

寒冷地における外気冷房併用型の置換換気空調システムに関する研究 その4 省エネルギー手法と地域差の検討

置換換気 エネルギー消費量
外気冷房 解析モデル
工場

正会員 ○山中 圭悟*1 同 羽山 広文*2
同 菊田 弘輝*3 同 福島 明*4
非会員 加藤 祐一*5

1. はじめに

本報では前報¹⁾で作成した解析モデルに基づき、新工場の省エネルギー手法の検討と札幌及び東京の比較検討結果について報告する。

2. 新工場の省エネルギー手法検討

2.1 モデルと実測値の比較

前報で作成したモデルに基づき、表1の条件で定常解析を行ったところ、図1のように実測とシミュレーションの値に大きな差が無いことを確認した。ただし、日射は考慮していないため、冷房負荷は若干少ない。

2.2 省エネルギー手法検討

対象時間は表1の期間に加え、1/6. 10:00-5/1. 13:00、5/7. 10:00-5/13. 14:00を加えた計8087[h]である。表2に削減項目、図2に検討結果を示す。a, bに新旧工場・総合PUEを示し、fは現状である。c-fの比較から、置換換気および外気冷房の各導入、それらの併用により、それぞれ7.3%、14.9%、17.8%の削減効果であった。jでは工作機械100%設置の検討をし、生産量の増加に対し、空調エネルギーは現在よりも5.4%の削減となる。これは、内部発熱量の増加が暖房に寄与するためである。しかし、冷房期の電力消費量は増加するため、今後工作機械の設置率を上げる場合、冬期前に実施することが望ましい。f-vより、最小外気導入量や熱損失係数(換気除く)の低減が、暖房のエネルギー消費量削減に大きく影響する。特にkについては工作機械100%設置に加え、最小外気導入量を75%に削減するだけで約25.7%の省エネルギー化ができる。

3. 地域差の検討

3.1 解析条件

解析には外界条件としてHASP 気象データを用い、札幌、東京の2地域で行う。各条件は表-7とする。ただし、最小の換気回数を2[回/h]、排熱回収は停止し、室温は絶対湿度の上限を9.58[g/kg(DA)]、機械冷房の給気温度変更時はコイル出口温度をその給気温度より1℃低く設定する。また、付加項目として日射量を室負荷に見込む。

3.2 解析方法

総合PUEに対する各要因の関係を効率的かつ合理的に評価する方法としてL₁₆直交表を用いた。

表1 比較条件

比較対象期間	2009.5/13.14:00 - 2009.12/25.15:00 工作機械稼働時間	
除外期間	6/12.16:00-8/17.10:00 9/18.17:00-9/24.12:00	
稼働時間	5175[h] *9:00-17:00 照明点灯	
機械冷房	給気温度18[℃]、露点時のコイル出口状態:17[℃]、95[%]	
冷凍機COP	COP = -0.0167 * θ _{ca} + 3.5525 [6/12-9/15の実測値より近似]	
規準化居住域温度	K = 0.8 [°C] (θ _{ca} ≧ (θ _i -2)) K ₁ = 1 [°C] (それ以外)	
室内設定条件	冷・暖:24.5[℃]-24[℃]、50[%] (成行)	熱損失係数 換気除く: 1.7 [W/m ² ·K]
内部発熱量 Q _{in}	43 [kW] (工作機械 41 [kW] 照明 2 [kW])	最低外気導入量: 8000 [m ³ /h]
ボイラー効率	83.4 [%] [2/4-4/22の実測値期間効率]	暖房時・送気量: 1100 [m ³ /h]
排熱回収量	原簿時の実測値に近づけるように設定	外気冷房上限温度: 22 [℃]

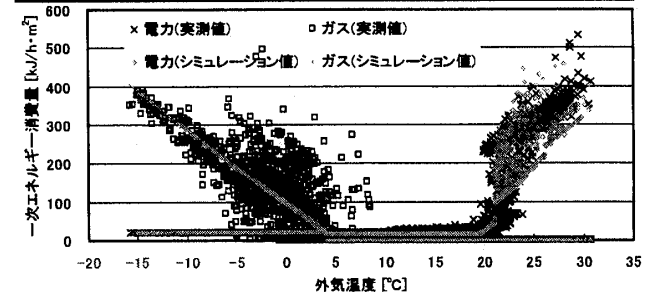


図1 実測値・シミュレーション値比較

表2 各削減項目

検討項目	削減項目											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
外気冷房	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○
内部発熱量 Q _{in} [kW]	73.5	33.6	43	43	42	42	43	43	43	54.6	54.6	54.6
規準化居住域温度 K [-]	1	0.8	1	0.8	1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
最小外気導入量 [m ³ /h]	1100	800	800	800	800	800	6000	4000	2000	800	6000	6000
熱損失係数 換気除く [W/m ² ·K]	3.1	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
検討項目	f	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
外気冷房	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
内部発熱量 Q _{in} [kW]	54.6	54.6	54.6	54.6	54.6	54.6	54.6	54.6	54.6	54.6	54.6	54.6
規準化居住域温度 K [-]	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
最小外気導入量 [m ³ /h]	4000	2000	800	800	800	800	6000	6000	6000	4000	4000	4000
熱損失係数 換気除く [W/m ² ·K]	1.7	1.7	1.5	1	0.5	1.5	1	0.5	1.5	1	0.5	1

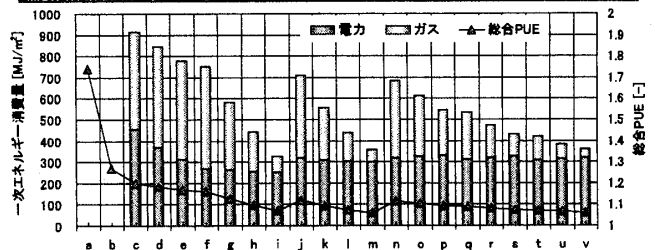


図2 エネルギー消費量・総合PUE削減の検討

表3 (上) 検討項目・要因・水準 (下) L₁₆直交表

地域	機械発熱量	要因 (a,b,c,d係数 x = 1 or 0)	第1水準 第2水準 第3水準		
			無	有	有
札幌	50 [kW]	a:外気冷房 (x ₁ , x ₂)			
札幌	75 [kW]	b:機械冷房設定温度 [°C] (x ₃ , x ₄ , x ₅)	14	16	18
東京	50 [kW]	c:規準化居住域温度 K [-] (x ₆ , x ₇ , x ₈)	1	0.8	0.6
東京	75 [kW]	d:熱損失係数 換気除く [W/m ² ·K] (x ₉ , x ₁₀ , x ₁₁)	3	1.7	1

Case	要因				要因				
	外気冷房	機械冷房	規準化居住域温度	熱損失係数 (換気除く)	外気冷房	機械冷房	規準化居住域温度	熱損失係数 (換気除く)	
1	無	14	1	3	10	有	14	1	1
2	無	14	0.8	1.7	11	有	14	0.8	3
3	無	14	0.6	1	12	有	14	0.6	1.7
4	無	16	1	3	13	有	16	1	1.7
5	無	16	0.8	1.7	14	有	16	0.8	1
6	無	16	0.6	1	15	有	16	0.6	3
7	無	18	1	1.7	16	有	18	1	1
8	無	18	0.8	1	17	有	18	0.8	3
9	無	18	0.6	3	18	有	18	0.6	1.7

A Study on Displacement Ventilation System with Outdoor Air Cooling in Cold Regions
Part 4 Energy Conservation Method and Regional Difference

YAMANAKA Keigo et al.

各要因(表3・上)の組み合わせが均等になるように要因と水準を L_{18} 直交表に割り付け(表3・下)、その組み合わせで総合PUEを算出した。これにより、18回の算出回数で解析が可能となる。

また、 L_{18} 直交表以外の任意の40Case(各項目10Caseずつ)に同様の解析を行い、回帰式より求めた値と比較した(図3)。相関係数が約0.97であり、回帰式に大きな誤差の無いことを確認した。

3.3 各要因の比較

各要因・水準ごとの総合PUEの平均値を図4に、その最大値と最小値の差から求めた低減効果を図5に、さらに総合PUEの低減に寄与する上位2要因の水準を表5に示す。

札幌・50[kW]では熱損失係数(換気除く)を小さくするのが最も効果的だが、札幌・75[kW]では外気冷房の効果が最も大きくなる(表4)。札幌では内部発熱量が少ないと暖房負荷が大きくなり、その対応が必要となる。一方、内部発熱量が多いと冷房負荷が大きくなり、東京と同様に外気冷房と規準化居住域温度の低減が総合PUEの低減に効果的な要因となる。

3.4 省エネルギー効果

省エネルギー効果を図6に示す。総合PUEの低減に寄与する上位2要因の水準を変更し、各要因の省エネルギー効果について検証した。それ以外の要因の水準は全て最適設計条件(要因ごとに最小値となる水準)に相当する水準とした。

同じ内部発熱量における2地域の一次エネルギー消費量を比較すると50[kW]では札幌が東京よりも17.9%少ないのに対し、75[kW]ではより大きな39.6%の差があり効率が良い。

4. まとめ

本報告では、前報で作成した置換換気空調システムの解析モデルを実測調査により検証した。また、寒冷地における外気冷房併用型置換換気空調システムの有用性、並びに総合PUEの低減手法について検討した。

寒冷地では、内部発熱量が少ない場合は最小外気導入量や熱損失係数(換気除く)の低減、内部発熱量が多い場合は外気冷房や置換換気が効果的である。また、外気冷房や置換換気は東京でも総合PUEの低減効果が高く、省エネルギー化につながる。

【参考文献】

- 1) 羽山広文他: 寒冷地における外気冷房併用型の置換換気空調システムに関する研究 その3 新旧工場の省エネルギー性能比較とモデル作成, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), 2010.9
- 2) 井上市市: 空気調和ハンドブック[改定5版], 丸善株式会社
- 3) Hakon Skisted(ed), Elisabeth Mundt, Peter V. Nielsen, Kim Hagstrom, Jorma Railio: 置換換気ガイドブック-基礎と応用-, 空気調和衛生工学会
- 4) 渡部義晴: 実践タグチメソッド, 日科技速

- *1 株式会社三菱地所設計 (当時: 北海道大学大学院生)
- *2 北海道大学大学院工学研究院 教授・博士(工学)
- *3 北海道大学大学院工学研究院 助教・博士(工学)
- *4 北方建築総合研究所 博士(工学)
- *5 恒星設備株式会社

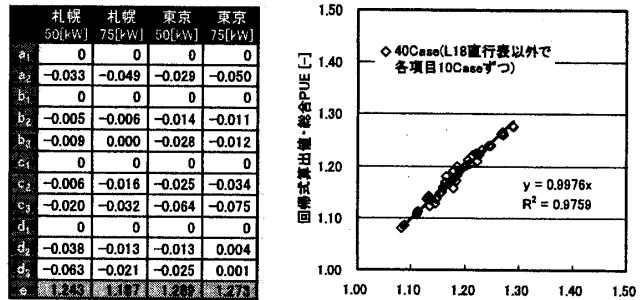


図3 確認実験

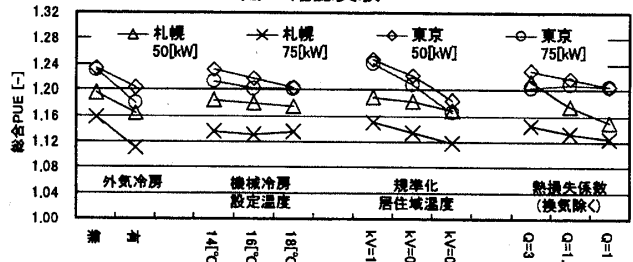


図4 総合PUEの各水準平均に対する要因効果図

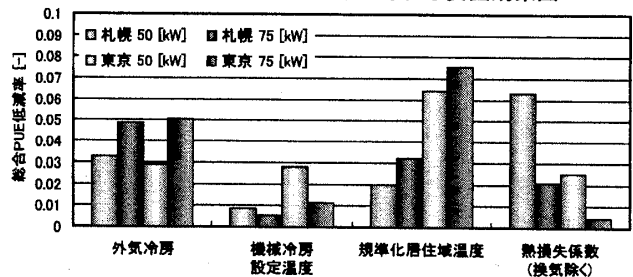


図5 総合PUE低減における平均値の影響度

表4 総合PUE低減に寄与する上位2要因の水準

地域	第1位	第2位	地域	第1位	第2位
札幌 50[kW]	熱損失係数(換気除く) (Q=1)	外気冷房 (有)	札幌 75[kW]	外気冷房 (有)	規準化居住域 温度(kv=0.6)
東京 50[kW]	規準化居住域 温度(kv=0.6)	外気冷房 (有)	東京 75[kW]	規準化居住域 温度(kv=0.6)	外気冷房 (有)

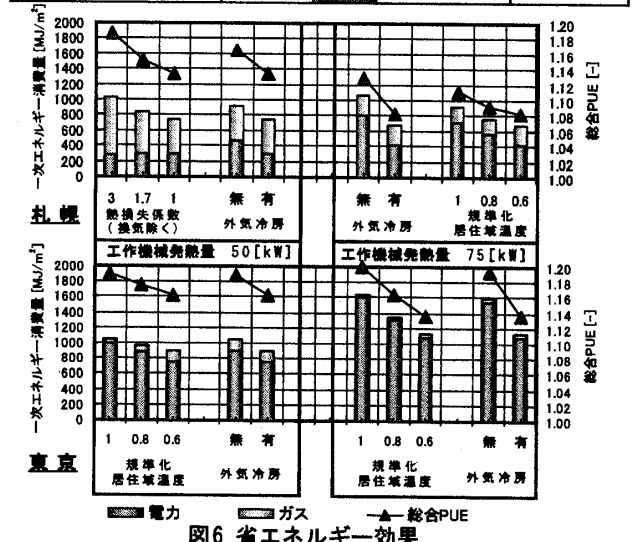


図6 省エネルギー効果

Mitsubishi Jisho Sekkei Inc., M.Eng.
 Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 Assis. Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 Hokkaido Northern regional building research institute, Dr.Eng.
 Kosei Setsubi Corporation, Ltd.