

特集 内外気 2 層エアコンユニット*

Two Layer Flow Air Conditioning System

宮嶋 則義

Noriyoshi Miyajima

四方 一史

Kazushi Shikata

上村 幸男

Yukio Uemura

内田 五郎

Goro Uchida

加藤 行志

Yasushi Kato

We aimed at the reduction of the ventilation loss which accounts for 60% of the heating load, because we corresponded to the decline of the vehicle air conditioning heat source which accompanies mileage improvement. And we developed a new type air conditioning system - "Two layer flow air conditioning system" - which spouts fresh introduction air in the window neighborhood to good demist performance and recirc. introduction air in the footing. The system made the reduction by half of the ventilation loss and the 5 °C room temperature rise possible by it.

Key Words : Air Conditioning, Heater, Ventilator, Two Layer Flow, Ventilation Loss, Recirc. Air

1. まえがき

自動車における暖房は、エンジンの廃熱である温水（エンジン冷却水）を利用している。そのため、車両燃費の向上に伴う水温の低下は、暖房性能の低下につながる。そこで、近年登場しはじめた省燃費車には、特に燃費を消費しない暖房性能向上技術が求められている。本報では暖房熱負荷の大部分を占める換気損失の低減を狙いとし、積極的に内気を再循環させる内外気 2 層エアコンユニットを紹介する。

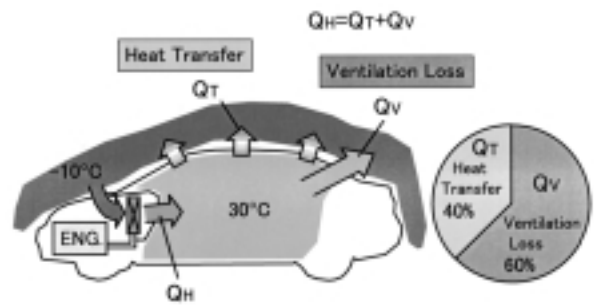


Fig.1 The ratio of heating load

2. 換気損失低減の効果と課題

車室内の熱バランスは、ヒータの温風により室内に与えられる熱量QHが、ルーフやウィンドウなどポデーからの伝熱により失われる伝熱負荷QTと冷たい外気を導入することによる換気損失QVに釣り合っている。通常暖房時は、窓の曇り防止として低湿度な冷たい外気を導入するために、結果として暖かい室内空気を放出することになり、この換気損失が暖房熱負荷の約60%を占める。(Fig.1)

従来より、吸込空気に内気を混入して換気損失を低減する手段が知られており、その効果は内気割合を増加させるに従い室温は上昇し、内気50%では+5 °Cとなる。しかし、この場合、湿度の高い空気が上部より吹き出すことにより、フロントウィンドウの晴れ性能は著しく劣り、十分な晴れ性能を確保できない。このような理由から、これまで一部車両で実績のある内気混入は20%程度が限界であり、それ以上の内気混入では防曇性能の確保が最大の課題となる。(Fig.2)

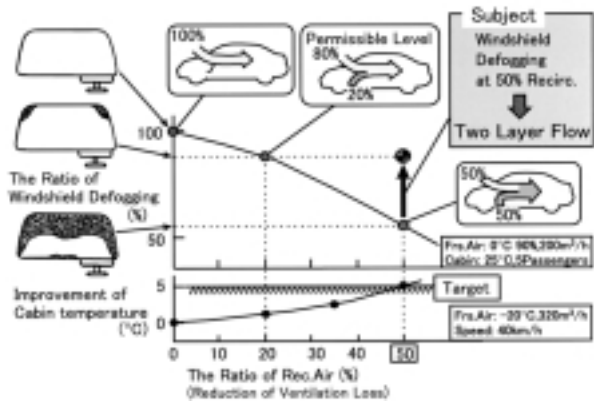


Fig.2 The effect of the ventilation loss reduction

3. 内外気 2 層流れの考え方

この課題を解決するため、車両の上層には外気を、足元には内気を循環させる内外気 2 層流れが実現できないかと考えた。これは、新鮮で低湿度な外気による防曇性の確保及び乗員のフレッシュ感の維持と、暖かい内気を足元に吹き出すことによる暖房性能の向上と

(社)自動車技術会の了解を得て、1998年春季大会学術講演会前刷集No.150より加筆転載

の両立(暖房熱負荷の30%低減)を狙ったものである。(Fig.3)

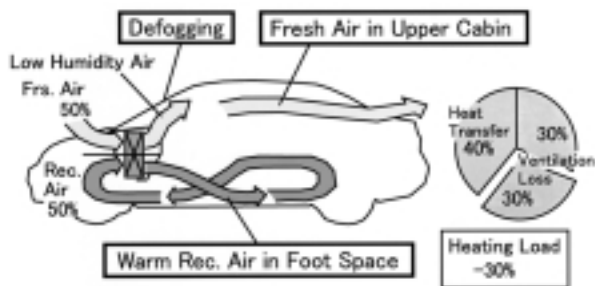


Fig.3 Concept of two layer flow

4. 内外気 2 層流れの可能性検証

まず、シミュレーションにて内外気 2 層流れの実現性を検証した。通常の外気モードでは上層、下層共後部までスムーズに気流が流れており、快適な暖房感が得られることがわかる。一方内気モードでは、気流がショートサーキットして後席の暖房性が低下してしまう。これに対し内外気 2 層流れは、上層の外気が後部まで流れるとともに足元の内気も後席までしっかり到達しており、狙いどおり 2 層流れが実現できることが予想された。(Fig.4)

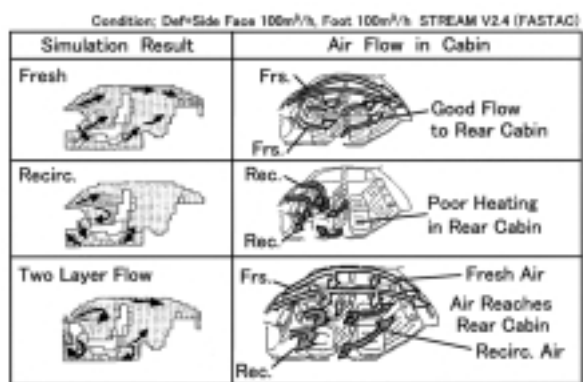


Fig.4 Two layer flow : simulation model

次にプロト品を使用し、実車にて防曇効果を確認した。単純に外気と内気を混入した半内気ではフロントウィンドウが広範囲に曇るのに対し、内外気 2 層流れでは十分な視界が確保されている。また、フロントウィンドウ近くの湿度も低く、防曇効果は全外気並みであることが確認された。(Fig.5)

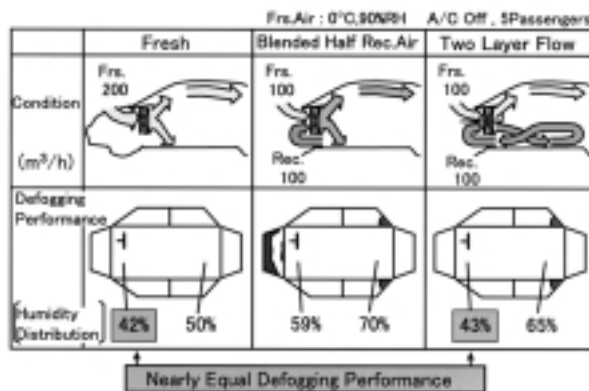


Fig.5 Two layer flow : vehicle model

5. 内外気 2 層ユニットの技術課題

従来のユニットでは外気と内気を切り換えて、ファンへ一方から吸い込ませるのに対し、内外気 2 層ユニットでは 2 層流れを実現するため、ファンの片側から外気を、もう一方から内気を吸い込む両吸い込みタイプのファンが必要となる。また、エアコンユニット内部をファンスクロール部からヒータユニット出口まで外気層と内気層とに仕切らなければならない。しかし、ファンは回転体であり、また、製造上のバラツキもあることより、仕切りに隙間が生じ、内気が外気層に混入することが考えられる。車両の防曇性を確保するため、この内気の混入を抑止することが内外気 2 層ユニットの重要な課題となる。(Fig.6)

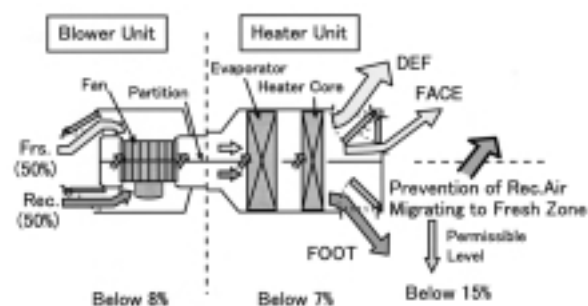


Fig.6 Main subject of two layer flow A/C unit

6. 送風機仕様

まず、送風機について仕様検討を行った。回転体であるファンと仕切り板との隙間は、ファンの振れ等を考慮すると 3.5mm 程度必要であり、外気層への内気混入は大きなものになってしまう。ここで、車速によるラム圧が加わると外気側の圧力が高くなり、内気の外気層への混入を抑制する方向に働くので、アイドリ

ング状態が最も厳しい条件になる．そこで内気と外気の仕切り性の向上を狙い，ファンの直径を変える段違いファンを考案した(Fig.7)．大径側のファンの与える圧力を P_1 ，小径側を P_2 とし，2つのファンの直径差を段違い度で表す．段違い度を増加させると内気混入率は大きく低減し， $P_1 = P_2$ において破線のようになるが，大径側を外気とし，圧力を高め $P_1 > P_2$ とすることにより更に実線まで混入率を低減することができた．実際の製品では，余裕をみて段違い度18を選定した．

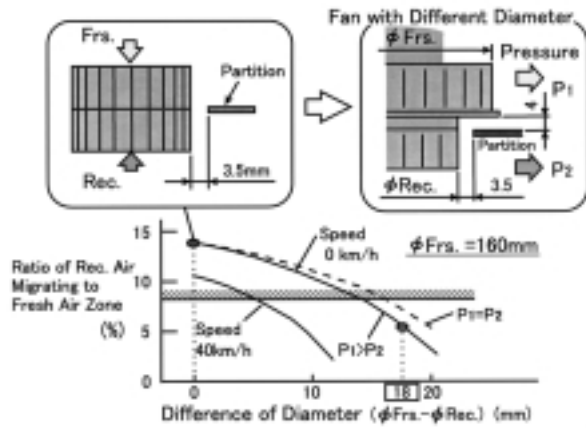


Fig.7 The basic spec of blower unit

しかし，送風機のレイアウトによっては，小径側のファンより外気を吸い込ませる必要性も考えられる．この場合，径の大きい内気側の圧力 P_2 が外気側の圧力 P_1 を上回り，内気混入率が增大する．そこで，ファンのブレードにより内気側圧力の低下を図った．ブレードの出口部の接線と回転方向の接線のなす角を出口角と呼び，この出口角を大きくするに従いファンの与える圧力が低下することが知られている．今回内気側の出口角を通常の 20° から 30° と大きくすることにより圧力 P_2 を P_1 より小さくし，内気混入率を低減させることができた．(Fig.8)

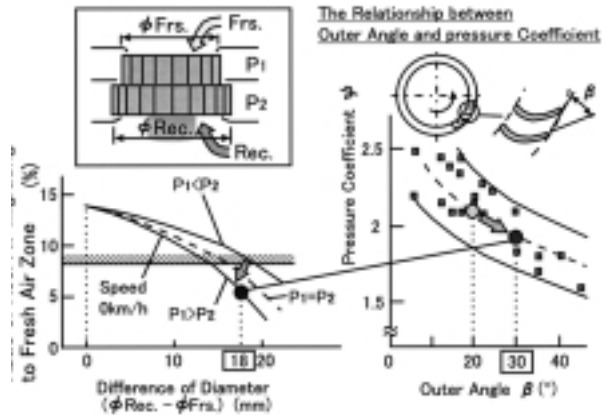


Fig.8 Another type blower

7. ヒータユニット構造

次に，ヒータユニットの仕切りについて検討する．従来からよく用いられてきた横置き構造のユニットは，Fig.9のようにになっている．これは平面視を表したものであるが，エアミックス(A/M)ドア(ヒータコアへ流す風とバイパスさせる風の割合を制御し，吹き出し温度をコントロールする)の中央に仕切りを挟み込む構成とすることにより，外気層と内気層を比較的容易に分割することが可能であった．

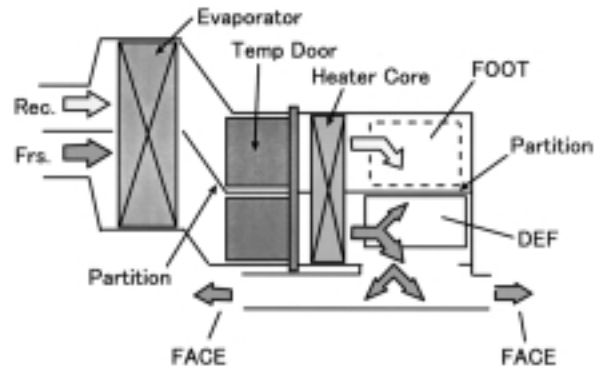


Fig.9 Side series layout

しかし，乗用車系で広く用いられるセンタ置きユニットでは，上部に流れる冷風とヒータコアを通り下側から上部に流れる温風がミックスして吹き出す構造となっているため，単純に上下に内外気を仕切ることは困難である．すなわち，冷温風を振り分けるA/Mドアと仕切りが干渉したり，ヒータコア後の温風が行き止まり形状になったりする．(Fig.10)

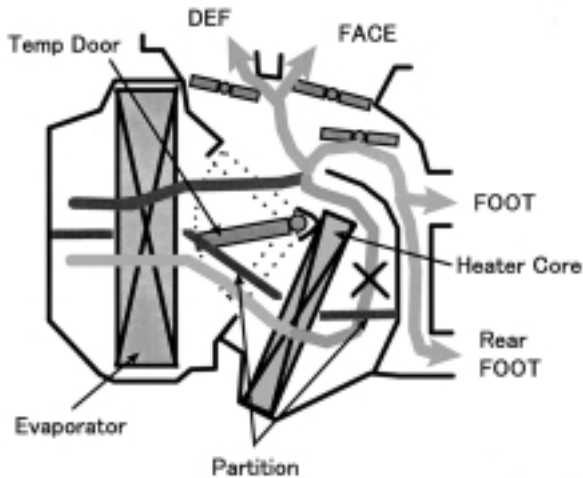


Fig.10 Semi-center layout

ここで、内外気2層流れの目的を考えてみる。これは熱源不足対応の技術であり、能力不足時のみ必要となるものである。従って、能力をコントロールするA/M使用状態では不要であり、最大暖房時のみ2層流れとすればよい。そこで、Fig.11-aの構成を考案した。A/M部にサブA/Mドアを追加し、最大暖房時には2層流れの仕切りとなるようにした。また、ヒータコア後流に2層用フットドアを追加し、2層流れ時には仕切りにするとともにバイパス通路を開き、ここから温風を足元へ吹き出す構成とした。

一方、A/M状態ではこれまでと同様に上部で混合し、均一な温度とした後、吹き出すことが可能である。(Fig.11-b)

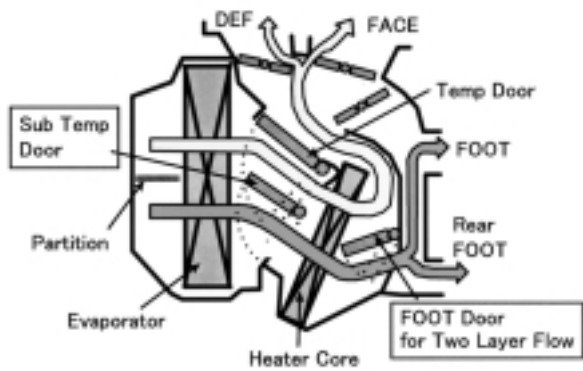


Fig.11-a Semi-center two layer flow unit

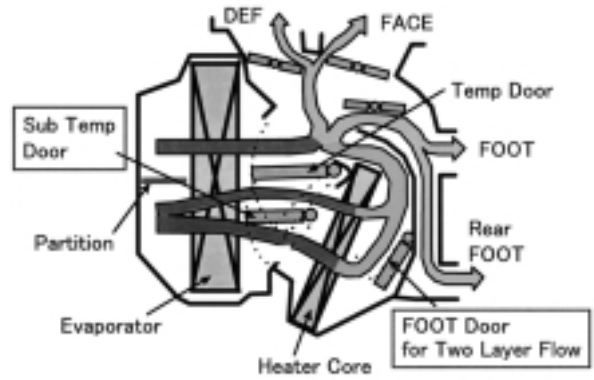


Fig.11-b A/M control position

8. 内外気2層ユニットの作動

内外気2層ユニットの作動は暖房性能を必要とするモードのみとした。すなわち暖房感を優先する最大暖房ポジションでかつ、フットまたはフット/デフポジションのみを内外気2層モードとし、防曇性を優先するデフポジションあるいは温度コントロール状態では、内外気2層をキャンセルし、従来と同様とする。(Fig.12)

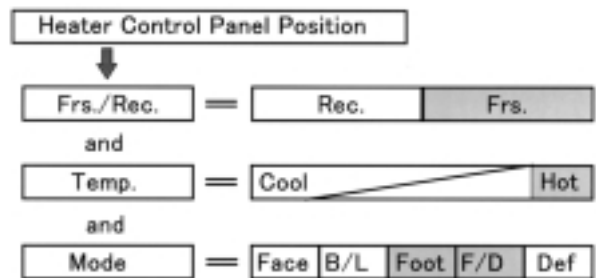


Fig.12 Two layer flow conditions

代表的な作動パターンを以下に示す。フット吹き出しでは、ウオームアップ時、内外気2層流れとなる最大暖房ポジションから始まり、次に外気吸込みに切り換わり、更に温度コントロール領域へと移っていく(Fig.13-a,b,c)。また、冷房時の吹き出しモード、例えば、フェイス吹き出し・内気・最大冷房ポジションなどは従来と同様に作動する。(Fig.13-d)

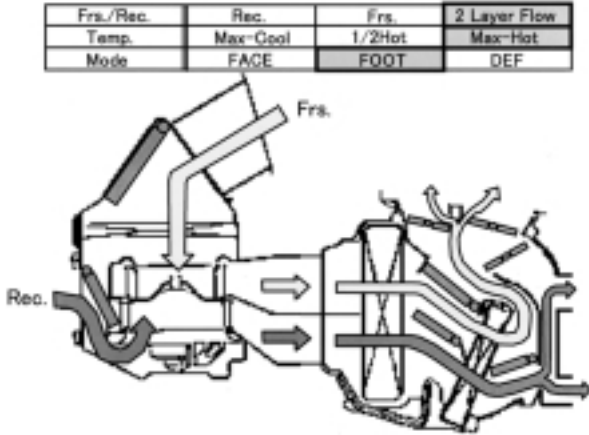


Fig.13-a Foot mode : two layer flow,max-hot

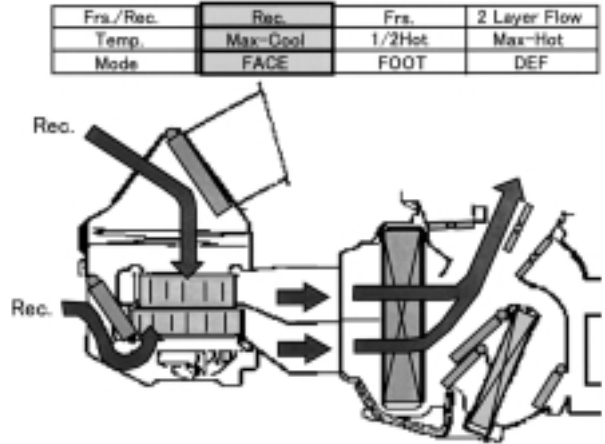


Fig.13-d Face Mode : Frec., max-cool

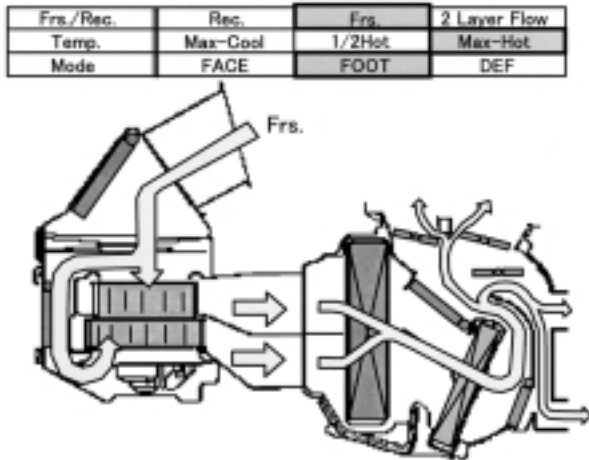


Fig.13-b Foot mode : frs., max-hot

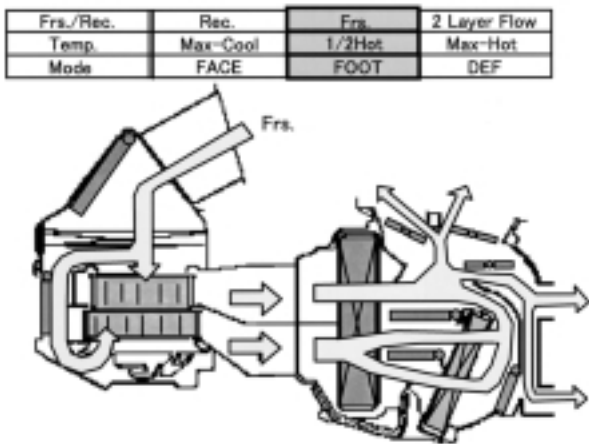


Fig.13-c Foot mode : frs., 1/2-hot

9. 実車性能

内外気2層ユニットの実車での効果をFig.14に示す。これはコールドソーク後の結果であるが、30分後、水温・吹き出し温度ともに約10℃上昇し、その結果室温+約5℃と十分な暖房性能の向上効果が得られた。

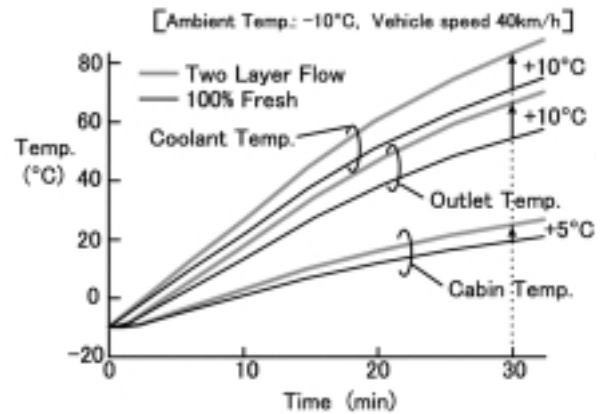


Fig.14 Heating capability

次に防曇性能の評価結果についてFig.15に示す。これは最も防曇性の厳しいミニバンタイプでの風洞評価結果である。外気モードとの有意差をみるため、乗員10名分の加湿という通常よりも厳しい条件で比較しているが、40km/h、高速の100km/hいずれにおいても、内外気2層システムは従来の外気導入システムと比較し、防曇性に遜色がないことが確認できた。このほかさまざまな条件での走行評価を実施し、十分に市場適合性があることを確認している。

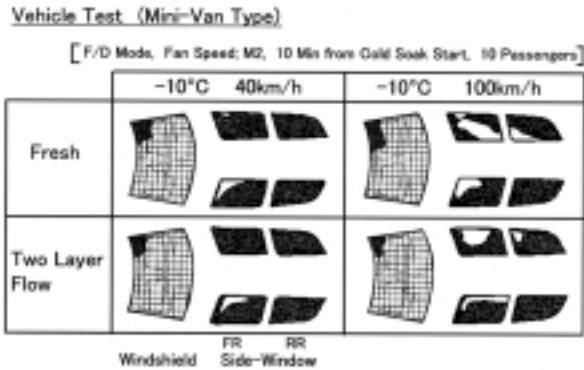


Fig.15 Defogging performance

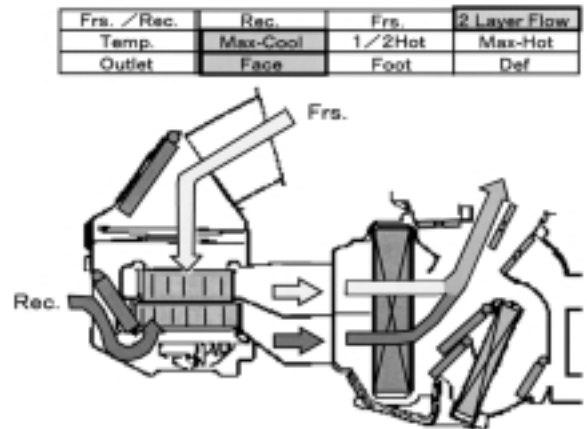


Fig.16 Face mode : two layer flow, max-cool

10. 夏期における省動力効果

夏期の空調においても冬期と同様に換気損失が冷房負荷に大きな影響を与えており、本ユニットは夏期のエアコン省動力に対する波及効果も期待できる。

従来の空調においても乗車直後の過渡的なクールダウン時には内気モードにして換気損失を防ぐことが可能であるが、定常状態においては、二酸化炭素濃度の上昇などによる空気質の悪化を防止するために外気モードを選択することになる。この結果、冷房負荷の約50%を換気負荷が占める。ここで、この内外気2層エアコンユニットでは夏場のフェイスモードにおいて、Fig.16のように内外気2層ポジションを用いるこ

とにより、内気の50%混入が可能となり換気損失を半減することができる。この結果、冷房に用いる消費動力の約25%を低減することができる。

11. むすび

換気損失を低減をすることにより、暖房性能を大幅に向上させた「内外気2層エアコンユニット」を世界で初めて開発した。このユニットは、トヨタ「プリウス、ランドクルーザー100、EV(RAV4)」に搭載されている。

< 著 者 >



宮嶋 則義
(みやじま のりよし)

冷暖房開発1部
 カーエアコンの室内ユニット関連の新技术開発に従事。



内田 五郎
(うちだ ごろう)

トヨタ自動車(株)第2ボデー設計部
 空調部品的设计に従事。



四方 一史
(しかた かずし)

冷暖房開発1部
 カーエアコンの室内ユニット関連の新技术開発に従事。



加藤 行志
(かとう やすし)

トヨタ自動車(株)第1車両技術部
 暖房性能向上、車室内空気質向上技術の開発に従事。



上村 幸男
(うえむら ゆきお)

冷暖房開発1部
 カーエアコンの室内ユニット関連の新技术開発に従事。