

風向変動の自然換気効果に関する研究

研究背景

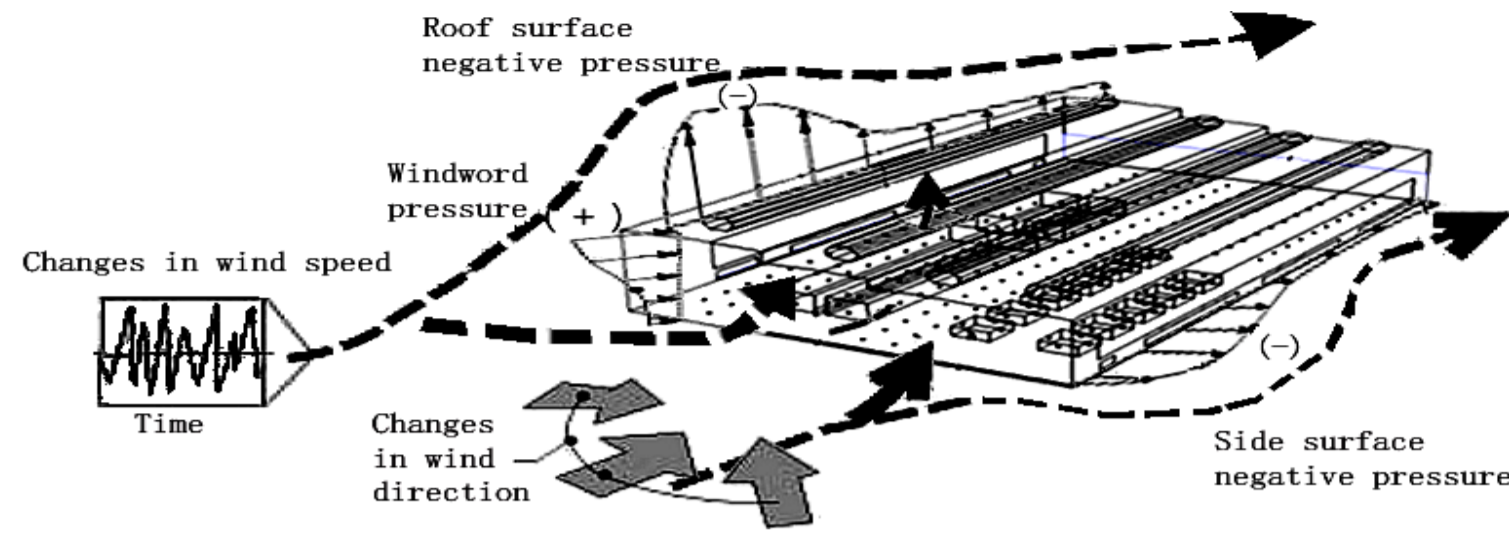


Fig.1

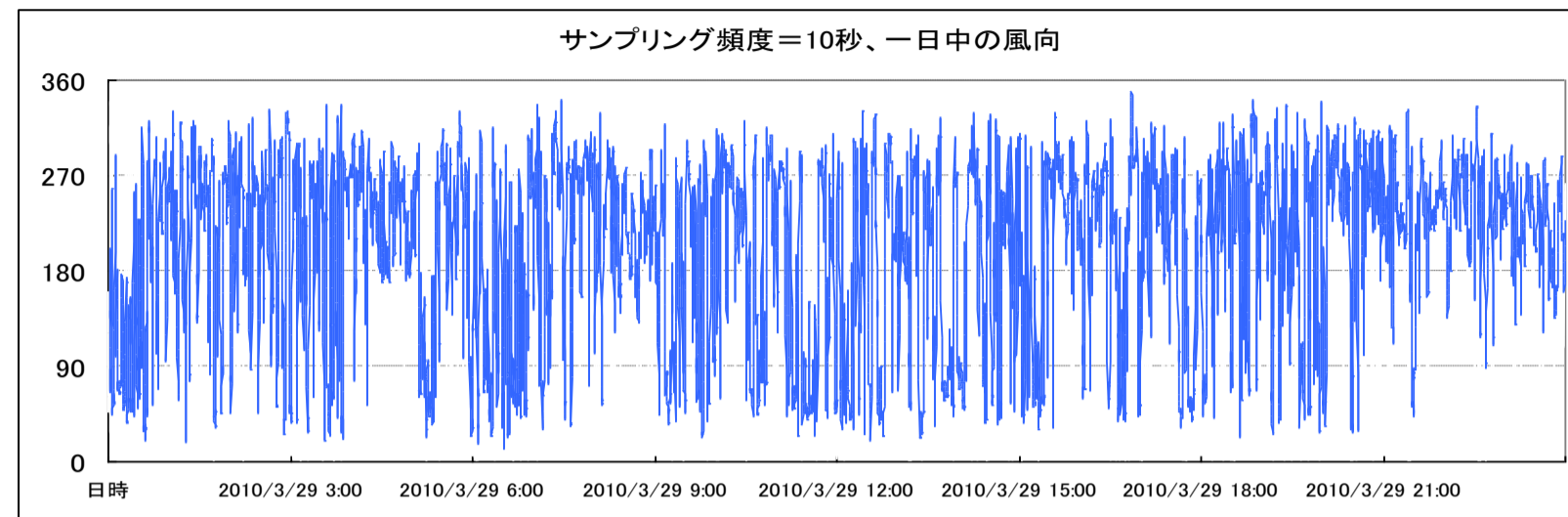


図2. 超音波風速計で実測した風向の時系列

従来、自然換気に関する研究は自然風を安定な空気の流動として分析するが、実際の自然風の風速と風向が時々刻々変動している。

変動風の自然換気効果をより正確に評価できるため、変動風の換気の研究が必要である

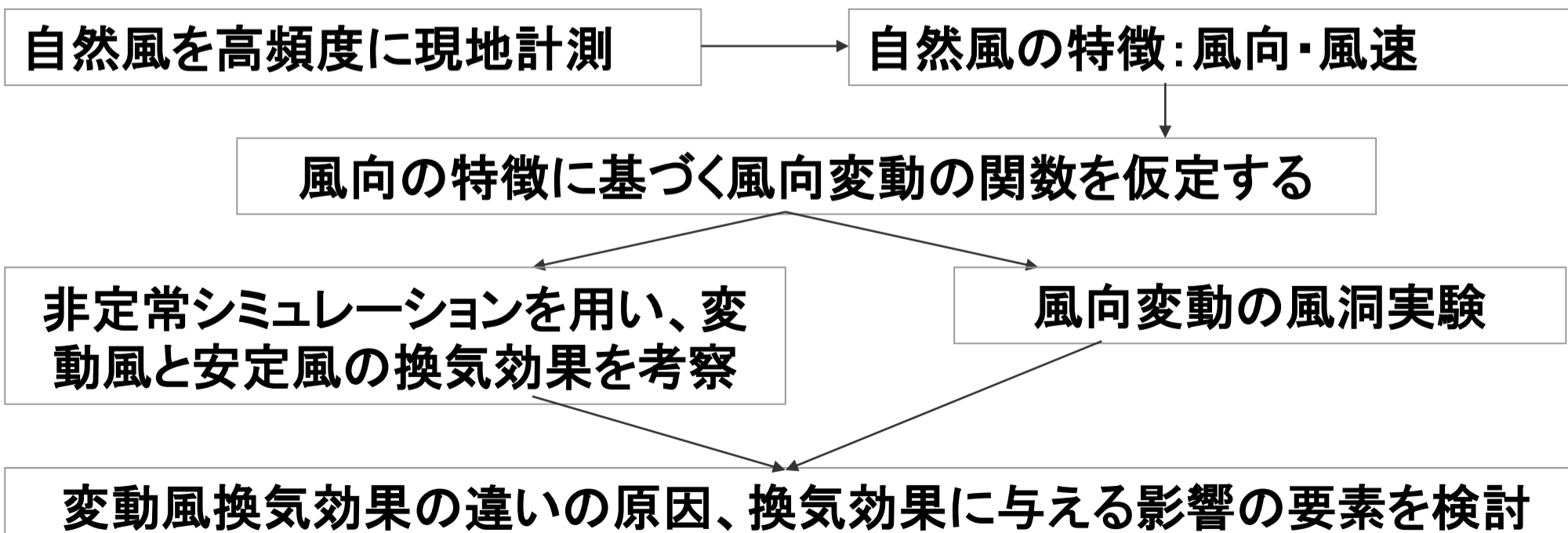
研究目的

風向変動が自然換気に与える影響を分析し、建物の寸法・開口面積・空間体積などの建物条件と風向変動の周期・風速などの境界条件が換気性状に与える影響を検討する。

研究内容

- ① 風向変動の特徴
- ② 風向変動の特徴に基づき、CFDによって換気効果を考察する
- ③ 風洞実験により、変動風向の換気効果を考察する

研究フロー



自然風の風向変動の特徴

- 図2に示すように、自然風風向の時系列は大体周期的に変動している。しかし、この周期の同定が難しい
- 図2に示すように、一日中、自然風の風向が広い範囲で変動している ($0^{\circ} \sim 360^{\circ}$)。
- 図3から分析すると、風向は当日の卓越風向の近い範囲内で(ほぼ $\pm 45^{\circ}$ 以内)変動する。

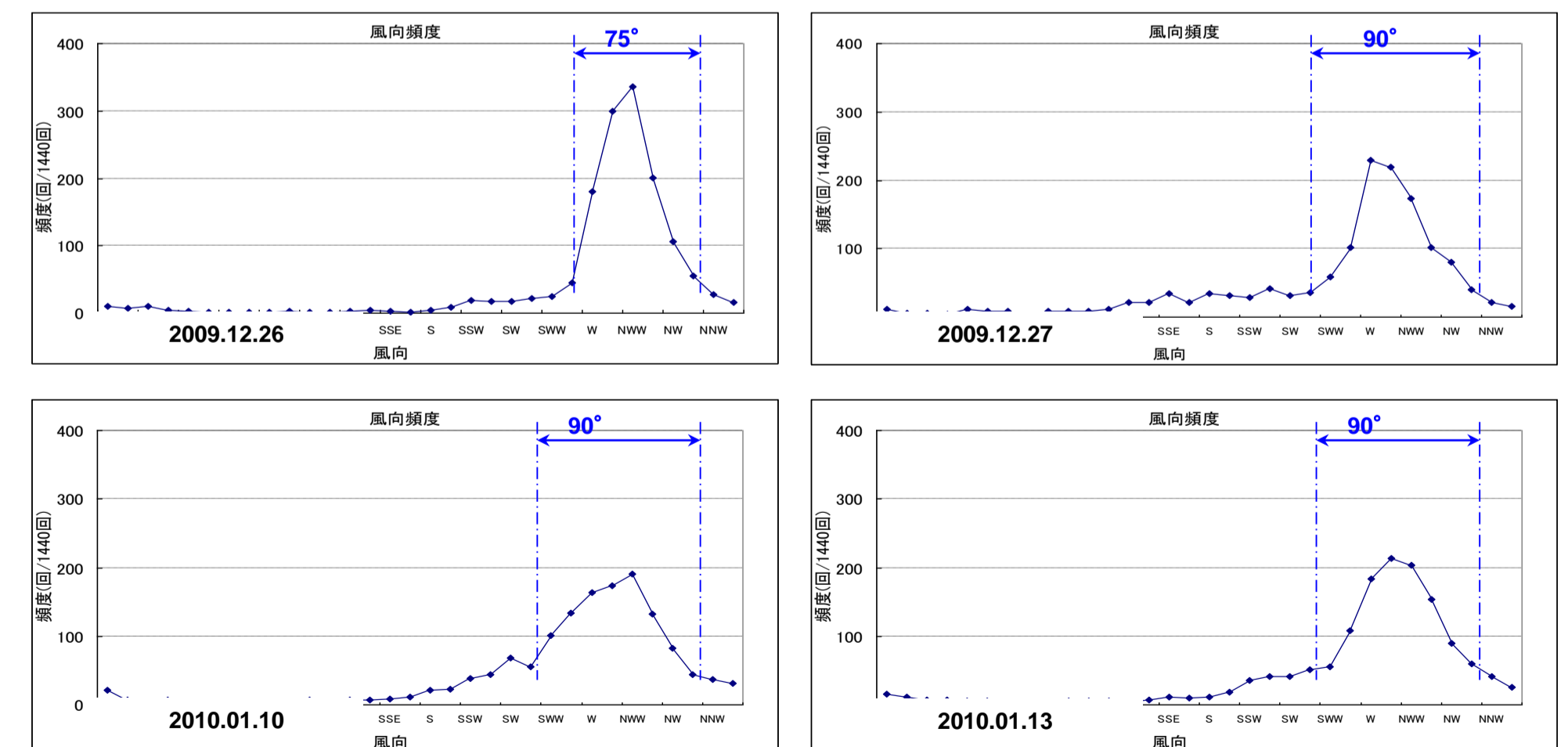


図3 一日の風速頻度分布例(データ:上海・冬)

風向変動の自然換気効果に関する研究

CFDの模型

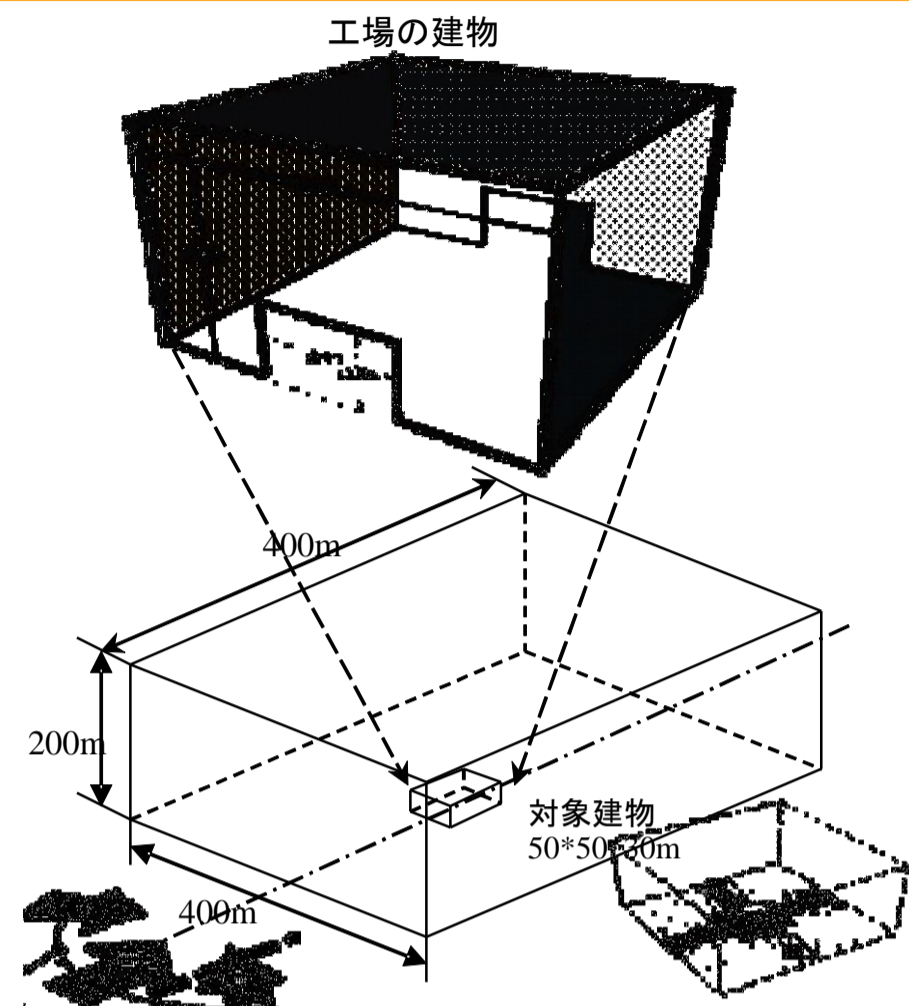


図4 解析領域と模型の関係

境界条件としての風向の変動曲線

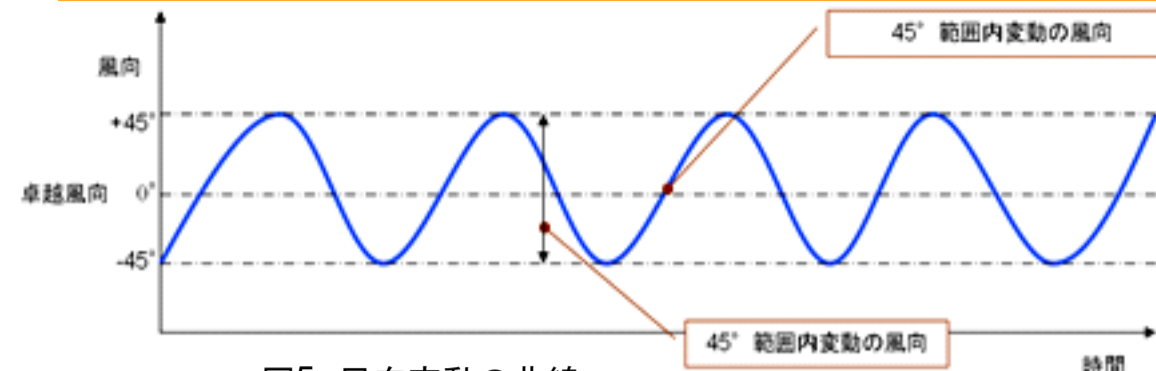


図5 風向変動の曲線

CFD解析の境界条件

- 室内汚染物の発生量: 発生無
 - 室内汚染物の初期値: 200mg/m³
 - 風速: 3.0m/s、変動しない
 - 風向: 卓越風風向の±45°の範囲で周期的に変動
- ? ケース: 1) 不回転、入流角度0度、45° ; 2) 回転、周期=30秒、60秒、120秒、300秒、600秒、1200秒

CFD解析の結果

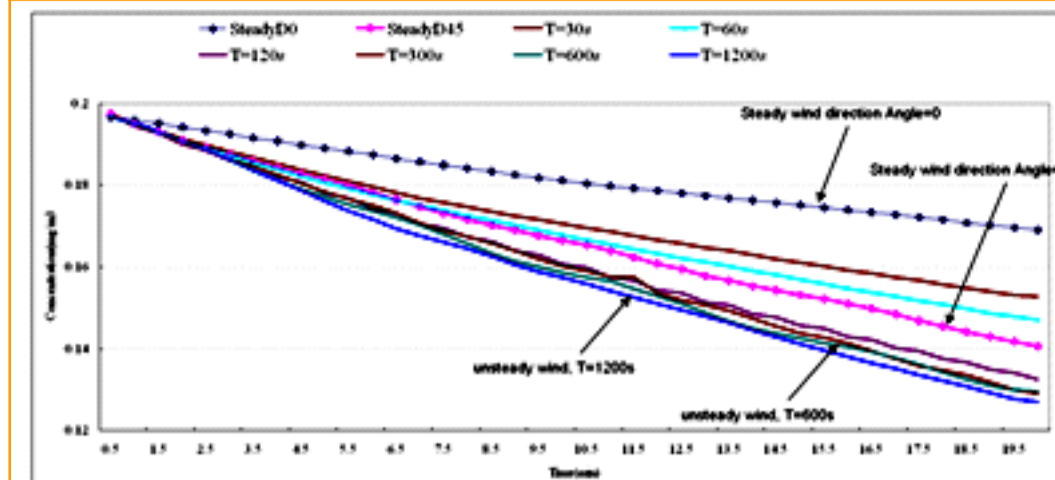


図6 換気による全空間における平均濃度の稀釈速度

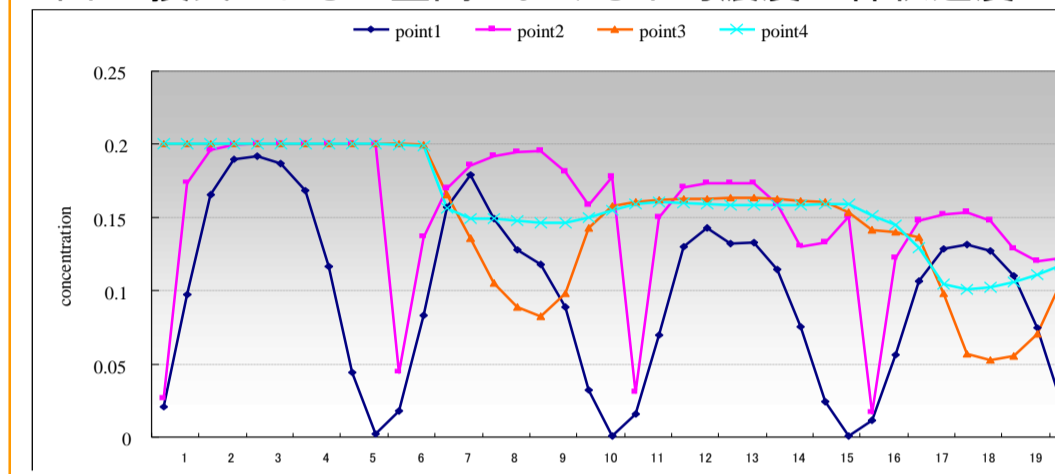
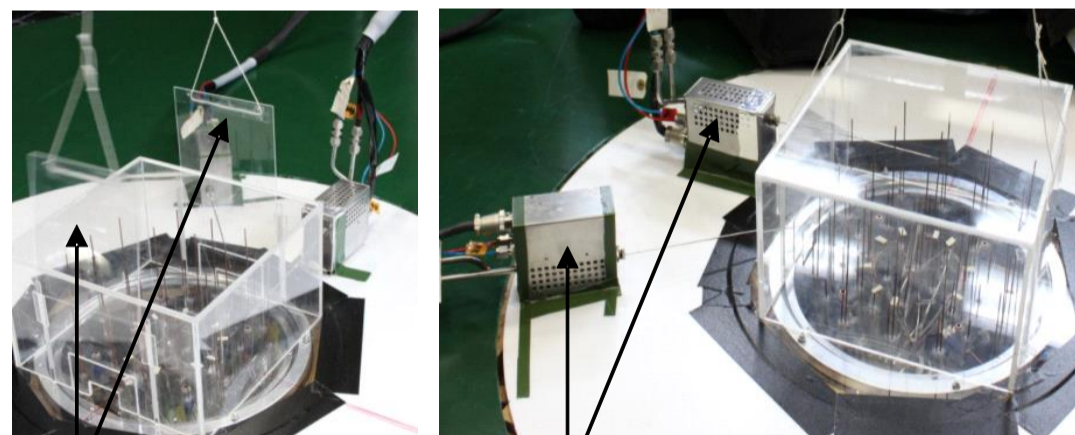


図7 各位置における汚染物濃度の変動

風洞実験



模型のドア:
開けられる瞬間

高速FID計測器
出口の濃度 & 空間内の濃度

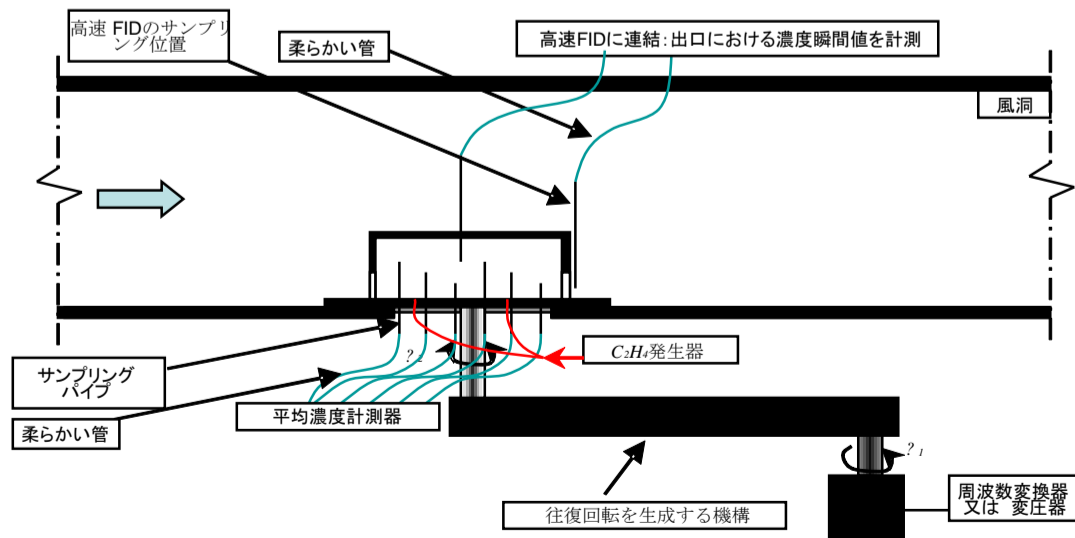


図8 変動風風洞実験

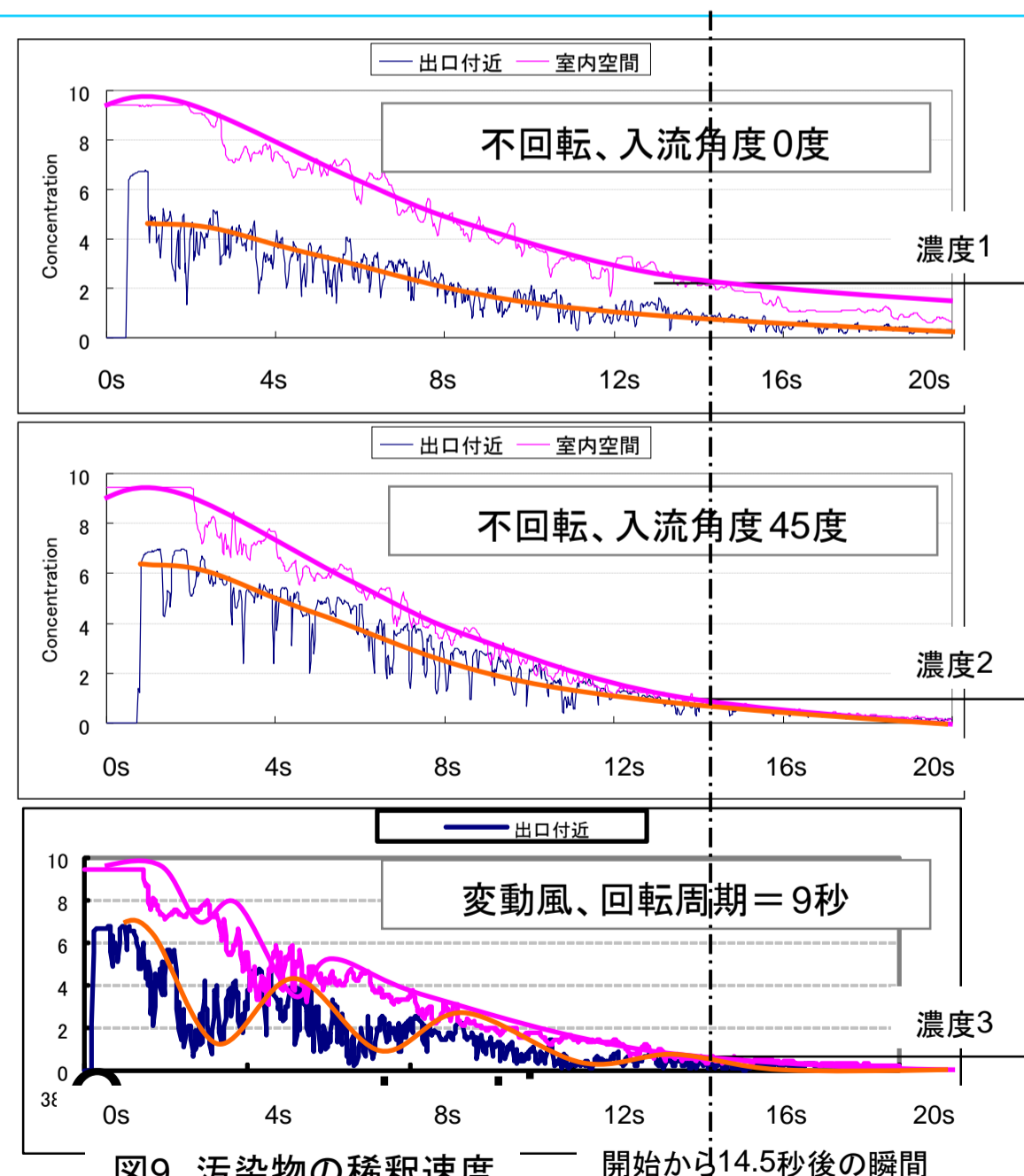


図9 汚染物の稀釈速度 開始から14.5秒後の瞬間

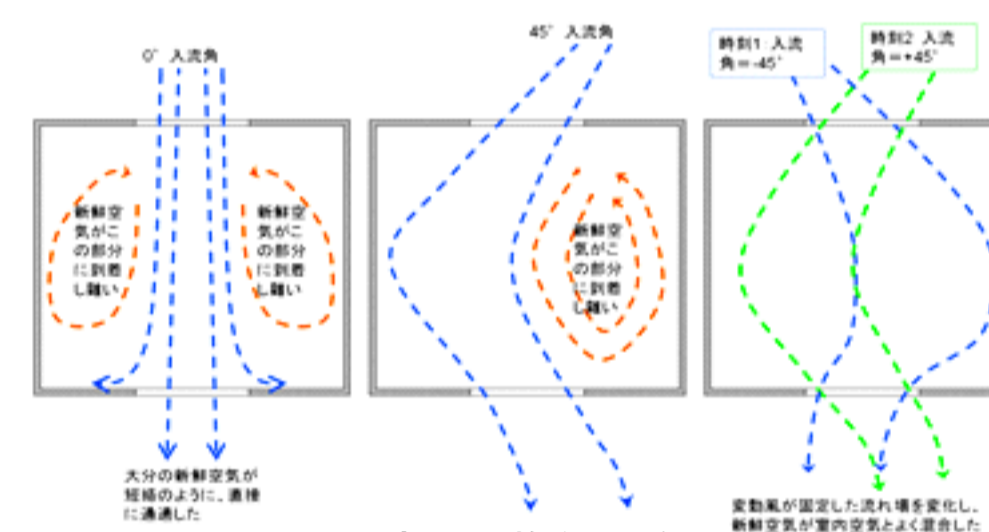


図10 変動風換気の略図

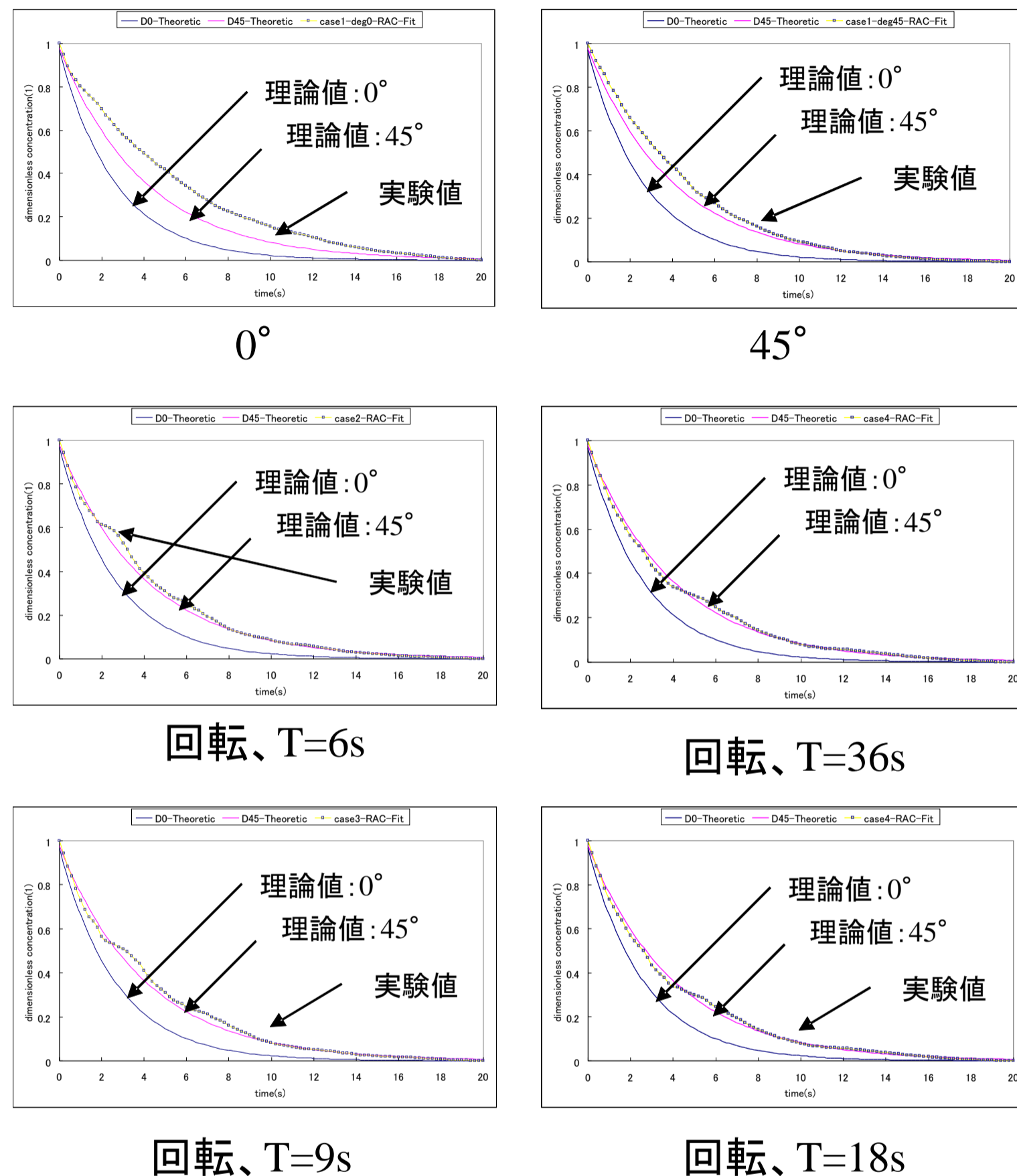
風向変動による、汚染物を稀釈する速度は最も速く、室内の測点における汚染物濃度の応答も速い(図9: 同様の時間を経た後、濃度3<濃度2<濃度1)

変動風の場合は、室内の濃度が周期的に変動することが分かる。

安定風が固定した流れ場を形成する。一方、変動風は固定した流れ場が変化し、新鮮空気を室内空間の各位置に導入できるため、新鮮空気が室内本来の空気とよく混合し、汚染物の濃度を速く稀釈させた。

風向変動の自然換気効果に関する研究

汚染物稀釈曲線の比較



$$\frac{C_x}{C_0} = e^{-\frac{A}{V}t} \longrightarrow V' = -\frac{A}{\ln\left(\frac{C_x}{C_0}\right)/t}$$

有効換気量

$$V' = -\frac{A}{\ln\left(\frac{C_x}{C_0}\right)/t}$$

全てのケースの換気効果の評価

About cases' name, L stands for Large, M stands for Medium, S stands for Small. Vx stands for Velocity = x (m/s), Deg0 & Deg45 stand for the cases that the model is static and the ventilation angle are 0 & 45, respectively. R(x) stands for rotating the model, which equals the fluctuating of wind. X stands for the rotating period.

Case Name	Ratio of Opening Area to Volume of Indoor Space (10-3cm-1)	Wind Speed of boundary Condition (m/s)	Ventilation Rate (q) (cm3/s)	Effective Ventilation Rate (q') (cm3/s)	Ratio of Effective Ventilation (q' / q)
Case.L.V1.Deg0	4.8	1.0	3434	1716	0.50
Case.L.V1.Deg45	4.8	1.0	2246	2053	0.91
Case.L.V1.R6	4.8	1.0	2840	2222	0.78
Case.L.V1.R9	4.8	1.0	2840	2241	0.79
Case.L.V1.R18	4.8	1.0	2840	2381	0.84
Case.L.V1.R36	4.8	1.0	2840	2738	0.96
Case.L.V2.R18	4.8	2.0	5317	3900	0.73
Case.M.V1.Deg0	0.853	1.0	489	352	0.72
Case.M.V1.Deg45	0.853	1.0	337	382	1.13
Case.M.V1.R6	0.853	1.0	413	421	1.02
Case.M.V1.R9	0.853	1.0	413	406	0.98
Case.M.V1.R18	0.853	1.0	413	404	0.98
Case.M.V1.R36	0.853	1.0	413	400	0.97
Case.M.V2.Deg0	0.853	2.0	994	543	0.55
Case.M.V2.Deg45	0.853	2.0	621	588	0.95
Case.M.V2.R18	0.853	2.0	808	628	0.78
Case.M.V3.Deg0	0.853	3.0	1494	779	0.52
Case.M.V3.Deg45	0.853	3.0	1018	824	0.81
Case.M.V3.R18	0.853	3.0	1256	910	0.72
Case.S.V1.Deg0	0.213	1.0	120	114	0.95
Case.S.V1.Deg45	0.213	1.0	75	126	1.67
Case.S.V1.R6	0.213	1.0	98	120	1.23
Case.S.V1.R18	0.213	1.0	98	122	1.25
Case.S.V2.Deg0	0.213	2.0	244	188	0.77
Case.S.V2.Deg45	0.213	2.0	137	183	1.33
Case.S.V2.R6	0.213	2.0	191	194	1.02
Case.S.V2.R18	0.213	2.0	191	195	1.03