

給油時のガソリン蒸発ガス成分及びガソリン乗用車からの VOC 排出量推定について

横田 久司 上野 広行 石井 康一郎 内田 悠太 秋山 薫

要 旨

自動車への給油時に排出されるガソリン蒸発ガスの成分及び排出原単位を調査するとともに、都内給油所からのガソリン蒸発ガス排出量を推計した。蒸発ガスの主な成分の含有率(重量%)は、イソペンタン 27 %、n-ブタン 16 %、イソブタン 13 %、n-ペンタン 8 %程度であり、エチルターシャリーブチルエーテルは約 1.3 %であった。給油量当たりの蒸発ガス排出係数は 1.44 g/Lで、東京都内の給油所から排出される蒸発ガスの合計排出量は 10,032 トン/年と推定された。また、これまで PRTR 対象の 5 物質のみであった排出係数を蒸発ガスのほとんどの成分について求め、成分別蒸発ガス排出量を推計した。

キーワード：ガソリン、給油、蒸発ガス、排出係数、排出量

Characteristics of Gasoline Evaporation Composition and VOCs Emission Estimates from Gasoline Passenger Cars at Refueling

YOKOTA Hisashi, UENO Hiroyuki, ISHII Koichiro, UCHIDA Yuta, AKIYAMA Kaoru

Summary

This paper describes characteristics of gasoline evaporation composition and estimates VOCs emission from gas stations in Tokyo. The main evaporation gas compositions were iso-Pentane 27 wt%, n-Butane 16 wt%, iso-Butane 13 wt%, n-Pentane 8 wt%, and Ethyl tert-butyl ether 1.3 wt% , respectively. The evaporation gas emission factor was 1.44 g / L. The amount of the total exhaust of the evaporative emission exhausted from the gas stations in Tokyo was estimated to be 10,032 tons/year. In addition, the emission factors of the evaporative emission which had been calculated about only the five PRTR substances were newly estimated about most substances, and the amounts of the exhaust of the evaporative emission according to the substances was estimated.

Key Words : VOCs; Gasoline evaporation; gasoline passenger cars ; evaporation gas emission factor

1 はじめに

大気中のVOCは、光化学オキシダント及び浮遊粒子状物質等の二次生成粒子の原因物質とされており、平成18年4月からは排出規制も含めた削減対策が実施され、平成22年度までにVOC排出総量を平成12年度比で3割程度削減するとした目標は既に達成¹⁾されている。しかし、近年、原因物質である大気中のVOCと窒素酸化物が低減しているにもかかわらず、オキシダントが増加していることから、VOCの総量を削減することに加え、更に、オゾン生成能の高い物質の削減に着目することが必要とされている。VOCの排出量は有害性のある成分を中心にPRTR（Pollutant Release and Transfer Register）制度等で推計され、また排出量調査なども実施されているが、VOC 対策を効果的に推進していくためには個々のVOC 成分の排出量を把握することが不可欠であると考えられる。

本調査では、自動車への給油時に排出されるガソリン蒸発ガスの成分及び排出原単位を調査するとともに、都内給油所からのガソリン蒸発ガス排出量を推計した。なお、試験燃料及び燃料蒸発ガスの分析は、石油産業活性化センター石油基盤技術研究所に委託して行った。

2 実験

(1) 試験燃料の概要

石油元売り3社のガソリン2種（レギュラー、ハイオク（プレミアム））について、二季（夏、冬）合計12種類の市販ガソリン同等品を供試燃料とした。夏季ガソリンは、平成22年8月～平成22年9月に採取し、密閉・低温貯蔵した。冬季ガソリンは、平成22年12月～平成23年1月に採取し、夏季分と合わせて二季分を分析した。供試燃料性状を表1に示した。

(2) 試験設備

給油時蒸発ガスの測定は、SHED（Sealed Housing for Evaporative Determination）システムと呼ばれる試験設備を用い、図1に示す手順により行った。これは密閉されたSHEDの中で車両に燃料を給油し、この時に発生する蒸発ガスの量を、室内の全炭化水素（THC）濃度と部屋の容積、圧力、温度から計算するものである。SHED設備の主要仕様を表2に記した。本給油試験用のSHED設備では、密閉室内の温度（＝室内にソークされている車両の温度。環境温度）と給油する燃料の温度（給油温度）を独立に制御することができ、給油速度も15～45 L/分の間で変えることが可

表 1 供試燃料性状

サンプル名	SAP	SAR	SBP	SBR	SCP	SCR	WAP	WAR	WBP	WBR	WCP	WOR	
採取時期	夏季	夏季	夏季	夏季	夏季	夏季	冬季	冬季	冬季	冬季	冬季	冬季	
採取した元売	A社	A社	B社	B社	C社	C社	A社	A社	B社	B社	C社	C社	
ガソリン種 ¹⁾	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	
密度(g/cm ³)	0.76	0.75	0.76	0.74	0.76	0.73	0.75	0.71	0.75	0.73	0.76	0.72	
リード蒸気圧(kPa)	62	60	63	63	63	63	85	83	84	86	80	83	
蒸留性状 (°C)	IBP	34	35	32	31	34	32	27	28	27	27	29	28
	5vol%	47	51	44	46	46	45	38	38	38	39	40	40
	10vol%	52	58	50	52	52	51	44	44	43	45	45	45
	20vol%	59	66	58	61	60	59	55	53	54	54	54	54
	30vol%	67	74	66	69	69	66	66	62	64	64	64	62
	40vol%	76	81	78	78	80	75	78	71	75	74	76	71
	50vol%	88	89	95	89	96	85	93	82	90	86	92	81
	60vol%	100	99	118	101	112	99	107	95	109	99	109	94
	70vol%	111	111	139	116	128	116	119	108	128	114	122	110
	80vol%	122	126	152	137	147	139	129	125	142	134	139	132
	90vol%	147	150	162	166	166	164	144	150	153	162	163	155
	95vol%	167	161	168	184	171	183	154	168	163	181	169	175
	97vol%	170	165	173	196	175	194	162	177	169	196	173	187
EP	179	174	190	210	187	209	176	186	188	205	182	199	
全留量 (vol%)	98	99	98	98	99	98	98	98	98	98	99	98	
オクタン価 ²⁾	100	92	99	91	98	90	98	91	99	91	99	90	

*1 P:プレミアム, R:レギュラー

*2 リサーチオクタン価:基準となるCFRエンジンの600rpmで吸入空気51.7°Cで測定。通常のエンジンでは3000rpmまでの中低速域でのアンチノック性を表す。

能である。また、今回の試験は、国内で一般的に使用されている給油ノズルを用いた。

なお、試験に使用したガソリン乗用車は、市場占有率が高い一般的な乗用車を供試車両とした。供試車両諸元を表3に示した。

表 2 SHED設備の主要仕様

エンクロージャ	
エンクロージャ 空調	設定温度 18.3 ~ 40.6 °C
冷却能力	13.2/15.0 kW
給油装置システム	
燃料タンク	容量: 130 L
燃料給油装置	設定給油速度 15~45 ±1.1 L/min

表 3 供試車両主要諸元

総排気量	1.5 L
燃料供給システム	PFI
気筒数	直列4
キャニスター容量	0.8 L
燃料タンク容量	45 L
排出ガス認定レベル	平成17年基準排出ガス 75%低減レベル

(3) 蒸発ガスの試験条件

蒸発ガス試験の実験設備上の制約から、夏季に採取したガソリンを用いた試験については、環境温度を35 °C、給油温度を30 °Cとした。冬季に採取したガソリンについては、環境温度を20 °C、給油温度を20 °Cとした。そのため、今回得られた蒸発ガス試験結果は、冬季に給油す

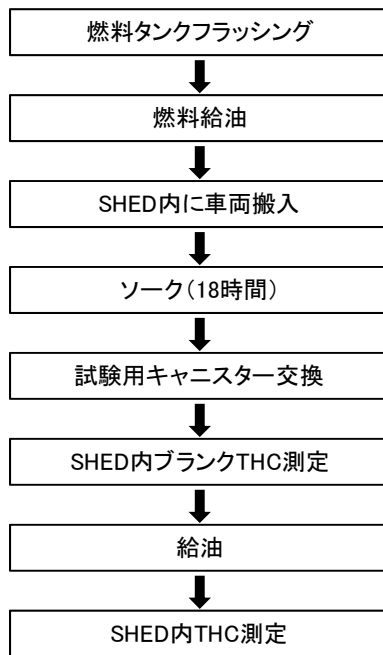


図1 蒸発ガス試験手順

る際において実際に生じる蒸発ガス量とは若干異なることに留意する必要がある。また、フルスタンドとセルフスタンド給油機とで共通となる給油速度とした。試験条件を表4に示した。これらの試験条件は、石油基盤技術研究所が過去に行ったガソリン蒸発ガスの試験方法²⁾に準じて設定した。

表 4 試験条件

	夏季採取ガソリン	冬季採取ガソリン
環境温度	35℃	20℃
給油温度	30℃	20℃
給油速度	35L/min	
給油量	タンク容量 (カタログ値) の85% (10容量%から95容量%まで給油)	

(4) 分析項目及び分析方法

THC濃度は、FIDを検出器とするTHC計を用いて測定した。蒸発ガス中の炭化水素類の組成分析は、GC-FID法を用いて行い、米国カリフォルニア大気資源局 (CARB) で定められたNMOG (Non-Methane Organic Gas) 分析法³⁾に準拠して定量を行った。炭化水素類の組成分析条件を表5に示した。ETBEおよびエタノールに関しては、GC-MSにより分析を行い、検量線法により定量を行った。分析条件を表6に示した。

表 5 炭化水素分析条件

	低沸点 (C2~C5)	高沸点 (C6~C12)
カラム	GS-ALUMINA	DB-1
	内径 : 0.53mm	内径 : 0.25mm
	長さ : 60m	長さ : 60m
		膜厚 : 1μm
キャリアガス	He : 45mL/min	He : 25mL/min
検出器	FID	FID
	温度 : 250℃	温度 : 250℃
分析時間	59min	58min
サンプル導入量	N ₂ で10倍に希釈したガス20mL	N ₂ で10倍に希釈したガス100mL
	ブランク : 100mL	ブランク : 100mL
カラム温度	初期 : 35℃	初期 : 35℃
	初期保持時間 10min	初期保持時間 10min
	昇温速度 29℃/min	昇温速度 29℃/min
	最終温度 : 180℃	最終温度 : 200℃
	最終保持時間 20 min	最終保持時間 15min

表 6 ETBE/エタノール分析条件

カラム	HP-5
	内径 : 0.32mm
	長さ : 50m
	膜厚 : 0.52 μm
キャリアガス	He : 45mL/min
検出器	質量分析計
	四重極部温度 : 150℃
	イオン源温度 : 230℃
分析時間	20.5min
サンプル導入量	500 μL
カラム温度	スプリット比 : 20:1
	初期 : 35℃
	初期保持時間 : 10min
	昇温速度 : 30℃/min
	最終温度 : 200℃
	最終保持時間 : 5min

3 結果及び考察

(1) ガソリンの成分について

燃料成分として、同定できないものも含めて約460成分が検出された。主要成分を表7に示した。23成分で約70%を占めている。主な成分の夏季、冬季の組成に大きな変化はないが、冬季では夏季に比べ、トルエンの含有量が16%から12%に、1,2,4-トリメチルベンゼンが4.5%から2.4%に減少し、逆に、1,3-ジメチルベンゼンが2.7%から4.2%に、n-ブタンが1.4%から3.2%に、イソブタンが0.6%から2.0%に増加している。植物由来の成分 (「バイオガ

表 7 主要成分の含有率 (wt%)

成分	夏季	冬季	平均	累積
トルエン	16.1	12.2	14.1	14.1
イソペンタン	8.6	9.0	8.8	23.0
ETBE	5.3	4.1	4.6	27.6
2-メチルペンタン	4.5	4.1	4.3	31.9
1,2,4-トリメチルベンゼン	4.9	3.4	4.2	36.1
n-ペンタン	3.4	3.6	3.5	39.6
1,3-ジメチルベンゼン	2.7	4.2	3.4	43.0
3-メチルペンタン	2.9	2.5	2.7	45.7
n-ヘキサン	2.9	2.0	2.4	48.2
1-メチル-3-エチルベンゼン	2.7	2.1	2.4	50.5
n-ブタン	1.4	3.2	2.3	52.9
1,2-ジメチルベンゼン	1.8	2.4	2.1	54.9
メチルシクロペンタン	2.3	1.6	1.9	56.9
2-メチル-2-ブテン	1.9	2.0	1.9	58.8
3-メチルヘキサン	1.5	1.6	1.5	60.3
2-メチルヘキサン	1.4	1.5	1.5	61.8
p-キシレン	1.1	1.7	1.4	63.2
t-2-ペンテン	1.4	1.4	1.4	64.6
エチルベンゼン	1.0	1.7	1.4	66.0
イソブタン	0.6	2.0	1.3	67.3
1,3,5-トリメチルベンゼン	1.3	1.0	1.2	68.5
1-メチル-4-エチルベンゼン	1.2	0.9	1.1	69.5
n-ヘプタン	1.0	1.1	1.1	70.6

ソリン」とし販売されている。)として知られるエチルターシャリーブチルエーテル (ETBE) は、元売り会社によって配分比率は様々であるが、0 ~ 6%の範囲であった。

(2) 蒸発ガス組成の特徴

蒸発ガス成分として検出された131成分のうち、主要成分の含有率を表 8 に示す。22成分で約95%を占めている。夏季、冬季の平均で、主な成分は、イソペンタンが27%、n-ブタンが16%、イソブタンが13%、n-ペンタンが8%程度であった。なお、ETBEは、蒸発ガスでは約1.3%程度であった。これらの成分で夏季に割合が高くなっているのは、2-メチルブタン、n-ペンタンであり、冬季に割合が高くなっているのはn-ブタン、2-メチルプロパンであり、蒸気圧の調整が行われていると考えられる。ガソリン成分と蒸発ガス成分との関係については、別途検討予定である。

(3) 排出原単位

(ア) 蒸発ガス合計の排出原単位

原単位となる給油量当たりの蒸発ガス量を表9に示した。給油時にキャニスターに吸着される質量のチェックを行ったが、無視できる程度であった。油種によるばらつきはそ

表 8 蒸発ガスの主要成分 (wt%)

成分	夏季	冬季	年平均	累積
イソペンタン	31.1	22.7	26.9	26.9
n-ブタン	11.5	20.8	16.2	43.0
イソブタン	7.5	19.4	13.4	56.5
n-ペンタン	8.7	6.4	7.6	64.1
2-メチル-2-ブテン	4.1	3.0	3.6	67.6
2-メチル-1-ブテン	4.1	2.7	3.4	71.0
t-2-ブテン	3.1	2.8	2.9	74.0
2-メチルペンタン	3.6	2.2	2.9	76.9
t-2-ペンテン	3.4	2.4	2.9	79.8
c-2-ペンテン	1.9	1.4	1.7	81.4
トルエン	2.3	1.0	1.6	83.1
1-ブテン	1.3	2.0	1.6	84.7
イソブテン	1.0	1.8	1.4	86.1
3-メチルペンタン	1.8	1.0	1.4	87.5
n-ヘキサン	1.9	0.8	1.4	88.9
ETBE	1.6	1.0	1.3	90.3
1-ペンテン	1.2	1.2	1.2	91.5
プロパン	0.7	1.3	1.0	92.5
メチルシクロペンタン	1.3	0.6	0.9	93.4
シクロペンタン	0.9	0.5	0.7	94.1
3-メチル1-ブテン	0.5	0.5	0.5	94.6
3-メチル-c-2-ペンテン	0.6	0.2	0.4	95.0

れほどなく、プレミアムガソリンの平均が夏季用で約1.36 g/L、冬季用で約1.45 g/L、レギュラーガソリンで同じく、夏季用で約1.42 g/L、冬季用で約1.46 g/Lであり、年平均ではプレミアムガソリンの平均で約1.41 g/L、レギュラーガソリンで約1.44 g/Lであった。この結果は、過去の東京都が行った調査結果¹⁾の1.44 g/Lとほぼ同様であった。

なお、冬季用ガソリンの蒸発量が多くなっているが、これは必ずしも実際の蒸発量が多いということではなく、冬季用に揮発成分を多く配合しているためである。現実の冬季における給油時の気温を考慮すると、今回の推計は過大側になっている可能性がある。

(イ) 蒸発ガス成分別排出係数

蒸発ガスの主要成分の含有率 (表8) 及び給油量当たりの蒸発ガス量 (表9) から、成分別の排出係数が求められる。主要40成分の排出係数を表10に示す。この40成分で、合計排出係数の99%を占める。

PRTR制度では、ガソリン蒸発ガスのうち、対象化学物質として、エチルベンゼン、キシレン、1,3,5-トリメチルベンゼン、トルエン、ベンゼンの5物質を対象として報告されている⁵⁾。この5成分について今回求めた排出係数と

表9 蒸発ガス排出量

季節	夏季		冬季		平均	
	プレミアム	レギュラー	プレミアム	レギュラー	プレミアム	レギュラー
蒸発ガス量 (g/L)	1.364	1.416	1.447	1.465	1.405	1.440
蒸発ガソリン量 (mL/test)	68.9	73.2	73.8	77.7	71.3	75.4

これは既報⁴⁾の結果9,600.3トン/年と比較すると、約4.5%の増加となっている。なお、給油所における蒸気回収装置は全国的に設置されていない⁵⁾ので、この全量が排出されると考えられる。

(イ) 成分別排出量

表10 主要成分別排出係数及び排出量(平成21年度東京都)

炭素数	組成	排出係数(単位:mg/kL)						排出量(単位:トン/年)		合計
		夏平均		冬平均		全平均		全平均		
		プレミアム	レギュラー	プレミアム	レギュラー	プレミアム	レギュラー	プレミアム	レギュラー	
5	イソペンタン	489821.9	372407.6	335922.0	321428.7	412871.9	346918.1	577.9	1,942.5	2,520.4
4	イソブタン	62555.5	147378.2	267671.4	297129.5	165113.4	222253.8	231.1	1,244.4	1,475.6
4	n-ブタン	110720.1	210571.6	374562.6	232817.0	242641.3	221694.3	339.6	1,241.3	1,581.0
5	n-ペンタン	62587.4	182077.5	46210.0	140593.2	54398.7	161335.3	76.1	903.3	979.5
6	2-メチルペンタン	47935.0	51385.4	33434.4	31799.0	40684.7	41592.2	57.0	232.9	289.8
4	t-2-ブテン	58606.2	27728.5	26759.6	54222.4	42682.9	40975.4	59.7	229.4	289.2
5	2-メチル-1-ブテン	68388.1	44000.0	45502.2	33890.9	56945.1	38945.5	79.7	218.1	297.8
6	n-ヘキサン	8663.1	45695.8	6201.7	18577.4	7432.4	32136.6	10.4	179.9	190.3
6	ETBE	10994.5	35134.4	4637.7	25867.4	7816.1	30500.9	10.9	170.8	181.7
4	1-ブテン	20037.4	16315.4	13800.7	43548.8	16919.1	29932.1	23.7	167.6	191.3
4	イソブテン	14950.2	14180.4	10260.3	42729.4	12605.2	28454.9	17.6	159.3	177.0
5	2-メチル-2-ブテン	91953.8	21271.3	55299.6	32917.8	73626.7	27094.5	103.1	151.7	254.8
6	3-メチルペンタン	21925.8	27746.7	15060.7	15147.4	18493.3	21447.0	25.9	120.1	146.0
5	t-2-ペンテン	77045.5	15616.2	44263.7	24989.1	60654.6	20302.6	84.9	113.7	198.6
3	プロパン	2321.3	17641.1	17908.8	19974.5	10115.0	18807.8	14.2	105.3	119.5
7	トルエン	37492.3	24684.3	20769.3	8943.5	29130.8	16813.9	40.8	94.1	134.9
5	c-2-ペンテン	37632.7	15817.4	25550.4	15428.3	31591.5	15622.8	44.2	87.5	131.7
6	メチルシクロペンタン	12326.5	22685.7	8455.5	8494.2	10391.0	15590.0	14.5	87.3	101.8
5	シクロペンタン	7099.3	17957.5	6676.4	7435.7	6887.9	12696.6	9.6	71.1	80.7
5	1-ペンテン	24770.6	9523.5	20870.0	13918.1	22820.3	11720.8	31.9	65.6	97.6
7	3-メチルヘキサン	3611.4	9069.4	1958.9	6758.0	2785.1	7913.7	3.9	44.3	48.2
7	2-メチルヘキサン	4055.1	8617.2	2132.1	6519.2	3093.6	7568.2	4.3	42.4	46.7
6	3-メチル-c-2-ペンテン	5801.8	11857.5	3428.8	2514.1	4615.3	7185.8	6.5	40.2	46.7
5	3-メチル-1-ブテン	9977.5	4393.6	7508.0	6184.2	8742.8	5288.9	12.2	29.6	41.9
6	ベンゼン	4302.0	6038.6	2448.2	3819.3	3375.1	4928.9	4.7	27.6	32.3
7	n-ヘブタン	1675.2	4756.5	839.3	3330.7	1257.3	4043.6	1.8	22.6	24.4
6	シクロヘキサン	967.3	5317.2	673.6	1607.6	820.5	3462.4	1.1	19.4	20.5
6	2,3-ジメチルブタン	5393.1	3561.5	3913.6	2793.7	4653.4	3177.6	6.5	17.8	24.3
5	シクロペンテン	8617.9	2582.9	5689.7	3338.2	7153.8	2960.6	10.0	16.6	26.6
6	t-2-ヘキセン	7004.4	2278.7	4198.3	2600.4	5601.3	2439.5	7.8	13.7	21.5
6	2-メチル-1-ペンテン	5816.0	1979.9	4034.6	2368.7	4925.3	2174.3	6.9	12.2	19.1
7	2,3-ジメチルペンタン	1149.9	2437.2	714.0	1875.3	931.9	2156.2	1.3	12.1	13.4
7	1-ヘブテン	1296.5	2277.1	691.3	1796.9	993.9	2037.0	1.4	11.4	12.8
7	メチルシクロヘキサン	596.3	2641.5	382.0	1274.0	489.1	1957.8	0.7	11.0	11.6
7	2,4-ジメチルペンタン	2759.2	2196.7	1689.4	1636.0	2224.3	1916.3	3.1	10.7	13.8
2	エタノール	0.0	0.0	896.0	3805.9	448.0	1903.0	0.6	10.7	11.3
8	1,3-ジメチルベンゼン	1822.6	2347.2	2116.2	1181.3	1969.4	1764.3	2.8	9.9	12.6
7	1-c-3-ジメチルシクロペンタン	1080.4	1792.9	589.6	1263.9	835.0	1528.4	1.2	8.6	9.7
8	2,2,4-トリメチルペンタン	3916.9	1424.6	3444.6	1075.6	3680.8	1250.1	5.2	7.0	12.2
7	3-メチル-c-3-ヘキセン	813.7	1036.6	352.1	1374.1	582.9	1205.4	0.8	6.7	7.6

の比較を表11に示した。5成分で見る限り、組成的に大幅な変化はないが、1,3,5-トリメチルベンゼンがプレミアムガソリンで大幅に増加しているのが特徴的である。なお、個別油種、季節により成分の差があるので、変動は大きいことを踏まえて評価すべきである。

(4) 都内排出量の推定

(ア) 合計排出量

上述の報告書⁵⁾では、平成21年度における東京都のガソリン販売数量は、プレミアムガソリン1,399,791 kL/年、レギュラーガソリン5,599,165 kL/年と報告されている。(3)(イ)で求めた油種別の排出係数を乗ずることにより、合計排出量は、プレミアムガソリンから1,967.1トン/年、レギュラーガソリンから8,064.9トン/年、合計で10,031.9トン/年となった。

同様にガソリン販売数量と(3)(イ)で求めた成分別排出係数から成分別の排出量を求めた。主要40成分の排出量を表10に併せて示した。これら40成分で排出量の99%を占めている。

表11 PRTR排出係数との比較 (単位:mg/kL)

成分	今回		PRTR	
	プレミアム	レギュラー	プレミアム	レギュラー
エチルベンゼン	651	657	804	603
キシレン	2,847	2,417	3,095	2,336
1,3,5-トリメチルベンゼン	183	124	18	128
トルエン	29,131	16,814	34,771	13,842
ベンゼン	3,375	4,929	2,777	3,154

4 まとめ

一般に市販されているガソリンを抽出し、給油時に蒸発する炭化水素成分の特徴について調査を行った。その結果は、以下のとおりである。

- ① ガソリンの主な成分は、トルエン、イソペンタン、ETBE、2-メチルペンタン、1,2,4-トリメチルベンゼン、n-ペンタン等であるが、油種により差異がみられた。夏季と冬季の違いは、オクタン価の調整が行われているためと考えられる。
- ② 蒸発ガスの主成分は、イソペンタンが27%、n-ブタンが16%、イソブタンが13%、n-ペンタンが8%程度であった。ETBEは、蒸発ガスでは約1.3%程度であった。
- ③ 給油量当たりの蒸発ガス排出係数については、過去の調査結果と同等であった。これにより、東京都内の給油所から排出される蒸発ガスの合計排出量を10,032トン/年と推定した。
- ④ 蒸発ガスの成分別排出係数を新たに求めた。これまでPRTR対象物質の5成分のみであった排出係数が蒸発ガスのほとんどの成分について求められた。これにより、蒸発ガスの成分別排出量を推計した。

参考文献

- 1) 揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリ検討会、揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリについて、平成22年3月
- 2) PEC-2008JP-07、平成20年度自動車燃料の多様化と高効率利用に関する研究開発成果報告書(平成20年度石油燃料次世代環境対策技術開発事業)、平成21年3月、財団法人石油産業活性化センター
- 3) “California Non-Methane Organic Gas Test Procedures”, Amended in July 30, 2002, Air Resources Board, California Environmental Agency.
- 4) 東京都環境局委託、窒素酸化物等排出量算出調査（固定発生源等）報告書、平成19年3月、財団法人計量計画研究所
- 5) 平成21年度経済産業省委託、「平成21年度化学物質安全確保・国際規制対策推進等（すそ切り以下事業者排出量推計手法に関する調査）報告書」、平成22年3月、株式会社環境計画研究所