

高性能液冷システム「SAN ACE MC Liquid」

池田 智昭

小河原 俊樹

宮沢 昌嗣

上野 宏治

Tomoaki Ikeda

Toshiki Ogawara

Masashi Miyazawa

Kouji Ueno

1. まえがき

コンピュータの頭脳であるマイクロプロセッサ(MPU)は、高速・高機能化および高集積化の一途をたどっている。これにともなって、マイクロプロセッサからの発熱量も急速に増加している。マイクロプロセッサの中には最大発熱量が 100W を越えるものもあり、冷却装置の高冷却性能化が従来にも増して高まっている。

さらに最近の傾向として、コンピュータの機器の低騒音化の要求があり、冷却装置自身の低騒音化も大きな課題となっている。

このような状況のなか、当社では高冷却性能と低騒音を同時に解決する冷却装置として、高性能液冷システム「SAN ACE MC Liquid (サンエースMC Liquid)」を開発、製品化した。

本稿では、その製品概要・特長を紹介する。

2. 開発の背景

当社では、これまでにマイクロプロセッサを冷却する装置として、冷却ファンとヒートシンクが一体化された、空冷式のMPUクーラー「サンエースMC」シリーズを製品化している。*

(1), (2), (3), (4)

空冷MPUクーラーは、高い冷却性能を得るために、以下の改善が必要であった。

- ・ヒートシンクの表面積を増やす。
- ・ヒートシンクに熱伝導性の高い材質を使用する。
- ・高風量のファンを使用する。

そのため、ヒートシンクの大型化・ヒートシンクの質量増加・ファンモータの高風量化による騒音増加といった課題が生じ、空冷の限界に挑戦している状況が続いている。

そこで、空冷MPUクーラーに替わる新しい冷却装置として液冷システムの開発に着手した。

今回開発した液冷システムは、従来の空冷MPUクーラーに対して、冷却性能を向上させるとともに、低騒音化を追求して設計した。また、ラジエータ、リザーブタンク、ポンプ、およびファンを一体化して、ユーザーでの機器への組み込み性やメンテナンス性の向上、および汎用性を考慮して設計した。

こうして開発したのが、今回製品化した液冷システム「サンエースMC Liquid」(以下 本製品という)である。

3. 製品の特長

図1に液冷システム「サンエース MC Liquid」の外観を示す。



図1 液冷システム「サンエース MC Liquid」の外観

以下に製品の特長を記載する。

(1) 高冷却性能

空冷MPUクーラーと比較した場合、同一音圧レベルで冷却性能が約 32%向上した。

(2) 低騒音

空冷MPUクーラーと比較した場合、同一冷却性能で音圧レベルが約 23dB(A)低下した。

(3) 情報機器への組み込み性

ラジエータ、リザーブタンク、ポンプ、およびファンを一体化したことにより、空冷システム並みの組み込み性を実現した。

(4) 高信頼性・長寿命

信頼性・耐久性を追求した構成パーツ(ラジエータ、ポンプ、接続チューブ、ファン、コールドプレート)を使用することで、冷却液補充などのメンテナンスを不要としながら、期待寿命4万時間を達成した。

(5) 汎用性

専用のコールドプレート取付金具を用意することで、各種マイクロプロセッサや、他の電子部品の冷却が可能である。

4. 製品の概要

図 2 に本製品の寸法諸元を示す。

表 1 に本製品の性能諸元を示す。

4.1 構造

今回開発した液冷システム「サンエース MC Liquid」の構成と構成部品の特長を以下に掲げる。

本製品は、コールドプレート、ラジエータ、ポンプ、チューブおよびファンから構成されている。本製品の部品構成を図 3 に示す。

以下に本製品の冷却方式を説明する。

MPU から発せられた熱はコールドプレートが吸収し、コールドプレート内を流れる冷却液に伝達される。コールドプレートの熱を奪って温まった冷却液は、ラジエータに送られ、ファンから送られる空気によって冷却される。温度の下がった冷却液は、コールドプレートに循環され、再びコールドプレートの熱を奪う。冷却液の循環には電動ポンプが使用されている。

(1) 冷却液

冷却液は、ロングライフクーラント(以下LLCという)を使用している。当社ではLLCのうち、エチレングリコールとプロピレングリコールを検討した結果、環境側面を考慮して、毒性が少ないプロピレングリコールを採用した。また部品を腐食から保護するための腐食抑制剤を含有した。

LLCは水溶液で使用するが、濃度によって凍結温度が変化する。プロピレングリコール水溶液の場合、30%水溶液で約-15℃、50%水溶液で約-35℃の凍結温度になる。また、濃度によって冷却性能も変化する。濃度が濃いほど冷却性能は低下するので、実際の使用環境と冷却性能を考慮して

50%水溶液を採用した。

冷却液の濃度と冷却性能の関係を図 4 に示す。

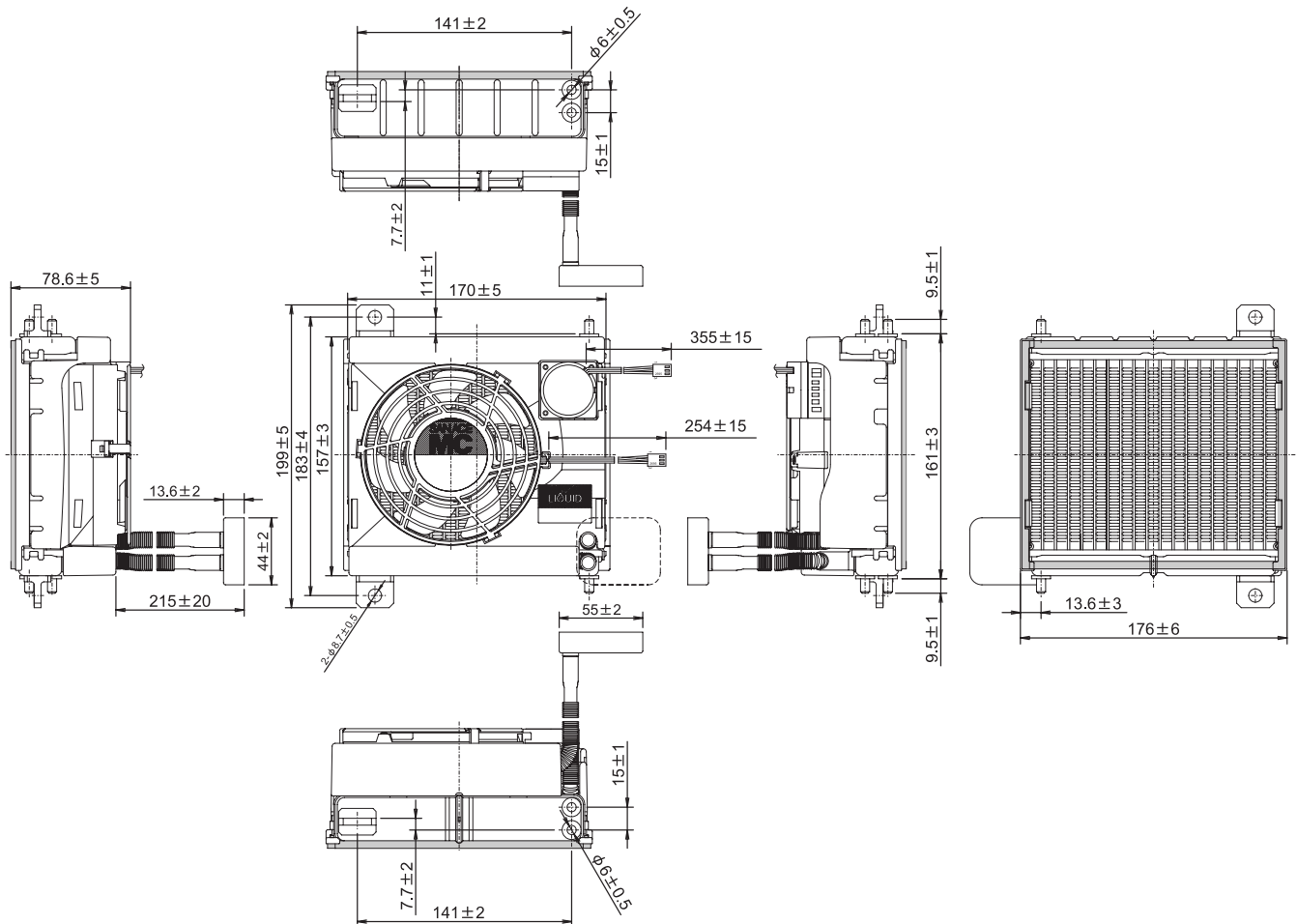


図 2 液冷システム「サンエースMC Liquid」の寸法諸元

表 1 液冷システム「サンエースMC Liquid」の性能諸元

型番	定格電圧 (V)	使用電圧範囲 (V)		定格電流 (A)		定格回転速度 (min ⁻¹)		熱抵抗 (K/W)	音圧レベル (dB[A])	質量 (g)
		ファン	ポンプ	ファン	ポンプ	ファン	ポンプ			
109-LC1-001	12	7-12.6	7-12.6	0.25	0.12	2400	2000	0.22	42	1150
						1300	2000	0.255	28	

※この製品のファンは温度可変速タイプである。ラジエータに流入する空気の温度が 25℃以下のときは低速で、35℃以上のときは高速で動作する。

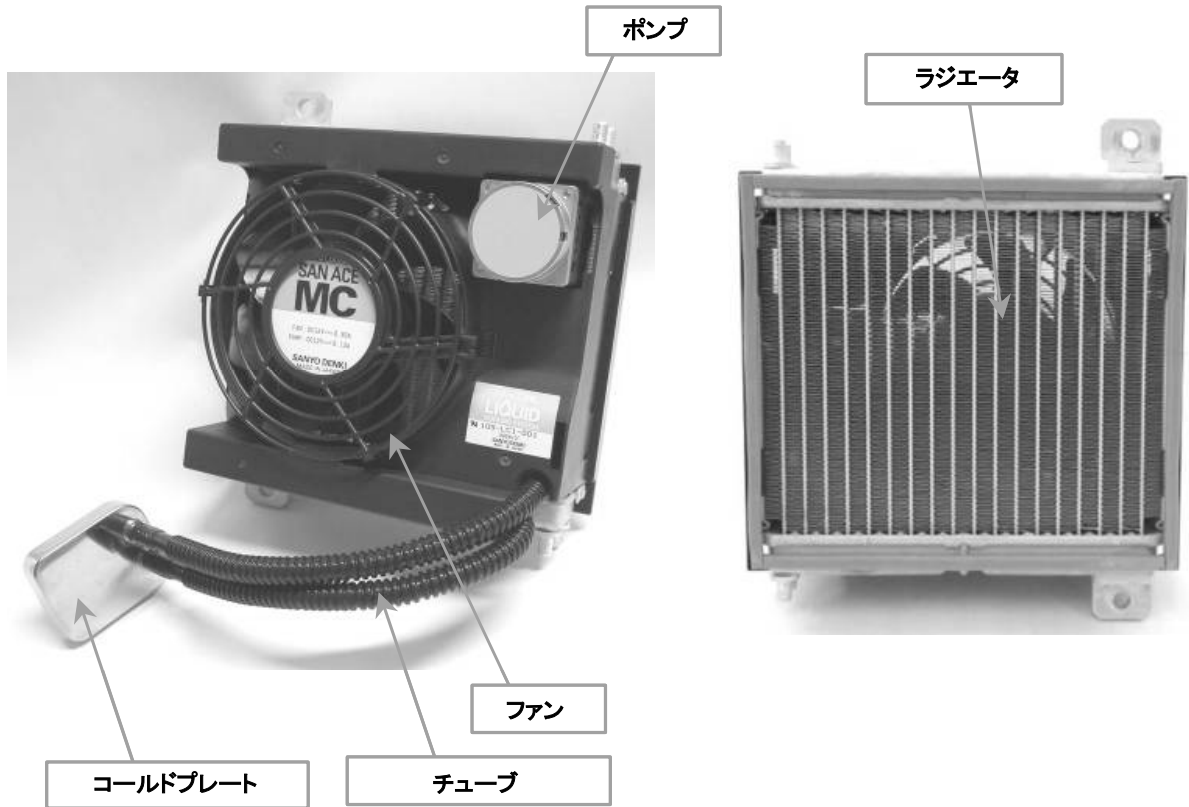


図 3 液冷システム「サンエースMC Liquid」の部品構造

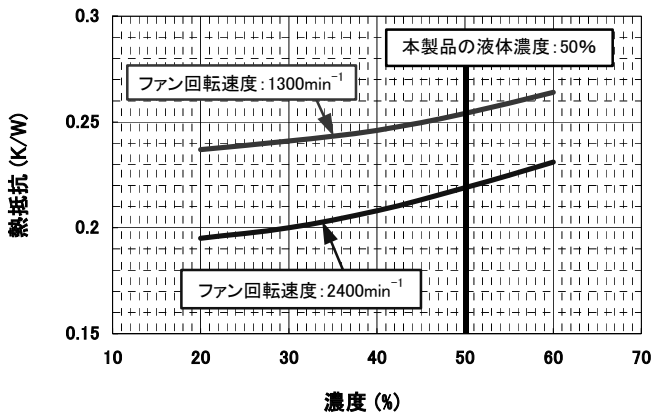


図 4 冷却液の濃度と冷却性能の関係

(2) コールドプレート

コールドプレートの冷却性能は、放熱面積を増やすこと、および冷却液の流速を上げることで向上する。つまり放熱面積を増やすため、フィンの本数を多くし、さらに流速を速くするため、フィンのピッチ(冷却液の流路幅)を狭くする必要がある。

開発するにあたり、限られたサイズの中で、ベースの厚み、フィンの厚さ、フィンピッチの最適化を図った。

より高い冷却性能を実現するために、コールドプレートの材質は、熱伝導に優れた銅を採用した。また銅は酸化して変色を起こすので、外観にニッケルメッキを施した。ニッケルメッキによる熱抵抗を最小限にするため、メッキの種類、メッキ厚を最適なものとした。

(3) ラジエータ

ラジエータの冷却性能を上げる方法として、放熱フィン面積を増やすこと、および放熱フィンを通過する空気の通風量を増やすことが考えられる。実際には放熱フィンを増やしすぎた場合、ラジエータの負荷(通風抵抗)が高くなり、放熱フィンの少ないラジエータに比べ、通風量が減ってしまう。また負荷が高いと騒音も増加傾向になる。本製品のラジエータは、コアの厚み、フィンピッチの最適化をはかり、冷却性能と騒音のバランスが最も良い条件で設計されている。

またラジエータタンクをリザーブタンクに兼用することで、省スペース化を図った。

材質は、質量が軽く、耐食性・信頼性の高い多層構造アルミ材を採用した。

(4) チューブ

チューブはフッ素系樹脂チューブを採用した。

フッ素系樹脂は液体透過量が低い。また様々な環境条件の他に、使用する薬液やその温度においても、経年劣化を起こしにくく、耐薬品性・耐熱性・対候性に優れているなどの利点を備えている。

またチューブを曲げた場合に、液体の流れを阻害する潰れを起こしにくくするために、蛇腹形状を採用した。その結果チューブに柔軟性が生まれ、コールドプレート取付け時の這い回しがしやすくなった。

(5) 小型ポンプ

本製品に搭載した小型ポンプは、高性能・低騒音・低消費電力・長寿命を考慮して専用開発した。ポンプの基本形態は遠心タイプである。図5に本ポンプの構造図を示す。

本ポンプは、ポンプ部とモータ部を完全に分離したマグネットポンプ構造を採用している。ポンプ部の密閉は、Oリングとシール材を併用することで密閉性を高め、外部およびモータ部への液漏れを完全に排除した、信頼性の高い構造になっている。

ポンプ駆動用モータは、当社で実績のあるBLDCファンモータと同一設計とし、負荷の高いラジエータ、コールドプレートを備えた今回のシステムにおいて、十分な送水能力を有しつつも低消費電力を達成した。

冷却液を循環させるポンプ部には、専用の水中軸受けを採用し、メンテナンスフリーを実現した液冷システムに適した長寿命タイプとなっている。

(6) ファン

ファンは当社で実績のある、温度可変速タイプのBLDCファンを採用している。

インペラーを本製品に収まる最大径のサイズにすることで、回転速度を下げ騒音を低減させつつ、十分な送風量を確保した。またラジエータとファンとの距離を最適化し、ファンフレームを専用設計することで、さらに低騒音化を図った。

配管チューブはファンフレーム内に収まり、外観的にシンプルで洗練されたデザインとした。

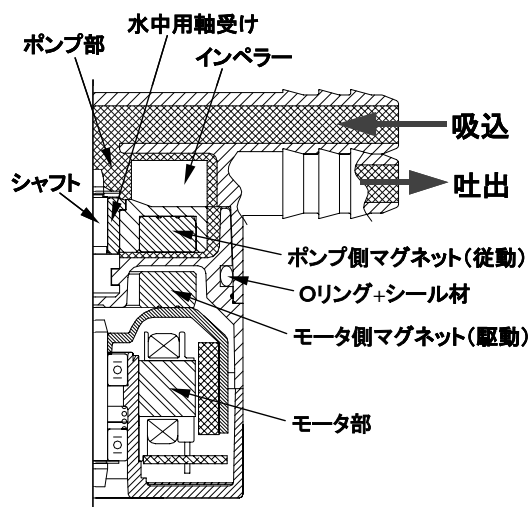


図5 小型ポンプの構造図

4.2 性能

(1) 従来製品との比較

本製品と従来製品(空冷MPUクーラー)について、冷却性能と音圧レベルを比較した結果を図6に示す。

同一音圧レベル(28dB[A])で比較した場合、本製品は従来製品に対して、0.12K/W(約32%)もの熱抵抗の低減が達成できた。この改善度は、冷却対象の発熱が100Wと仮定した場合、12Kの温度上昇となり、従来製品より低減すること示している。

また同一冷却性能(0.28K/W)で比較した場合、本製品は、従来製品に対して約23dB[A]もの騒音低減が達成できている。これは120角ファンにおいて、約2000min⁻¹分の音圧レベルに相当する。

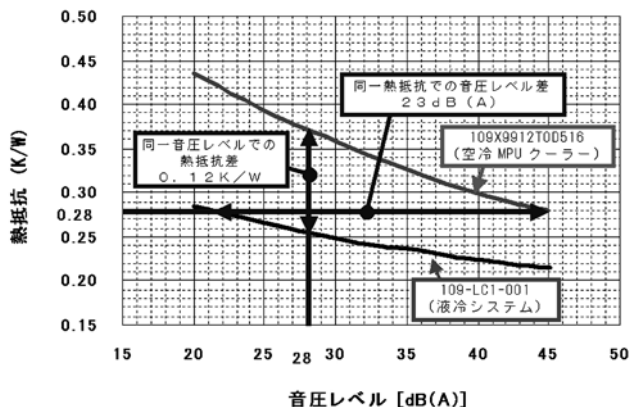


図 6 液冷システムと空冷システムの性能比較

これまで説明してきたように、本液冷システムは、全ての構成部品を専用に設計し、最適化を行った結果、高冷却性能かつ低騒音を実現した。

また当社の従来技術を取り入れ、各構成部品の信頼性を十分に検討したことで、期待寿命を4万時間とし、その間のメンテナンスフリーを実現した。

4. むすび

高性能液冷システム「サンエースMC Liquid」の構造と性能の一部を紹介した。今後もマイクロプロセッサの高性能化・高速化が進み、さらに発熱量が増加するなか、低騒音化に対する要求の割合が大きくなる事が予想される。

液冷システムは、現在主流の空冷MPUクーラーと比較し、この要求事項を十分に満足する能力を秘めている。

今後、液冷システムは、情報機器への組み込み性の向上、信頼性の向上、低価格化を図って行くことにより、コンピュータ機器関連だけでなく、デジタル家電業界でも採用されていくと考えられる。

文献

- ※(1) 小河原俊樹ほか: Pentium®III & Pentium®4 用「サンエースMC」
SANYO DENKI Technical Report, No.11 pp5-8 (2001-5).
- (2) 渡辺道徳ほか: MPUクーラー「サンエースMC-HX」
SANYO DENKI Technical Report, No.12 pp25-28 (2001-11).
- (3) 池田智昭ほか: Pentium®4 IUサーバ用「サンエースMC」
SANYO DENKI Technical Report, No.14 pp20-23 (2002-11).
- (4) 渡辺道徳ほか: Pentium®4 用MPUクーラー「SAN AC EMC」
SANYO DENKI Technical Report, No.15 pp9-12 (2003-10).



池田 智昭

1990年入社
クーリングシステム事業部 設計部
「サンエースMC」の開発、設計に従事。



小河原 俊樹

1984年入社
クーリングシステム事業部 設計部
「サンエースMC」の開発、設計に従事。



宮沢 昌嗣

1998年入社
クーリングシステム事業部 設計部
「サンエースMC」の開発、設計に従事。



上野 宏治

2001年入社
クーリングシステム事業部 設計部
ファンモータの開発、設計に従事。