

# CFDに基づくパイプハウス風上に設置した防風フェンスの効果の検討 CFD study on the effect of windbreak fence on flow and pressure fields around plastic greenhouses

渡部 朱生\*1, ○大風 翼\*2, 今野 雅\*3, 石川 毅\*4, 持田 灯\*5, 小林 宏康\*6

Shu WATANABE, ○Tsubasa OKAZE, Masashi IMANO,

Takeshi ISHIKAWA, Akashi MOCHIDA, Hiroyasu KOBAYASHI

## 1. はじめに

2013年3月の爆弾低気圧に伴う西風により宮城県南部に位置する亘理郡の開墾場イチゴ団地のパイプハウスやビニールハウスが破損する被害が発生した。その原因の一つとして震災の際の津波によって、イチゴ団地西部の気流障害物となる家屋や屋敷林等が消失したことによるイチゴ団地周辺の風速増加が考えられる。この西寄りの強風対策として、防風フェンスを設置が計画されている。

本研究では、CFD(Computational Fluid Dynamics: 数値流体解析)を用いて開墾場イチゴ団地のパイプハウスに防風フェンスを設置した場合の風環境の数値予測を行い、防風フェンスの有無がパイプハウス周辺の風環境に及ぼす影響やパイプハウスに働く風圧に及ぼす影響を検討したので、その結果を示す。

## 2. イチゴ団地周辺を対象とした CFD 解析

### 2.1. 解析概要

防風フェンスを設置した場合と、防風フェンス無しの場合の開墾場イチゴ団地を対象とした CFD 解析を 2 ケース実施した。CFD ソフトは、OpenFOAM ver.2.3.0<sup>文1)</sup>を用いた。風向は強風被害発生時と同様に西風とした。防風フェンスは図1に示すとおり、パイプハウスの風上側に 11 カ所設置した(図1の赤色の領域)。表1に、解析条件を示す。防風フェンスの空隙率は 60%とし、フェンスの流れ場への影響は流体の運動方程式に付加項を導入することで表現した。図2に防風フェンスの標準的な設置位置を示す。フェンスはパイプハウスの風上(西側)に 4m の位置に、地上 0.5m から 4m までの間 3.5m に設置した。流入風速は AMeDAS 観測台高さである地上 10m で強風発生時の 10 分間平均風速の最大値である 19.7m/s とし、地面に近づく程風速が小さくなるよう設定した。その他の解析条件は、日本建

築学会「市街地風環境予測のための流体数値解析ガイドブック」を参考に与えた<sup>文2)</sup>。

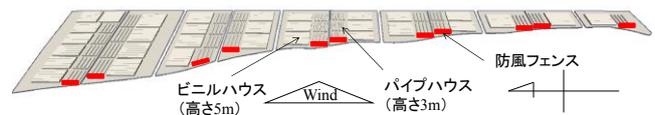


図1 解析モデルの概略図

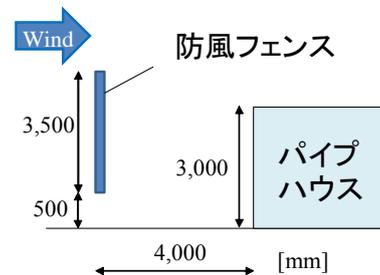


図2 防風フェンスの標準配置

表1 解析条件

CFD 解析ソフト	OpenFOAM 2.3.0 <sup>文1)</sup>
乱流モデル	RNG $k-\epsilon$ model
圧力解法	SIMPLE 法
空間離散化スキーム	一次風上差分法
メッシュ数	21,752,823
メッシュサイズ	水平方向：0.1~50m 鉛直方向：0.1~50m 地表面やビニールハウスの近傍で最小(約 0.1m)となるように設定した。
流入境界	風速：べき指数 $\alpha=0.15$ のべき乗則 その他は日本建築学会『市街地風環境予測のための流体数値解析ガイドブック』 <sup>文2)</sup> に従った。
流出境界	法線方向成分ゼロ
側面・上空境界	slip 条件
地表面・建物表面境界	風速：一般化対数則(滑面)
防風フェンスの設定	フェンスの抗力 $S$ を与えた。 $S = \frac{1}{2} \beta (u)^2$ ここで $\beta = \frac{K_r}{D}$ ( $K_r$ :フェンスの圧力損失係数 <sup>文3)</sup> 、 $D$ :フェンス厚[m]) $K_r = 1.04 \times \frac{1-\phi^2}{\phi^2}$ ( $\phi$ :フェンスの空隙率、今回は 0.6[-])

\*1 鹿島建設, Kajima Corporation, \*2 東京工業大学, Tokyo Institute of Technology, \*3 (株)OCAEL, Open CAE Laboratory, \*4 亘理町役場, Watari Town-Office, \*5 東北大学, Tohoku University, \*6 農村工学研究部門, National Institute for Rural Engineering

キーワード：数値流体力学(CFD), 防風フェンス, パイプハウス, 風環境, 風圧係数

## 2.2. 解析結果

図3に地上1.5m、図4に地上3m高さ(パイプハウス最高高さ)での平均風速の水平分布の比較を示す。強風による被害が大きかった団地南部の一区画を示している。フェンスの風下側の平均風速はフェンスが無い場合に比べ、パイプハウス頂部では、約50%まで減少することが分かる。

図5にパイプハウス中心断面の風圧係数の分布を示す(断面位置は図3の鎖線参照)。防風フェンスが無い場合は妻面で正圧になり、妻面上端付近の風上屋根面で負圧が生じている。一方、防風フェンスがある場合、フェンスの風上側に作用する正圧が減少し、風上妻面上端で生じる負圧は防風フェンスが無い場合の約50%まで低下している。

図6に図5と同様の断面位置での平均風速の流線の比較を示す。フェンスが無い場合(図6(1))、パイプハウスの妻面に風が衝突し、パイプハウスの上端や側面に向かって急に方向を変えて風が流れている。この時、パイプハウスの妻面には正圧が働き、縁部分では風が剥離することで負圧が発生していた(図5(1))。これに対し、防風フェンスがある場合、パイプハウスの風上で風速が低減することで流れが緩やかになっている(図6(2))。以上より、防風フェンスによって、妻面での流れの衝突・剥離が緩和され、パイプハウスに作用する風圧が小さくなったと考えられる。

## 3. まとめ

防風ネットの効果を再現した CFD 解析と防風ネットを設置しない場合の CFD 解析の結果を比較し、以下の結論を得た。

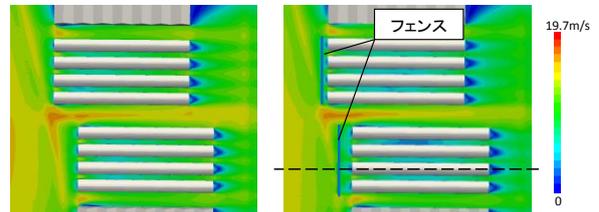
- 1) パイプハウス最高高さである地上3mにおいて、フェンスの風下側の平均風速はフェンスが無い場合の平均風速の約50%程度に減少した。
- 2) パイプハウスの風上側で風速が低減されたことにより、パイプハウス妻面上端で風の剥離が低減された。同時に、パイプハウス妻面への風の衝突が緩和されたことから、パイプハウス妻面に働く正圧が、また、風上屋根面での流れの剥離も低減されたことから妻面上端に働く負圧も大幅に低減された。

## [謝辞]

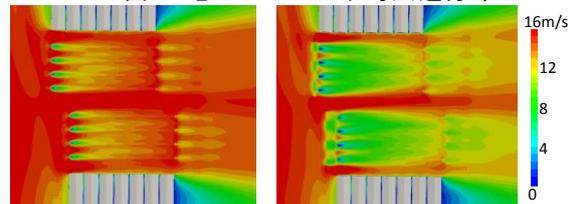
本研究の遂行にあたり(株)イマジックデザイン進藤圭二氏、友松貴志氏には多大なご協力を頂いた。また、復興庁・農林水産省の食料生産地域再生のための先端技術展開事業の助成を受けた。ここに謝意を記す。

## [参考文献]

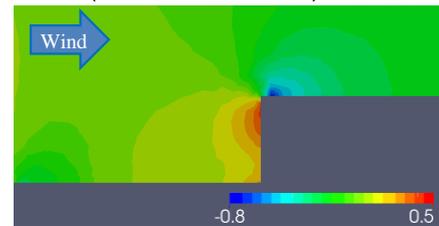
- 1) OpenFOAM ユーザーガイド, 2014
- 2) 市街地風環境予測のための流体数値解析ガイドブック: ガイドラインと検証用データベース. 日本建築学会, 2007.
- 3) Santiago J. L. et al., Atmospheric Environment, **41**, pp.6406- 6420, 2007.



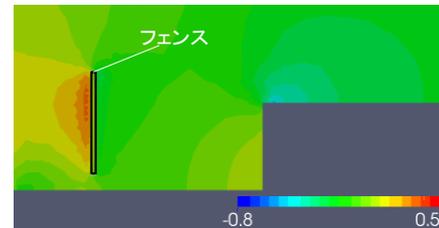
(1) フェンスなし (2) フェンスあり  
図3 地上1.5mの平均風速分布



(1) フェンスなし (2) フェンスあり  
図4 地上3m(パイプハウス頂部)の平均風速分布

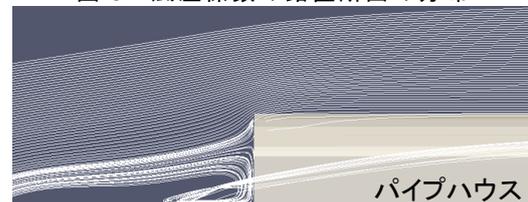


(1) フェンスなし

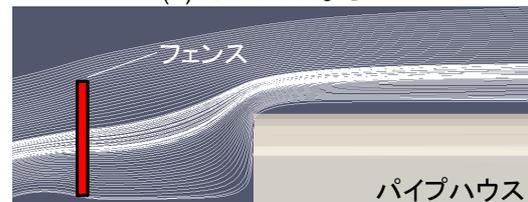


(2) フェンスあり

図5 風圧係数の鉛直断面の分布



(1) フェンスなし



(2) フェンスあり

図6 パイプハウス中心断面の流線分布