

ショートノート サブクールシステムの開発*

Development of Sub-Cool System

松尾弘樹 山中康司 都築 薫 坪子俊夫 西村要二
 Hiroki MATSUO Yasushi YAMANAKA Kaoru TUZUKI Toshio TSUBOKO Youji NISHIMURA

The important problems to be tackled from the point of view of preventing global warming are to save the power consumption of car air conditioning systems and reducing the refrigerant used in those systems. An approach to the task is to enhance system efficiency by utilizing sub-cooling at the outlet of the condenser and also to reduce the amount of refrigerant behavior pattern analysis. This approach has created a simple system construction using an integrated condenser/receiver device.

Key Words : Air Conditioning, Sub-cool System, Condenser, Receiver

1. ま え が き

カーエアコンは乗員の快適性、安全性の面で欠かせないものとなっている。しかしこれを使用した場合での車両燃料消費量の増加、またオゾン層破壊のない冷媒 (HFC134a) へ切り替わったものの冷媒自身が地球温暖化へ影響を与えることを考慮すると、省動力化と共に省冷媒化が重要課題となる。本報告では冷凍サイクル挙動を性能・冷媒充填量の観点で概説しこれらの両立をはかるとともに、さらに車両搭載性に優れたサブクールシステムを開発したので報告する。

2. 現状のカーエアコンでの挙動

多くのカーエアコン (日本および欧米の一部) はコンデンサの下流にドライヤおよびフィルタを内蔵したレシーバ、冷媒量をチェックするためのサイトグラスが配置されている (Fig. 1)。

このレシーバは運転条件の変化に伴う冷凍サイクル内余剰冷媒の吸収およびホースなどからの外部への洩

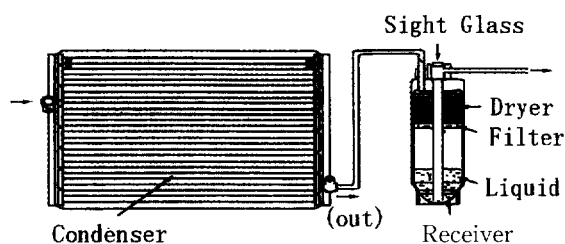


Fig. 1 Current Refrigeration Cycle

れに対し保証する機能を持っており、レシーバ内に液面が形成され完全な液冷媒のみが下流に供給されるまでの冷媒が冷凍サイクルに充填されている。レシーバ出口部が完全液冷媒となる時点での冷媒の存在部位とその内訳を Fig. 2 に示す。これよりレシーバ内冷媒量が全体の約 1/3 と多いことがわかる。レシーバ内には、上部からの流入冷媒により液面が乱れ流出口からガス冷媒が巻き込まれるのを防止するための量 (150 g 強) が含まれているからである。

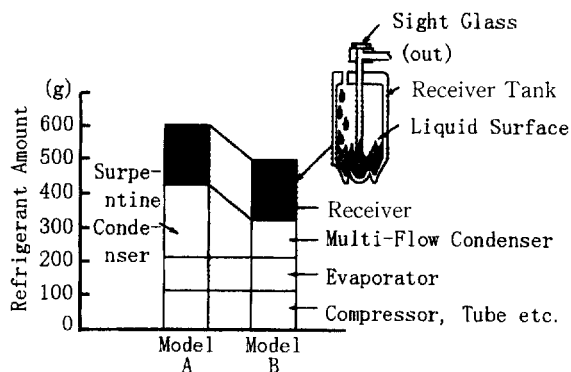


Fig. 2 The Location and Composition of the Refrigerant Amount

この場合レシーバ内では気液が共存しており膨張弁へはサブクールをもたない飽和液冷媒が供給される。この高温液冷媒は膨張弁で減圧される過程で低温になると同時に約 40%の冷房に寄与しないガス冷媒を発生しそれをエバポレータに供給している (Fig. 3)。

サブクールシステムは、膨張弁入口部での高温液冷媒を予め冷却しエバポレータ入口部でのガス発生量を減らすことで冷房能力向上を狙ったものである。 Fig.

*自動車技術会 1997 年春期大会「学術講演会前刷集」No. 312 より転載

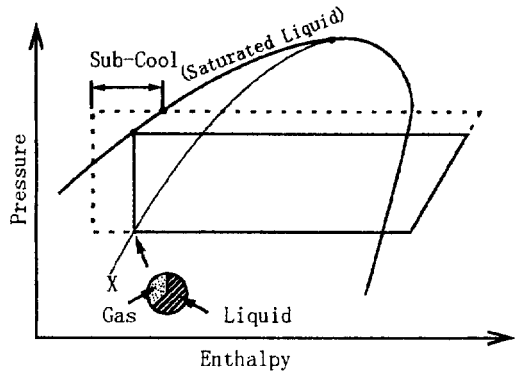


Fig. 3 The Flows into the Evaporator

4に冷媒充填量と冷凍サイクル挙動との関係を示す。レシーバのオーバーフローから50~100g程度の追加充填により、サブクールは8~15°C、冷房性能で5%程度向上できる。

しかしこの状態では運転条件による冷媒量の変動や冷媒の洩れに対し性能の保証がむずかしい。また冷媒充填量が増加し省冷媒化にも反し好ましくない。

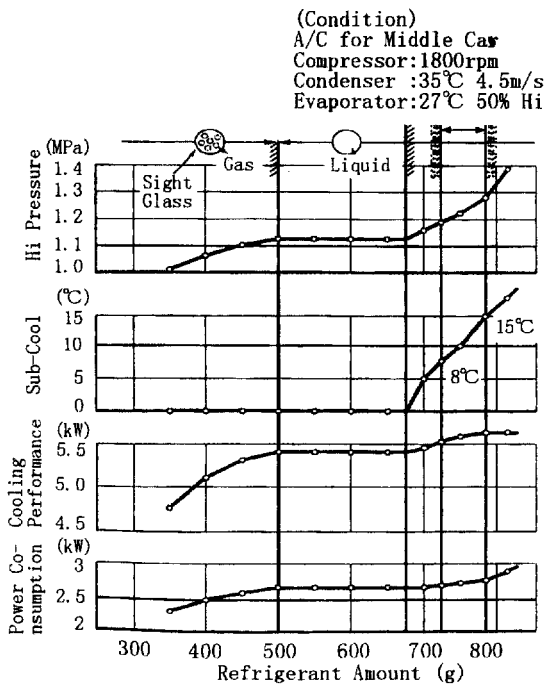


Fig. 4 The Behavior of the Refrigeration Cycle vs Refrigerant Amount

3. サブクールシステムのコンセプト

安定的に性能・品質を保証するために、レシーバはコンデンサ途中に設置しレシーバの下流の冷却部をサブクール部とする。またこのサブクール部の存在によ

りレシーバから多少ガス冷媒が流出しても確実に液化できるため、現状システムで必要としていた冷媒量150g強は不要となる。サブクールサイクル化のために冷媒追加分(50~100g程度)を見込んでいてもトータルでは省冷媒化が期待できる。性能向上と省冷媒化の両立を図るとともに、Fig. 5に示すようにマルチフローコンデンサの片側部を利用しヘッダ(集合管)と一体にレシーバを設置することでコスト、重量、搭載性の向上も図ることが可能となる。

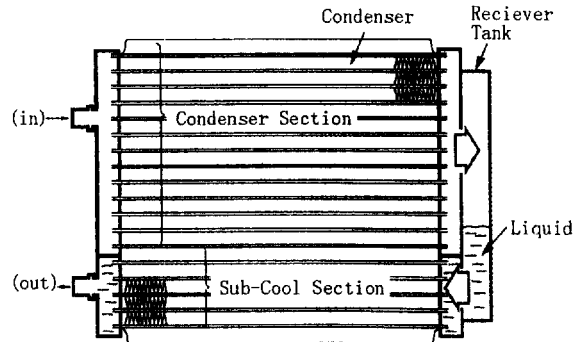


Fig. 5 Concept of Sub-Cool System

4. 最適サブクール割合の検討

シミュレーション計算により検討を行った。冷房能力、成績係数(COP)で見るとサブクール部の最適割合は領域が広く、種々の運転条件を考慮しても15~20%の領域が最適であることがわかる(Fig. 6)。

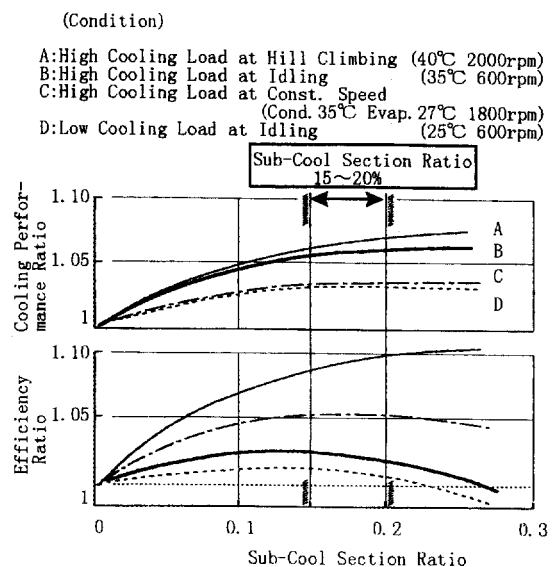


Fig. 6 Concept of Sub-Cool System

5. 液貯め機能の検討

このレシーバをコンデンサのヘッダ部と一体化させ搭載性に優れた形状とするには、小径タンクで液貯め機能をもたせる必要がある。しかし、Fig. 2 に示すようなタンク上部から冷媒を流入させた場合、細長いタンクでは液面は形成されず冷媒充填量に対する安定的なサブクールが得られない (Fig. 7)。

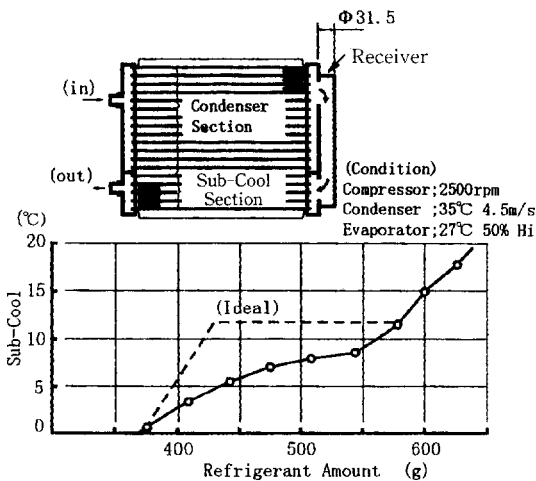


Fig. 7 The Behavior of Sub-Cool vs Refrigerant Amount

そこで冷媒をレシーバタンクの下部から流入させ、流入口の上部空間に液貯め機能をもたせることを検討した。その原理は以下の通りである (Fig. 8)。

- (1) 流入するガスの一部は浮力によりタンク内のガス域に入るが、そのガスは外気により冷却され凝縮し液面があるところでバランスする (Fig. 8-b)。

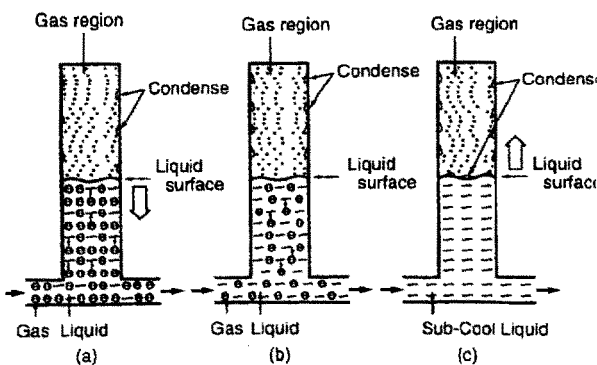


Fig. 8 The Behavior of Liquid Storage Function

- (2) さらに流入するガス量が多くなるとバランスがくずれ液面が押し下げられ、代わりに液冷媒が冷凍サイクル内に供給される (Fig. 8-a)。そして、(1)の状態でもバランスする。

- (3) 流入する冷媒にガスがなくサブクールを持つとタンク内の液が冷却されさらに上部のガスも凝縮され、液面が上昇し冷凍サイクル内の余剰冷媒を貯える (Fig. 8-c)。そして、(1)の状態でもバランスする。

この原理を用いた冷媒の液貯め特性を Fig. 9 に示す。確実に液面が形成され、さらに冷媒充填量の増加分に相当する量がタンク上部に貯められていく様子が確認できた。また液面が存在している間はコンデンサ出口のサブクールが一定に制御されている。

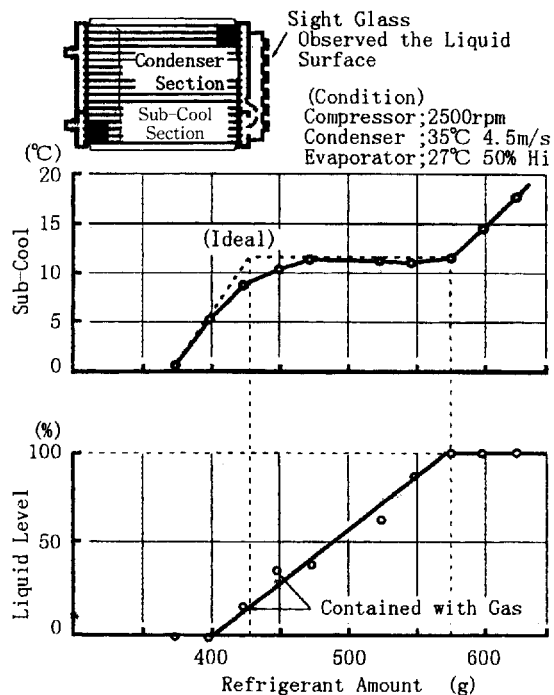


Fig. 9 The Behavior of Sub-Cool vs Refrigerant Amount

6. 製品構想

開発した製品の構造および外観を Fig. 10 に示す。マルチフローコンデンサの片側のヘッダに内径 31.5 mm の細いレシーバタンクを一体ろう付けしてある。ヘッダ内の仕切り板により熱交換器の下部約 20% をサブクール部としている。冷媒流れは凝縮部からレシーバタンク下部に流入させ、そこからサブクール部に流出する。その流入出口の上部が液貯め部となる。

さらに、タンク内には、フェルトの袋に入れられたドライヤとタンク下部の出入口にフィルタを設置し、現状のレシーバと同様液貯め以外の機能も付加してある。冷媒不足のチェックは液配管に配置されたサイトグラスにて行う。

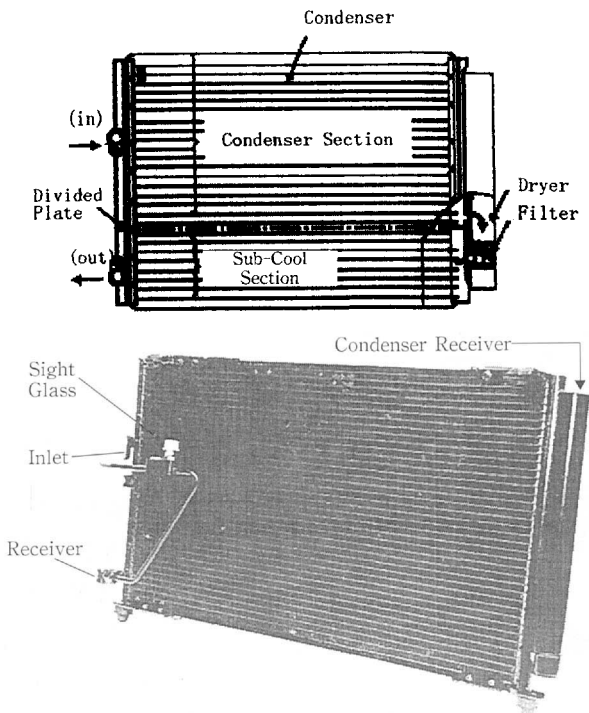


Fig. 10 Structure of Sub-Cool System

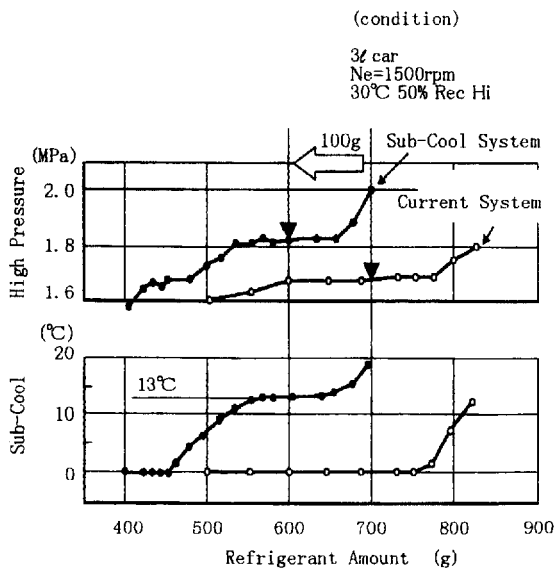


Fig. 11 Refrigerant Amount Characteristic

7. 効 果

従来のシステムと比較して、開発したサブクールシステムの冷媒充填量特性を Fig. 11 に示す。本システムではサブクール約 13°C で安定している。

Fig. 12 に示すように、このサブクールシステムにより 5% の冷房性能向上が図れる。これは実車クールダウン 15 分後において吹き出し温度約 1.5°C、室温約

1°C 低下分に相当する。また従来システムと同一冷房性能となるようにコンプレッサの吐出量を低減した場合では 10% の省動力が図れる。さらに、Fig. 11 に示すように平均で 100 g の省冷媒化も達成できる。

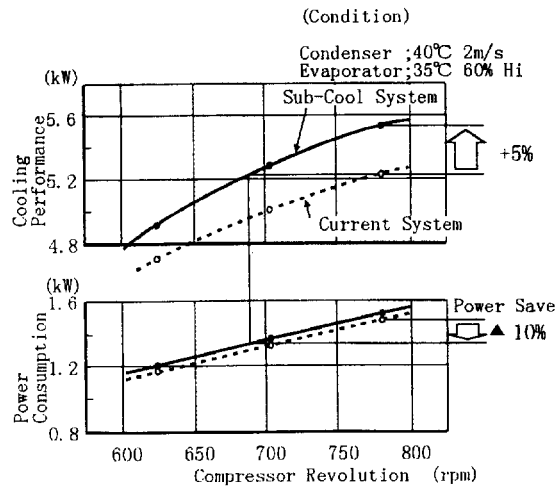


Fig. 12 Effect of Sub-Cool System

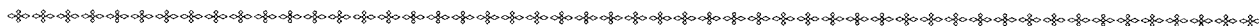
8. ま と め

カーエアコンの高効率化と省冷媒化の両立を図ったサブクールシステムを開発した。

これはコンデンサの冷媒流路途中に液貯め機能をもたせ、その下流の冷却部で液を冷却しサブクールをもたせるシステムである。この液貯め機能は、小径のタンクとしてマルチフローコンデンサのヘッダと一体化させたため車両への搭載性にも優れている。これは、小径タンクでも冷媒流れの上部の空間を液貯め部として利用することにより液貯め機能として成立することを見出したことによる。

参考文献

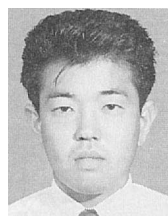
- 1) Toshio Hirata : "Automotive Air Conditioning system Using HFC-134a Comparison of Refrigeration Cycle Characteristics of CFC-12 and HFC-134a"; SAE 930229
- 2) J. R. Morley : "Trends in Environmental Issues and Implications for Automotive Air Conditioning"; C496/006/95, UTMS, London"



〈著 者〉



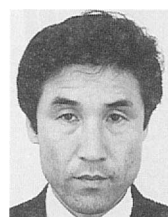
松尾 弘樹 (まつお ひろき)
冷暖房開発1部 開発1
カーエアコン用冷凍サイクル技術
開発に従事。



坪子 俊夫 (つぼこ としお)
冷暖房技術1部 設計1課
カーエアコンシステム設計に従
事。



山中 康司 (やまなか やすし)
冷暖房開発1部 開発1
カーエアコン用冷凍サイクル技術
開発に従事。



西村 要二 (にしむら ようじ)
トヨタ自動車株式会社第1ボデー
設計部第11内装設計室室長
自動車内装部品の設計業務に従
事。



都築 薫 (つづき かおる)
冷暖房開発2部 開発31
カーエアコン用コンデンサの設
計・開発に従事。