

道路トンネルの令和2年度実態調査 にもとづく換気対象物質の排出量

森本 智¹・日下 敦²・石村 利明³

¹正会員 国立研究開発法人 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)
E-mail:s-morimoto@pwri.go.jp

²正会員 国立研究開発法人 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)
E-mail:kusaka@pwri.go.jp

³正会員 国立研究開発法人 土木研究所 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)
E-mail: ishimura-t477bs@pwri.go.jp

道路トンネルの換気施設の設計の対象とする有害物質は、道路トンネル技術基準により煤煙及び一酸化炭素とすることが規定されている。基準の解説書では、2008年に換気対象物質の自動車1台当たりの排出量の設計値を示している。2008年以降においても、排出ガス基準に適合した自動車の割合が増加することなどにより、換気対象物質の排出量に変化していることが予想される。本報告では、2020年度に供用中の道路トンネルにおいて実態調査を実施し、換気対象物質の濃度について計測するとともに、その結果を用いて自動車1台当たりの排出量を算出した。その結果、自動車1台当たりの煤煙及び一酸化炭素の排出量は、同解説の設計値及び2008年に算出した将来予測値と比較し、減少傾向にあることが明らかとなった。

Key Words: road tunnel, ventilation, measurement of vehicle emissions

1. はじめに

道路トンネルの換気施設の設計の対象とする有害物質は、道路トンネル技術基準¹⁾(以下「基準」という)により煤煙及び一酸化炭素(CO)とすることが規定されている。これらの設計濃度は、トンネル内の交通の安全性及び快適性並びに維持管理作業の安全性を確保するために必要な値として、煤煙は100m当たりの透過率(煤煙透過率)として、設計速度に応じて80km/h以上の場合は50%、60km/h以下の場合は40%、一酸化炭素は設計速度によらず100ppmと基準により規定されている。これらの設計濃度を満たすために、基準の解説書として、道路トンネル技術基準(換気編)・同解説²⁾(以下「同解説」という)がある。同解説では、2000年から2005年に実施した実態調査の結果等をもとに、2008年に換気施設の設計に用いる換気対象物質の自動車1台当たりの排出量の設計値を示している。

2008年以降においても、排出ガス基準に適合した自動車の割合が増加することなどにより、換気対象物質の排出量に変化していることが予想される。合理的な換気施設設計を行うためには、排出量の傾向について定期的に

実態を把握し、適切な排出量の設計値を設定することが重要となる。

本報告では、令和2年度(2020年度)に供用中の道路トンネルにおいて実態調査を実施し、換気対象物質の濃度について計測するとともに、その結果を用いて自動車1台当たりの排出量を算出した結果について報告する。

2. 実態調査

(1) 実態調査の概要

供用中の道路トンネルにおいて、換気対象物質である煤煙とCOの濃度を把握することを目的に実態調査を実施した。煤煙はトンネル内の視距に影響を及ぼす物質で主にディーゼル車の排出ガス中に含まれる黒煙(排出ガス由来)とタイヤ等に付着した土砂、路面やタイヤの摩耗による粉じん(巻上げ由来)を合計したものである。煤煙濃度は道路トンネル内の見え方を表す指標として100m当たりの透過率(煤煙透過率)で規定されている。一酸化炭素はトンネル内の利用者に対して生理的な影響

表-1 調査トンネルの概要

延長	1833m	内空断面	51.5m ²
走行速度	平均65km/h程度	交通量	20,500台程度/本
交通方式	二車線対面交通	換気方式	縦流換気方式

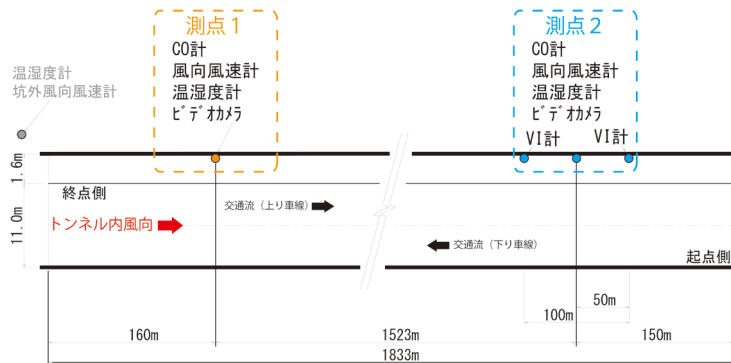


図-1 計測機器の配置



写真-1 実態調査の状況

を及ぼす物質で主にガソリン車の排出ガスに含まれる。

表-1 に調査トンネルの概要、写真-1 に実態調査の状況を示す。調査トンネルは延長 1,833m で二車線対面交通である。調査期間中の交通量は 20,500 台程度であった。実態調査は 2021 年 3 月に実施し、調査期間は連続する 3 日間程度とした。調査期間中はトンネル内の風向を一方（図-1 に示すトンネル内風向）とするため、既設のジェットファン 6 台を常時稼働させた。計測項目は換気対象物質である煤煙透過率、CO 濃度のほか、排出量の算出に必要なトンネル内の風向・風速、大型車・小型車別の交通量とした。計測機器は図-1 に示すとおり測点 1（終点側坑口から 160m 程度の地点）と測点 2（起点側坑口から 150m 程度の地点）に配置した。煤煙透過率は煤煙透過率計を測点 2 の 1 箇所、CO 濃度は CO 濃度計を測点 1 と測点 2 の 2 箇所、トンネル内の風向・風速は風向風速計を測点 1 と測点 2 の 2 箇所にそれぞれ設置し計測した。

(2) 実態調査の結果

図-2 に調査期間中におけるトンネル内の風向・風速の計測結果を示す。トンネル内の風向は概ね図-1 に示す風向となっており、風速は交通換気力や自然風等の影響を受け変動し、概ね 3m/s から 2m/s 程度で推移している。従って、トンネル内の空気は、風上側（測点 1 の側）の坑口から新鮮な空気を取り込まれ、風下側（測点 2 の側）に移動する際に、自動車の排出ガスの影響を受け測点 2 の濃度は高くなる。ここで、排出量の算出は各測点で得られた値を差分から求めることとなる。そのため、結果の整理は換気対象物質が測点間の通過に要する時間や取得できるデータの数等を考慮し、本検討では 20 分間の値を使用することとした。従って、20 分以内で測点間の距離を満足できないと考える時間、すなわち風速 1.3m/s 程度を下回る時間帯は、結果の整理の対象から除外することとした。

ら除外することとした。

図-3 に煤煙透過率と交通量の関係、図-4 に CO 濃度と交通量の関係を示す。各図から煤煙透過率・CO 濃度ともに交通の影響を受け、交通量が少ない時間帯は濃度が低く、交通量が多い時間帯は濃度が高くなる傾向を示した。煤煙透過率は最大で 65% 程度となり、基準で示す規定値（40%）を十分に満足している。CO 濃度は最大で 19ppm 程度となり、基準で示す規定値(100ppm)を十分に満足している。

3. 換気対象物質の 1 台当たりの排出量

(1) 排出量の算出方法

2. で示した結果から、換気対象物質の自動車 1 台当たりの排出量を算出する。煤煙の排出量は式(1)により煤煙透過率を煤煙濃度 (k_i) に変換し、式(2)により 1 台当たりの排出量として算出した³⁾。なお、本調査では、測点 1 における煤煙透過率は風上側の坑口付近であり交通による影響はないものと考え、 k_1 を算出する際の煤煙透過率は風上側の坑口を 100% と仮定した。CO の排出量についても式(2)と同様の考え方で算出した。

$$k_i = -\frac{1}{L} \ln \tau \quad (1)$$

$$K = \frac{(k_2 - k_1) \cdot Q}{L \cdot N} \quad (2)$$

ここで、

τ : 煤煙透過率, K : 煤煙排出量(m²/km・台),

k_1, k_2 : トンネル内の煤煙濃度(1/m),

Q : 車道内流量(m³/20min),

L : 計測地点間の距離(km),

N : 交通量(台/20min)

とした。

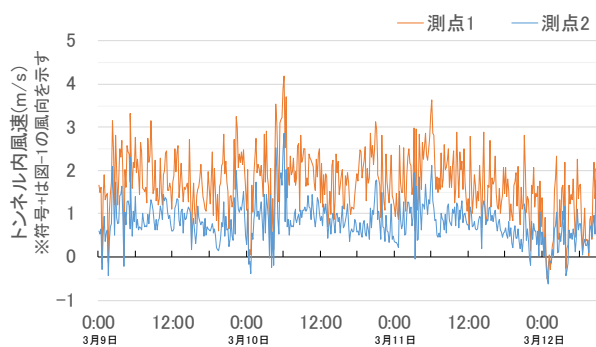


図-2 風向・風速(2020年度調査)

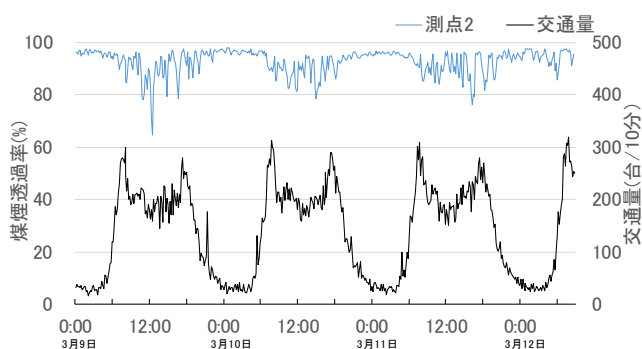


図-3 煤煙透過率(2020年度調査)

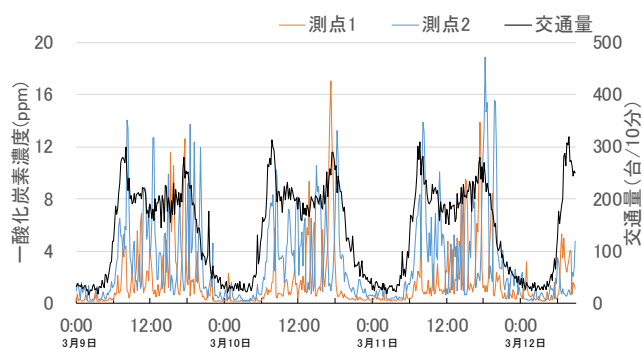


図-4 CO濃度(2020年度調査)

(2) 排出量の算出方法

図-5 に煤煙の排出量と大型車混入率の関係、図-6 に一酸化炭素の排出量と大型車混入率の関係を示す。この図から求めた線形近似式に大型車混入率 100%を代入した値が大型車 1 台当たりの排出量、大型車混入率 0%を代入した値が小型車 1 台当たりの排出量となる。

この方法により算出した結果を表-2 に示す。調査で得られた排出量は、同解説の設計値と比較し、煤煙は小型車が 30%程度・大型車が 52%程度、CO は小型車が 24%程度・大型車が 2%程度となっており、全体に少なくなっていることがわかる。

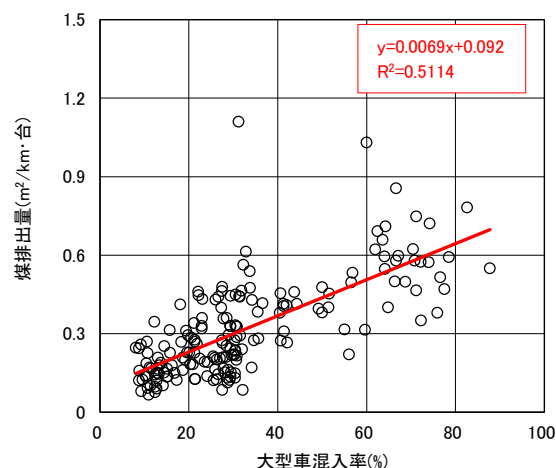


図-5 煤煙排出量と大型車混入率(2020年度調査)

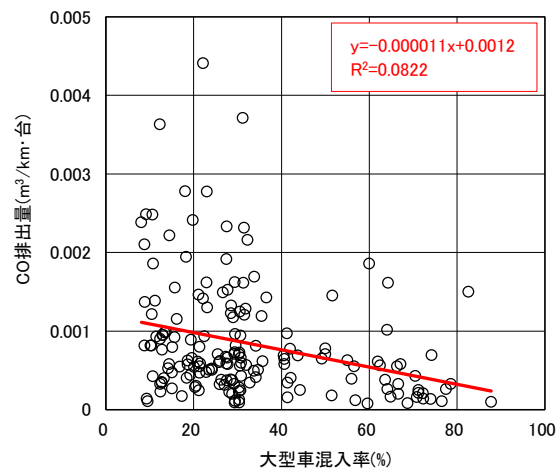


図-6 CO排出量と大型車混入率(2020年度調査)

表-2 排出量の算出結果

	煤煙 (m ² /km・台)		CO (m ³ /km・台)	
	小型車	大型車	小型車	大型車
調査結果(2020年度)	0.09	0.78	0.001	0.0001
同解説の設計値	0.3	1.5	0.005	0.005
調査結果 /同解説の設計値	30%	52%	24%	2%

(3) 排出量の経年変化

図-7 に煤煙排出量の経年変化、図-8 に CO 排出量の経年変化を示す。各図には 2000 年以降に実施した同様の実態調査から得られた排出量⁴⁾ならびに同解説の設計値、将来予測値³⁾をあわせて示す。文献 3)で示されている将来予測値とは、2005 年排出ガス基準(新長期規制)までの自動車排出ガス規制に適合した車両が年々ある割合で入れ替わっていくことを前提として 2008 年以降の排出量を予測した値である。

図-7 の煤煙排出量の経年変化より、実態調査から得られた煤煙の排出量は、小型車・大型車ともにその値は

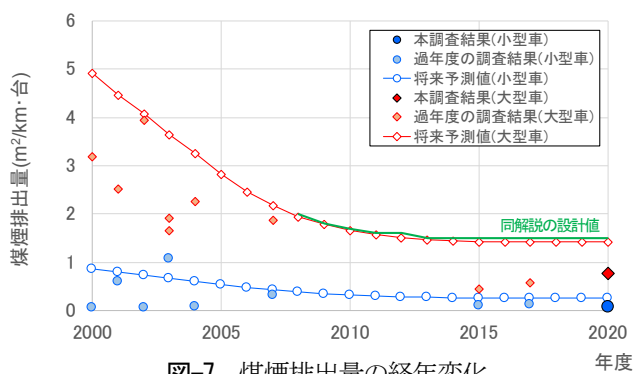


図-7 煤煙排出量の経年変化

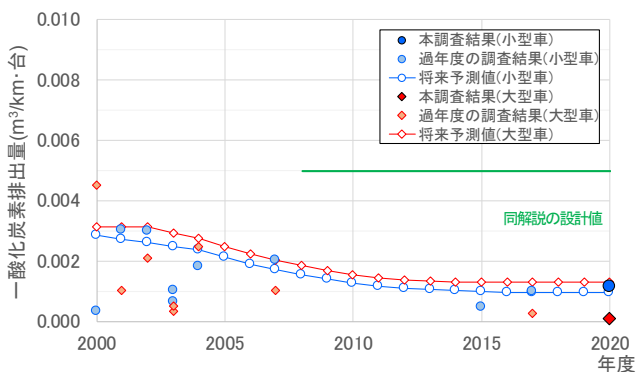


図-8 CO排出量の経年変化

同解説の設計値及び予測値を下回っていることが確認できる。

図-8 の CO 排出量の経年変化より、実態調査から得られた CO の排出量は、小型車の値は予測値と同程度であるものの同解説の設計値と比較すると下回っており、大型車の値は、同解説の設計値及び予測値を下回っていることが確認できる。

4. まとめ

2020 年の調査から得られた自動車 1 台当たりの煤煙及び CO の排出量は、同解説の設計値及び 2008 年に算出した将来予測値と比較し、減少傾向にあることが明らかとなった。今後においては、今回得られた結果等をふまえ、適切な排出量の設計値について検討を行いたい。

謝辞：本調査にあたっては中国地方整備局山口河川国道事務所の協力をいただいた。関係各位に深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 建設省都市局長・道路局長：道路トンネル技術基準，1989.
- 2) (社) 日本道路協会：道路トンネル技術基準（換気編）・同解説 平成 20 年改訂版，2008.
- 3) 真下英人，石村利明：道路トンネルの換気施設設計に用いる諸定数に関する研究，土木研究所資料第 4097 号，2008.
- 4) 森本智，石村利明，日下敦：道路トンネルにおける換気対象物質の自動車からの排出量の傾向，土木技術資料，2019.11.

(2021. 8. 6 受付)

MEASUREMENT OF VEHICLE EMISSIONS IN ROAD TUNNELS TO DESIGN VENTILATION

Satoshi MORIMOTO, Atsushi KUSAKA and Toshiaki ISHIMURA

It is necessary to specify the amount of emission for rational design of ventilation facilities in road tunnel. The standard manual shows the design value of the amount of the substance to be ventilated per vehicle in 2008. Even after 2008, it is expected that the amount of substances to be ventilated will change due to the increase in the proportion of vehicle that meet the exhaust gas standards. To measure the exhaust gas of a vehicle, it has conducted a study in road tunnels in service. Result of investigation, emissions particulate matter and CO per vehicle, compared with the predicted value in the future, which is calculated in the design value and 2008, a downward trend.