

駐車中の車両から排出されるガソリン蒸発ガスの発生量推計モデルの開発

秦 寛夫・山田裕之*・國領和夫**・岡田めぐみ・舟久保千景・戸野倉賢一***

(*東京電機大学、**現代企画社、***東京大学大学院)

【要約】

2015年に国内使用過程車2台の駐車時蒸発ガスの発生挙動を実験的に観測し、さらに既存の発生量推計モデルとの比較を行った¹⁾。既存の2つのモデルは実験条件によっては現象の再現性が低いことが示され、再現性の高い新たなモデルを構築する必要があることが示唆された。本研究では熱力学理論に基づき、駐車時の車両から発生するガソリン蒸発ガス発生量の推計モデルを導出し、精度の検証と国内の蒸発ガス発生量の算出を行った。

【目的】

揮発性有機化合物(以下VOC)と窒素酸化物(以下NOx)の光化学反応に起因する光化学オキシダント(以下Ox)の高濃度発生件数は特に夏季において依然として高く、濃度削減のための更なる対策が求められている。自動車はVOCの主要発生源の一つとされており、近年では排出ガス対策が進み内燃機関由来のVOCの発生量が相対的に低減したことから、駐車時に発生するガソリン蒸発ガス由来のVOCに注目が集まっている。本研究では、古典熱力学の理論からガソリン蒸発ガスの発生量を推計するモデルを導出し、導出したモデルを用いて国内の蒸発ガス発生量を算出したので報告する。

【方法】

理想気体の状態方程式と気液平衡下における Clausius-Clapeyron の式を用いて、以下に示す燃料タンクから発生するガソリン蒸発ガス発生量推計モデルを考案した。

$$E = \frac{MV_m P_{exp}}{\Delta H_m} \left[\exp \left\{ \frac{\Delta H_m}{R} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_2} \right) \right\} - \exp \left\{ \frac{\Delta H_m}{R} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_1} \right) \right\} \right] \quad (1)$$

ここで E、M、V_m、P_{exp}、ΔH_m、R、T_r、T₂、T₁ はそれぞれ、蒸発ガス発生量 (g/day)、ガソリン蒸気の平均分子量 (g/mol)、燃料タンク空隙容量 (L)、燃料蒸気圧項 (kPa)、ガソリンの平均モル蒸発エンタルピー (J/mol)、気体定数 (8.31 J/(K mol))、Reid 温度 (311 K)、日最高気温 (K)、日最低気温 (K) である。本モデルを用いて、2015年に行った駐車中の車両から発生するガソリン蒸発ガス発生量の実験結果、及びその他の先行研究²⁾の実験結果との比較を行った(比較車両は Table 1 に示す計 5 台)。さらに本モデルを用いて国内におけるガソリン蒸発ガス発生量の月別総量を算出した。なお、モデルの導出やパラメータの詳細は原著論文³⁾を参照のこと。

【結果の概要】

- ・ Figure 1 より、式(1)は蒸発ガス発生量の実験値をよく再現できた。
- ・ Figure 2 より、国内の蒸発ガス発生量の総量を算出したところ、春と秋に蒸発ガスが多く発生することが示された。夏季以外は燃料蒸気圧が高く設定されており、さらに秋と春は気温の日較差が大きいことが原因である。
- ・ 式(1)はキャニスター破過後(キャニスターに関しては 2016 年度年報¹⁾を参照のこと)の蒸発ガス発生量を予測するモデルであり、破過の頻度を適切に見積もることが必要となる。Figure 2 は破過発生頻度を 1.25 day/week と仮定して算出した。現在、破過発生頻度を予測するモデルを検討している。

【参考文献】

1. 秦 寛夫他, 駐車中の車両由来 VOC の発生状況に関する基礎的調査, 2016 年度東京都環境科学研究所年報。
2. Hiroyuki, Yamada et al. Evaporative emissions in three-day diurnal breathing loss tests on passenger cars for the Japanese market. *Atmospheric Environment*. **2015**, *107*, 166-173. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2015.02.032.
3. Hiroo, Hata et al. Estimation model for evaporative emissions from gasoline vehicles based on thermodynamics. *Science of the Total Environment*. **2018**, *618*, 1685-1691. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.030.

Table 1: 式(1)の検証に用いた実験車両の諸元

Name	W	E	MC	CB	CD
Manufacturer	Suzuki	Honda	Nissan	Mitsubishi	Toyota
Category	Minicar	Mini van	Mid-size van	Compact car	Compact van
Tank capacity (L)	27	70	76	45	55
Canister volume (L)	0.3	0.9	-	-	-
Displacement (L)	0.65	2.99	3.5	1.5	2
Vehicle weight	780	1,890	2,000	1,090	1,580

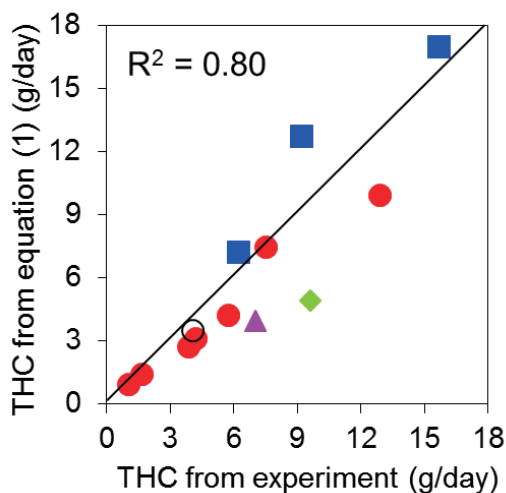


Figure 1: 式(1)の精度検証の結果 (●: W ■: E ◆: MC ▲: CD ○: CB)

車両及び駐車時の様々な条件(気温、燃料の蒸気圧など)によって駐車時に排出される蒸発ガスの発生量は異なるが、式(1)を用いることで任意条件下の発生量を精度良く予測できることを示した。

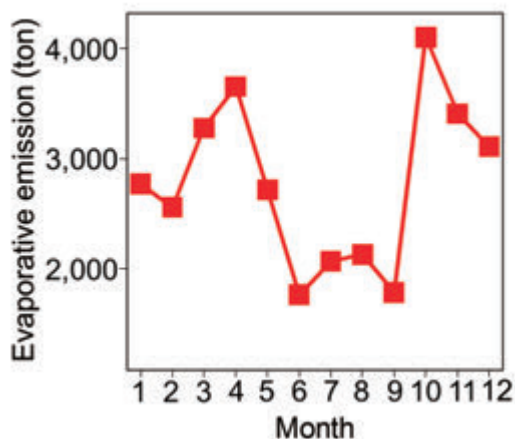


Figure 2: 式(1)を用いて国内の蒸発ガス発生総量を各月で見積もった結果

キャニスターの破過発生頻度が 1.25 day/week と仮定して計算した場合の結果。蒸発ガス発生量は燃料蒸気圧と気温の日較差に強く依存し、それらが大きい春(4月)と秋(10月)に蒸発ガスが多く発生する。