〔エアコンは運転開始直後が最も消費電力が多く，短時間ならつけたままでも電気代は大きく変わらないため。〕

日本医師会 COVID-19有識者会議

https://www.covid19-jma-medical-expert-meeting.jp/topic/1729

新型コロナウイルス感染症制御における「換気」に関して
白井 克彦　元 早稲田大学 総長
古谷 誠章　早稲田大学建築学科 教授
田辺 新一　早稲田大学建築学科 教授



室内環境では、主に3つの感染経路がある

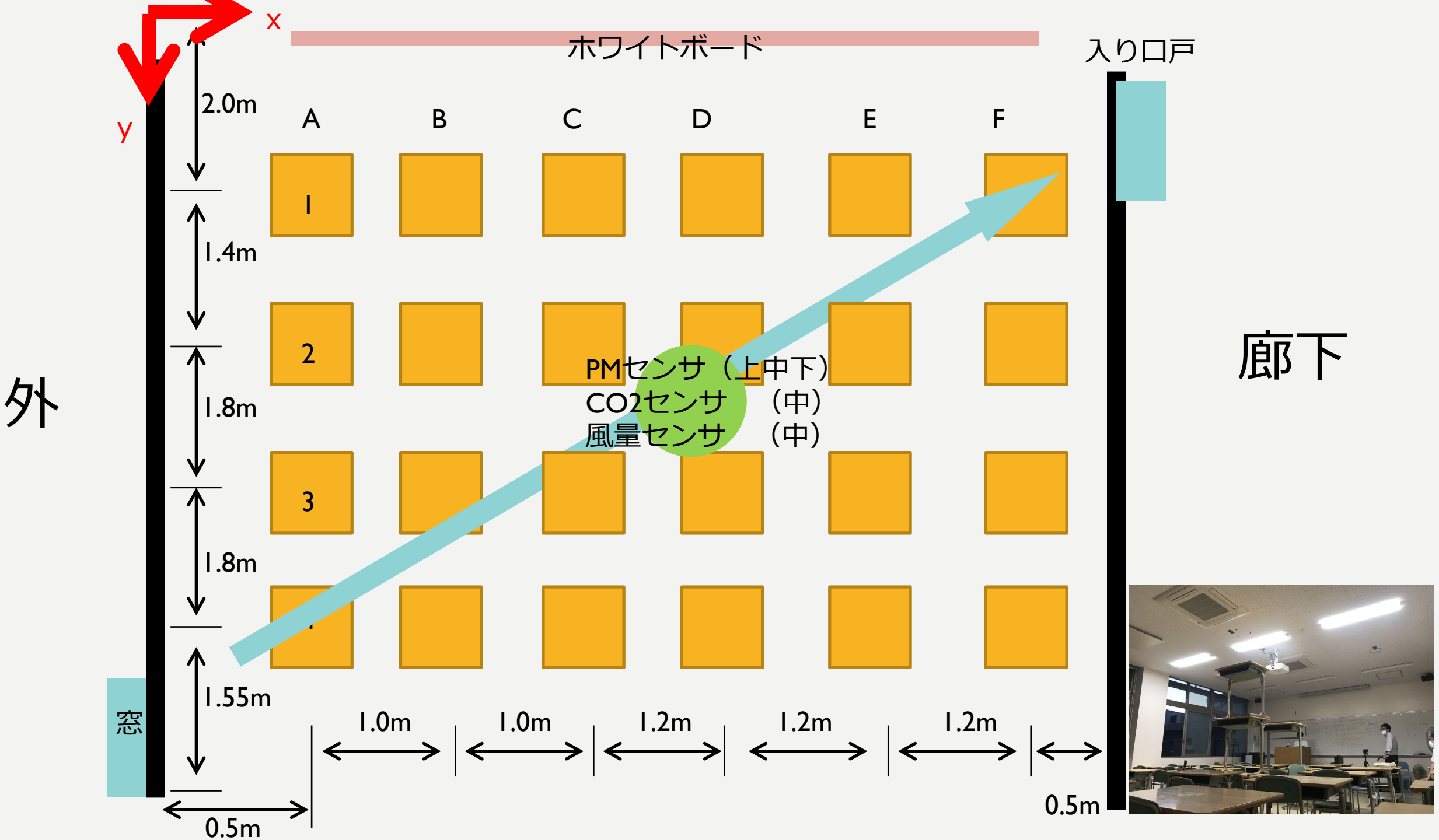
SARS-CoV-2の大きさは、0.05–0.2μm（μmはmmの1/1000）と報告されている。
エアロゾルは分野によって定義が異なっているが、一般的には固体・気体の混合体のことを指す.

SARS-CoV-2は、咳、くしゃみ、会話時などに発生する飛沫の中に含まれて空気中に出る。
発生するエアロゾルの大きさは、0.25μmから数mm程度である。大きな飛沫は遠くまで飛ばず、沈降してしまうため、距離が離れていれば飛沫感染リスクを低減できる。
水分が蒸発してサイズが数μm以下となったものを飛沫核と呼ぶ。
この飛沫核や小さな飛沫は一定時間空気中に漂う。

飛沫核や小さな飛沫は，どの程度，換気によって希釈されるのか？
iセンシングセンターの教員によって，定量的にデータを計測してみた.

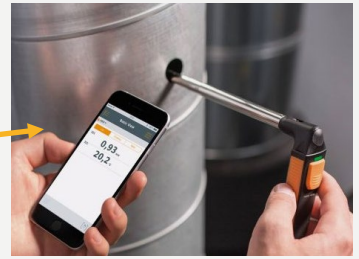
換気実験の様子

城北キャンパス　工学部講義棟　4F　41番教室


x
y
ホワイトボード
入り口戸
2.0m
A
B
C
D
E
F
1
1.4m
2
1.8m
3
1.8m
1.55m
外
廊下
PMセンサ（上中下）
CO2センサ　（中）
風量センサ　（中）
窓
1.0m
1.0m
1.2m
1.2m
1.2m
0.5m
0.5m

実験に使った簡易センサの種類

・風速計：　Testo，熱線式スマートプローブ風速計

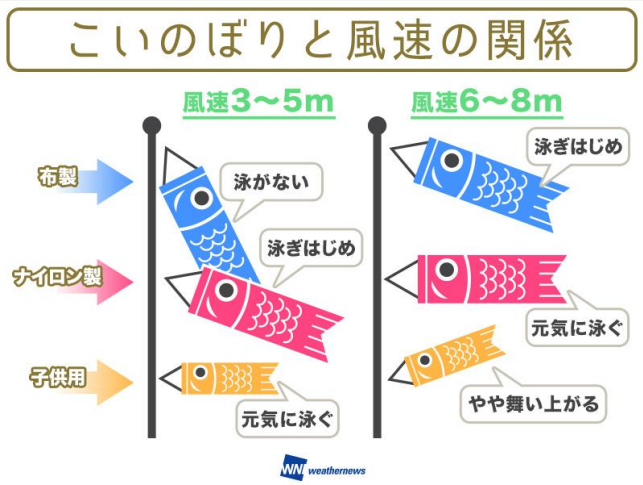


・PMセンサ：ヤグチ電子工業，ポケットPM2.5センサー

・CO2センサ：ユニ電子，Logtta CO2

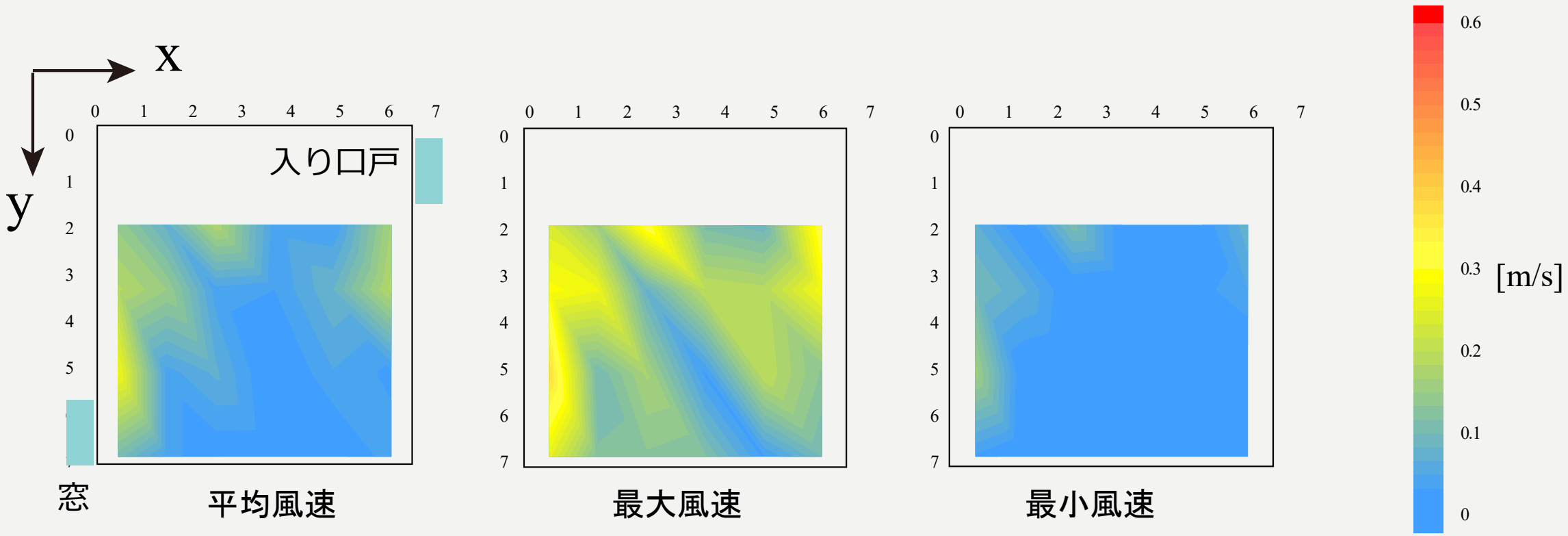
6／9　松山市の気象

時	気圧		降水量	気温	湿度	風速(m/s)・風向		日照	全天
	現地	海面	(mm)	(℃)	(%)	風速	風向	時間 (h)	日射量 (MJ/㎡)
16	1011.9	1015.8	--	28.9	44	2.2	北西	0.6	1.7
17	1012	1015.9	--	29.4	46	2.8	南南西	1	1.69
18	1012.3	1016.2	--	27.9	50	1.8	南南西	0.6	0.66
19	1012.1	1016	--	27.6	48	4	南南西	1	0.39



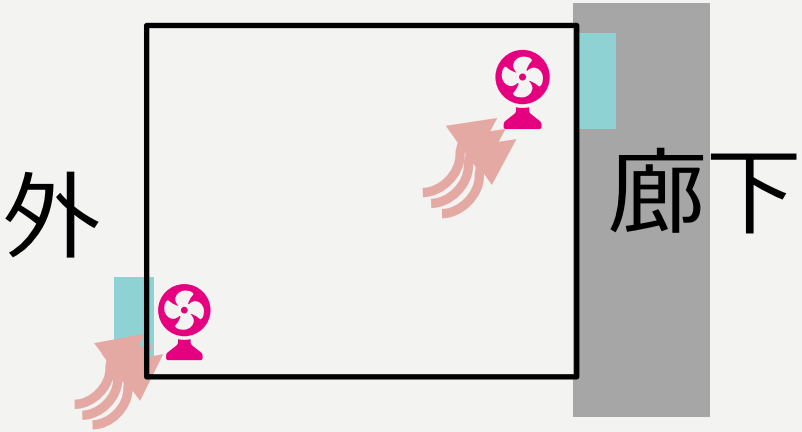
https://weathernews.jp

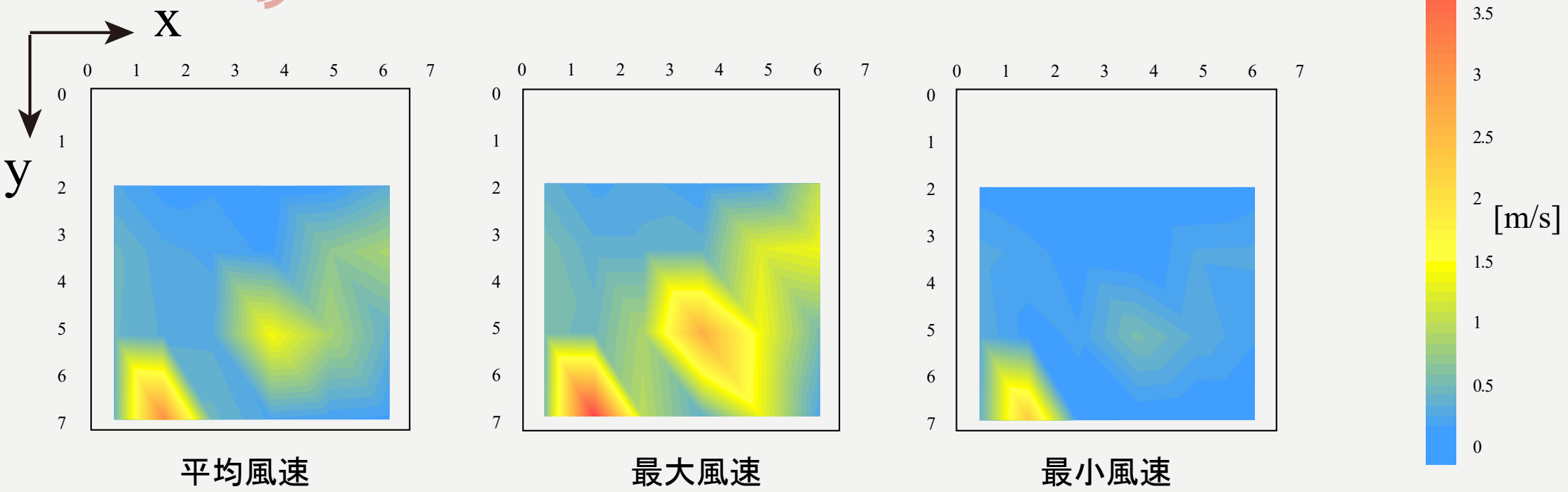
窓と入り口を開けた状態での風速分布



風は教室の窓・壁周辺で生じている.

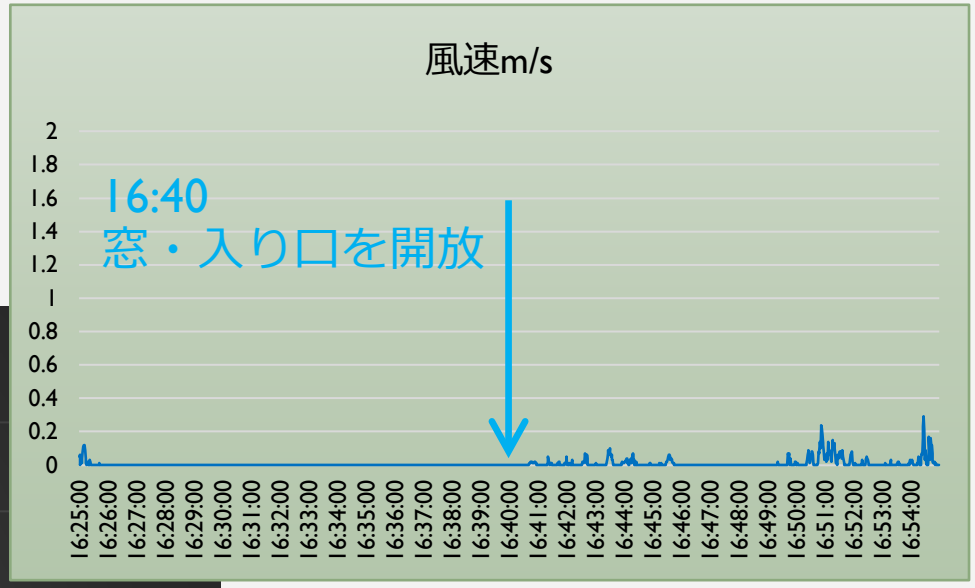
窓と入り口を開け，かつ扇風機を回した状態

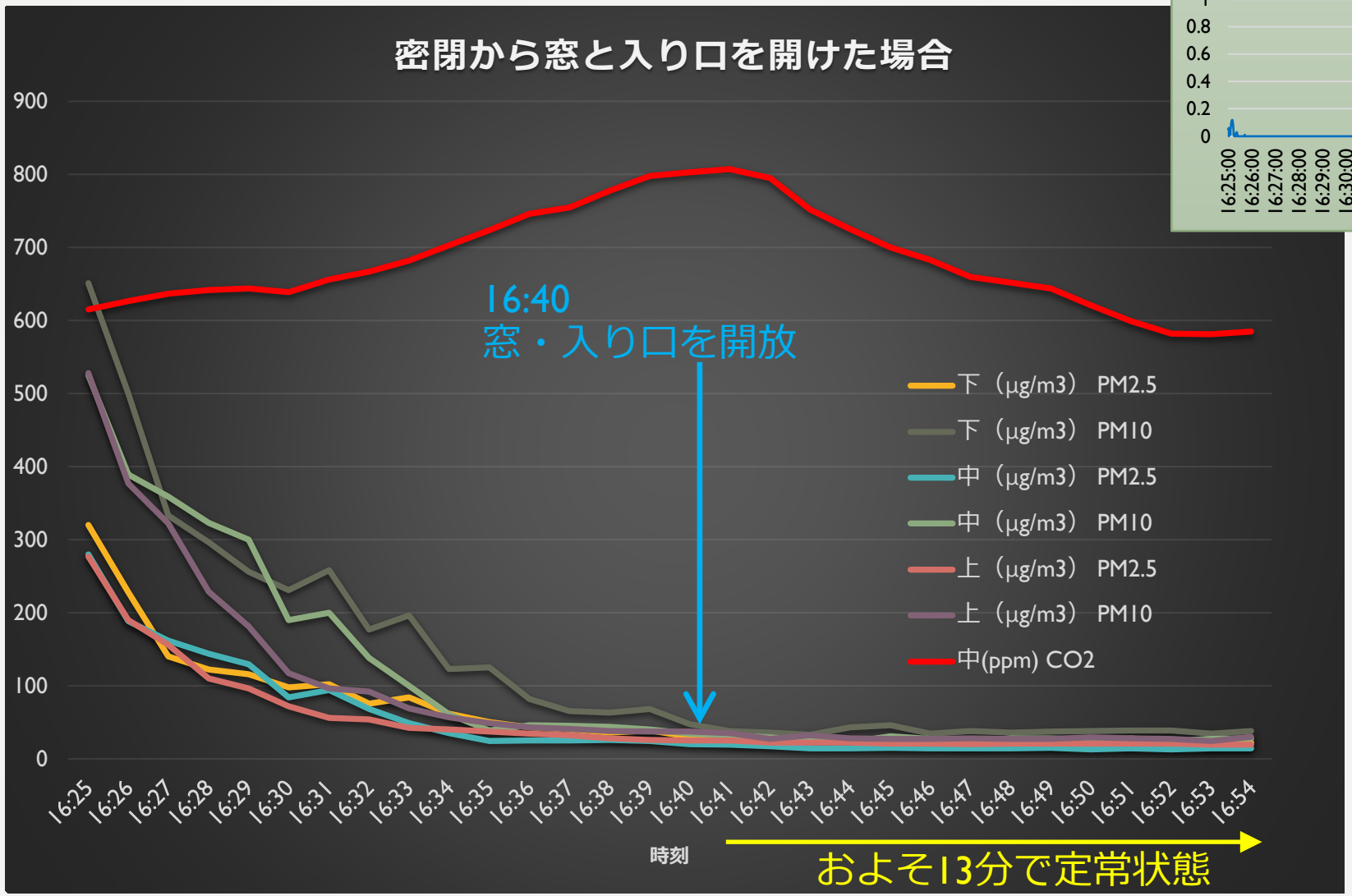




風は窓と入り口を抜ける直線上で強く起こっている

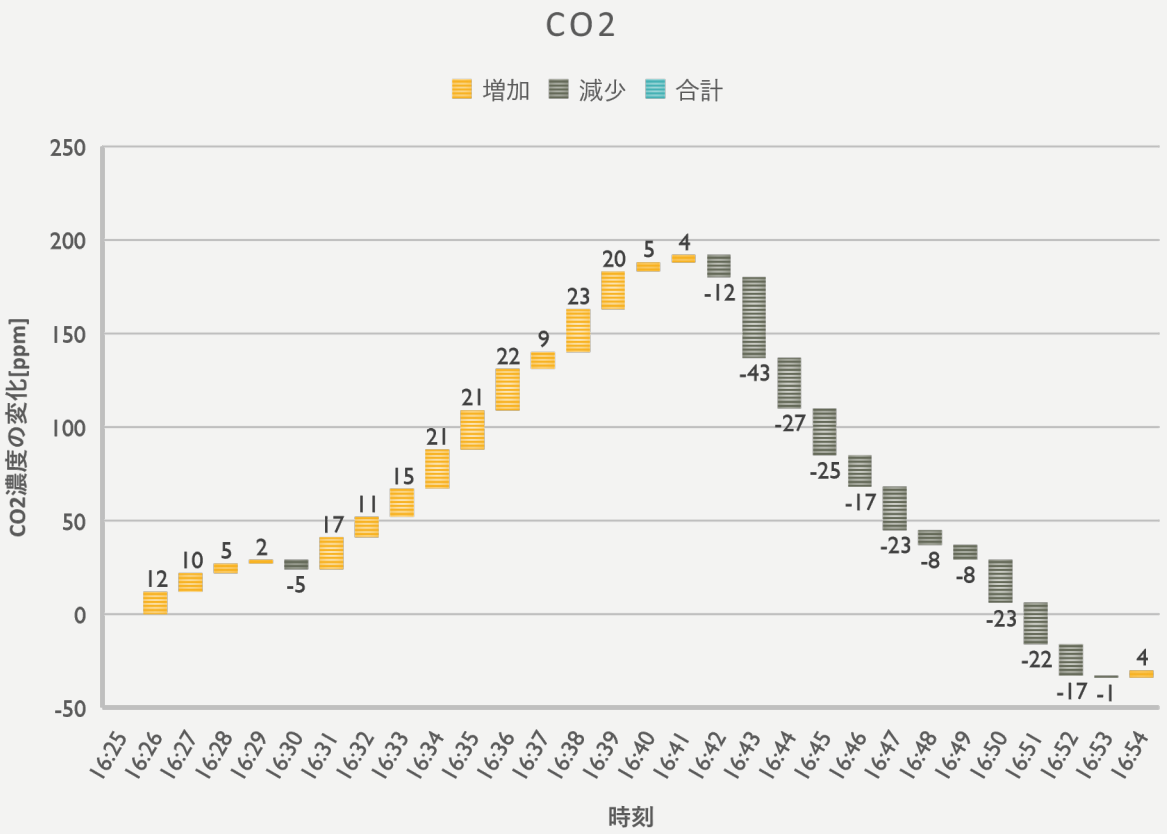
スモーク散布後しばらく観察
→　窓と入り口を開けた状態

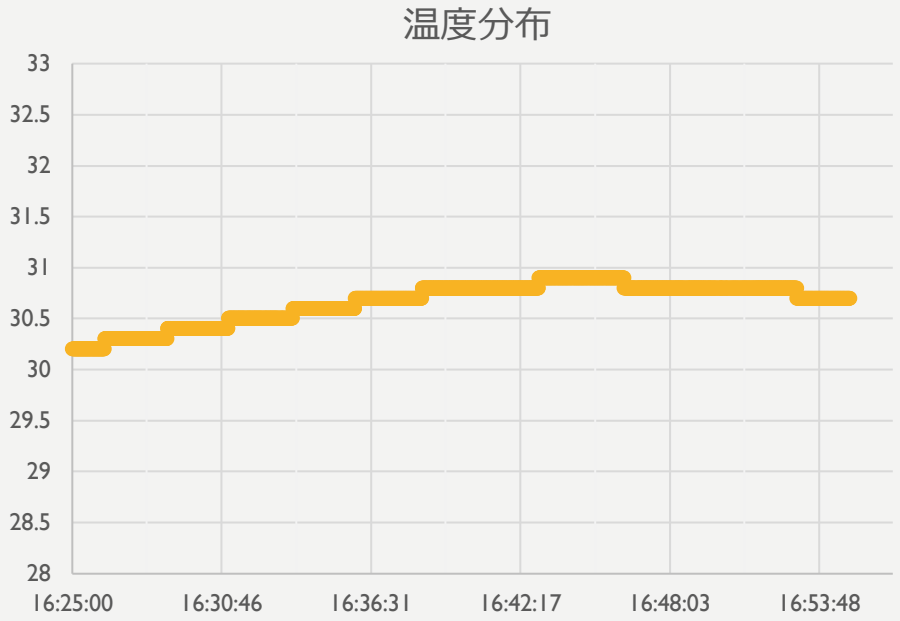




風速はゼロ（空気の流れはない）だが，微粒子は沈降する

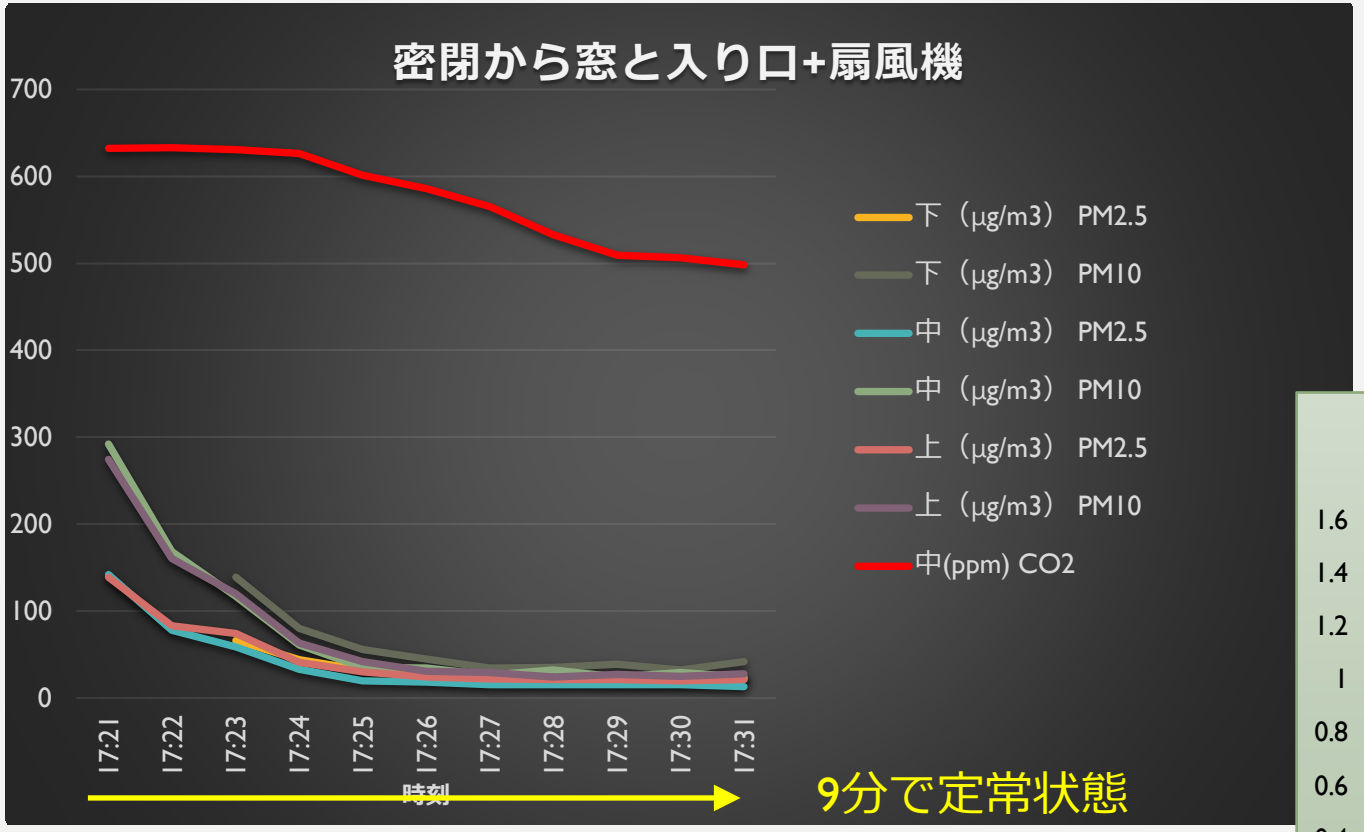
PM2.5より小さい飛沫核は，
本センサでは計測が困難？！

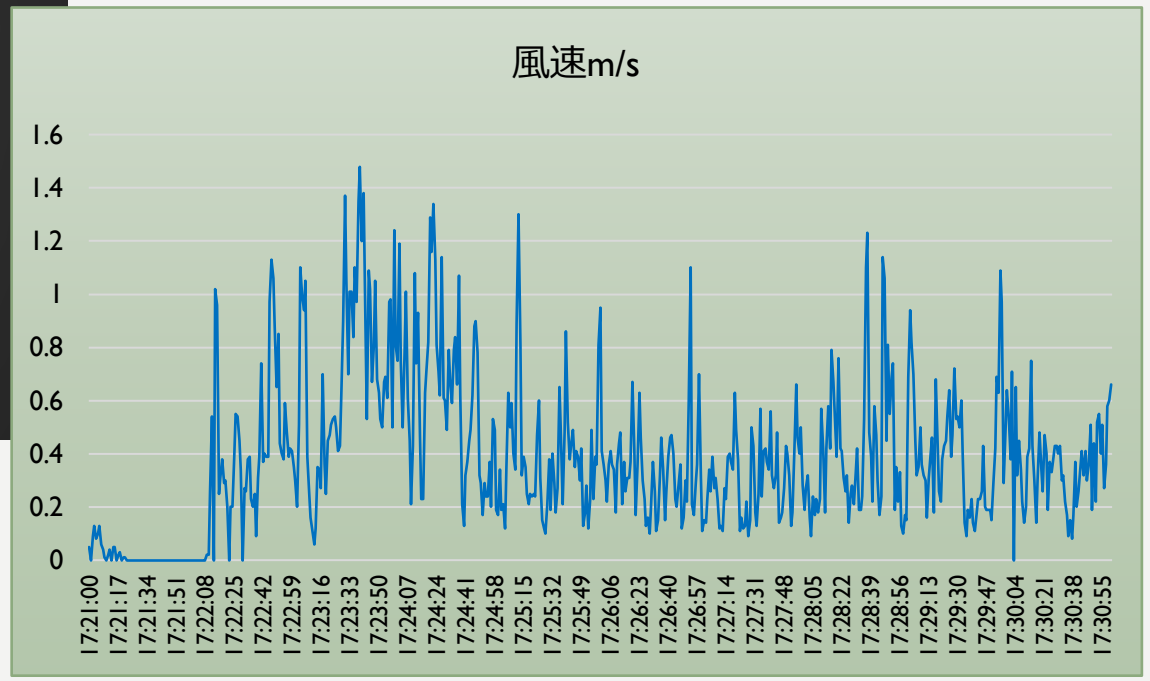




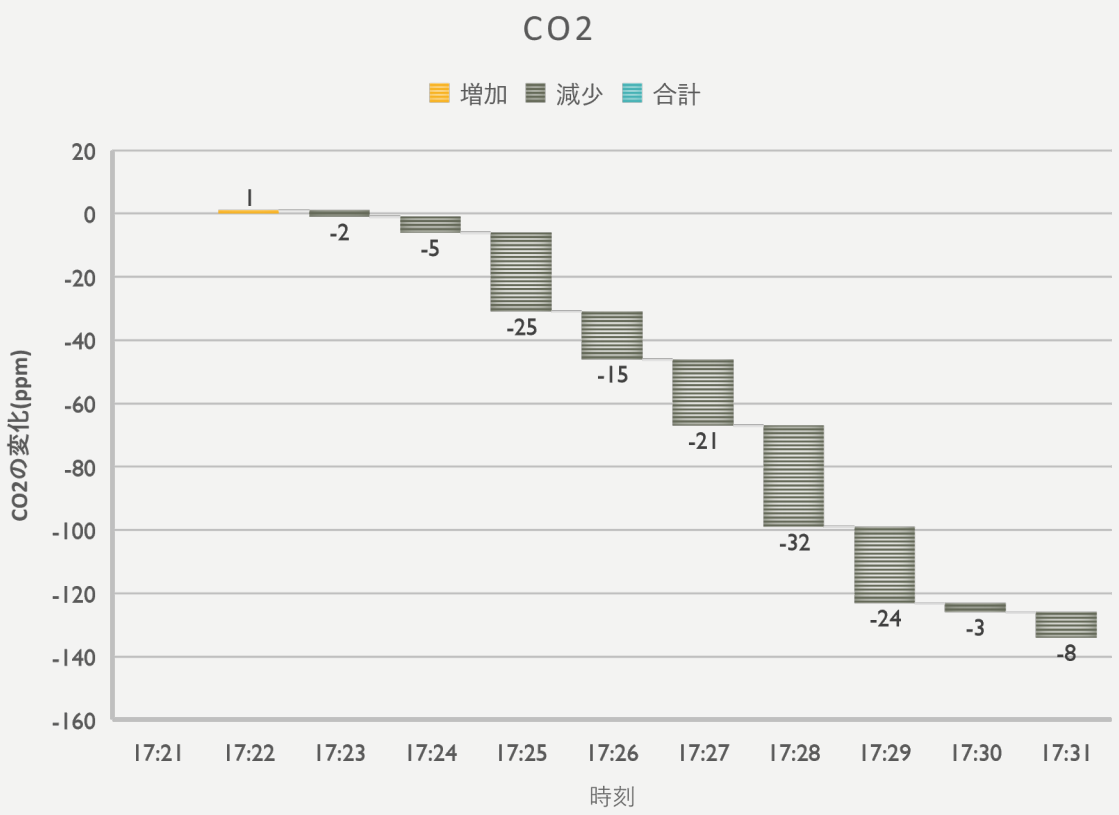
微粒子は沈降してしまうが，CO2は沈降せずに室内を漂うため，換気の指標としては有用

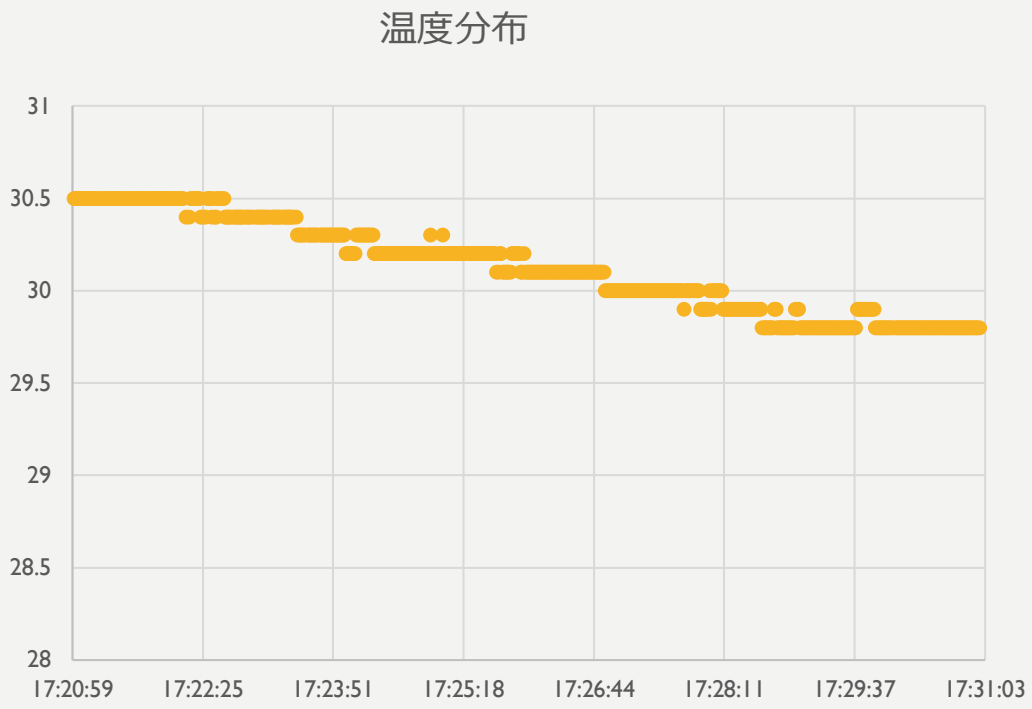
窓と入り口を開け扇風機を回した状態



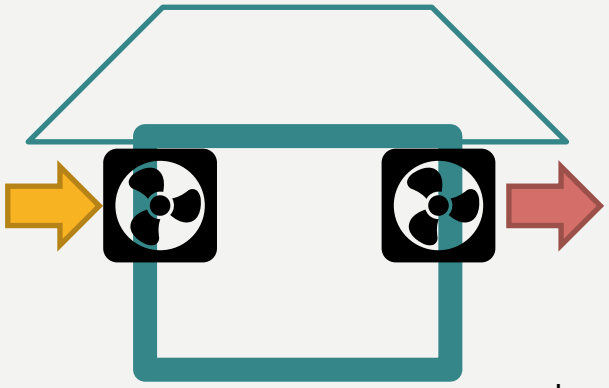


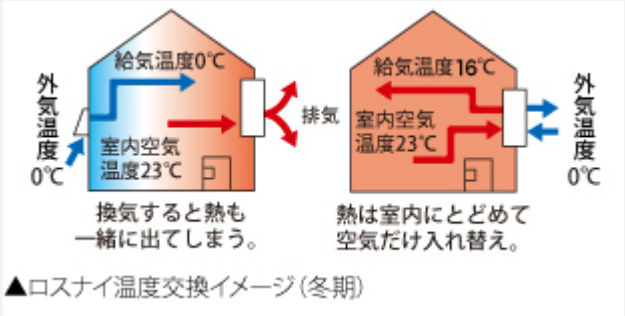
扇風機である程度空気を攪拌
させても，PMの値は低下する．
→　飛沫核に？！


CO2
増加
減少
合計
20
0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
-140
-160
CO2の変化(ppm)
1
-2
-5
-25
-15
-21
-32
-24
-3
-8
17:21
17:22
17:23
17:24
17:25
17:26
17:27
17:28
17:29
17:30
17:31
時刻

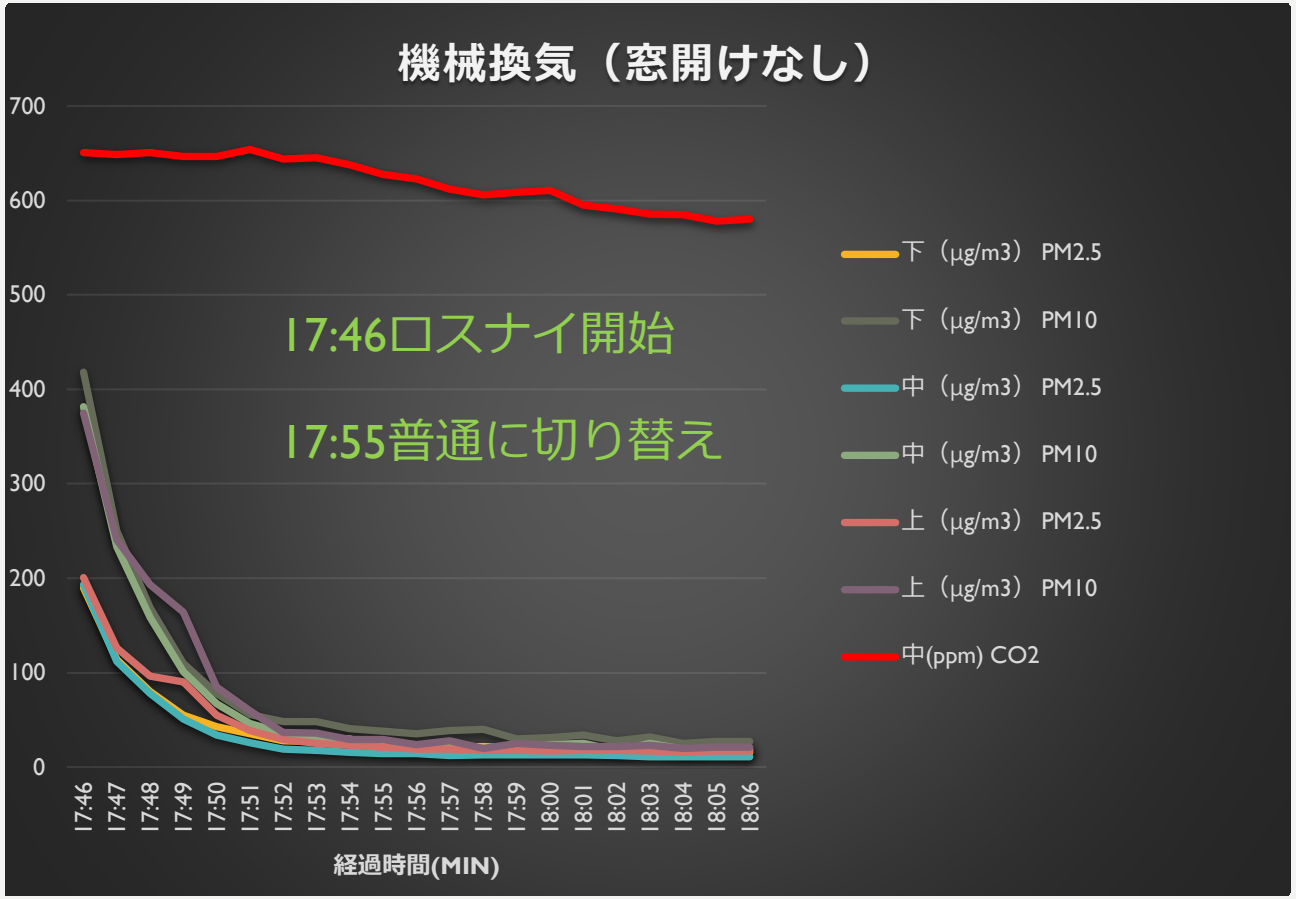

温度分布
31
30.5
30
29.5
29
28.5
28
17:20:59
17:22:25
17:23:51
17:25:18
17:26:44
17:28:11
17:29:37
17:31:03

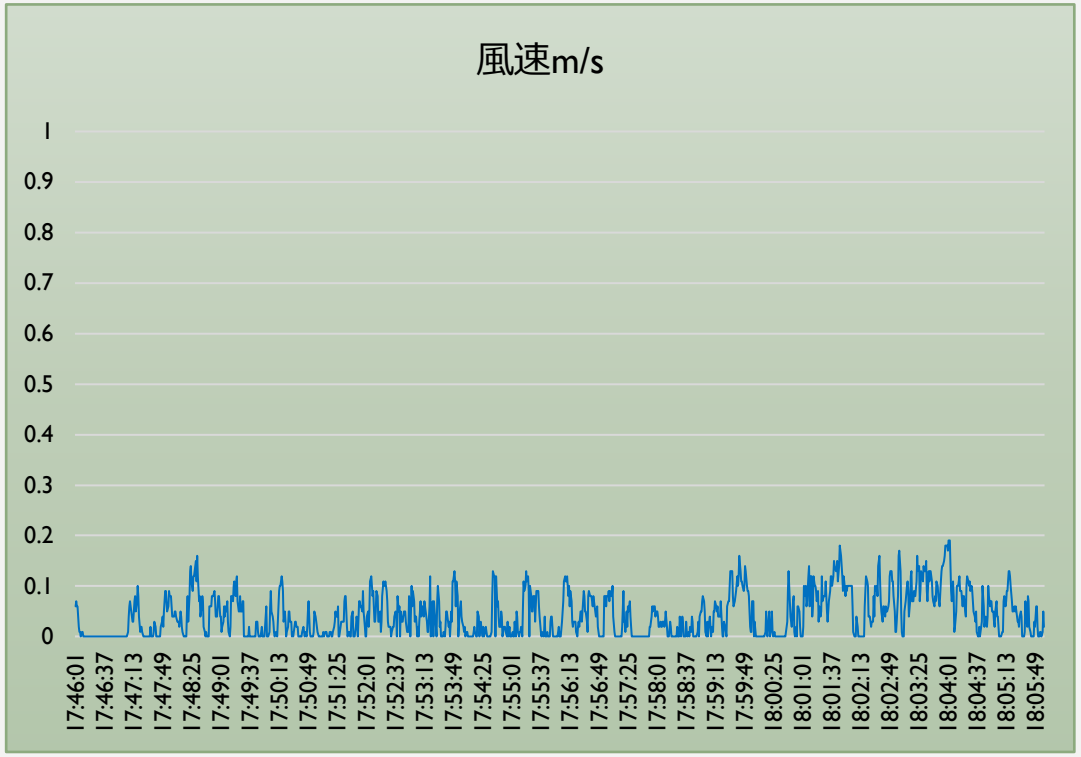
機械換気のみ



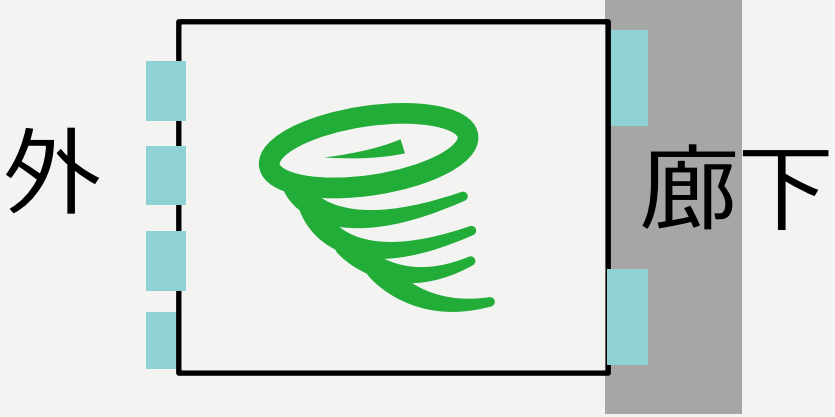


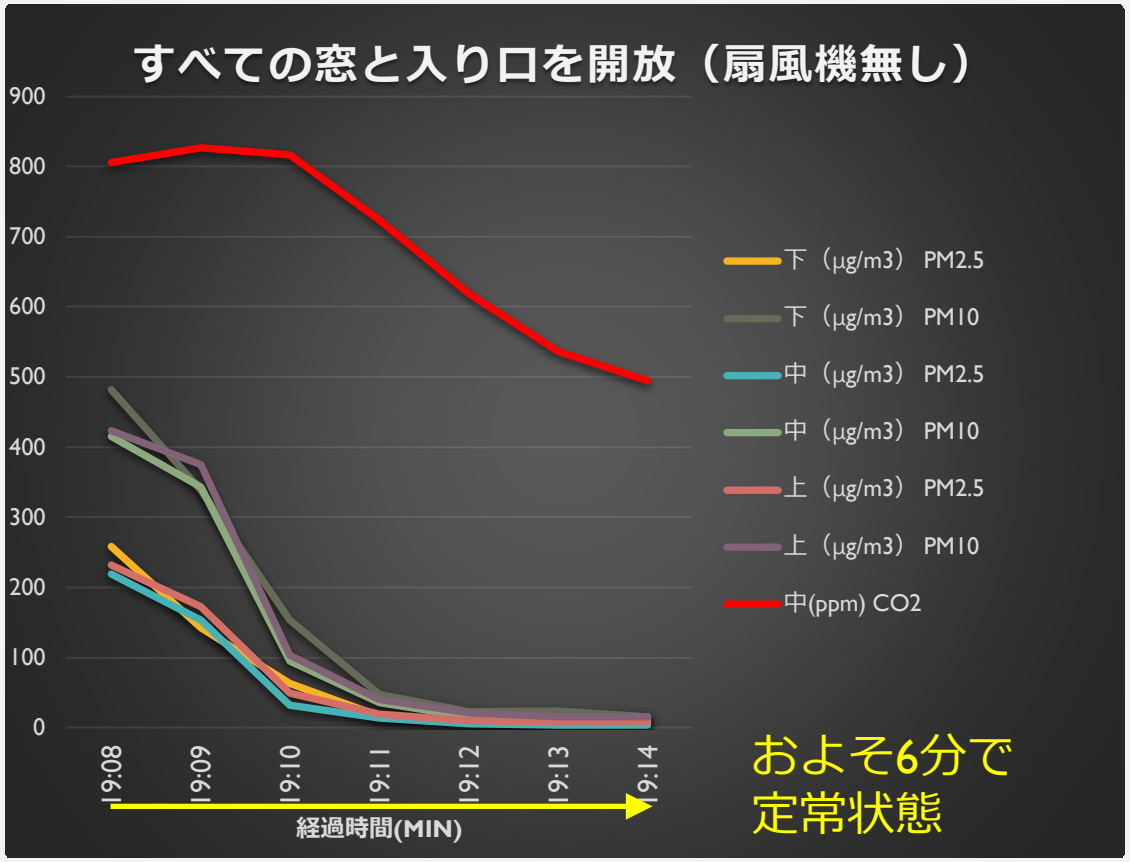
https://www.mitsubishielectric.co.jp/ldg/ja/air/products/ventilationfan/about/detail_03.html

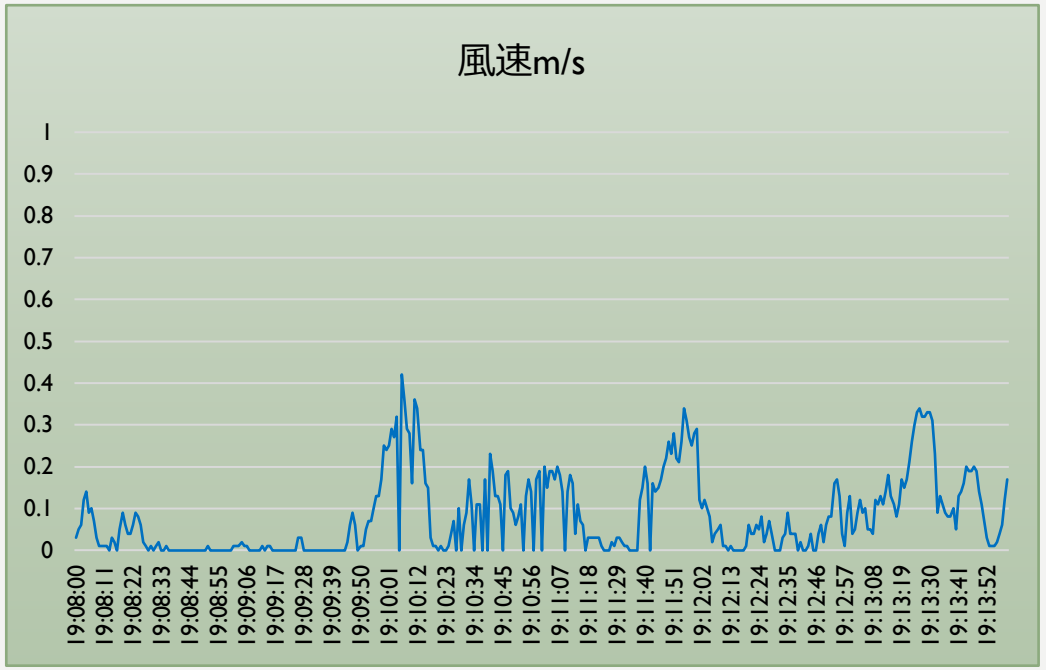




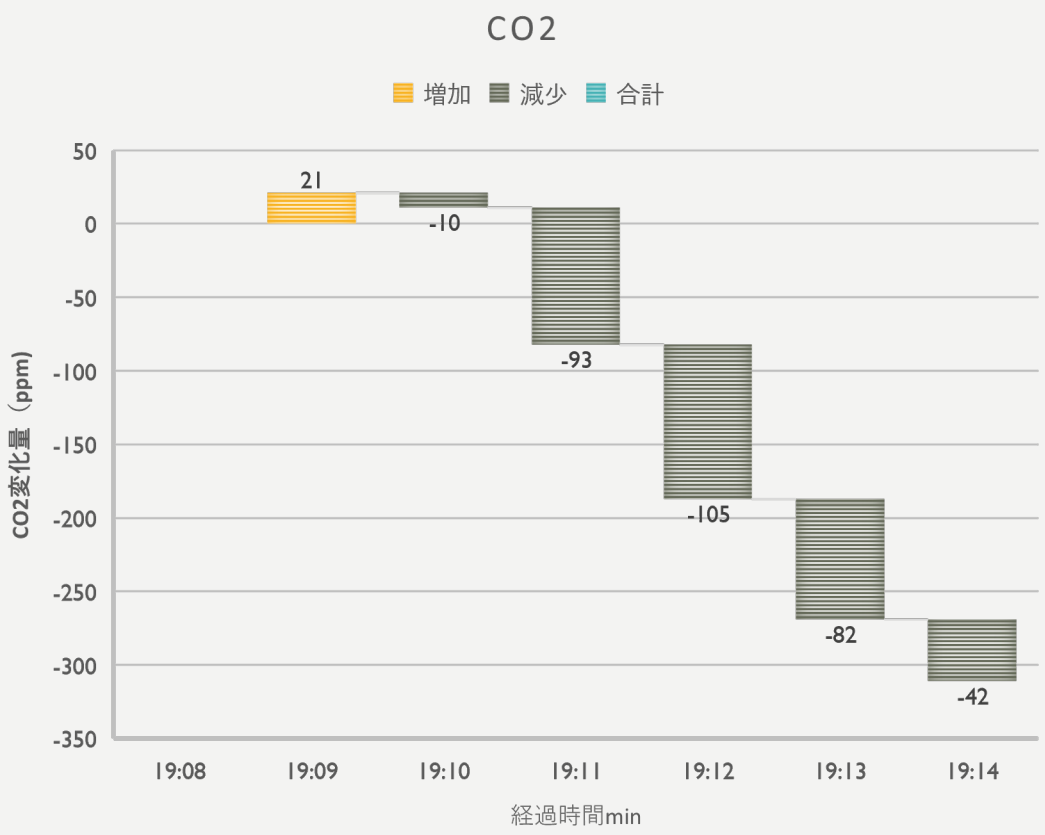
全窓・扉開放（扇風機なし）

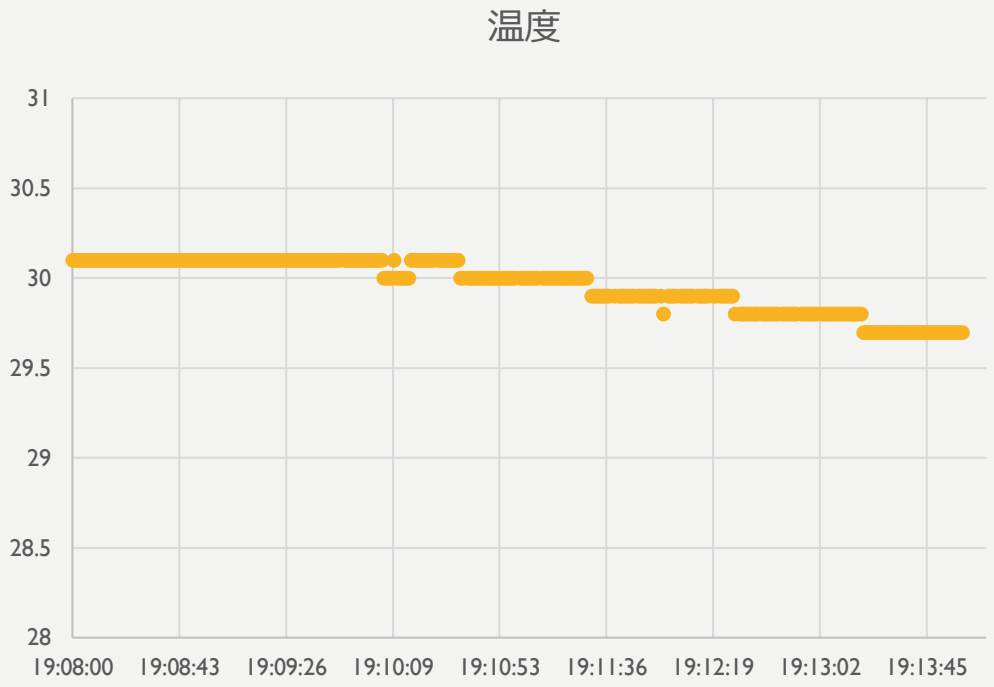






全開放だけで室内の風速は0.4m/sまで上昇（2箇所を開けたよりも風速は大きい．ただし，夕方であることも関連か．）

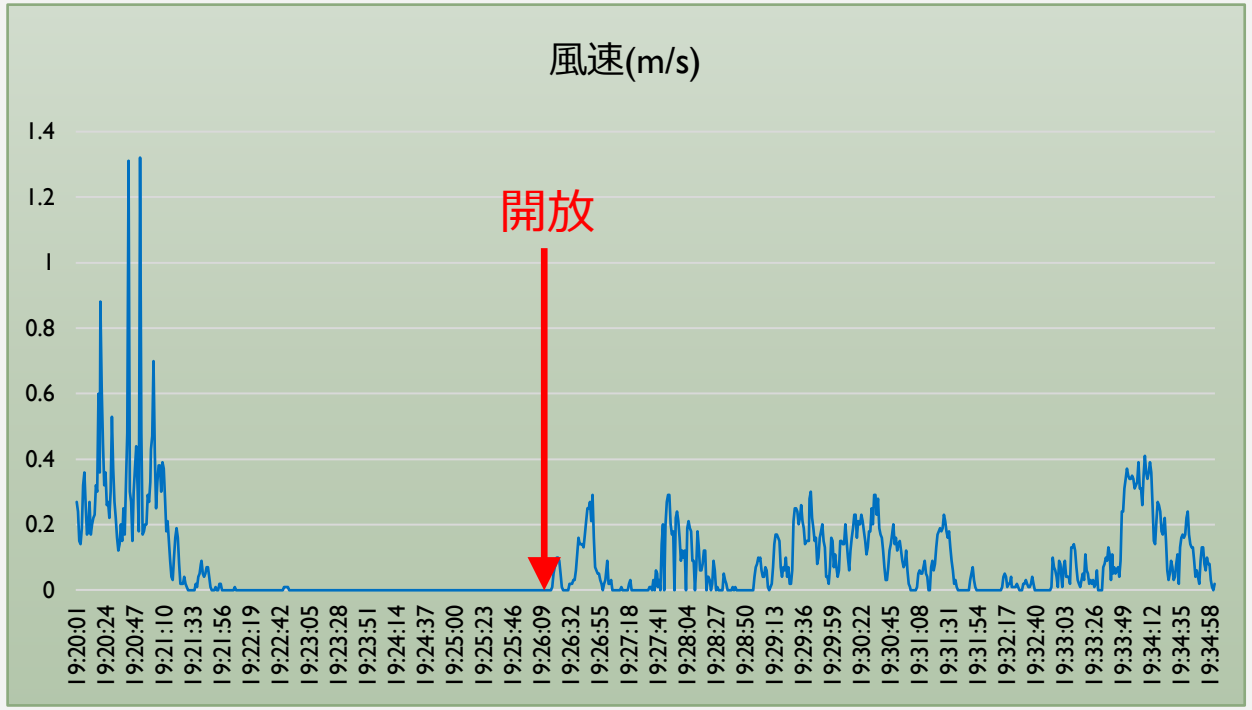

CO2
増加
減少
合計
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
-300
-350
CO2変化量（ppm）
21
-10
-93
-105
-82
-42
19:08
19:09
19:10
19:11
19:12
19:13
19:14
経過時間min

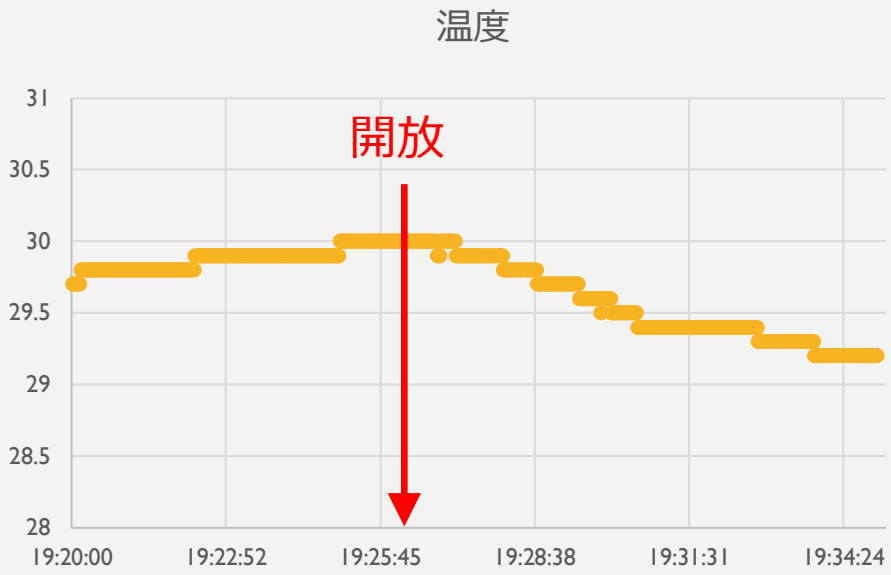

温度
31
30.5
30
29.5
29
28.5
28
19:08:00
19:08:43
19:09:26
19:10:09
19:10:53
19:11:36
19:12:19
19:13:02
19:13:45

全窓・扉開放時の可視実験

開放

19：20　19：25　19：26　19：31





大きな教室での自然換気効果（EL43、126M²）

2020-0604　19:51

2020-0604　19:39

2020-0604　20:21

- この実験の際、部屋の内外で肌感覚や目視で空気の入れ替わりはなかった（JMA松山では下表）。スモークが完全に消散するには約40分を要した。
- 内外の温度差や屋外の風に影響を受けることがわかった。

時	気圧(hPa)		降水量	気温	湿度	風向・風速(m/s)		日照時間	天気
	現地	海面	(mm)	(°C)	(%)	風速	風向	(h)	
18	1001	1005	--	25.9	60	1.9	西南西	0.8	曇
19	1001	1005	--	25.5	63	1.3	南南西	0.1	曇
20	1002	1006	--	24.6	67	2.3	北東	0	晴れ

・PM2.5と10を計測したが，無風状態でも室内沈降するため飛沫核の指標としては有用ではない．一方，CO2は飛沫核の指標として利用できそうである．

・窓と入り口の2箇所を開けた状態では，およそ13分でCO2濃度が初期状態になった．
また，2箇所を開けて扇風機を回した状態では，およそ9分であった．

・機械換気ではCO2濃度の減少量が緩やかであった．→　機械換気だけでは不十分

・全ての窓・扉を開放した状態では，風速はわずかであるが，およそ5分でCO2濃度が初期状態になった．これは，可視化実験の実験とも一致する．→　窓を全開にするのが一番良い．

・風速分布を測ると，窓と入り口の2箇所を開けた状態では，部屋の周辺に風が感じられた．さらに扇風機を加えると，窓と入り口の線上風速が大きくなった．
→　風の通り道を作ってあげたとしても，自然風の状態では，窓（給気）と入り口（排気）の線上を空気が通ってくれるとは限らない．

まとめると，窓・扉の全開がベスト．そのとき，室内空気の循環・攪拌はさらに有効．
また，全開できない場合は，排気・給気の2台を組み合わせた扇風機による強制換気が代替として有効である．

では，空気を入れ換えるタイミングは？　また，どうやったら空気入れ替え完了がわかるのか？

・外気の温度・風向き・風量に影響をうける.
・教室の大きさ・形状・配置にも影響を受ける
・収容している人の数にも依存
・もっと他に有効な指標があるかもしれない

iセンシングセンター製　換気アラートシステムの開発

・全教室の常時モニタリングし，情報を集めたい（工学部講義棟だけで15室）
・AIによって適切な換気タイミングをアラートしたい（教室毎に特徴があるため）
・安価に作りたい（市販サービスでは，端末1台3万，月額保守料3500円/ 台）

合計 ¥1,348,830

SII社の場合

利点：
- SII社なので品質は安心
- CO2データの収集は早々に稼働できる

- 自作マイコンでCO2の濃度を、積層信号灯で教室毎表示

Ethernet

- フロアに1台ベース局を設置。
- 無線で送られてくる各教室のCO2データをEthernetでサーバに中継

欠点(1)ノード、ベースともAC電源が必要→設置場所は制約される

欠点(2)付属アプリの仕様がわからないのでパトライト用改造が難しいかもしれない

アナリシス部門に聞いてみた

・AIの導入は面白そう（簡単にできる）

センシング部門に見積ってもらった

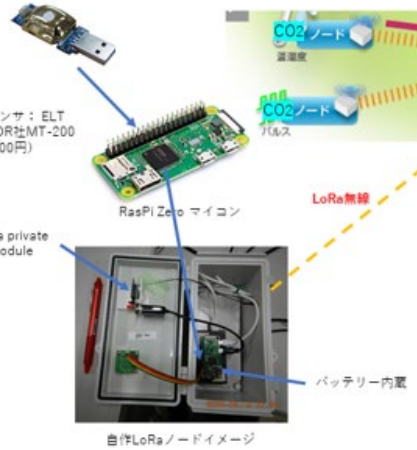
・自作自前のシステム
・改良拡張可能
・初期コストのみ

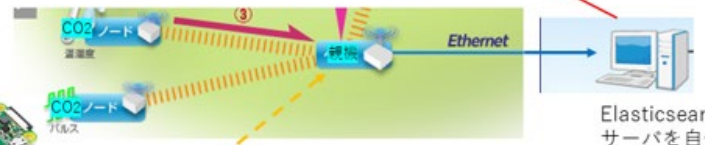
合計 ¥1,063,436

（自作LoRaノード）＋（高いCO2センサ）の場合

- 自作マイコンでCO2の濃度を、積層信号灯で教室毎表示

Ethernet





- LoRaなので、SIIのようにフロア毎にベース局を設置する必要は（多分）ない。
- LoRa無線で送られてくる各教室のCO2データを1台の親機で受けて、Ethernetでサーバに中継
- ノードはバッテリ駆動なので、設置場所の制約はない

Elasticsearchサーバを自作するので、作りたいように作れる

利点：
- Logtta CO2のセンサ（S-300-3Vと同じELT Sensor社のセンサー

欠点：
- 事前評価が必要

USB I/Fなので、こんな使い方ができる可能性（お楽しみ）がある

・愛媛大学の学生と附属施設の生徒・児童のため，
ぜひファンディングにご協力下さい．
（iセンシングセンターの教員は，
学内インセンティブ経費を使わせて下さい．）

・システム製作・検証にご協力頂ける
学生さんを紹介して下さい．

・工学部以外の方，一緒にやりませんか？
また，学外の方のサポート，ウエルカムです！

お問い合わせは

電話番号：089-927-9676
E-mail：i_sain@stu.ehime-u.ac.jp
工学部附属社会基盤iセンシングセンターまで