

新冷却技術搭載の密閉型パブリックディスプレイ

小川 光太郎・三窪 和幸・橋口 毅哉
坂本 仁・中上 正志

要 旨

パブリックディスプレイでは、防塵対策として粉塵などの侵入を防ぐ密閉構造が望まれていましたが、バックライトや電源部品などから発生する熱の冷却が課題でした。

このため、密閉装置を冷却する新冷却技術「攪（かく）ファン排熱方式」を開発し、その技術を搭載した密閉型パブリックディスプレイを紹介します。

キーワード

●パブリックディスプレイ ●防塵防滴 ●密閉構造 ●冷却技術 ●放熱フィン ●熱交換器 ●熱伝達

1. はじめに

NECディスプレイソリューションズは、鉄道駅構内などのような電子機器に悪影響を及ぼす導電性粉塵の多い環境下においても信頼性を確保できるパブリックディスプレイを開発しました。

防塵防滴構造を確保するために技術課題となっていたのが、バックライトや電源回路などから発生する熱の排出処理でした。装置内の温度を下げ信頼性を確保するために、従来（図1 A）は筐体に設けた通風孔より外気を取り入れ冷却する方法を



(A) 従来品 (B) 開発品（防塵防滴対応）

図1 従来品と防塵防滴対応パブリックディスプレイ

採用していました。しかしながら、この方法では空気中のゴミや埃が外気と一緒に装置内に侵入するため、導電性の物体が侵入した場合には回路ショートなどの故障を引き起こす恐れがありました。また給気口にフィルターを設けた際には、定期的な交換などメンテナンス性の低下が課題となっていました。

このため完全密閉し外気侵入を遮断したパブリックディスプレイの開発が望まれていましたが、信頼性を維持するためには効率的な冷却方式を実現することが不可欠でした。

この課題解決に向けてNEC中央研究所と新冷却方式を共同開発し、防塵防滴規格「IP54¹」に準拠したコンパクトサイズの密閉型パブリックディスプレイを実現しました（図1 B）。

本稿では、今回開発した密閉型パブリックディスプレイに搭載する新冷却技術「攪（かく）ファン排熱方式」を中心に紹介します。

2. 新冷却技術の概要

開発を行った新冷却技術は、密閉型液晶ディスプレイ装置内部の空気を攪拌（かくはん）して温度を均一化し、装置裏面のリアカバーに一体化された排熱器から放熱することにより、密閉装置を冷却する技術です。この技術開発により、ゴ

¹ IEC（国際電気標準会議）の定める529規格と米軍のMIL（国防省軍用規格）の810Fがある。IECのうち、水や異物侵入の保護等級を定めたのがIP（International Protection）で、「IP54」の「5」は「粉塵が内部に侵入しても正常な動作を阻害しない」レベルを、「4」は「水の飛沫に対する保護」レベルを指す。

ミや埃、雨などの装置内侵入を受けやすい半屋外環境でもメンテナンスフリーで高信頼性・長寿命を実現できるほか、0℃～40℃の耐環境性や装置のコンパクト化も可能にしました。

本技術の特徴は、以下の通りです。

- ・装置リアカバーと一体化の熱交換器（特願2008-077962）
- ・空気攪拌誘導による部品温度均一化（特願2008-186178）
- ・装置側面のパネルベゼル冷却（特願2008-186177）

3. 新冷却技術の特徴

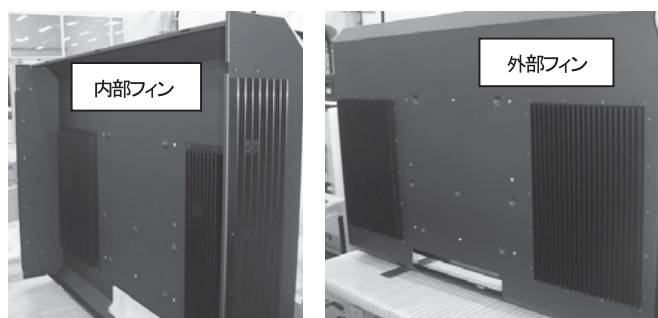
3.1 装置リアカバーと一体の熱交換器

図2に示すように、密閉装置内側と外側に、それぞれ放熱フィンを設けた“Wフィン構造”の排熱機構（以下、熱交換器）を、密閉装置のリアカバーと一体化することにより、コンパクト化を実現しました。装置内の熱は、熱伝達によって装置内部の受熱フィンへと伝わり、装置外部の放熱フィンから、装置周辺の自然対流で冷却されます。

内部の受熱フィンは攪拌ファンにより十分な空気速度が得られるため、強制空冷部としての最適化を図り、外部の放熱フィンは自然対流における最適化を行うことで、風量との関係に基づき最も放熱効率が良くなるように設計しました。

図3は、密閉装置の表面積と伝熱形態（対流伝熱と輻射伝熱）の関係を示したものです。

密閉装置の表面積：1.26m²を基本とし、装置リアカバー部の表面積を徐々に大きくした場合（横軸）に対して、対流による放熱量と密閉装置を構成する部材放射率を0.5～0.9に変化



（装置リアカバー内側）

（装置リアカバー外側）

図2 装置リアカバーと一体化された熱交換器（Wフィン）

させた場合の輻射による放熱量を求めたものです。

また、密閉装置内の総消費電力量は(式1)により導かれます。

$$W=H(St+Ss+Sb)(\Delta T_{in})+4\sigma\epsilon StotTm^3\Delta T_{in}/2 \quad (式1)$$

W: 総消費電力(W)、H: 熱伝達係数(W/m²・K)、St: 筐体上面の表面積(m²)、Ss: 筐体鉛直面の表面積(m²)、Sb: 筐体底面の表面積(m²)、 ΔT_{in} : 密閉装置内部の空気温度上昇値(K)、 σ : ステファン-ボルツマン定数(5.67×10^{-8} W/m²・K⁴)、 ϵ : 装置表面の放射率(塗装面では0.7～0.9)、Stot: 筐体総表面積(m²)、Tm: 平均絶対温度(周囲空気温度Ta(℃))とすると、 $Tm=Ta+\Delta T_{in}/4+273$ (K)となります。

なお、(式1)の右辺第1項は、密閉装置表面の自然対流伝熱を利用した放熱量であり、右辺第2項は、密閉装置表面からの輻射伝熱を利用した放熱量となります。

結果として、密閉装置を構成する部材の放射率が0.7以上では、1.2倍～1.4倍程度、輻射による放熱量が自然対流による放熱量より大きくなることが予測されています。そのため、放熱のための表面積の増加に合わせて、装置部材の放射率をなるべく高くすることが、放熱性能の向上に有効であることが示されています。例えば、外気温度25℃、装置表面部材の放射率0.9、密閉装置の表面積1.4m²の組み合わせでは、総発熱量105W+160W≒260Wクラスの冷却が可能となります。

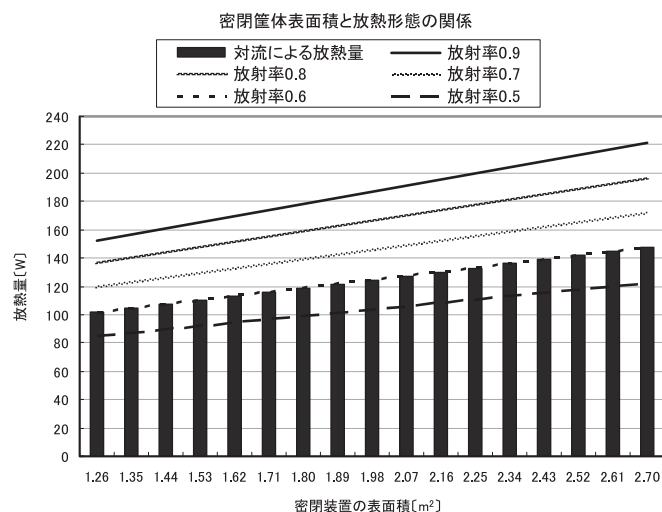


図3 密閉装置表面積と放熱形態の関係（ $\Delta T_{in}=17^{\circ}\text{C}$ ）

3.2 空気攪拌誘導による部品温度均一化

密閉装置内の温度を均一化するための空気誘導ダクトを開発しました。

図4は、空気誘導ダクトの構造、及び空気攪拌誘導による密閉装置内の空気の流速のイメージ図と部品温度の均一化を表したものです。

空気誘導ダクトは、図4に示すように、密閉装置内の制御部や電源供給部よりも上方に攪拌ファンを設置して、水平方向に密閉装置内部を上下に区切る仕切り板を配置した構造になっています。

攪拌ファンにより仕切り板上部に抜けた空気は、圧力損失を減らすためのルーバ（整流板）により流速を維持しつつ効率良く密閉装置の左右側面に向かって流れます。

また、仕切り板は、左右で下方に曲げ（L字）を施し延伸することにより、攪拌効果を最大限に引き出すための効果的な循環流を発生します。

この密閉装置内を大きく回る循環流は、装置左右に配置された発熱部（インバータ部）を通過する空気の流速を高めに維持することができ、効率良く冷却を行うことができます。

この空気攪拌誘導により、密閉装置内の電子部品温度や空気温度の均一化が可能になりました。

また、メンテナンスフリー化として、60℃の周囲温度で期待寿命20万時間（24時間フル稼働で約22年間に相当し製品寿命に対して十分な裕度）の長寿命攪拌ファンを採用しました。したがって、密閉装置では、ファンの故障原因となる空気中

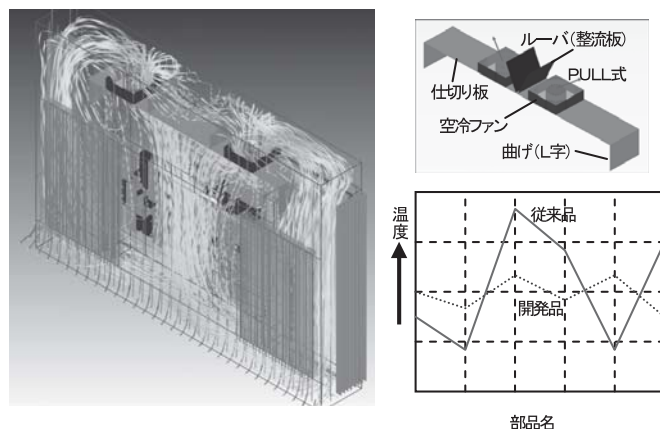


図4 空気攪拌誘導方式

のゴミや埃が装置内に侵入しないため、長期間のメンテナンスフリー化が可能になりました。

3.3 液晶パネル表示面の冷却

液晶パネル面からのゴミや埃の付着、侵入に起因する画質性能の劣化、外的な衝撃による液晶パネル破損など、商品性低下の問題を解決するため、液晶パネル面を低反射アクリル板で保護して完全密閉性を実現しました。

しかし、アクリル板は熱伝導性が悪く、かつ液晶パネルとアクリル板の隙間に空気層ができて熱がこもるため、パネル表面温度が上昇し信頼性を低下させてしまう課題がありました。そこで、熱源であるCCFLバックライトの放熱経路を解明し、シャーシ筐体側面に一体化された排熱器を備えた“パネルベゼル冷却”を開発し、この課題を解決しました。

図5は、熱源であるCCFLバックライト（蛍光灯）からの放熱経路（熱抵抗）のイメージ図になります。

CCFLバックライト（蛍光灯）の熱は、“R1～R4”の経路と“R5～R7”の経路で放熱しています。従来（アクリル板がない場合）は“R5～R7”の経路での放熱量が多かったのですが、アクリル板が追加されたことにより、液晶パネルとの隙間の空気層による熱抵抗R6とアクリル板を含めた外気までの熱抵抗R7が増加するため、パネル表面温度が上昇してしまいます。

そこで密閉装置の両側面に放熱フィン設けることで、シャーシ筐体から外気への熱抵抗R3/R4を低減でき“R1～R4”の経路での放熱量の比率を上げることができます。

この結果、液晶パネル面の温度上昇を最低限に抑えた状態で完全密閉性を実現することができました。

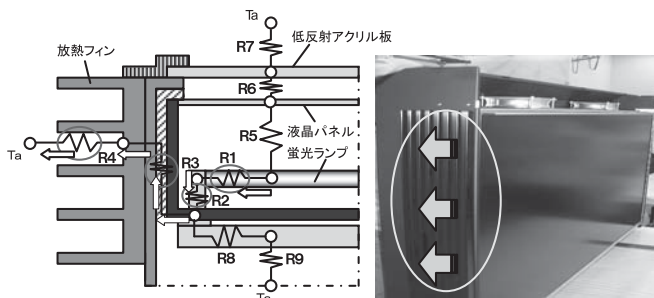


図5 CCFLバックライトの放熱経路

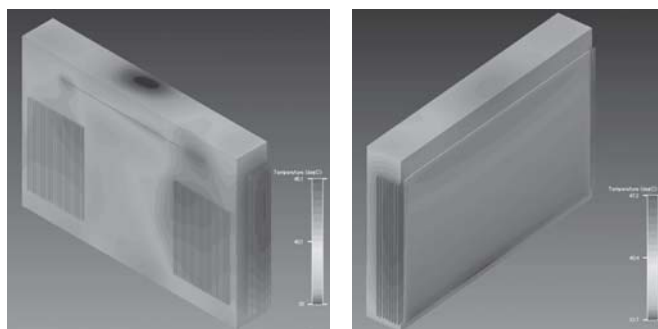


図6 熱シミュレーションによる放熱効果

図6は、本開発品の熱シミュレーション結果を示しています。密閉装置リアカバーと一体化されたWフィン、密閉装置両側面に備えたサイドベゼルフィンから効率的に放熱が行われ、図1に示した開発品の実測においても、密閉装置内の搭載部品や液晶パネルの温度低減が可能になり、幅広い温度環境下（0℃～40℃）で、500cd/m²以上の高輝度を実現しました。

3.4 今後の課題

本開発品では、表面積を増やすためにWフィン構造を採用しましたが、今後の密閉装置の軽量化、薄型化、低コスト化など、更なる高付加価値技術を目指として、図7に示す筋板状の凹凸プレート構造や他にもディンプル状プレート、波型プレートなど、新たな装置リアカバー側熱交換器の製品適用に向け、引き続き開発を進める必要があると考えています。

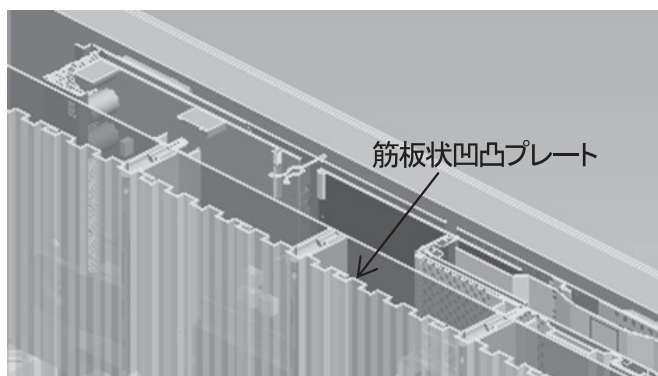


図7 密閉装置リアカバー側の筋板プレート構造

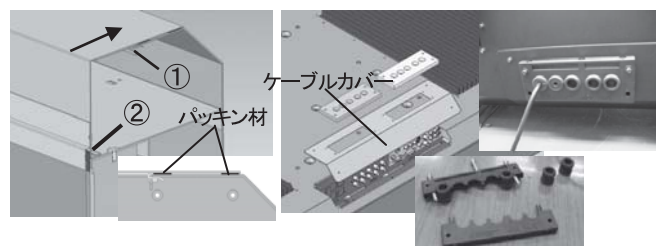


図8 密閉方法

4. 密閉方法

防塵防滴に対応するための密閉方法を簡単に紹介します。図8に示す矢印部を差し込み構造として密閉度を確保しています。上側（①）は金具がオーバーラップする部分にパッキン材を用いて防塵処理を行い、正面側（②）には液晶パネル前面の保護板との合わせ部にパッキン材を用いて防塵処理を行っています。

また、入出力端子部には、ケーブルにゴム状ブッシュを取り付け、ケーブルエントリーで上下から挟み込んで固定しています。

5. 従来技術との比較

表に示すように完全密閉装置の一般的な冷却技術に比べ、構造、サイズ、保守性などの面においてバランスの良いものになっています。

表 一般的な冷却技術との比較

	構造	筐体サイズ	放熱効果	保守性	コスト
他社技術 (エアコン内蔵など)	△ 複雑	× 大きい	◎ ヒートポンプ使用	△ メンテナンス 必要	× 高価
NEC開発品	◎ 単純	○ コンパクト	○ 必要充分	◎ メンテナンス フリー	○ 安価

6. おわりに

今回の完全密閉装置の冷却技術を製品の差別化技術と位置付け、様々な設置環境に対応できるよう、今後も課題解決に向けた技術開発に取り組んでまいります。

参考文献

- 1) 伊藤謹司、国峰尚樹；「トラブルをさけるための電子機器の熱対策設計」、日刊工業新聞社、1992年
- 2) 荒木泰夫；「電子機器設計」、日刊工業新聞社、1970年
- 3) 石塚勝ほか；「自然空冷式電子機器筐体からの放熱」、機論 84-0415B,1984年

執筆者プロフィール

小川 光太郎
NECディスプレイソリューションズ
モニター開発本部
第二開発グループ
マネージャー

三窪 和幸
NEC
システム実装研究所
実装設計TG
主任

橋口 毅哉
NEC
システム実装研究所
実装設計TG

坂本 仁
NEC
システム実装研究所
実装設計TG
主任研究員

中上 正志
NEC長野
開発部
スーパーバイザー