

# Fluid Diodeを利用した自然換気の促進と制御に関する研究

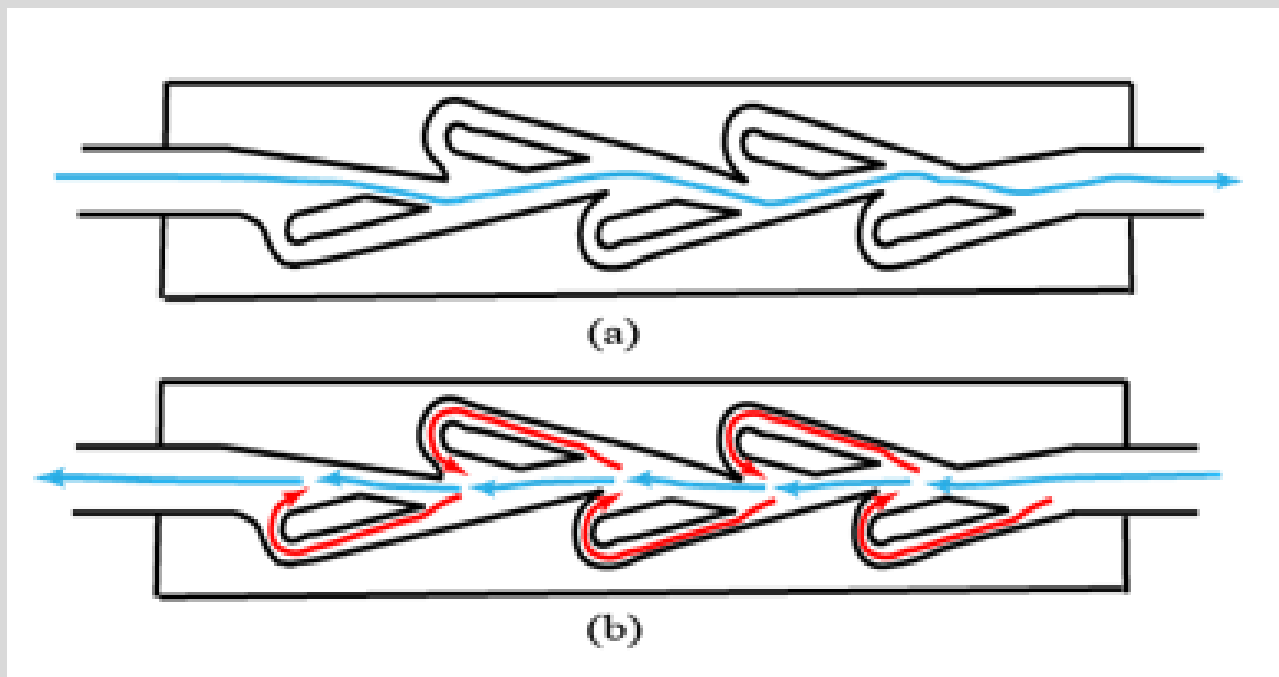
## その1 Fluid diode plateによる通風経路制御解析と内部構造の最適化

### 研究背景

- 建物のエネルギー消費量の低下に向けて、効率的な自然換気の導入と活用は大きな役割を果たす
- 単純な開口部で自然換気を行うと、隣接する部屋等の空気質が低下する可能性がある
- 環境負荷を低減しかつ効率的な自然換気を実現するために、換気経路も制御できるような開口部があれば理想的である

### Fluid Diode

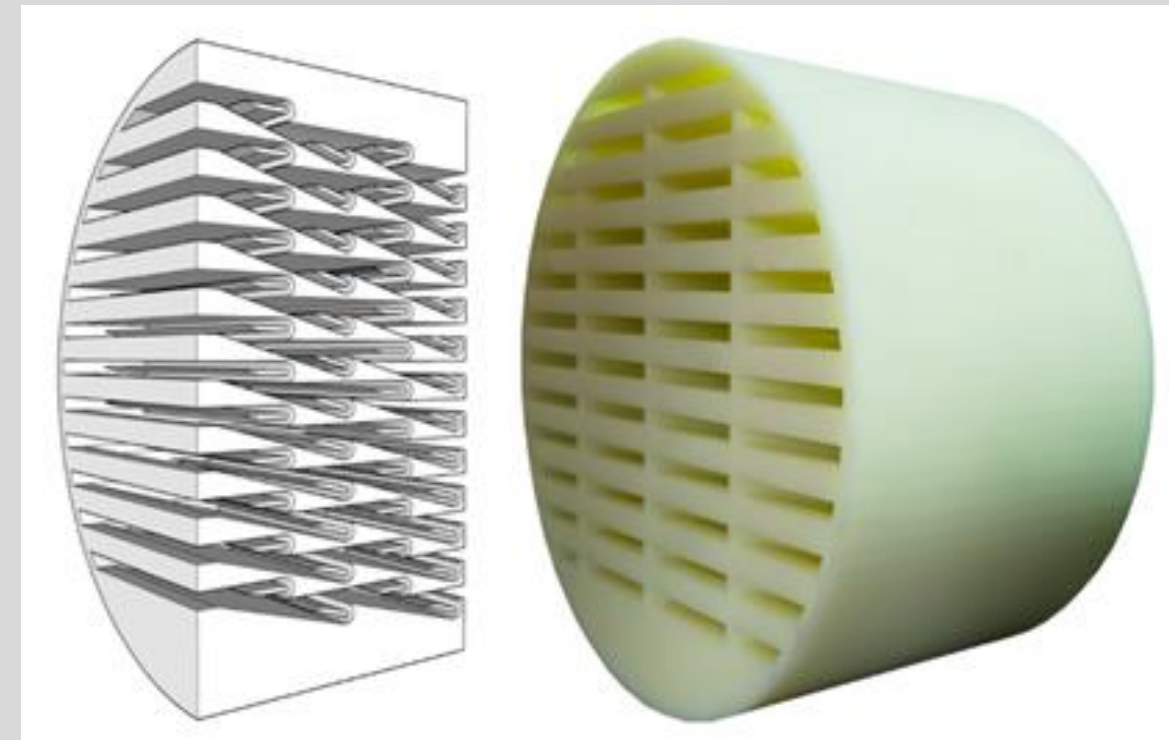
- Reverse方向よりForwardの流体流動抵抗が低いパッシブ的な構造
- 代表的なもの - 可動部無しで順方向と逆方向で流れ抵抗が変化するTeslaバルブ<sup>[1]</sup>



- (a)順方向: 小さい抵抗
- (b)逆方向: 大きい抵抗

### 既往研究

- Caoら<sup>[2]</sup>はTeslaバルブの原理に基づき、CFDと風洞実験でfluid diode plate (FDP) の最適化を行い、その基本的な流体抵抗を把握し、建築換気システムへの適用可能性を報告した



FDPモデル

### Fluid diode plate (FDP) を建物の窓に適用した気流制御解析研究

- Caoらが最適化したFDPを実住宅実験棟の窓に設置し、その換気経路の制御効果をCFDで解析した



### 解析手法

- RANS のRealizable k-ε modelを用いたCFD解析
- 特徴的な2風向、換気扇を作動させた浴室 + case (i) 閉じた窓、(ii) 開いた窓、(iii) FDP
- (iii) FDPの設定では、CaoらのFDPの順方向と逆方向の圧力損失量<sup>[2]</sup>に相当する圧力ジャンプを設けた。

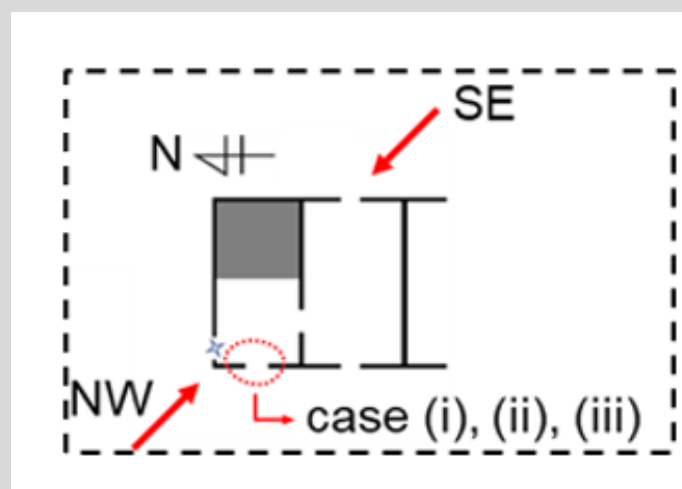
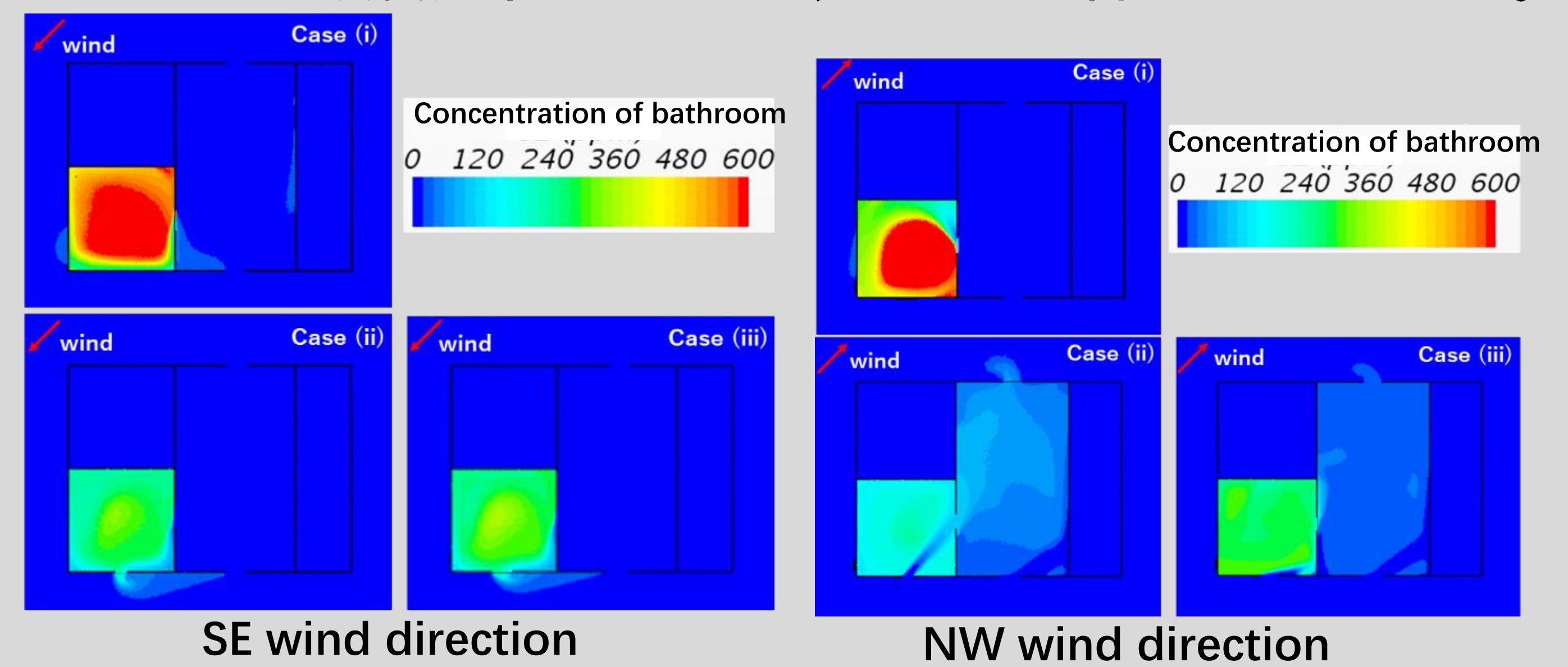


Table 1. Case setting

Case	Multipurpose room	Bathroom	
(i)	2 windows	fan	a closed window
(ii)	2 windows	fan	an opening window
(iii)	2 windows	fan	an FDP

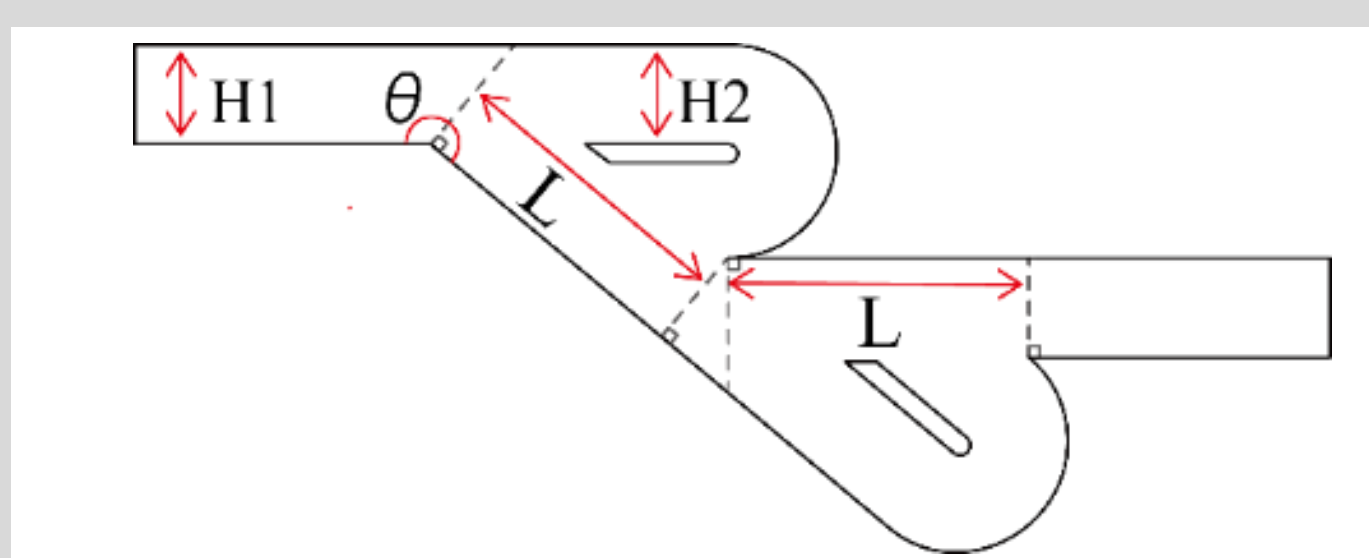
### 解析結果

- FDPは浴室の窓としての基本的な通風経路の制御性能がある。
- NW風向の濃度分布からみると、FDPを改善する余地がある。



### FDPの性能向上 (解析手法)

- パラメータ変更することによって様々な内部構造を作成する (パラメトリックデザイン)
- 作成した内部構造のCFD解析を行い、最適な形状を探す



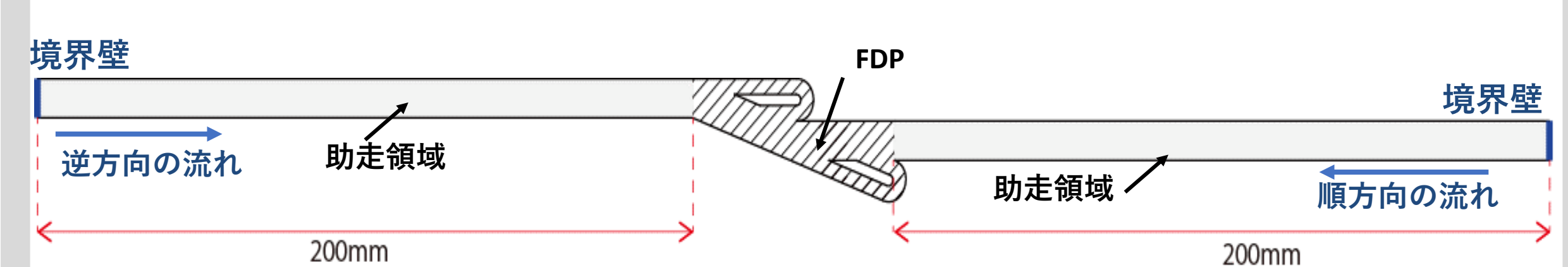
設定したパラメータ (H1, H2, θ, L)

パラメータ	L変更したケース	H2変更したケース	θ変更したケース	H2, θ変更したケース
H1[mm]	5	5	5	5
H2[mm]	2	1.75, 2, 2.25, 2.5	2	2.2, 3.6, 4.9, 6.1
θ [rad]	$\frac{10}{9}\pi$	$\frac{10}{9}\pi$	$\frac{10}{9}\pi, \frac{7}{6}\pi, \frac{11}{9}\pi, \frac{23}{18}\pi$	$\frac{10}{9}\pi, \frac{7}{6}\pi, \frac{11}{9}\pi, \frac{23}{18}\pi$
L[mm]	15, 20, 25, 30	15	15	15

作成した内部構造のケース

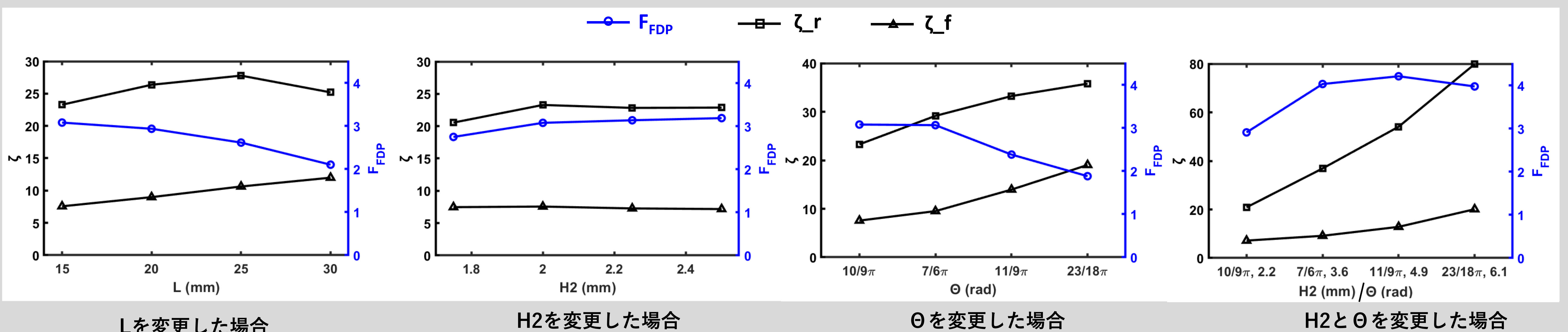
### FDPの性能向上 (評価指標)

- $F_{FDP} = \zeta_r / \zeta_f$   
 $\zeta_r$ : 逆方向(reverse)に風が流れた際の圧力損失差  
 $\zeta_f$ : 順方向(forward)に風が流れた際の圧力損失差  
 ただし、圧力損失差 $\zeta$ とは流入境界と流出境界の圧力差を示す
- $F_{FDP}$ が大きい程FDPの性能が高いことを示す



### FDPの性能向上 (解析結果)

- 今回の解析条件ではL, θを小さく、H2大きくするほど圧力損失比が大きくなった。
- 今回の解析条件ではH2とθの比が $H2/\theta = 1.28(\text{mm}/\text{rad})$ とした際に圧力損失比が最大となった。



1) N. Tesla, Valvular conduit. (1920). US Patent 1,329,559  
 2) Z. Cao et al., Novel fluid diode plate for use within ventilation system based on tesla structure, Build. Environ. 185 (2020)