

○潮木 知良 川崎 たまみ 京谷 隆 (鉄道総合技術研究所)

今岡 憲彦 (総合車両製作所)

A study on odorous chemicals and sources in new train vehicles

○Tomoyoshi Ushioji, Tamami Kawasaki, Takashi Kyotani,

(Railway Technical Research Institute)

Norihiko Imaoka, (Japan Transport Engineering Company)

The odor in train vehicles is one of the important factors that affect the comfort of railway train vehicles. In this study, volatile chemicals that affect the odors in new train vehicles were investigated in a new train vehicle, through the beginning and the last step of manufacturing a new train vehicle. As a result, acetophenone, 2-phenyl-2-propanol and benzyl alcohol were decided as major odorous chemicals that affected the impression of "odors in new train vehicles". Acetophenone and 2-phenyl-2-propanol were emitted from electric cables, and benzyl alcohol was emitted from floor materials in train vehicles.

キーワード : におい、鉄道車両、快適性

Key Words : Odor, Train vehicle, Comfort

1. はじめに

鉄道車両の快適性を考える上で、車内のにおいは重要な因子の一つである。車内の主なにおいとして、新製時の特長においである「新車臭」が挙げられる。新車臭は、車両の製造過程において使用する接着剤や部材等が主な発生源であり、これまで、新車臭に含まれる揮発性有機化合物 (VOC) に対して、低 VOC の接着剤を使用する等の取り組みが実施されてきた。一方、においには嗜好性があり、人によっては不快に感じることもあると思われることから、公共性の高い鉄道では、においの質を問わず、においを少なくすることが、より快適な車内空間の提供に繋がると考えられる。

新車臭は、車両の製造過程において発生することから、においが製造のどの段階でどこから発生しているかを明らかにすることにより、効果的な低減策を検討することが可能であると考えられる。そこで、本研究では、実際に工場内で製造中の車両における客室内のにおい物質と、車両に使用される個々の内装材や接着剤等から放出されるにおい物質を調査し、新車臭の全体像の把握を試みた。

2. 試験概要

2.1 実車測定

測定車両は、2009 年度に東急車輛製造 (現総合車両製作所) 内で新造中であった一般的な通勤型車両 (東京急行電

鉄 7000 系車両) を対象とした。車両の製造工程を、表 1 に示すとおり構体組立てから完成までの 5 段階に区分し、各工程の施工後、客室内のにおい物質を採取した。におい物質の採取と分析は、固相マイクロ抽出-ガスクロマトグラフ質量分析法 (SPME-GCMS 法) ¹⁾ により行った。まず、採取器具 (SPME ファイバー) を車両中央部中央扉の床面からの高さ 20cm および 150cm に設置し、吸着部を 3 時間露出して客室内のにおい物質を吸着させた。採取の状況を図 1,2 に示す。採取後、SPME ファイバーに吸着したにおい物質をガスクロマトグラフ質量分析法 (GCMS 法) で分析した。なお、工場内ではさまざまな揮発性物質が使用されており、周囲の空気環境から受ける影響が大きいと考えられたため、におい物質の採取は、車両をクライメート試験設備に収納して行った。クライメート試験設備は、車両 1 両を収納して各種の性能試験等を行うための設備で

表 1 実車測定の工程区分

工程	工程の概要
工程 1	構体組立て
工程 2	内部骨組塗装、アンダーシール、側面断熱材取付け
工程 3	床詰め物、床敷物、天井断熱材取付け
工程 4	ガラス、室内配管、配線および天井配線取付け
工程 5	内張り板、設備品取付け (完成)

あり、密閉構造に近いことから周囲の空気環境からの影響を受けにくいという利点がある。

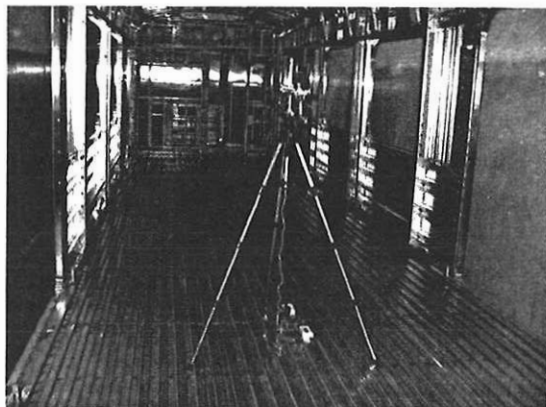


図1 車内において物質の採取状況（工程1）

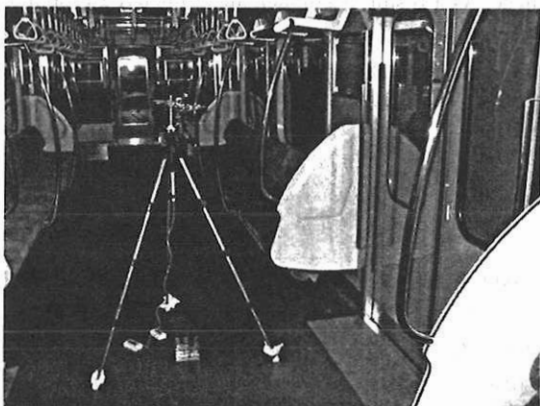


図2 車内において物質の採取状況（工程5）

2.2 試験片測定

(1) 試験片

車両の内装に使用する部材、シール剤、接着剤、電線等のうち、表2に示す23種類について試験片を作成した。試験片は、平板状のものは15cm×15cmにカットしたもの、シール剤および接着剤はこのサイズのステンレス板に塗布したもの、電線は表面積が450cm²となる長さにカットしたものを作成した（図3）。

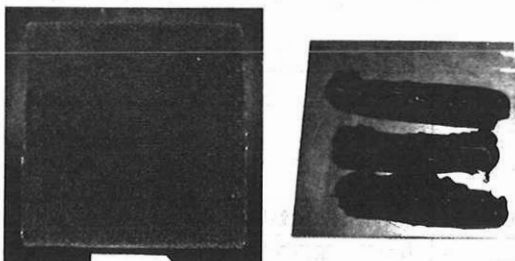


図3 試験片の例（左：座席、右：シール剤）

(2) 試験方法

図4に示す試験装置を製作し、試験片から放出するにお

表2 試験片の概要

種類	部位、用途
部材	・座席（座面） ・床詰め物 ・床敷物（2種類） ・断熱材（2種類） ・天井風道 ・内張り板 ・ソデ仕切 ・窓キセ ・結露防止材（天井風道用） ・カモイ
シール剤 接着剤	・屋根・床の止水用シール ・天井・妻部止水用シール ・結露防止材用シール ・側引戸ガラス周囲用シール ・妻部・戸袋用断熱防振シール ・結露防止材用接着剤 ・内張り板・天井用接着剤 ・床敷物用接着剤 ・天井・妻部用接着剤
電線	・φ9mm ・φ4mm

い物質を採取した。試験片をチャンバー（20L ステンレス容器）に収納した後、エアポンプを用いて活性炭を通した空気（無臭空気）をチャンバー内に吹き込み、チャンバー内の空気を無臭空気で置換した。その後、通気を停止すると同時に上面からSPMEファイバーを挿入し、吸着部を3時間露出して試験片からチャンバー内に放出されるにおい物質を採取した。

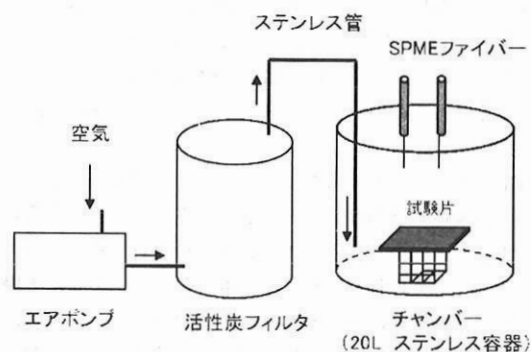


図4 試験装置概要

3. 試験結果

3.1 実車測定結果

各製造工程の車内空気中に存在するにおい物質の分析結果（ガスクロマトグラム）を図5に示す。図の横軸は検出時間をあらわす。検出時間は物質ごとに固有であり、同じ

物質であれば同じ検出時間にピークが出現し、検出時間と分子量情報から物質の種類を推定することができる。縦軸はピーク強度をあらわし、濃度が高くなるとピーク強度が高くなる傾向がある。ピーク強度から直接濃度を算出することはできないが、濃度変化を相対的に比較することができる。

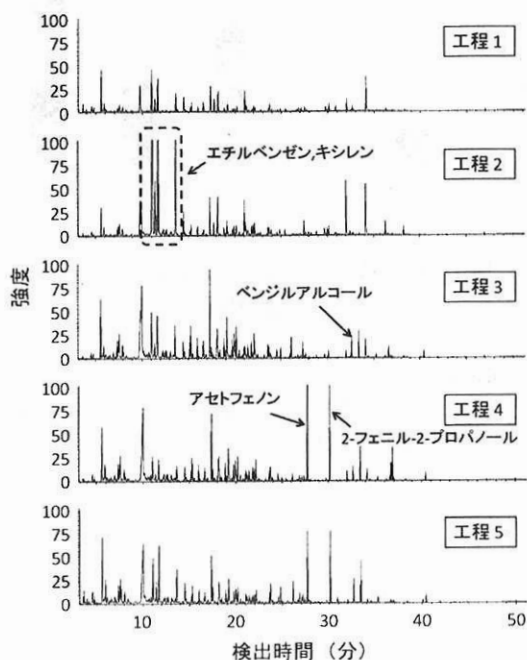


図5 実車測定結果

図5に示す各工程の測定結果を比較すると、工程によって出現するピークが異なった。これは、各工程で使用されるシーラ剤や新たに取り付けられる部材等によって、客室内に放出されるにおい物質が異なることを示している。また、工程間で明らかな増減が見られた主な物質について、ピーク面積を比較したところ、工程の初期（工程2）でエチルベンゼン、キシレン等の増加が見られたが、その後の工程で減少傾向を示していることがわかった。一方、工程の後期（工程3以降）に増加が見られたベンジルアルコールやアセトフェノンは、その後の工程でも継続的に検出される傾向を示した。

3.2 試験片測定結果

試験片測定の結果、表3に示すとおり、内装材等の試験片では、部位ごとに検出されるにおい物質が異なり、それぞれ特徴的なにおい物質を把握することができた。なお、内張り板、窓キセ、カモイからはにおい物質がほとんど検出されなかった。一方、シーラ剤や接着剤のうち、天井・妻部止水用シーラからはシクロヘキサノンが特徴的に検出されたが、その他は主にエチルベンゼン、キシレン等が検出されるものが多かった。

表3 試験片測定で検出された特徴的なにおい物質

種類	部位、用途	特徴的なにおい物質
部材	座席(座面)	2-エチル-1-ヘキサノール
	床詰め物	ベンジルアルコール
	床敷物	2-エチル-1-ヘキサノール、ジエチレングリコールモノメチルエーテル、フェノール
	断熱材	2-エチル-1-ヘキサノール
	天井風道	スチレン
	内張り板	
	ソデ仕切	フェノール
	窓キセ	
	結露防止材	ドデカン、トリデカン
シーラ剤 接着剤	カモイ	
	屋根・床の止水用シーラ	トリメチルベンゼン
	天井・妻部止水用シーラ	シクロヘキサノン
	結露防止材用シーラ	エチルベンゼン、キシレン
	側引戸ガラス周囲用シーラ	ウンデカン、キシレン
	妻部・戸袋用断熱防振シーラ	エチルベンゼン、キシレン
	結露防止材用接着剤	エチルベンゼン、キシレン
	内張り板・天井用接着剤	tert-ブチルフェノール
	床敷物用接着剤	4-メチル-2,6-ジ-tert-ブチルフェノール
電線	天井・妻部用接着剤	エチルベンゼン、キシレン
		アセトフェノン、2-フェニル-2-プロパノール

3.3 発生源の推定

3.1の結果から、工程間で明らかな増減が見られた物質について、実車測定と試験片測定の結果をあわせて検討し、発生源となる部材の推定を試みた。

3.3.1 放出が一時的とみられるにおい物質

実車測定の工程2では、骨組塗装やアンダーシーラ施工等、有機溶剤の揮発を伴う作業が行われた。この工程で客室内から検出された主な物質は、強い刺激臭を有するエチルベンゼン、キシレン等であった。そのうち、エチルベンゼンについて、各工程で得られたピーク面積を比較した(図6)。その結果、ピーク面積はシーラ剤等を使用した工程2のみで大きくなった。この傾向はキシレンについても同様であった。従って、有機溶剤の放出は一時的なものであり、車両の完成時のにおいには関与しないと思われた。また、試験片測定の結果から、エチルベンゼンやキシレンはシー

ル剤や接着剤に由来すると推定され、他の部材や電線等に発生源と思われるものはなかった。

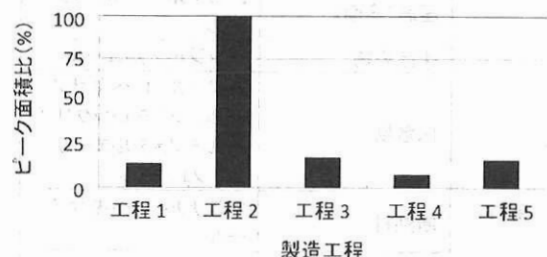


図6 実車測定におけるエチルベンゼンのピーク面積比較

3.3.2 放出が継続的とみられるにおい物質

工程3以降でピーク面積が増加した物質のうち、アセトフェノン、2-フェニル-2-プロパノール、ベンジルアルコールは、車両の完成時（工程5）にかけて減少する傾向を示さず、施工後も継続的に放出されていることがわかった。これらの物質の主な発生源は、表3より、アセトフェノンと2-フェニル-2-プロパノールは電線、ベンジルアルコールは床詰め物であると推定した。

(1) 電線に由来するにおい物質

図7に実車測定における工程ごとのアセトフェノンのピーク面積を示す。アセトフェノンのピーク面積は工程4で増加し、客室内に天井配線等を施工した工程と一致した。2-フェニル-2-プロパノールについても同様であった。さらに、アセトフェノンと電線との関連性を調べたところ、電線の被覆材を製造する際の副生成物として被覆材内に残留し、徐々に放出される可能性があることがわかった。また、アセトフェノンのにおいは、新車臭そのものに近いと感じられ、新車臭の代表成分であると考えられる。なお、アセトフェノンには独特の爽快感のある香りがあり、石鹸やシャンプー等の香料としても使用されている。そのため、この物質が新車臭の代表成分になることにより、新車臭が好意的に捉えられる場合があるとも推測される。

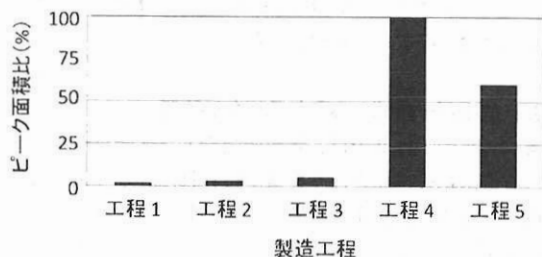


図7 実車測定におけるアセトフェノンのピーク面積比較

(2) 床詰め物に由来するにおい物質

図8に実車測定における工程ごとのベンジルアルコールのピーク面積を示す。ベンジルアルコールのピーク面積は工程3で増加し、床詰め物を施工した工程と一致した。この物質もアセトフェノンと同様に化粧品や石鹸等に使用さ

れている。この物質が施工後の工程においても継続的に放出される要因は、この物質を含む床詰め物が床敷物で覆われ、僅かな空隙から徐々に放出されるためであると考えられる。また、この物質は香料の保留剤に利用されているなど、揮発を緩やかにする性質があることも要因の一つであると考えられる。

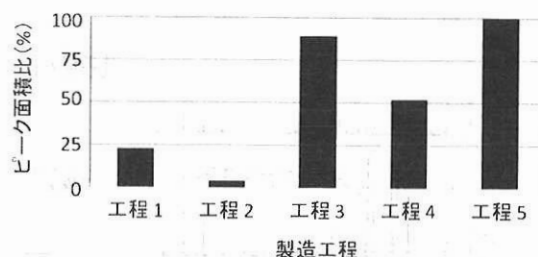


図8 実車測定におけるベンジルアルコールのピーク面積比較

4. まとめ

以上の結果から、新車臭は、電線を主な発生源とするアセトフェノン等と、床詰め物を主な発生源とするベンジルアルコールで形成されていると推測した。一方、シール剤や接着剤等を発生源とする、エチルベンゼン、キシレン等の強い刺激臭のある有機溶剤は、放出する期間が一時的であり、車両完成時にはほとんど放出されず、新車臭への寄与は小さい。

新車臭の低減方法としては、主に電線と床に重点を置き、臭気を有する物質の放出が少ないものを検討することなどが効果的であると考えられる。特に、電線については被覆材の種類によってアセトフェノンがほとんど含まれないものもあり、電線の選択によって臭気を低減することが可能である。

本研究の結果から、車両の製造工程で放出するにおい物質と、その物質の放出が一時的か継続的かについて明らかとなった。また、各部材等から放出するにおい物質と、その物質が車内空間に与える影響についての知見も得ることができた。これにより、新車臭の低減策について部材レベルで検討することが可能になったと考える。

さらに、本研究の結果をベースとして、営業使用後、一定期間が経過した後に同様の調査を行うことにより、経年による変化を把握することができる可能性があり、これらの知見は車内の快適性を長期的に維持管理する上で役立つものになると考えられる。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご協力をいただきました東京急行電鉄株式会社様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 京谷隆, 川崎たまみ, 潮木知良, 早川敏雄: 駅構内における揮発性物質分析手法, 鉄道総研報告, vol. 23, No.7, pp.29-32, 2009.