

積雪寒冷地域における多目的アリーナの空調計画に関する研究

その1. 断熱厚さが室内環境に与える影響

正会員 ○小西崇久^{*1}
正会員 池永晋介^{*2}
正会員 森太郎^{*3}
正会員 絵内正道^{*4}
正会員 羽山広文^{*3}

多目的アリーナ, 空調計画, 運転方法, 断熱厚さ

1. はじめに

本研究の対象となっている多目的アリーナは、地方都市に建設されている、大規模体育館である。これらの体育館は、数十人規模の地元のサークル活動から数千人規模のコンサートやスポーツイベントと非常に多目的に利用されている。但し、多くのイベントは数十～百人程度の利用にとどまっており、数千人規模の利用は一年に数回というのが現状である。また、以前までは、北海道のような寒冷地でも、無断熱、一重窓の体育館が多かったが、最近では、既存の体育館に対して断熱改修(主に学校施設)を実施したり、高い断熱性能を持った体育館が増えてきている。一方で、そのような体育館を対象として培われてきた予熱運転のあり方等、運転方法も見直す時期に来ているのではないかと。本研究では、このような背景を元に積雪寒冷地域に建設される、多目的アリーナの現状の空調計画、運営方法に関して数値解析と実測によって見直しを図るのが目的である。

本報では、まずブロックモデル解析による非定常計算を行い、その結果を境界条件としてCFDによる熱・気流解析を行った。その結果によって得られた知見を元に、次報の実際の運営状態の分析を行い、改善手法を提案する。

2. ブロックモデル解析

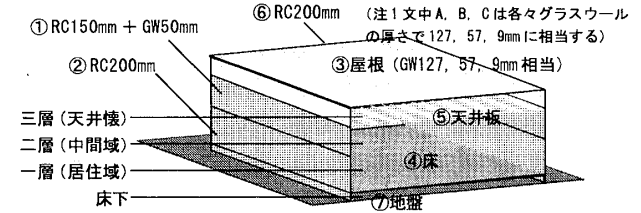
2.1 解析概要

ブロックモデルの概要を図1に示す。解析は表1のように、①収容人数(6000人, 1000人, 100人)の3パターン、②屋根の断熱性能(A:熱貫流率0.36 [W/m²K], B:0.63 [W/m²K], C:3.88 [W/m²K]註1)、③季節(夏期HASP札幌7/27, 冬期HASP札幌1/25)をパラメーターとした計18通りである。吹出し風量と温度は、吹出し温度差を考慮して以下の条件を満たすように設定した。
(吹出風量) ≥ (必要換気量) = 20[m³/h・人] × (人数)
25[°C] ≥ (吹出温度) ≥ 15[°C]

2.2 解析結果

表1に各CASEの空調負荷を示す。冬期の暖房負荷の大きさは、在室人数とともに屋根の断熱性能に大きく依存している。これに対して夏期の冷房負荷は、ほぼ在室人数のみに依存することがわかる。暖冷房負荷共に断熱性能が高くなると空調負荷の多くは外気負荷になると考えられる。

解析結果の一例を図2に示す。上が各壁面温度、下が空気温度である。右下のグラフでは屋根の断熱が厚いため、空調を停止した後も、ある程度温度を保持していることがわかる。さらに断熱性能を高めていくと前日のイベント終了後の温度を維持することができるようになるため、予熱運転が必要なくなる。これは外気負荷が大きい積雪寒冷地域の暖房時には、大きな効果を生むと考え



解析対象モデル
床面積 90 × 60 = 5400m², 高さ 20m

図1 ブロックモデル解析対象モデル

表2 計算パターンと空調負荷結果

時期	解析CASE	想定イベント	屋根の断熱性能[W/m ² K] (ガラスウール相当)	空調負荷 [MJ/m ²] (除熱交換) (含熱交換)
冬 使用データ HASP札幌	Win-1	6000人	0.36 (127 mm)	4.05
	Win-2		0.63 (57 mm)	5.07
	Win-3		3.88 (9 mm)	4.97
	Win-4	1000人	0.36 (127 mm)	2.23
	Win-5		0.63 (57 mm)	2.65
	Win-6		3.88 (9 mm)	4.05
	Win-7	100人	0.36 (127 mm)	4.28
	Win-8		0.63 (57 mm)	5.33
	Win-9		3.88 (9 mm)	8.49
夏 使用データ HASP札幌	Sum-1	6000人	0.36 (127 mm)	3.45
	Sum-2		0.63 (57 mm)	3.46
	Sum-3		3.88 (9 mm)	3.46
	Sum-4	1000人	0.36 (127 mm)	0.60
	Sum-5		0.63 (57 mm)	0.60
	Sum-6		3.88 (9 mm)	0.60
	Sum-7	100人	0.36 (127 mm)	0.04
	Sum-8		0.63 (57 mm)	0.09
	Sum-9		3.88 (9 mm)	0.15

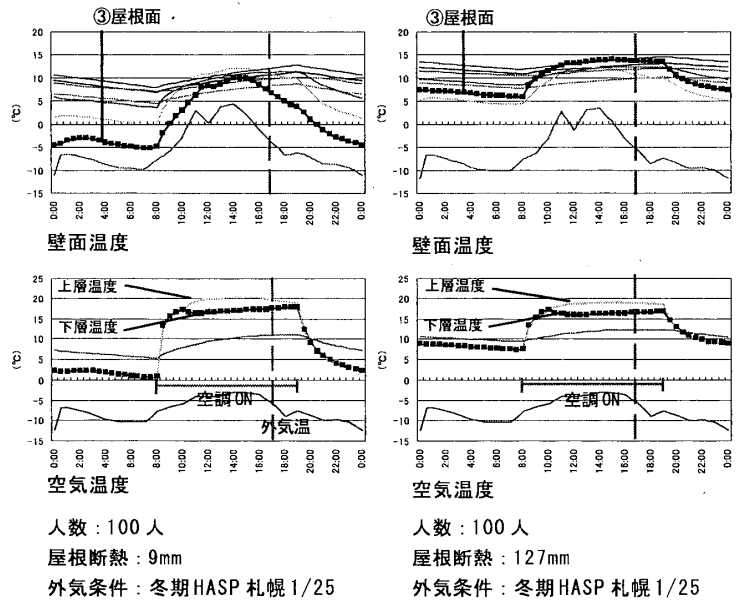


図2 ブロックモデル解析結果

Research about the A-r conditioning Plan of the Multi-purpose Arena in the Cold region.

Part 1 Calculation on the efficiency of the thickness of the insulation of the thermal environment in the large arena in cold region.

KONISHI Takahisa et al.

られる。

3. 熱・気流解析

3.1 解析概要

次に、ブロックモデル解析の中から、違いが顕著なものを選択し、壁面の温度を境界条件にCFDによる熱・気流解析を行った。熱・気流解析には汎用の熱流体解析システム「STREAM for Windows Version4」を用いた。乱流モデルには標準 $k-\epsilon$ 、解法にはSIMPLE法を用いた。計算モデルを図3に示す。対象モデルは2層の観客席を備えたアリーナとする。アリーナの形状は中央部に対して対称とし、図3のように X_{MAX} 面をブリスリップ（対称面）とした。

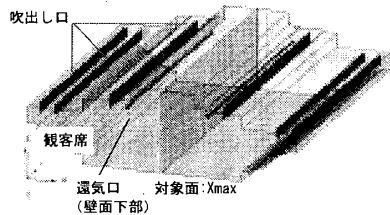


図3 CFD解析対象モデル

3.2 解析結果

図4に冬期の解析結果例 (Win-7~Win-9) を示す。断熱厚さ57mmと127mmの空気の流

れ、温度分布は類似していて、アリーナの床面付近では速度が遅く、また客席に沿って下降してくるやや強い流れが確認できる。温度分布からは、温風が床面付近まで到達している様子がわかる。一方断熱厚さ9mmでは、吹出し風量が増加し、気流分布に偏りが見られる。吹出し風量が増加しているにもかかわらず、吹出し温度差が大きいため、吹出し空気の相当量がすぐに上昇している。そのため居住域を効率的に暖めることができない。屋根の断熱が脆弱なまま空調を行うと、非効率であることがわかった。

4. まとめ

本報では数値解析によって、屋根面の断熱性能によってアリーナ温熱環境がどのように変化するのかを把握した。その結果、①特に冬の場合は屋根断熱の性能が室内の温度・気流分布に強い影響を与える。②断熱性能が高くなると負荷に占める外気負荷の割合が増る。また室温が維持できるようになるため予熱運転の必要がなくなる。④天井吹出し方式では、吹出し温度差が大きいと、暖房による暖気が居住域まで到達しにくい。吹出し温度差は冬期の利用人数が少ない場合に最も大きくなる。等がわかった。

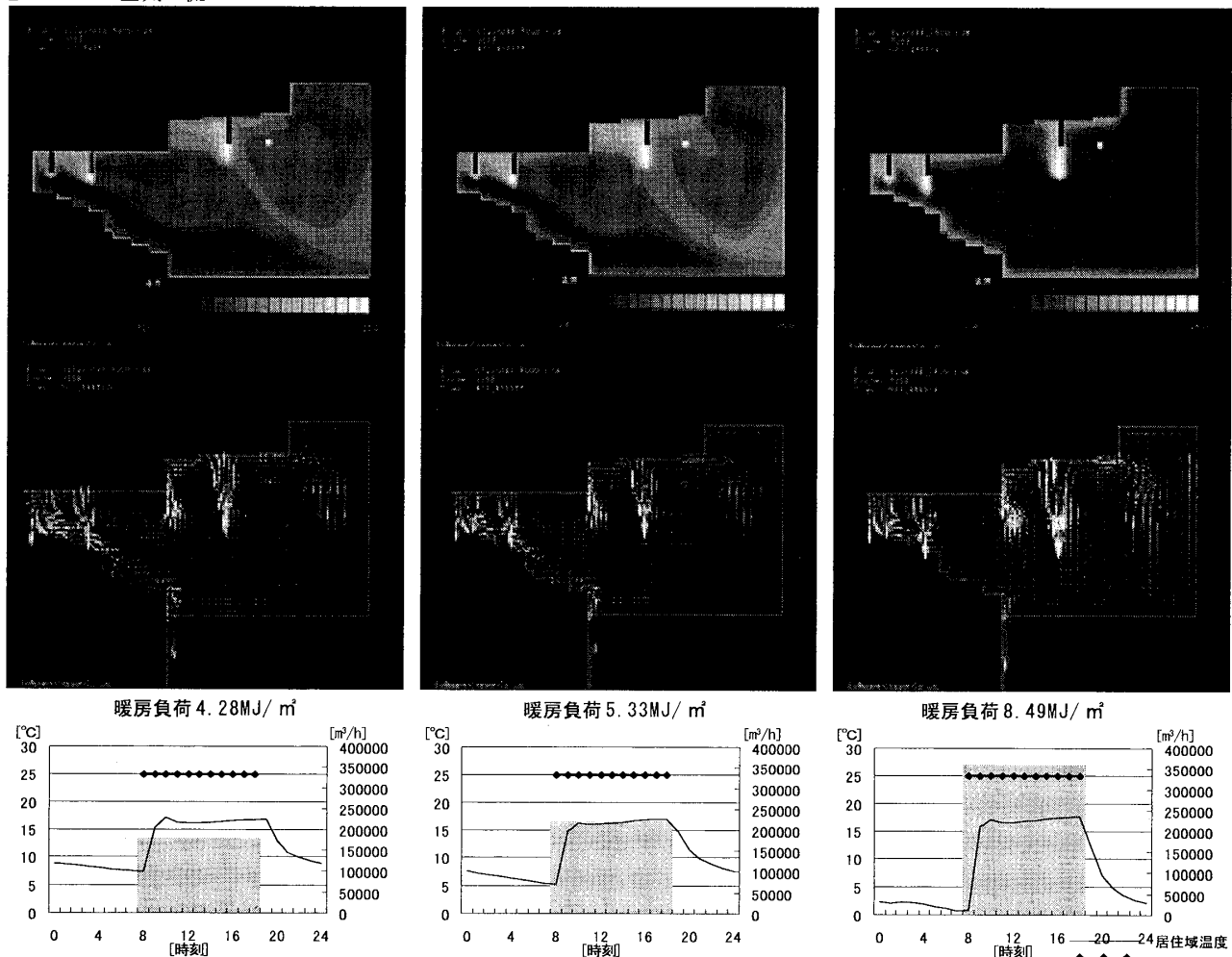


図4 冬期の解析結果例 上; 温度 中; 風速 下; 吹出し温度・風量
(左から断熱厚さ 127mm・57mm・9mm, 収容人数 100人)

*1 ㈱関電工

*2 北海道大学大学院工学研究科, 学士

*3 北海道大学大学院工学研究科, 博士(工)

*4 北海道大学大学院工学研究科, 工学博士

*1 Kandenko Co. Ltd. Master of Eng.

*2 Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Bachelor of Eng.

*3 Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Dr. of Eng.

*4 Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Dr. of Eng.