

数値流体解析を用いた自然エネルギー棟周りの流れ場に関する検討

Consideration in Flow around Sustainable Energy Hut using Computational Fluid Dynamics

安部 剛*1 笠水上光博*2

概 要

本報では、数値流体解析を用いて、南極昭和基地における自然エネルギー棟を対象とした換気口の設置位置を検討する。検討結果より、自然エネルギー棟における換気口の設置状況を報告する。

key words : 南極昭和基地、換気システム、数値流体解析、自然エネルギー棟、流れ場

1. はじめに

南極昭和基地の建物では、建物外壁面にある換気フードの形状や取付け位置によっては、ブリザード(暴風雪)時に新鮮空気取り入れ口に雪が詰まったり、壁面に成長したドリフト(吹きだまり)によってフードが埋まったりして、上手く排気が出来ないことがあり、フードに氷や雪が残る状態となることがある(写真-1)。このような場合、換気が不十分となり、室内環境としては熱気・悪臭がこもるという課題がある。本論の最終目標は、南極昭和基地建物の換気システムにおける最適なフード形状、設置位置、大きさの提案である。

2. 研究目的

まずは、南極昭和基地に新たに建設された『自然エネルギー棟』を対象モデルとして、数値流体解析を用いて、建物周辺の流れ場を把握し、換気口の設置位置を検討すると共に、換気口設置の現状と妥当性について報告する。

3. 南極昭和基地

3.1 自然エネルギー棟の概要

南極昭和基地では、2013年2月に「自然エネルギー棟」が建設された(写真-2、図-1)。また、自然エネルギー棟の断面図を図-2に示す。南極昭和基地の建物配置と自然エネルギー棟の建設地を図-3に示す。この建物は、北面と西面に太陽光集熱パネルが取り付けられており、自然エネルギー利用システムの制御・蓄電機室や大型雪上車整備空間を内蔵する2階建ての複合建築である。建築面積334m²、延床面積840m²、建物容積2,000m³規模で、かつ重量物を内蔵するため高床建物にするのは技術的に難しい。そのため、吹きだまり対策としては屋根形状を工夫して周囲を流れる吹雪流が明白な剥離点を持たないような工夫がされている建物である。



写真-1 ブリザード終了時の換気フードの状況

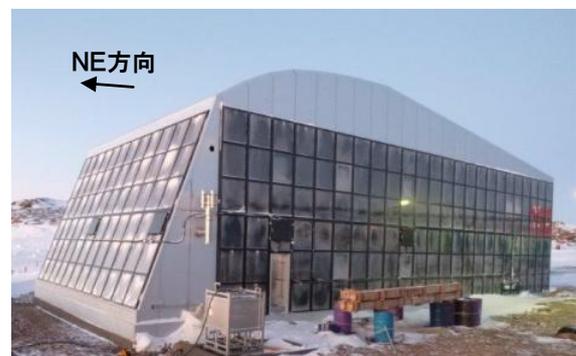


写真-2 自然エネルギー棟

*1 Takeshi ABE

技術本部技術研究所 研究員

*2 Mitsuhiro KASAMIZUKAMI

技術本部技術研究所 主席研究員

3.2 風の特徴

南極昭和基地における最近 1 年間（2013 年 1 月～12 月）の風の特徴を図-4（左図：風向別頻度、右図：風向別平均風速）に示す。左図より、南極昭和基地での主な風向は、北東（NE）風向、東北東（ENE）風向であることがわかる。右図より、NE 風向と ENE 風向における平均風速は、10～12m/s 程であることが確認できる。

4. 数値流体解析の概要

計算プログラムは、数値流体解析ソフト『WindPerfect DX』を使用する。計算は、非圧縮性の基礎式を直交座標系上の有限体積法で離散化したものを解く。乱流モデルは LES モデル（標準 Smagorinsky モデル）とする。圧力解法は Gauss-Seidel 法とし移流項は中心差分法を用いる。計算領域は、200m(X)×200 m(Y)×50 m(Z)とする（図-5）。計算空間のメッシュ分割数は 196(X)×116(Y)×65(Z)=1,477,840 メッシュとする。流入境界条件は、X 方向に高さ 5.0m で 10.0m/s になるよう地表面粗度区分 I ($\alpha=0.10$) の勾配で流入変動ありの風速を与える（図-6）。流出境界条件は、自然流出とする。側面・上空面の境界条件は Free-Slip 条件、地表面の境界条件は Non-Slip 条件とする。

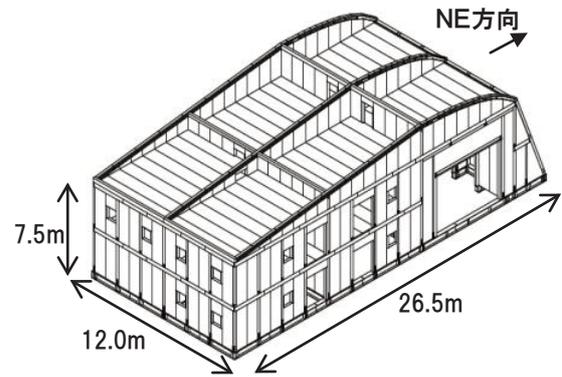


図-1 自然エネルギー棟のアクソメ

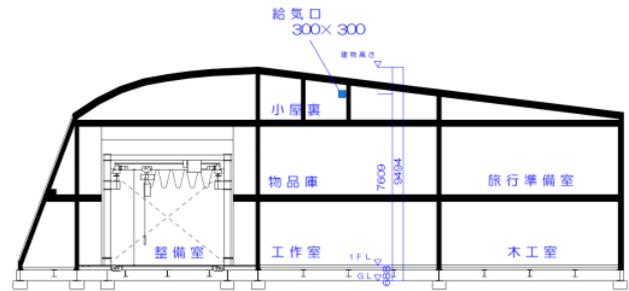


図-2 自然エネルギー棟の断面



図-3 南極昭和基地の建物配置と
自然エネルギー棟の建設地

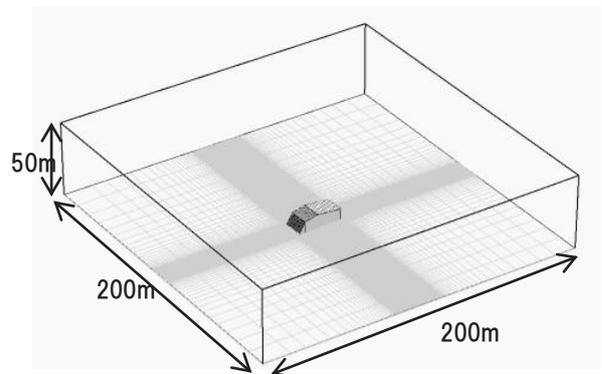


図-5 計算領域
200m(X)×200m(Y)×50m(Z)

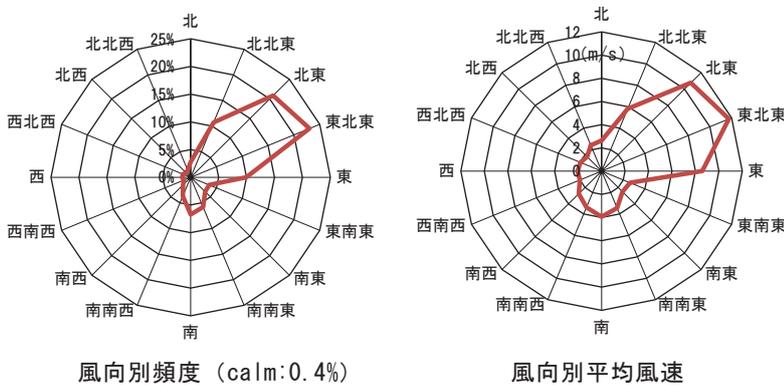


図-4 南極昭和基地における風の特徴
(2013 年 1 月～12 月)

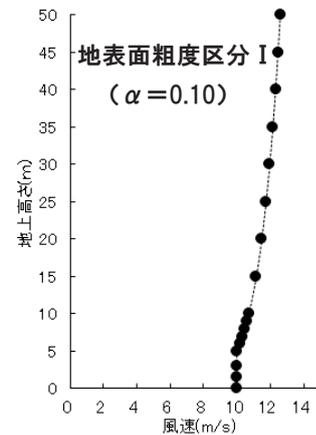


図-6 鉛直風速分布

5. 解析結果

解析結果を図-7に示す。主な風向であるNE風向、ENE風向で解析を行い、給・排気口をどの位置に設置すればよいのかを検討する。解析結果は、圧力 (Pa) で表示する。

給気口については外壁面の正圧に、排気口については外壁面の負圧に着目する。室内の高温多湿の空気が天井の仕上げ材を通り抜け、低温低湿側の小屋裏に侵入した時に結露が発生することが考えられるため、換気を対象とする箇所は小屋裏とする。また、屋根面A・Bに換気口を設置することは、ブリザード時に換気フードが飛散してしまう可能性があることから、東側・西側外壁面に換気口を設置することが適当であると考えられる。以上のことから、小屋裏の平均高さとなる地上高さ8.2mにおける東側・西側外壁面について、考察する。

NE風向に関しては、東側外壁面の全面で負圧になっており、西側外壁面の風上前方～中央付近にかけて負圧が確認できる。ENE風向に関しては、西側外壁面の全面において、負圧になっており、東側外壁面の風上前方～中央付近にかけて、正圧になっていることが確認できる。

解析結果より、東側外壁面の風上前方～中央付近にかけて給気口を、西側外壁面の風上前方～中央付近にかけて排気口を設置することで、効率的に換気ができると考えられる。

6. 自然エネルギー棟の換気口設置の現状

自然エネルギー棟の換気口の設置状況を写真-3に示す。東側外壁面では、ENE風向のみ正圧になっているため小屋裏の中央付近に給気口を設置した。また、西側外壁面の小屋裏の中央付近に排気口を設置した。

7. まとめ

本報では、数値流体解析を用いて、南極昭和基地における自然エネルギー棟を対象とした換気口の設置位置を検討した。検討結果より、自然エネルギー棟における換気口設置の現状は風況解析と整合している事を報告した。

8. 今後について

現在、南極昭和基地の自然エネルギー棟において、室内の温度を計測中である。今後は、このデータを基にして、室内での温熱環境を検証する予定である。また、自然エネルギー棟以外の南極昭和基地における建物において、吹きだまりによる影響を受けない換気システムに関する最適なフード形状、設置位置、大きさの提案を行っていく予定である。

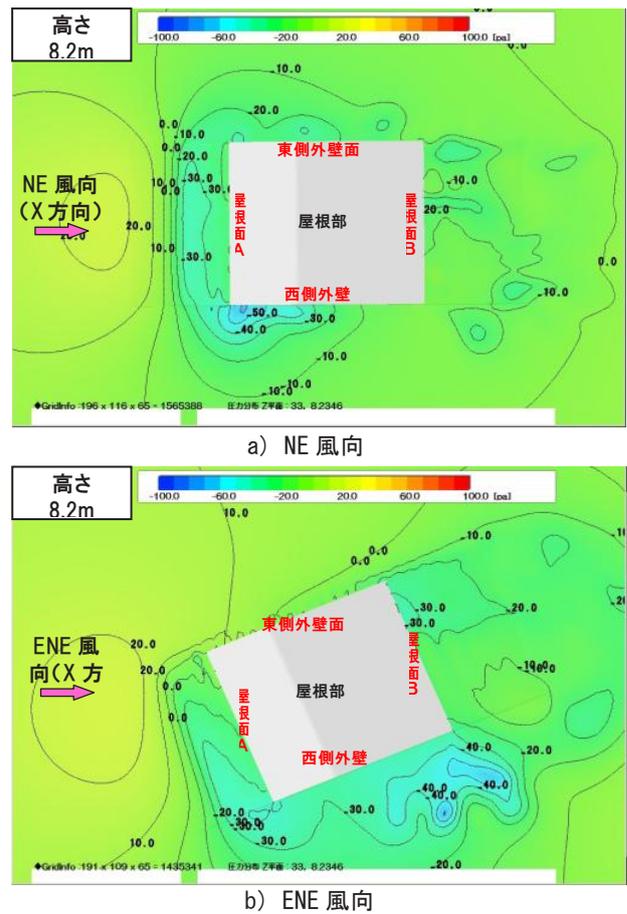


図-7 解析結果



a) 東側外壁面の給気口の状況



b) 西側外壁面の排気口の状況

写真-3 換気口の設置状況

【謝辞】

実験・論文作成に当たり、多くの助言を頂いた日本大学 半貫 敏夫名誉教授、石鍋 雄一郎助教、国立極地研究所 永木 毅氏に感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 高橋弘樹、半貫敏夫：『南極昭和基地管理棟後流域建
周辺の吹きだまり』 日本建築学会構造系論文集,第 598
号,pp. 35～42, 2005. 2
- 2) 富永禎秀、持田灯、村上周三、佐脇哲史：『建物後方
の周期的変動と再付着距離の予測精度に関する検討
LESによる高層建物周辺気流の解析（その1）』日本建築
学会環境系論文集, 第 581 号, pp. 45～51, 2004. 7
- 3) 日本建築学会著：『建築物の耐風設計のための流体計
算ガイドブック』 日本建築学会, pp. 13～42, 2005
- 4) 佐藤泰春、半貫敏夫：『南極昭和基地建物の吹きだま
り制御に関する基礎的研究』 日本建築学会大会学術講演
梗概集, B-1, pp. 215～216, 2010. 9
- 5) 安部剛、半貫敏夫、石鍋雄一郎：『12 角形の平面形状
を有する高床式建物の風洞実験 その 3 風洞実験と数
値流体解析の比較』 日本建築学会大会学術講演梗概集,
構造 I, pp. 207～208, 2014. 9
- 6) 日本建築学会著：『建築物の耐風設計のための流体計
算ガイドブック』 日本建築学会, pp. 13～42, 2005
- 7) 安部剛、笠水上光博：『12 角形の平面形状を有する高
床式建物における風洞実験と数値流体解析の比較』 銭高
組技報, 第 39 号, pp. 9～12, 2014. 11

※なお、この論文は、2015 年度日本建築学会大会梗概集
を一部加筆したものである。