

# 雪に埋没した乗用車内における空気環境

(独) 土木研究所寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○山崎 貴志  
小宮山一重  
牧野 正敏

吹きだまりや視程障害などで自動車の走行が困難となり停止した場合、さらなる吹きだまりや降雪により車両が雪に埋もれることがあり、車内への排気ガス流入が原因と考えられる一酸化炭素中毒事故も発生している。このような事故を防止する対策の検討資料とするため、排気ガス成分である一酸化炭素等の車内における濃度時間変化を、車両周囲の積雪深や空調設定等の条件を変えて計測した。その結果、埋雪深が深いほど一酸化炭素中毒の危険性が増加し、数分で危険な状態となる場合や、条件によっては酸素欠乏の危険性が生じることがわかった。また、車両が雪に埋もれた場合に注意すべきことについて考察を行った。

キーワード：排気ガス、一酸化炭素中毒、埋雪、空気環境

## 1. はじめに

冬期の積雪地域では、吹雪により道路上に発生する吹きだまりや吹雪による視程障害により自動車の走行が困難となり立ち往生する場合がある。立ち往生が長時間継続した場合には、さらなる吹きだまりや降雪により車両が雪に埋もれてしまうことも少なくない。さらに、吹きだまりに埋もれた車両において、キャビン内への排気ガス流入が原因と考えられる一酸化炭素中毒事故も発生している。

本件では、このような事故を防止する対策を検討するための基礎資料として、雪に埋もれた車両のキャビン内における、排気ガス成分である一酸化炭素等の濃度時間変化を、車両周囲の積雪深や空調設定等の試験条件を変えて計測することにより、排気ガスがキャビン内の空気環境へ与える影響について考察を行った。また、車両が雪に埋もれてしまった場合に注意すべきことについて考察を行った。

排気ガスの成分ではないが、濃度低下が人体へ大きく影響する酸素についても濃度計測を行った。

### (2) 使用機器

試験車両は、軽自動車として三菱ミニカ（H32V、初度登録平成9年）、小型自動車としてトヨタビスタ（SV43、初度登録平成8年）を使用した（写真-1）。なお、軽自動車についてはフレームの一部に腐食による開口があり、また、排気管途中からの排気ガス漏れがあった。

計測機器は CO 濃度計として Lascar Electronics EL-USB-CO、CO<sub>2</sub>濃度計として株式会社 FUSO TES-1370、酸素濃度計として理研計器株式会社 GX-2009 を使用した。



写真-1 試験車両

## 2. 空気環境試験

### (1) 計測項目

排気ガスの成分には、一酸化炭素(CO)、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、炭化水素(HC)、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)、等があるが、この中でも極めて毒性が高い CO と、排気ガスを浄化する触媒により除去されないため計測しやすい CO<sub>2</sub> について、キャビン内における濃度計測を行った。また、

### (3) 試験方法

雪に埋没した車両がエンジンを稼働し続けた場合におけるキャビン内の CO 濃度等の計測を行うにあたり、車両が埋もれた状況を再現するため、試験車両周囲に雪を投雪することにより人為的に埋雪した。埋雪深さは、塞がれることでキャビン内の空気環境へ何らかの影響が予想される、排気管出口、フロントグリル、フロントワイパー下部の開口、がそれぞれ閉塞する3段階とした（写真-2）。試験車両は軽自動車と小型自動車の2種類、

空調設定は外気導入と内気循環の2種類、窓の開閉設定は助手席側窓開(3cm)と全窓全閉の2種類、の合計24ケースについて、運転席ヘッドレスト位置に設置した計測機器により計測を行った。計測時間は90分間を基本としたが、CO濃度が短時間暴露限度400ppm<sup>1)</sup>に達した場合はその後15分時点、CO濃度が600ppmに達した時点、エンジンが自然停止した時点、のいずれかの時点で計測を終了した。CO濃度600ppmは1時間程度の暴露で酸素不足による症状が出始めるとされる濃度<sup>1)</sup>である。



写真-2 試験車両埋雪状況

### 3. スモーク試験

空気環境試験で生じるCO濃度変化等の原因を視覚的に検証・説明するための補助試験として、スモーク試験を行った。

試験内容は、試験車両キャビン内でスモークを発生させて車外への流出状況を確認する試験(写真-3、4)、車両周囲でスモークを発生させてキャビン内への流入状況を確認する試験(写真-5)、車両の下部を覆った中



写真-3 車外へのスモーク流出状況

でスモークを発生させて車外への流出状況を確認する試験(写真-6)を行い、キャビン内と外気との通気状況や車両に存在する隙間の確認を行った。

### 4. 試験結果及び考察

空気環境試験全24ケースの計測のうち、車両周囲の風向風速の影響を受けにくいと考えられる全窓全閉条件12ケースの計測結果について、車両埋雪深ごとに比較検討を行った。

#### (1) 排気管出口閉塞

排気管出口閉塞の埋雪深におけるCO濃度とCO<sub>2</sub>濃度の時間変化をそれぞれ図-1、図-2に示す。

軽自動車では、内気循環においてCO濃度の上昇が見られ短時間暴露限度の400ppmに達している。外気導入ではCO濃度の上昇は見られなかった。

小型自動車では、CO濃度の上昇は見られなかったが、CO<sub>2</sub>濃度の上昇が見られたためキャビン内への排気ガス流入が生じていると考えられる。内気循環においてCO<sub>2</sub>濃度の上昇が顕著であった。

両車両とも外気導入の条件でキャビン内空気環境の悪化が少なかったが、これは新鮮な外気を取り入れていることと、これによりキャビン内が正圧となり、排気ガスの流入が抑えられたためと考えられる。

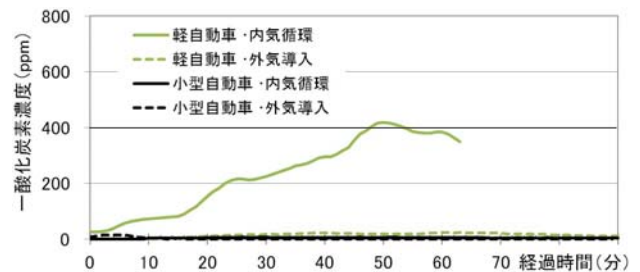


図-1 CO濃度 (排気管出口閉塞)

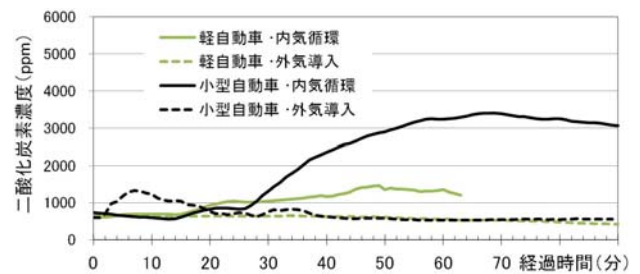


図-2 CO<sub>2</sub>濃度 (排気管出口閉塞)

#### (2) フロントグリル閉塞

フロントグリル閉塞の埋雪深におけるCO濃度とCO<sub>2</sub>濃度の時間変化をそれぞれ図-3、図-4に示す。

軽自動車では、CO濃度の上昇が顕著であり、内気循

環で約 15 分、外気導入で約 30 分後に 400ppm に達している。

小型自動車では、排気管出口閉塞の埋雪深と同様に CO 濃度の顕著な上昇は見られず CO<sub>2</sub>濃度のみ上昇した。しかし、排気管出口閉塞の埋雪深とは逆に外気導入のほうが内気循環より CO<sub>2</sub>濃度の上昇が顕著であった。小型自動車では車両下部にキャビン内と外気が大きく通じている通気口があり（写真-4）、外気導入することでキャビン内を通して車両下へ空気が押し込まれるため、車両下にたまっている排気ガスは外気に放出されやすくなる。また、フロントグリル閉塞の埋雪深では車両下にたまった排気ガスは、主に車両と雪の隙間またはボンネットの隙間から外気へ放出されると考えられる。外気導入における外気の取込は主にフロントワイパー下部開口から行われるが（写真-5）、この開口はボンネットに近いので、ボンネットの隙間から放出された排気ガス（写真-6）の一部は外気とともにキャビン内に取込まれてしまう。このことが、外気導入における空気環境悪化の主な原因と考えられる。

軽自動車ではこの現象が生じなかったが、軽自動車には小型自動車のように車両下部に大きく外気に通じている通気口がなく、外気導入により車両下へ空気を流しこむことがなかったためと考えられる。

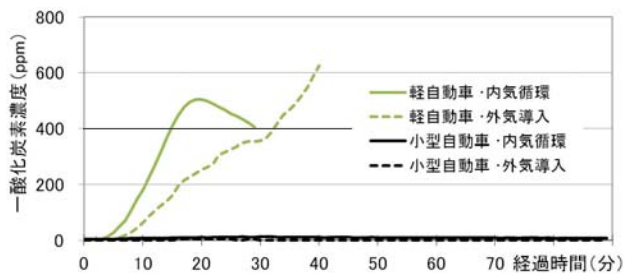


図-3 CO 濃度 (フロントグリル閉塞)

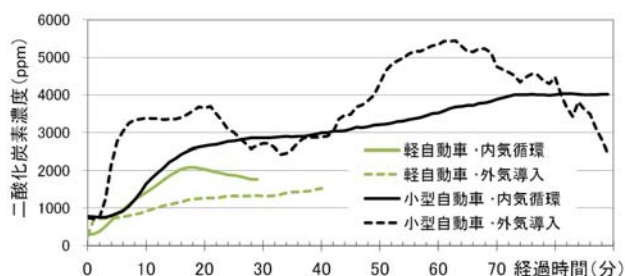


図-4 CO<sub>2</sub>濃度 (フロントグリル閉塞)



写真-4 車両下部通気口 (小型自動車)



写真-5 外気導入時におけるフロントワイパー下部開口からの外気取込状況 (スモーク試験)



写真-6 ボンネット隙間からの流出状況 (小型自動車、エンジン停止、車両下でスモーク発生)

### (3) フロントワイパー下部開口閉塞

フロントワイパー下部開口閉塞の埋雪深における CO 濃度、酸素濃度の時間変化をそれぞれ図-5、図-6 に示す。

軽自動車では、CO 濃度の上昇がフロントグリル閉塞の埋雪深よりさらに顕著であり、内気循環で約 9 分、外気導入で約 3 分後に 400ppm に達している。フロントグリル閉塞の埋雪深とは異なって外気導入で空気環境の悪化が急激であった。外気導入における外気の取込は主にフロントワイパー下部開口から行われるが（写真-5）、フロントワイパー下部開口が塞がっている場合、外気取込の多くはエンジンルーム内から行われる（写真-7）。車両下の空間とエンジンルームは大きく通じているため、排気ガスは外気導入により積極的にキャビン内に取込まれることになる。このため、内気循環よりも外気導入の方で空気環境の悪化が急激であったと考えられる。

小型自動車では、内気循環でエンジンが自然停止したため計測終了となり、CO 濃度の上昇は見られなかった。外気導入ではエンジンは自然停止せずに、約 23 分後に CO 濃度 400ppm に達した。エンジン自然停止の理由としてはフロントグリルやボンネットの隙間が塞がったことによる吸気量不足と考えられるが、外気導入でエンジンが自然停止していないのは、他のケースではほとんど生じていない酸素濃度低下が生じていることから（図-6）、キャビン内の空気がエンジンの稼働に使われたためと考えられる。外気導入においては、車両下部通気口（写真-4）とエンジンルーム内からの外気取込（写真-7）により、キャビン内、車両下、エンジンルームの三箇所空気が循環して、内気循環よりもエンジン稼働に必要な空気量が確保されたと考えられる。

小型自動車の外気導入における酸素濃度低下は試験開

始直後から生じており、約 17 分後に酸素欠乏による頭痛や吐き気を生じる濃度とされる約 16%<sup>2)</sup> まで低下している。この実験条件において CO 濃度が 400ppm に達したのは約 23 分後であり、CO 中毒による危険性よりも先に酸素欠乏による危険性が生じていることがわかる。

小型自動車の外気導入における CO 濃度の上昇は、酸素不足による不完全燃焼が原因と考えられ、軽自動車における濃度上昇の主原因と考えられる排気ガス漏れによる高濃度 CO の流出とは原因が異なると考えられる。

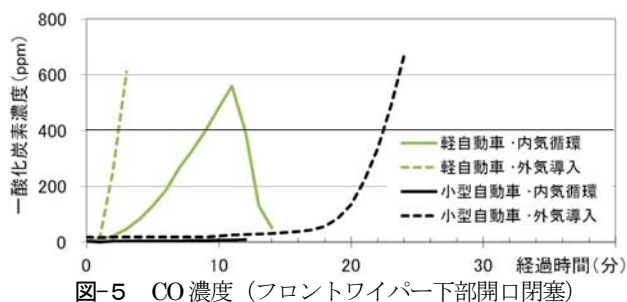


図-5 CO 濃度 (フロントワイパー下部開口閉塞)

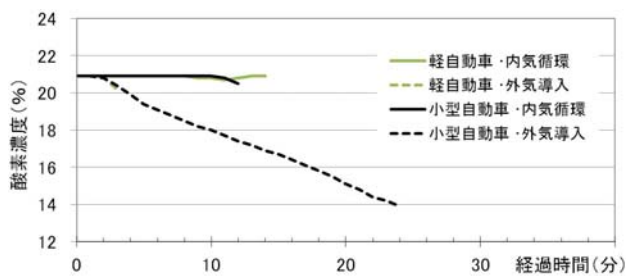


図-6 酸素濃度 (フロントワイパー下部開口閉塞)



写真-7 フロントワイパー下部開口閉塞時における外気取込状況 (スモーク試験)

#### (4) 各埋雪深共通

今回の試験全体を通じて、軽自動車における CO 濃度の上昇が小型自動車に比べて著しく速かったことの原因は、軽自動車において排気管途中からの排気ガス漏れがあり、排気ガスを浄化する触媒を通過する前の高濃度な CO が流出していたことや、腐食による開口部からキャビン内への排気ガス流入などが考えられる。しかしながら、このような状況は特殊なものではなく、一般車両においても起こり得る状況だと考えられる。

CO<sub>2</sub> 濃度については、今回の試験すべてにおいて、ただちに人体への影響が生じる濃度とはならなかった。

## 5. まとめ

積雪地域では排気管出口が閉塞するような積雪は日常的に起こり得るが、その程度の埋雪深であってもキャビン内では CO 中毒の危険性が生じることや、埋雪深が深いほど CO 中毒の危険性が増加し、数分で危険な状態となる場合もあることがわかった。また、内気循環であってもキャビン内が完全に外気と隔離されているわけではなく、CO 中毒の危険性が生じることや、外気導入で新鮮な外気を取り入れているつもりでも排気ガスが混ざった外気を取り込んでしまう場合があることがわかった。さらに、条件によっては、キャビン内への排気ガス流入による危険性の他にも、キャビン内における酸素欠乏の危険性が生じることがわかった。

本稿では 2 車種のみでの計測結果であるが、車両が雪に埋まることにより CO 中毒等の危険性が高まるということは、他の車種についてもおおむね同様な傾向になるものと考えられる。

フロントワイパー下部開口が閉塞するまで雪に埋もれることは頻繁には生じないが、車を使用する場合にフロントガラスの雪は払うがその下の開口部を確保することを意識しないために開口部が塞がっていることも少なくない。この開口部が塞がっていると、雪に埋もれた場合、実際の埋雪深以上の危険性を生じる可能性があると考えられる。

車両が雪に埋もれた場合、排気ガスによる CO 中毒等を防止するためにはエンジンを稼働させないことが最善であるが、寒さ対策等でエンジンを稼働させる場合には必ず排気管出口を大気へ解放し、追加の降雪や吹きだまりにより塞がらないよう注意する必要がある。また、フロントワイパー下部開口の閉塞にも注意し、新鮮な外気を取り込めるようにしておくことも重要と考えられる。しかし、これらの対策をすれば安全というわけではなく、特に排気ガス漏れがあるような場合には危険な状況となりやすいため注意が必要である。

また、暖機運転の際にエンジンスターターでエンジンを稼働させることがあるが、積雪に車両が埋まっているような場合には、本報告と同様のことが起きる可能性があるため注意が必要である。

#### 参考文献

- 1) (財) 日本中毒情報センターHP <http://www.jp-poison-ic.or.jp/homepage.nsf>
- 2) 厚生労働省リーフレット「なくそう！酸素欠乏症・硫化水素中毒」 <http://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/anzen/040325-3.html>