

専用放熱器による窓面コールドドラフト防止に関する研究 (第1報)

— 模擬窓による可視化実験 —

富田 和彦, 保科 秀夫
岩井 信行*, 武舎 憲功*, 坂場 行男*

Studies on Prevention of Cold-Draft from Cooling Windows by using Low-Height-Convactor (Part I) — Visualization of Cold-Draft Flow by Smoke —

Kazuhiko TOMITA, Hideo HOSHINA
Nobuyuki IWAI, Kenkou MUSHI, Yukio SAKABA

抄 録

窓面コールドドラフト防止用に開発した専用放熱器の性能把握を目的に、模擬窓から発生するコールドドラフトと放熱器からの上昇気流を、白煙とサーモグラフィを用いた可視化実験により観察し、コールドドラフトを防止する最小放熱量を求め、また放熱器の据え付け架台高さの放熱性能に及ぼす影響について試験した。その結果、放熱器運転前の窓面負荷の約66%の放熱量で効果的にコールドドラフトを防止することが確認でき、また本放熱器の最小架台高さを見いだすことができた。

1. はじめに

近年の住宅は高断熱・高气密化により、省エネルギーの面ではかなり向上した¹⁾。しかし、窓面は断熱が難しいため、そこで室内の空気が冷やされることによりコールドドラフトが発生するという問題が依然として残っている。これは床付近の温度を低下させ、足元が冷えたり窓面に結露が発生するなど、室内暖房環境を悪化させる原因の一つになっている。

快適な室内環境を実現するためには、窓面からのコールドドラフトを防止し、室内の温度ムラを少なくすることが重要である。一般的には放熱器を窓下に設置することでコールドドラフトを防止しているが、デザイン上の理由などでやむを得ず窓の対面側に取り付けられているケースも多く見られる。また、掃き出し窓や吹き抜け部分上部にある窓などは通常の放熱器では窓下に取り付けることが難しい。そこで、このような場所にも設置できる小型で軽量のコールドドラフト防止専用の放熱器を開発した。

本報告では、この専用放熱器のコールドドラフト防止効果を確認するため、模擬窓から発生するコールドドラフトと放

熱器からの上昇気流を、白煙とサーモグラフィを用いた可視化実験により観察し、コールドドラフトを防止する最小放熱量を求めると共に、放熱器の据え付け方法の一つである架台高さの放熱性能に及ぼす影響について試験したので、以下に報告する。

2. 実験装置

実験装置のフローを図1に示す。装置は、模擬窓⑤、模擬

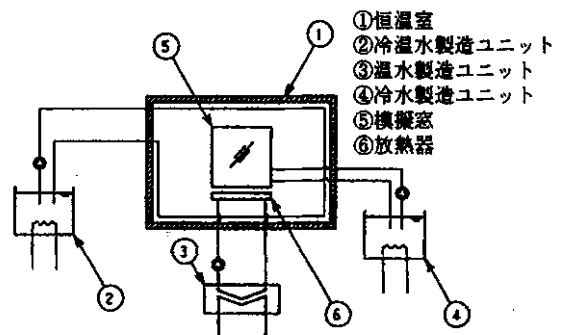


図1 実験装置フロー

* 森永エンジニアリング (株)

窓に冷水を供給するための冷水製造ユニット④、放熱器⑦に温水を供給するための温水製造ユニット③から構成される。模擬窓は恒温室①内に設置され、恒温室²⁾は冷温水製造ユニット②から供給される冷温水を周囲壁面の放射パネルに通水することにより一定温度に制御される。

試作した模擬窓の詳細およびセンサ配置図を図2に示す。

窓面は鋼板製パネルラジエータ3枚で構成され、冷水はそ
の中を並列に流れる。窓面積は1.65m²(横1,600mm×高さ
1,030mm)であり、白煙吹出しノズル⑩が高さ方向4段に分け
計20箇所設けられている。また、サーモグラフィの温度分布
測定および白煙の写真撮影用として、黒色布製スクリーン⑥
を窓面に対し垂直に配置した。

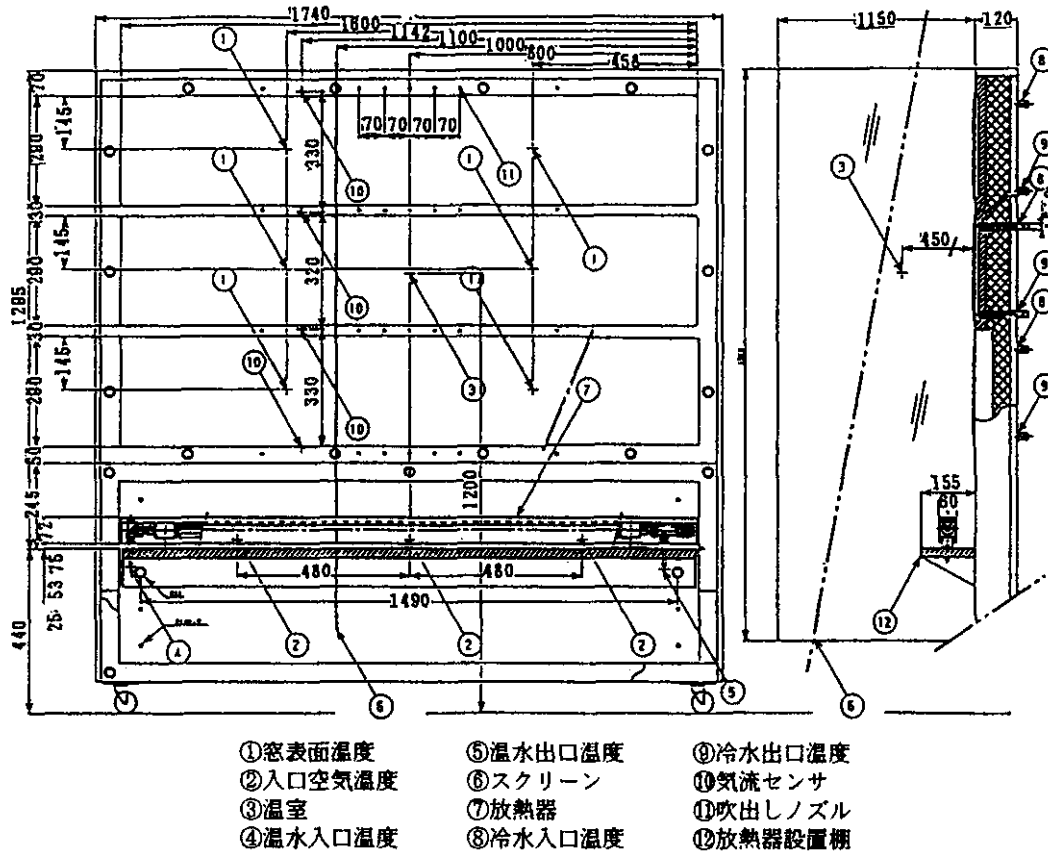


図2 模擬窓の詳細およびセンサ配置図

放熱器⑦は、窓面下245mmの棚上に、両端が窓面幅と揃うよう
に設置されている。放熱器の仕様を表1に示す。放熱器の
有効長さは1.3mである。ケーシングの下端から棚までの距離
(架台高さ)は75mmとした。

温度センサは、冷水の入口出口温度⑧⑨、温水の入口出口
温度④⑤、窓表面温度①が6箇所、室温③を各々図のように
配置した。また、気流センサ⑩を吹出しノズルと同じ高さ
に4箇所設置した。

表1 専用放熱器の仕様

| | | | |
|-------|--|------|--------------------|
| 放熱器 | 本体:アルミプレートフィンチューブ,フィン寸法(mm):8×8×0.5フィン間隔(mm):8 | | |
| ケーシング | 寸法(mm):高さ72×幅1600×奥行60,材質:鋼板,有効長1.3m | | |
| 総重量 | 5kg | 接続口径 | φ9.53-15.88mm, 15A |

3. 実験方法

3.1 模擬窓の特性

模擬窓に平均温度4.5℃, 10.7℃, 15.1℃の冷水を流しコールド
ドラフトを発生させ、定常状態における窓表面温度と窓
面付近の気流を測定した。同時に吹出しノズルからコールド
ドラフト中に白煙を注入することで可視化し、その様子を写
真撮影した。発煙には北川式の発煙管を使用し、これにエア
ーポンプを接続して連続的に白煙を発生させた。この発煙管
の中には四塩化チタンが吸着されており、これが空気中の水
蒸気と反応して白煙が発生する。

3.2 コールドドラフト防止に必要な最小放熱量

模擬窓に平均温度4.5℃~4.9℃の冷水を流して窓面負荷を
一定とし、放熱器に30℃, 35℃, 40℃, 45℃, 50℃の温水を

通水し、定常状態下における放熱量を測定した。また、模擬窓特性実験と同様に白煙によりコールドドラフトを可視化し、放熱器から発生する上昇気流がコールドドラフトを防止する様子を観察した。同時に、サーモグラフィを用いて窓面付近の空気温度分布を測定した。

3.3 架台高さの影響

放熱器の架台高さ、75mm, 53mm, 25mmの3種類について、模擬窓に平均温度 4.8℃～5.8℃の冷水を流して一定負荷を与え、温水温度 30℃～70℃の範囲で放熱量を測定した。

なお、模擬窓の窓面負荷および放熱器の放熱量は、各々の配管系に取り付けた容積型流量計で流量を測定し、それらの値と入口出口温度差から算出した。冷水の設定流量は3枚合計 300l/h、放熱器の設定流量は 72l/hとした。

4. 結果および考察

4.1 模擬窓の特性

コールドドラフトの垂直方向気流分布の測定結果を、冷水入口温度をパラメータとして図3に示す。また、冷水4.5℃の場合の窓面コールドドラフト状態を示す白煙の撮影結果を写真1に示す。これらの結果から、窓面に沿ってコールドドラフトが発生し、それが下方に進むに従って発達し、その発達が冷水温度（窓表面温度）の低いほど著しい様子がわかる。

冷水温度と窓面負荷および窓面温度の関係を図4に示す。これより、冷水温度が低いほど窓面温度も低く、窓面負荷が大きくなることわかる。例えば、模擬窓に温度4.5℃の冷水を流した場合、窓表面温度が12℃、窓面負荷が174W(150 kcal/h)となり、これはK値2.5のペアガラスを使用した場合の外気温度-14℃に相当する窓面負荷条件と同じである。

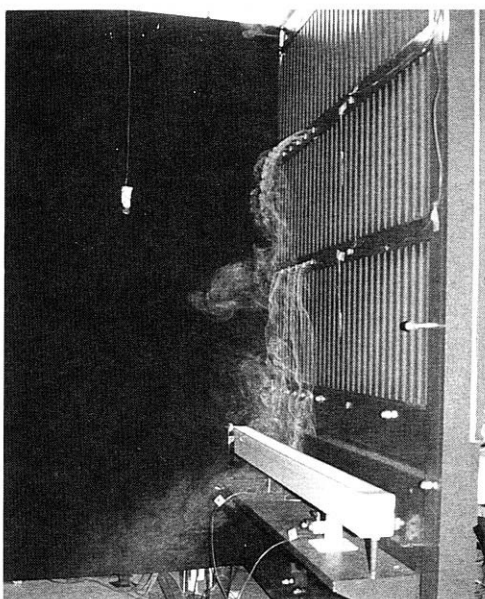


写真1 白煙によるコールドドラフトの可視化

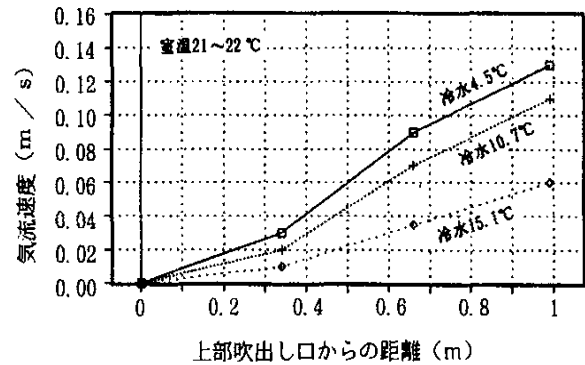


図3 窓面付近の気流分布

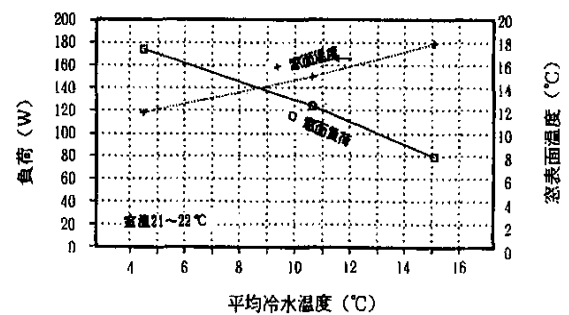
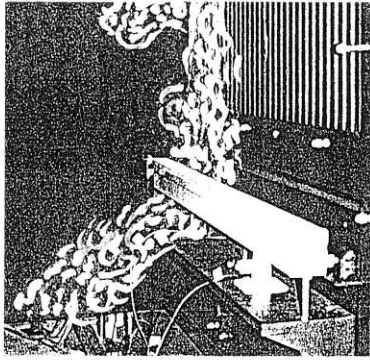


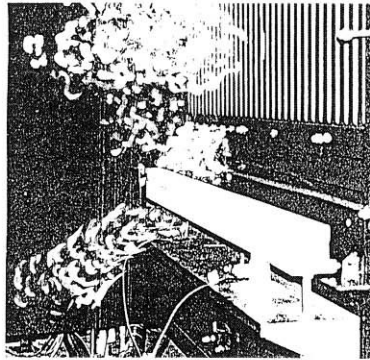
図4 模擬窓面の負荷特性

4.2 コールドドラフト防止に必要な最小放熱量

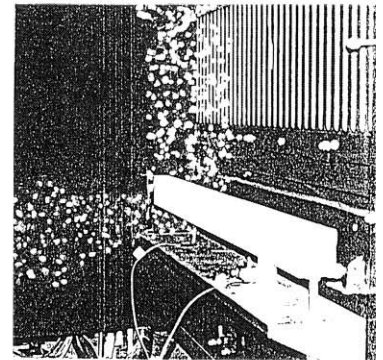
白煙の写真撮影結果を写真2に示す。これから、放熱器の上昇気流が床下へ向かうコールドドラフトの落下を妨げ、反対に上方向に持ち上げる様子が観察される。この作用は温水温度が高くなるに従い大きくなり、温水温度約40℃で床下に向かうコールドドラフトを完全に防止するのが確認された。



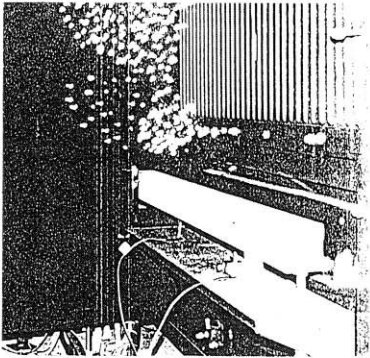
放熱器運転前



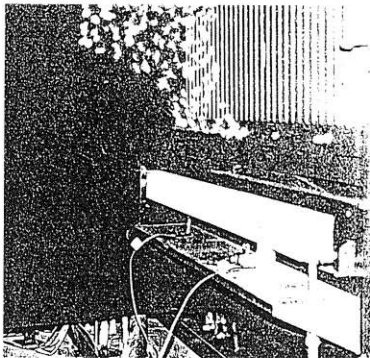
温水温度：30°C



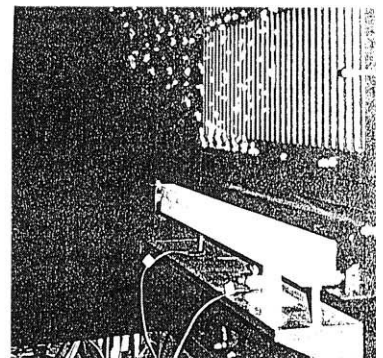
35°C



40°C



45°C

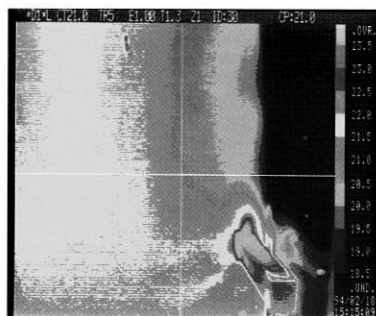


50°C

写真2 白煙によるコールドドラフト防止状況



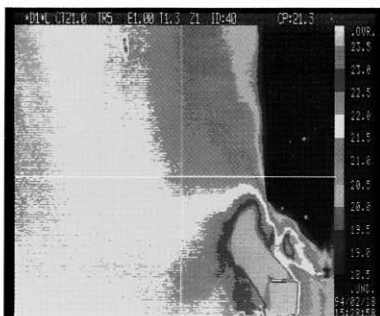
放熱器運転前



温水温度：30°C



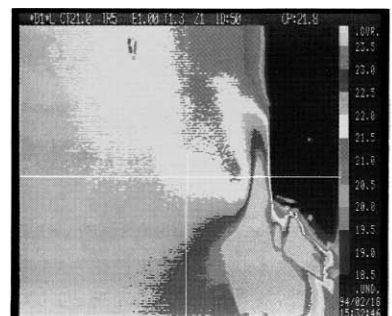
35°C



40°C



45°C



50°C

写真3 サーモグラフィによるスクリーン（空気）温度分布

これらの様子はサーモグラフィの結果(写真3)からも観察され、放熱器からの上昇気流の発達度合いや窓面付近の空気温度分布を詳しく見ることが出来る。温水温度40℃の場合をみると、30℃、35℃の場合に比べて放熱器回り、特に放熱器下部の空気温度が高くなっており、また45℃を越えると上昇気流が窓面に沿って過剰に上昇している様子などから、40℃がコールドドラフトを防止するために必要な本専用放熱器の最小温水温度であると判断することができる。

図5に温水平均温度と室温の温度差、 ΔT と放熱量および窓面負荷の関係を示す。これから、コールドドラフトを防止する最小温水温度40℃の時の放熱量は93W(放熱器有効長さ当たり、71.5W/m)であることがわかる。しかし、この時の窓面負荷は放熱器運転前(174W)の約1.3倍(227W)に増えている。これは放熱器からの上昇気流により、窓面近傍の空気が高温になることと境界層の熱伝達抵抗が減少するためと考えられる。

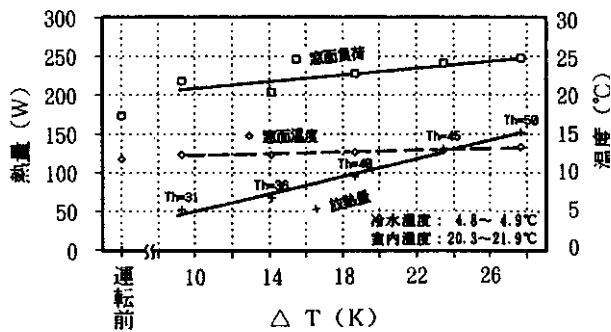


図5 放熱量と窓面負荷

以上の結果から、本専用放熱器を用いて模擬窓に温度4.5℃～5.0℃の冷水を流して発生するコールドドラフトを防止するためには、放熱量が最小71.5W/m程度必要であり、これは放熱器運転前の窓面負荷174W(窓横方向長さ当たり、109W/m)の約66%に当たることがわかる^{3),4)}。但し、この時の室温は20℃～22℃、模擬窓の表面温度は11.8℃～13.3℃である。

4.3 架台高さの影響

架台高さを変えた場合の放熱量の測定結果を図6に示す。これから、架台高さ75mmと53mmについては放熱量に差は認められなかったが、25mmについては10%程度の低下が見られた。これは空気取入れ口が狭められ、流体抵抗の影響が現れたためと考えられる。なお、この図から温度差50Kにおける本放熱器の放熱能力は約300Wと読み取ることができる。

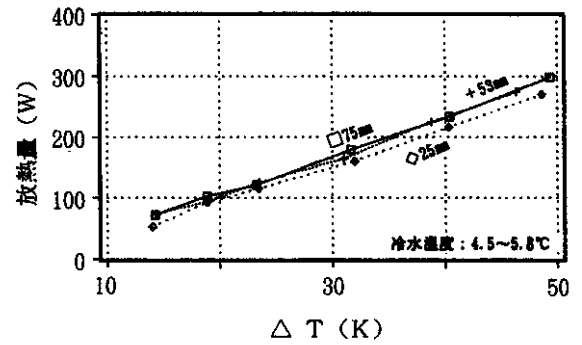


図6 放熱性能に与えるケーシング高さの影響

5. まとめ

窓面コールドドラフト防止用に開発した専用放熱器の性能を確認するため、模擬窓並びに白煙とサーモグラフィを用いた可視化実験により、コールドドラフト防止に必要な最小放熱量を求めた。また、放熱器の据え付け方法の一つである架台高さの放熱性能に及ぼす影響について試験した。以下に、その内容をまとめて記す。

1. 模擬窓を試作し、その熱負荷特性として冷水温度と窓面負荷および窓面温度の関係を求めた。温度4.5℃の冷水を流した場合の窓面負荷は174Wであり、これはK値2.5のペアガラスを使用した場合の外気温度-14℃に相当する負荷条件である。
2. コールドドラフトを白煙により可視化すること、およびサーモグラフィを用いて窓面付近の空気温度を可視化することにより、コールドドラフトが窓面に沿って流れ落ちる様子や、放熱器からの上昇気流が床下へ向かうコールドドラフトの落下を妨げて反対に上方向に持ち上げる様子を観察した。
3. 模擬窓に約5℃の冷水を流す窓面負荷条件で、本専用放熱器を用いてコールドドラフトを防止するためには、最小40℃の温水を通水する必要のあることがわかった。この時の放熱量は93W(71.5W/m)で、これは放熱器運転前の窓面負荷174W(109W/m)の約66%に当たる。
4. 放熱器のケーシング下端と棚台との間隔(架台高さ)については、53mm程度までは放熱能力に影響を受けないが、25mmにまで狭めると10%程度の放熱量の低下が見られた。

今後は、実際の窓を使ったコールドドラフト防止の確認と室内暖房環境の改善効果について試験する予定である。

参考文献

- 1) (財)住宅・建築省エネルギー機構；「住宅の新省エネルギー基準と指針」(1992)
- 2) 富田，保科；「簡易放射暖房試験室の設計概要と測定精度」北海道立工業試験場報告，No.293，P85(1994)
- 3) 鈴木ほか；「半導体ヒーターによるコールドドラフト抑止効果」空気調和・衛生工学会学術講演論文集，P85(1989)
- 4) 飯嶋ほか；「平板ヒーターによるコールドドラフト抑止効果」空気調和・衛生工学会学術講演論文集，P21(1990)