

## 燃料(蒸発ガス)の推計精度向上のための推計方法の課題について

### 1 燃料(蒸発ガス)に係る見直しの経緯

#### (1) 燃料(蒸発ガス)に係る推計方法の主な課題

燃料(蒸発ガス)に係る VOC 排出量は、塗料に次ぐ 2 番目に大きい発生源品目であり、インベントリ全体の約 20% (H26 排出量) を占めているが、その推計精度の向上を図るには以下に示すような課題がある。特に、現状の推計方法は気温とガソリン販売量に比例であり、ガソリンの蒸気圧の変化を考慮していないため、夏場にガソリンの蒸気圧を抑えるといった取組(対策)の効果が反映されていないといった課題がある。

⇒燃料(蒸発ガス)の推計方法の詳細は資料 3・別添 1 参照

⇒燃料(蒸発ガス)の推計結果は資料 3・別添 2 参照

#### <今年度調査開始時点の燃料(蒸発ガス)に係る主な課題>

- 受入ロス、給油ロスの排出係数について、昭和 50 年の資源エネルギー庁の実験結果から推定した式を用いているが、この式では蒸気圧を考慮していない。また、当時(40 年前)は鉛やブタンをガソリンに入れており、現在とは性状が異なる。
- 上記に関連して、ガソリンの夏用・冬用の販売状況(販売される時期・地域)に関する情報が不足している。
- 蒸気回収装置の設置率について、平成 23 年度に PRTR 届出データから推計した値から設置率 100%に変更されたが、妥当性について更なる検討が必要である。

## (2) 交通安全環境研究所等による実験結果について

前述したガソリンの蒸気圧を考慮していないといった課題について、2015 年に発表された交通安全環境研究所および国立環境研究所の研究成果<sup>1)</sup>によると、特定の条件下ではあるが、燃料蒸発ガスの実験結果はアメリカ合衆国環境保護庁(USEPA:United States Environmental Protection Agency)が示す自動車給油時の燃料蒸発ガスの予測式「MOVES2010」(以下、「MOVES」という)(図 1)による予測結果と非常に近い値となった(図 2、図 3)。したがって、VOC 排出インベントリにおける排出係数の算出式を MOVES に置き換えることで、ガソリンの蒸気圧の変化を考慮した推計が可能となるため、今後は MOVES を用いた推計方法に置き換えることを基本として、燃料(蒸発ガス)に係る推計方法の見直しを行うこととする。

### MOVES2010 (USEPA)の予測式

$$\text{排出量} = -5.909 - 0.0949 \times TDFDIF + 0.0884 \times DFTEMP + 0.485 \times RVP(\text{psi})$$

$DFTEMP$  : 給油される燃料の温度(°F)

$$TDFDIF : \text{燃料タンク内の燃料温度(°F)} = 0.418 \times DFTEMP - 16.6$$

出典:揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ(第 28 回)検討会資料 3-2

図 1 MOVES2010 による予測式

### <交通安全環境研究所等における実験結果に関する留意事項>

- 蒸気圧の低い試験用燃料(58kPa)を用いた実験結果であること。
  - 実際に販売されているガソリン(冬用ガソリン)は蒸気圧が80~90kPaであり、実験に用いた燃料よりも蒸気圧が高い
- 気温と燃料タンクの温度を同じにした場合の実験結果であること。
  - 実際の環境では、地下タンクの温度は気温ほど変動しない。特に夏場は、気温が35°Cなるようなことがあっても地下タンクはそこまで高い温度にはならない。
- 1車の実験結果であり、車種・年代等によって異なる可能性があること。

1) Hiroyuki Yamada, Satoshi Inomata, Hiroshi Tanimoto, Refueling emissions from cars in Japan: Compositions, temperature dependence and effect of vapor liquefied collection system, Atmospheric Environment, 120, 455 - 462, 2015.



出典: 国立環境研究所 HP (2015.02.07 アクセス) <https://www.nies.go.jp/whatsnew/2015/20151111/20151111.html>  
 出典: 揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ(第28回)検討会資料 3-2

図 2 交通安全環境研究所等における実験施設の概略図

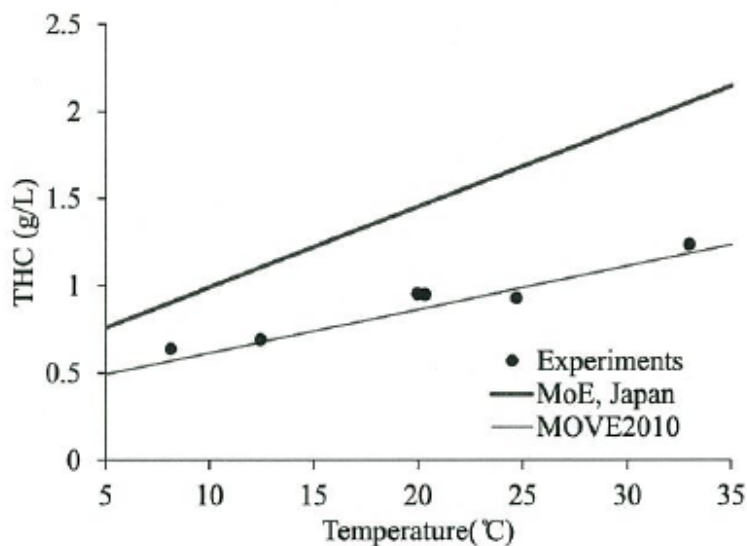


Fig. 4. Experimental and estimated results of uncontrolled refueling emissions (Ministry of Environment, Japan, 2014; US Environmental Protection Agency, 2012a).

出典: Hiroyuki Yamada, Satoshi Inomata, Hiroshi Tanimoto, Refueling emissions from cars in Japan: Compositions, temperature dependence and effect of vapor liquefied collection system, Atmospheric Environment, 120, 455-462, 2015.

図 3 交通安全環境研究所における実験結果

## 2 燃料(蒸発ガス)に係る推計精度向上のための課題

第28回検討会にて燃料(蒸発ガス)の推計精度向上に向けた主な課題を示したが、その後、石油連盟殿にご協力いただき、課題への対応方針、追加で考慮すべき事項等について多々ご助言いただいた。ご助言を踏まえ、燃料(蒸発ガス)の推計精度向上に向けた主な課題を、「(1) MOVES の適用に向けた課題」、「(2) 受入ロスの推計精度向上に向けた課題」、「(3) その他の課題」に分けて整理した。

### (1) MOVES の適用に向けた課題

石油業界では、夏場のガソリン蒸気圧を低く抑える取り組みを実施しており、夏季(6~9月頃)に販売されるガソリンの蒸気圧はそれ以外の季節よりも20kPa程度蒸気圧が低くなっている。つまり、より実態に即した形でMOVESを適用するためには、月別(季節別)・都道府県別(地域別)に排出量を推計する必要がある。

具体的には以下の課題が挙げられる。

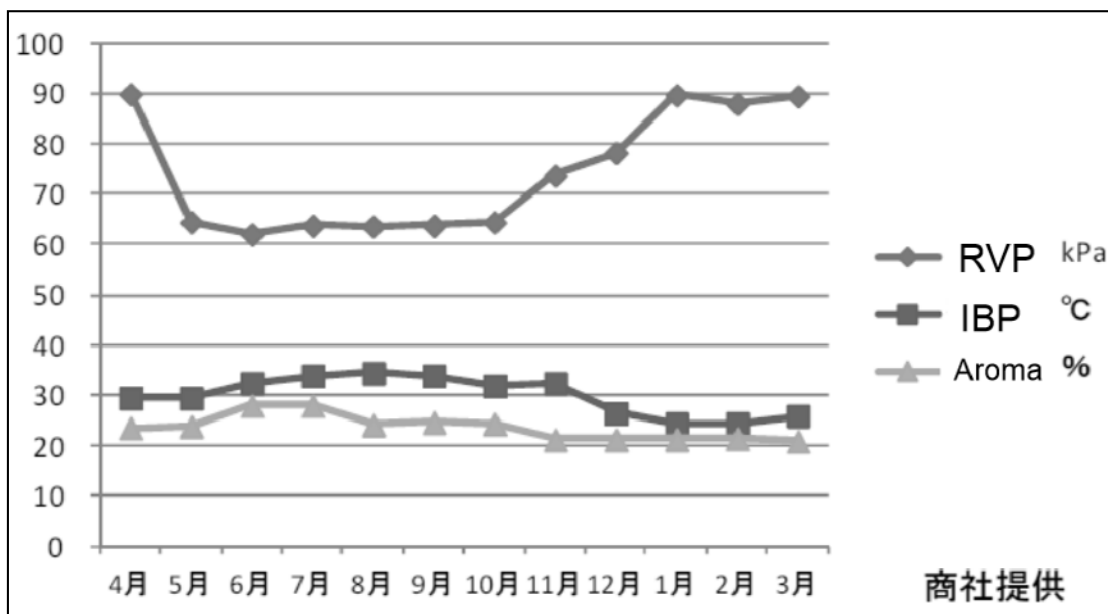
#### (1-1) ガソリンの種類別(夏用・冬用)・年別の蒸気圧データについて

前述したとおり、石油業界では夏場にガソリンの蒸気圧を下げる取り組みを実施しているため、それぞれのガソリン蒸気圧のデータを収集する必要がある。

また、石油業界では、1998年の中央環境審議会第三次答申を受けて、夏場のガソリンの蒸気圧を2001年からは72kPa以下、2005年からは65kPa以下と段階的に下げているため、取組の効果を経年変化から把握するためには、年度ごとの蒸気圧を収集することが望ましい。

#### (1-2) 夏用・冬用ガソリンの販売時期・地域特性(販売実態)について

夏用ガソリンは夏季(6月頃~)に全国で生産・販売されているが、販売時期や販売量は地域によって異なる(図4)。MOVESにより都道府県別・月別の排出量を推計する場合は、夏用ガソリンが販売される月を設定する必要があるため、これらについても知見、データ等を収集する必要がある。



出典:大気環境学会シンポジウム「蒸発ガス・給油時蒸発ガスを考える」資料、岡山紳一郎、2015年11月。

図4 ガソリンの月別蒸気圧

(1-3)都道府県別・月別のガソリン販売量データについて

ガソリンの販売量について、夏用・冬用の違いを考慮してMOVESに適用する場合、月別・都道府県別の販売量データが必要になる。

【VOC 排出インベントリで使用中の統計】

石油連盟統計：都道府県別 年間販売実績(月別はなし)

(1-4)燃料タンクと気温の設定方法について

MOVES は、給油される燃料の温度、燃料タンク内の燃料温度を設定する必要がある。交通安全環境研究所等の研究では、これらの温度を気温に等しいと仮定しているが、実際は必ずしも一致しないため、適宜知見を収集する必要がある。

MOVES2010 (USEPA)の予測式

$$\text{排出量} = -5.909 - 0.0949 \times TDFDIF + 0.0884 \times DFTEMP + 0.485 \times RVP(\text{psi})$$

DFTEMP : 給油される燃料の温度(°F)

$$TDFDIF : \text{燃料タンク内の燃料温度(°F)} = 0.418 \times DFTEMP - 16.6$$

出典:揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ(第28回)検討会資料3-2

図5 MOVES2010による予測式(図1再掲)

## (2) 受入ロスの推計精度向上に向けた課題

受入ロスの推計方法に係る主な課題は以下のとおり。

### (2-1) 受入ロスの排出係数のアップデートについて

受入ロスの排出係数の算出式は、給油ロスと同様に昭和50年の資源エネルギー庁の報告書の数値を使用し続けている。資源エネルギー庁における調査が実施された頃は、有鉛ガソリンやブタンを多めに入れる等、現在とガソリンの性状等が異なっている可能性があるため、基礎情報の更新について検討する必要がある。

### (2-2) 蒸気回収装置の設置に関する条例の有無について

VOC 排出インベントリでは、「条例あり」の都道府県の排出量に 0.15 を乗じているため(蒸気回収装置により 85%回収)、条例の有無が排出量に与える影響は大きい。

過去の調査結果に基づいて「条例あり」の都道府県を設定しているため、最新の状況に更新する必要がある。また、排出量の経年変化を的確に把握するためには、条例が制定された時期、その後の実施状況(蒸気回収装置の普及状況)についても考慮することが必要である。

表 1 受入時の蒸気回収装置の設置に関する条例の有無

条例の有無	都道府県
あり	埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、福井県、愛知県、京都府、大阪府
なし	その他の道県

出典：平成 26 年度揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ作成等に関する調査業務報告書。

### (2-3) 蒸気回収装置の蒸気回収率について

現在の推計では、蒸気回収装置の蒸気回収率を PRTR マニュアルに基づき 85%としているが、99%以上回収できる装置<sup>2)</sup>も製品化されており、最新の市場シェア等も踏まえて適宜、数値を見直す必要がある。

2) NEDO 実用化ドキュメント(株タツノ)、<http://www.nedo.go.jp/hyoukabu/articles/201210tatsuno/>

## (2-4) 蒸気回収装置の設置率について

平成 23 年度推計において、「条例あり」の都道府県における蒸気回収装置の設置率は 100%に変更されたが、その妥当性・実態を再確認する必要がある。なお、「条例あり」の自治体の多くは規模要件を設けており、小規模な事業所は対象外としているため、設置率 100%は VOC 排出量の過小評価となる可能性が高い(表 2)。

また、「条例なし」の都道府県における蒸気回収装置の設置率を 0%としているが、この数値が妥当かどうか追加のデータを収集する等して推計方法を見直す必要がある。

表 2 蒸気回収装置の設置に係る条例の規模要件等

自治体		規模要件等
都道府県	埼玉県	燃料として給油する炭化水素類を貯蔵するため地下に設置されたタンク(一事業所における当該タンクの貯蔵容量の合計が <b>27kL 以上</b> となる事業所に設置されているもの)
	千葉県	給油取扱所の地下タンク内の高揮発性有機化合物の蒸気を有効に移動タンク貯蔵所のタンクに回収する蒸気返還装置の設置について努力規定を設けている。 <u>規制(義務)ではない。</u>
	東京都	①燃料用揮発油の貯蔵施設の容量の合計が <b>5kL 以上</b> 。 ②燃料用揮発油、灯油、軽油のすべての貯槽施設の容量の合計が <b>50kL 以上</b> 。
	神奈川県	給油所の揮発油の貯蔵施設の容量が <b>30kL 以上</b> であるものに限る。
	福井県	燃料用ガソリンの地下タンクの貯蔵容量の合計が <b>30kL 以上</b>
	愛知県	(ガソリンスタンドに設置されるガソリンの貯蔵施設について)貯蔵能力の合計が <b>40kL 以上</b> であること。
	京都府	燃料用ガソリンの貯蔵能力の合計が <b>30kL 以上</b> 。
	大阪府	燃料用ガソリンの貯蔵量の合計が <b>30kL 以上</b> の給油所に設置される、燃料用ガソリンを貯蔵する地下タンク。
政令指定都市	さいたま市	地下タンク容量の合計が <b>27kL 以上</b> 。
	千葉市	—
	横浜市	自動車に揮発油(1気圧の状態において留出量が5%であるときの温度が100℃以下であるものに限る)を給油する施設であって当該施設を設置する給油所の揮発油の貯蔵施設の容量が合計で <b>30kL 以上</b> あるものに限る。
	川崎市	—
中核市	船橋市	地盤面下に設置した専用タンクにおいて高揮発性有機化合物を貯蔵する営業用の給油を取扱う施設。
	尼崎市	工場又は事業場を設置している者で、ガソリン、軽油又は灯油を1の工場又は事業場につき <b>50kL 以上</b> 貯蔵することができる施設を設置しているもの。

注:燃料用揮発油はハイオクガソリン(プレミアムガソリン)とレギュラーガソリンの合計。

## (3) その他の課題

## (3-1) ガソリンの VOC 成分の算出方法について

VOC 排出量インベントリでは、トータルの VOC 排出量を算出した後、表 3 に示す VOC 成分を乗じて個別の成分ごとの排出量を算出しているが、ガソリンに含まれる VOC 成分は季節や場所等によってばらつきがあるため、一つの数値をガソリン全体の数値とみなして各 VOC 成分の排出量を算出する現状の推計方法について検討する必要がある。

表 3 燃料(蒸発ガス)に含まれる物質

	物質コード	物質名	プレミアムガソリン(%)		レギュラーガソリン(%)	
			夏仕様	冬仕様	夏仕様	冬仕様
1	110041	イソペンタン	35.9	23.4	26.2	22
2	110026	n-ブタン	8.11	25.8	14.9	15.8
3	110031	イソブタン	4.58	18.4	10.5	20.3
4	110028	n-ペンタン	4.59	3.2	12.8	9.6
5	110020	2-メチル-2-ブテン	6.75	3.81	1.49	2.25
6	110019	2-メチル-1-ブテン	5.01	3.14	3.11	2.32
7	110029	trans-2-ブテン	4.3	1.85	1.94	3.69
8	110021	2-メチルペンタン	3.51	2.31	3.64	2.18
9	110030	trans-2-ペンテン	5.66	3.04	1.1	1.71
10	110025	cis-2-ペンテン	2.76	1.76	1.12	1.05
11	100100	トルエン	2.75	1.44	1.76	0.61
12	110042	1-ブテン	1.46	0.96	1.14	2.97
13	110043	イソブテン	1.10	0.71	1	2.91
14	110044	3-メチルペンタン	1.61	1.04	1.96	1.04
15	100500	n-ヘキサン	0.64	0.43	3.24	1.27
16	6005	ETBE	0.81	0.32	2.46	1.77
17	110047	1-ペンテン	1.82	1.44	0.67	0.95
18	110045	プロパン	0.17	1.24	1.26	1.38
19	110033	メチルシクロペンタン	0.9	0.58	1, 61	0.58
20	110046	シクロペンタン	0.52	0.46	1.28	0.51
21	110048	3-メチル-1-ブテン	0.73	0.52	0.31	0.42
22	110050	cis-3-メチル-2-ペンテン	0.43	0.24	0.83	0.17
23	110022	3-メチルヘキサン	0.26	0.14	0.64	0.46
24	110049	2-メチルヘキサン	0.3	0.15	0.61	0.45
25	110051	シクロペンテン	0.63	0.39	0.18	0.23
26	110005	ベンゼン	0.32	0.17	0.42	0.26
27	110052	trans-2-ヘキセン	0.51	0.29	0.16	0.18
28	110016	2,3-ジメチルブタン	0.4	0.27	0.25	0.19
29	110053	2-メチル-1-ペンテン	0.43	0.28	0.14	0.16
30	100800	n-ヘプタン	0.12	0.06	0.34	0.23
31	110013	2,2,4-トリメチルペンタン	0.29	0.24	0.1	0.07
32	100700	シクロヘキサン	0.07	0.05	0.38	0.11
合計			97.44	98.13	97.54	97.82

出典:横田ほか、(技術調査報告)ガソリン給油ロスによる VOC の排出について、大気環境学会誌、47-5、(2012)。

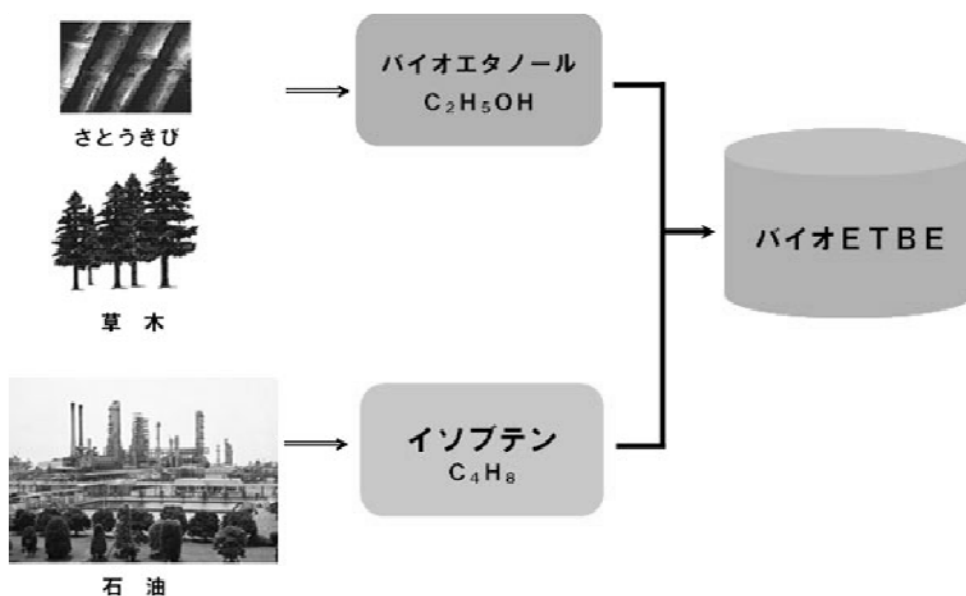
注:ETBE(エチル tert-ブチルエーテル) バイオ燃料。



### (3-2)ガソリンの組成の経年変化について

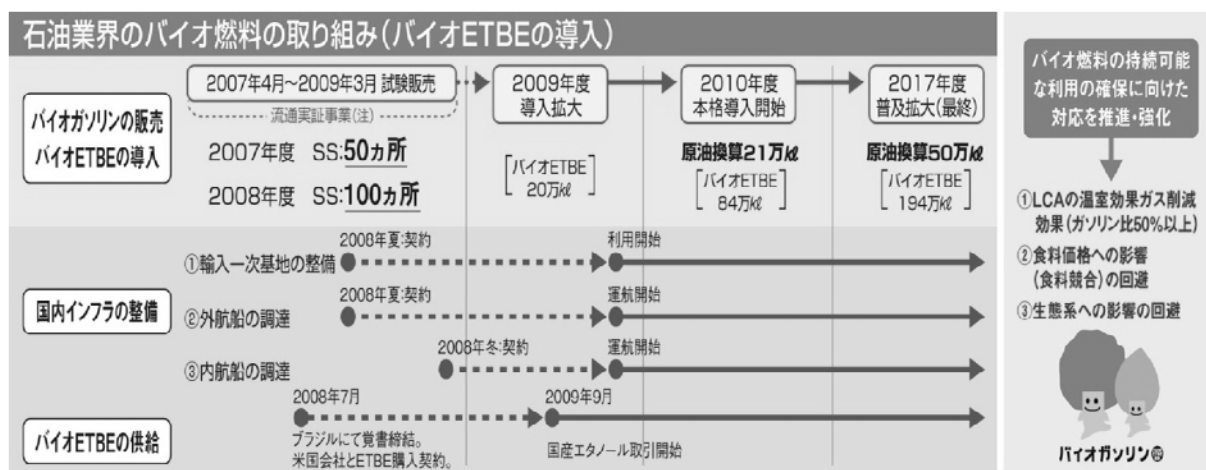
石油業界では、2007年から燃料にバイオ燃料(バイオETBE、図6)を配合する取り組みを開始し、2010年に本格導入、2017年まで段階的に量を増やす取り組みが進められている(図7)。表3に示した2012年の文献の数値においてもETBEが2.46%(レギュラーガソリン)含まれている。

バイオETBEの生産量は、2017年までに2010年の約2.3倍まで増加する見込みがあるため、基礎情報の更新を検討する必要がある。



出典:石油連盟 HP(2015.02.08 アクセス) <http://www.paj.gr.jp/eco/biogasoline/>

図6 バイオETBE生成プロセス



(注):2007年度から2年間同国の補助事業(流通実証事業)として実施した

出典:石油連盟 HP(2015.02.08 アクセス) <http://www.paj.gr.jp/eco/biogasoline/>

図7 石油業界におけるバイオ燃料の導入状況

### (3-3)自動車自体の性能向上による排出係数の変化について

自動車自体の燃料タンクからの VOC 排出抑制策が進み、給油ロスの排出係数は年々低下傾向にある(石油連盟調べ)。これらの動向についても、関連する情報を収集し、適宜見直しを検討する。

### (3-4)ガソリンの販売量のダブルカウントについて

VOC 排出インベントリの基礎データとして使用している都道府県別の年間販売実績(石油連盟)は、事業者から事業者への販売量も含まれるため、一部の都道府県でダブルカウントされており、実際にガソリンスタンドで販売された量よりも過大となっている。

### 3 推計精度向上に向けた課題への対応方針等

「2 燃料(蒸発ガス)に係る推計精度向上のための課題」に示した主な課題に対する対応方針を表4に示す。推計方法の見直しは、必要な基礎データが得られた課題、または、推計や仮定によりデータの代わりとなる情報が得られた課題から適宜実施する。

なお、給油ロスの推計方法の見直しにおいては、単純にMOVESに置き換えるのではなく、MOVESをベースに日本の環境(排出実態)に合わせた予測式(日本版のMOVES)を構築することを基本的方針とする。

表4 燃料(蒸発ガス)に係る主な課題(1/2)

課題	見直しに必要なデータ	対応方針
1-1 ガソリンの種類別(夏用・冬用)・年別の蒸気圧データについて	・夏用ガソリンの蒸気圧 ・冬用ガソリンの蒸気圧 ※H12、H17～H26	● <u>現時点で見直し可能(H26のみ)</u> ⇒4(1)に試算結果を示す。 ・2015入手済み(石油連盟提供) ・過去分についても提供いただける見込み(詳細は石油連盟にて確認中)
1-2 夏用・冬用ガソリンの販売時期・地域特性(販売実態)について	・夏用/冬用ガソリンの月別、地域別販売量	▲ <u>仮定を設けることで見直し可能</u> ・夏季(6月～9月までの4カ月)を夏用ガソリンとする等の仮定を設けて推計
1-3 都道府県別・月別のガソリン販売量データについて	・都道府県別の販売量 ・月別の販売量	● <u>現時点で見直し可能(H26のみ)</u> ⇒4(2)に試算結果を示す。 ・都道府県別の年間販売量(石油連盟)を用いて月別の全国販売量(資源・エネルギー統計年報)を案分 ・2つの統計データの組み合わせにより月別・都道府県別の販売量を推計
1-4 燃料タンクと気温の設定方法について	・燃料タンク温度	× <u>現時点での見直しは困難</u> ・知見が得られるまでは気温と同じと仮定
2-1 受入ロスの排出係数のアップデートについて	・排出係数(受入ロス)	× <u>現時点での見直しは困難</u> ・知見が得られるまでは現状の式を使用
2-2 蒸気回収装置の設置に関する条例の有無について	—	● <u>現時点で見直し可能</u> ⇒4(3)に試算結果を示す。 ・条例の有無に関するアンケート結果
2-3 蒸気回収装置の蒸気回収率について	・蒸気回収装置の平均回収率	× <u>現時点での見直しは困難</u> ・知見が得られるまでは見直さない
2-4 蒸気回収装置の設置率について	・都道府県別の蒸気回収装置の設置率	× <u>現時点での見直しは困難</u> ・知見が得られるまでは見直さない

表 4 燃料(蒸発ガス)に係る主な課題(2/2)

課 題		見直しに必要なデータ	対応方針
3-1	ガソリンの VOC 成分の算出 方法について	—	<u>× 現時点での見直しは困難</u> ・知見が得られるまでは見直さない
3-2	ガソリンの組成の経年変化 について	・年別の VOC 成分	<u>× 現時点での見直しは困難</u> ・知見が得られるまでは見直さない
3-3	自動車自体の性能向上による 排出係数の変化について	・車種別、年度別の給油 ロス排出量(実験結果)	<u>▲ 今後、見直しが可能</u> ・石油連盟より実験結果等が得られる見込みであるため、今後見直しが可能 (詳細は石油連盟にて確認中)
3-4	ガソリンの販売量のダブルカ ウントについて	・ガソリンの国内販売量	<u>● 現時点で見直し可能</u> ⇒4(2)に試算結果を示す。 ・資源・エネルギー統計の「国内向販売(ガソリン)」が実際にガソリンスタンドで販売された量に近い <sup>1</sup> ため、このデータを使用

現時点で推計方法の見直しが可能な課題について(表 4: 対応方針の●で示した課題、一部▲の課題を含む)、見直しを実施した場合の排出量を推計するとともに、見直しによる排出量の変化量を算出した。

※ なお、今回の結果は試算であり、VOC 排出インベントリへの適用は次年度以降の検討を踏まえて実施する。



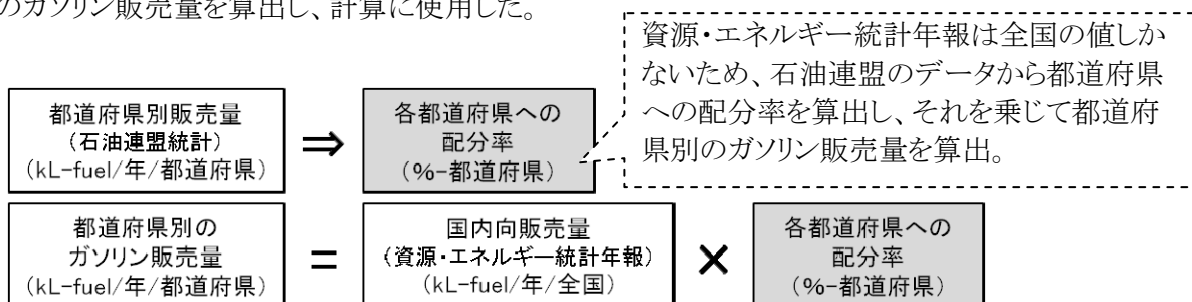
(2) ガソリン販売量データを置き換えた場合(課題: 1-3、3-4)

ガソリン販売量のデータを資源・エネルギー統計年報の「国内向販売」に置き換え、関連するデータを用いて月別・都道府県別の販売量に置き換えた場合の排出量を試算した。

※ データの置き換えのみであり、推計方法自体に変更はなし

⇒給油ロスの VOC 排出係数は、MOVES ではなく、従来の式(資源エネルギー庁)を使用

具体的には以下の手順により資源・エネルギー統計年報の全国のガソリン販売量から都道府県別のガソリン販売量を算出し、計算に使用した。



なお、各統計における平成 25 年度の数値は以下のとおりであり、統計間の差は小さかった(②の方が 134,394kL/年(-0.2%)少ない)。

- ① (石油連盟)都道府県別 石油製品販売総括 55,553,222 kL/年
- ② (資源・エネルギー統計年報)国内向販売(ガソリン) 55,418,828 kL/年

統計データの見直しを行うことで、燃料小売業(受入ロスと給油ロスの合計)からの VOC 排出量(給油ロス)は、ガソリン販売量の減少分(-0.2%)減少する。

表 7 ガソリン販売量データを置き換えた場合の試算結果(平成 25 年度)

区分	推計方法別 VOC 排出量(トン/年)		変化量(トン/年) (b) - (a)
	従来のデータ (石油連盟統計) (a)	見直し後のデータ (資源・エネルギー 統計年報) (b)	
① 給油ロス	70,149	69,979	-170(-0.2%)
② 受入ロス	36,269	36,181	-88(-0.2%)
①+② 燃料小売業	106,418	106,160	-258(-0.2%)

## (3) 蒸気回収装置の設置に関する条例の有無を最新の知見に置き換えた場合(2-2)

平成 26 年度に環境省が実施したアンケート結果によると、蒸気回収装置の設置に関する条例がある自治体は表 8 に示した 8 都道府県であり、過年度の推計における都道府県からの変更はなかった。ただし、千葉県については設置の義務ではなく、自主的な取組を促進する条例であるため、他の都道府県と比較して設置率が低い可能性がある。ここでは、千葉県を除いた場合(千葉県の設置率を 0%とした場合)の排出量を試算した。

推計方法の見直しにより、燃料小売業からの VOC 排出量(給油ロス)は、従来の推計方法と比較して 2%増加する。

※ 蒸気回収装置の設置率のみの変更であり、推計方法自体に変更はなし

⇒給油ロスの VOC 排出係数は、MOVES ではなく、従来の式(資源エネルギー庁)を使用

表 8 蒸気回収装置の設置に係る条例の有無に関するアンケート結果

自治体		条例等	施行日
都道府県	埼玉県	埼玉県生活環境保全条例	H14.4.1
	千葉県	千葉県揮発性有機化合物の排出及び飛散の抑制のための取組の促進に関する条例	H19.10.19
	東京都	環境確保条例	—
	神奈川県	神奈川県生活環境の保全等に関する条例	H10.4.1
	福井県	福井県公害防止条例	H9.3.20
	愛知県	県民の生活環境の保全等に関する条例	H15.10.1
	京都府	京都府環境を守り育てる条例	H9.4.1
	大阪府	大阪府生活環境の保全等に関する条例	H6.11.1

表 9 条例対象都道府県の見直しによる給油ロス排出量の試算結果(平成 25 年度)

区分	推計方法別 VOC 排出量(トン/年)		変化量(トン/年) (b) - (a)
	従来の都道府県 (8 都道府県) (a)	見直し後の都道府県 (7 都道府県) (b)	
受入ロスによる VOC 排出量	36,269	38,391	2,122(+5.9%)

表 10 条例対象都道府県の見直しによる燃料小売業からの排出量の変化(平成 25 年度)

区分	推計方法別 VOC 排出量(トン/年)		変化量(トン/年) (b) - (a)
	従来の都道府県 (8 都道府県) (a)	見直し後の都道府県 (7 都道府県) (b)	
① 給油ロス(参考)	70,149	—	—
② 受入ロス(表 9)	36,269	38,391	2,122(+5.9%)
①+② 燃料小売業	106,418	108,540	2,122(+2.0%)

(4) 実施可能な見直し案を全て実施した場合(課題:1-1、1-2、1-3、2-2、3-4)

4(1)～(3)までの実施可能な全ての課題に対応した場合のVOC排出量(平成25年度)を表11に示す。なお、この場合の推計フローは図8となる。

<給油ロス排出量の算出手順>

- ① MOVESにより月別・都道府県別の給油ロス排出係数を算出。
  - リード蒸気圧は、6～9月が夏用、それ以外が冬用の蒸気圧とした。
- ② 資源・エネルギー統計年報の月別・国内向販売量(ガソリン)に都道府県別の配分率(石油連盟統計より算出)を乗じて月別・都道府県別のガソリン販売量を算出。
- ③ ①、②を用いて、月別・都道府県別の給油ロス排出量を算出。4月～翌年3月までの排出量を合計し、各都道府県の年間排出量を算出。さらに、各都道府県の年間排出量を合計し、全国の年間排出量を算出。

【①給油ロス排出係数】

$$\begin{array}{l}
 \text{A県の4月のMOVESによる} \\
 \text{給油ロス排出係数} \\
 \text{(トン/kL-fuel)} \\
 = \\
 \begin{array}{l}
 \text{定数} \\
 \text{A} \\
 - \\
 \text{定数} \\
 \text{B} \\
 + \\
 \text{定数} \\
 \text{C} \\
 + \\
 \text{定数} \\
 \text{D}
 \end{array}
 \times \begin{array}{l}
 \text{給油される} \\
 \text{燃料の温度} \\
 \text{(F)} \\
 \times \\
 \text{燃料タンク内の} \\
 \text{燃料の温度} \\
 \text{(F)} \\
 \times \\
 \text{ガソリンの} \\
 \text{リード蒸気圧} \\
 \text{(psi)}
 \end{array}
 \end{array}$$

各都道府県の月平均気温  
 各都道府県の月平均気温  
 6～9月は夏用の蒸気圧、それ以外は冬用の蒸気圧

【②ガソリン販売量】

$$\begin{array}{l}
 \text{都道府県別販売量} \\
 \text{(石油連盟統計)} \\
 \text{(kL-fuel/年/都道府県)} \\
 \Rightarrow \\
 \text{各都道府県への} \\
 \text{配分率} \\
 \text{(\%-都道府県)} \\
 \\
 \text{都道府県別・月別の} \\
 \text{ガソリン販売量} \\
 \text{(kL-fuel/月/都道府県)} \\
 = \\
 \text{国内向販売量} \\
 \text{(資源・エネルギー統計年報)} \\
 \text{(kL-fuel/月/全国)} \\
 \times \\
 \text{各都道府県への} \\
 \text{配分率} \\
 \text{(\%-都道府県)}
 \end{array}$$

資源・エネルギー統計年報の月別販売量に、石油連盟統計から算出した都道府県への配分率を乗じて月別・都道府県別のガソリン販売量を算出。

【③給油ロスによるVOC排出量】

$$\begin{array}{l}
 \text{A県の4月の} \\
 \text{給油ロス排出量} \\
 \text{(トン/月)} \\
 = \\
 \text{A県の4月の} \\
 \text{ガソリン販売量} \\
 \text{(kL-fuel/年)} \\
 \times \\
 \text{A県の4月のMOVESによる} \\
 \text{給油ロス排出係数} \\
 \text{(トン/kL-fuel)} \\
 \\
 \text{A県の年間の} \\
 \text{給油ロス排出量} \\
 \text{(トン/年)} \\
 = \\
 \text{A県の4月の} \\
 \text{給油ロス排出量} \\
 \text{(トン/月)} \\
 + \\
 \text{A県の5月の} \\
 \text{給油ロス排出量} \\
 \text{(トン/月)} \\
 + \dots \\
 \\
 \text{全国の年間の} \\
 \text{給油ロス排出量} \\
 \text{(トン/年)} \\
 = \\
 \text{A県の年間の} \\
 \text{給油ロス排出量} \\
 \text{(トン/年)} \\
 + \\
 \text{B県の年間の} \\
 \text{給油ロス排出量} \\
 \text{(トン/年)} \\
 + \dots
 \end{array}$$

②より  
 ①より



給油ロスについては、夏場の蒸気圧を下げることによって従来の推計方法から 14%減少したが、受入ロスについては、千葉県を条例無し之都道府県として扱ったため、6%増加した。燃料小売業全体としては、7%減少した。

表 11 実施可能な見直しを実施した場合の試算結果(平成 25 年度排出量)

区分	推計方法別 VOC 排出量(トン/年)		変化量(トン/年) (b) - (a)
	従来の推計方法 (a)	見直し後の 推計方法 (b)	
① 給油ロス	70,149	60,441	-9,708 (-14%)
② 受入ロス	36,269	38,298	2,029 (6%)
①+② 燃料小売業	106,418	98,739	-7,679 (-7%)

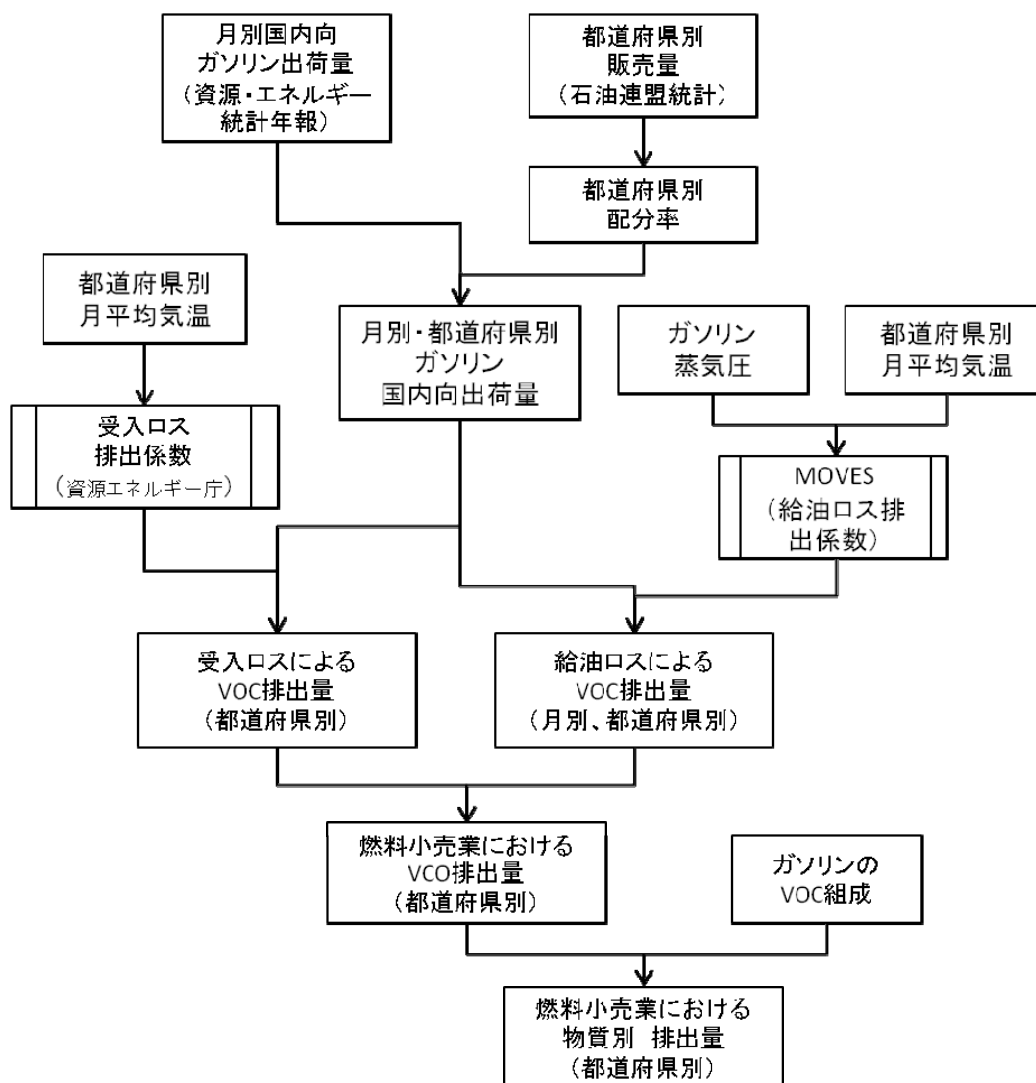


図 8 MOVES 適用時の燃料小売業における排出量の推計フロー

## VOC 排出インベントリにおける燃料(蒸発ガス)の推計方法の詳細

給油所における燃料の供給等に係る VOC 排出量は、ガソリンの販売量に VOC 排出係数を乗じて推計している。推計式は以下のとおり。受入ロス排出係数について、蒸気回収装置の設置に関する条例がある自治体については、PRTR 排出量マニュアル(石油連盟、平成 14 年)に基づき、85%が回収されると仮定して0.15を乗じている。なお、「条例あり」の都道府県における蒸気回収装置の設置率は、平成 12、17～21 年度は PRTR の届出データより推計した数値としていたが、平成 22 年度以降は設置率 100%としている。

## &lt;ガソリン受入時&gt;

$$\text{VOC 排出量(kg/年)} = \text{ガソリン販売量(kL/年)} \times \text{受入ロス排出係数(kg/kL)}$$

$$\text{受入ロス排出係数} = (0.46 \times \text{気温}(\text{°C}) + 13.92) / 21$$

※受入時の蒸気回収装置の設置に関する条例がある自治体(表 12)の場合

$$\text{受入ロス排出係数} = (0.46 \times \text{気温}(\text{°C}) + 13.92) / 21 \times 0.15$$

## &lt;ガソリン給油時&gt;

$$\text{VOC 排出量(kg/年)} = \text{ガソリン販売量(kL/年)} \times \text{給油ロス排出係数(kg/kL)}$$

$$\text{給油ロス排出係数} = (0.97 \times \text{気温}(\text{°C}) + 11.22) / 21$$

表 12 受入時の蒸気回収装置の設置に関する条例の有無

条例の有無	都道府県
あり	埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、福井県、愛知県、京都府、大阪府
なし	その他の道県

受入ロス・給油ロスの排出係数は、昭和 50 年 3 月の資源エネルギー庁の報告書<sup>3)</sup>の数値を使用しており、昭和 49 年に販売されたガソリンを用いた実験結果である(表 13)。出典は古いですが、その後に行われた環境省による二度の試験結果、東京都の試験結果とも差がなかったため、このデータを使用してきた。

VOC 排出インベントリでは、資源エネルギー庁の夏・冬の実験結果から(表 14、表 15)、回帰式により排出係数を設定している(図 9)。排出係数は全炭化水素(THC)に係る排出係数であるが、大気汚染防止法の VOC に該当しないメタンを除外するデータがないこと、燃焼ガスではないので酸素を含んだアルデヒド類の排出はほとんどないと考えられ、THC 排出係数を VOC の排出係数として採用した。

表 13 資源エネルギー庁報告書において使用された燃料の性状

項目	ガソリン	原油	
リード蒸気圧(kg/cm <sup>2</sup> )	0.45～0.70	0.28～0.4	
平均分子量	68	49	
組成	C2	—	18.7%
	C3	—	36.9%
	C4	50.5%	34.6%
	C5	34.2%	6.6%
	C6	11.7%	3.2%
	C7	3.6%	—

表 14 資源エネルギー庁報告書における受入ロスの実験結果

項目	夏季(8月)	冬季(12～1月)	平均
荷下ろし量	1 kℓ	1 kℓ	1 kℓ
排ガス量	1.15 m <sup>3</sup>	1.05 m <sup>3</sup>	1.1 m <sup>3</sup>
炭化水素ベーパー 排出濃度	42 %	29 %	35 %
排ガス温度	30 °C	20 °C	24 °C
地下タンク内温度	25 °C	15 °C	20 °C
気温	30 °C	9 °C	20 °C
炭化水素排出係数	1.32 kg/kℓ	0.86 kg/kℓ	1.08 kg/kℓ

注:各季節に東京都内および横浜市内のガソリンスタンドにて5～6回実施。表の数値は平均値。  
受入ロスと給油ロスの実験は同日に実施。  
VOC 排出インベントリに使用している数値を網掛けで示した。

3) 資源エネルギー庁、石油産業における炭化水素ベーパー防止トータルシステム研究調査報告書、S50.3

表 15 資源エネルギー庁報告書における給油ロスの実験結果

項目	夏季(8月)	冬季(12~1月)	平均
給油量	10 ℓ	10 ℓ	10 ℓ
排ガス量	14.1 ℓ	12 ℓ	13.1 ℓ
炭化水素ペーパー 排出濃度	51 %	27 %	39 %
排ガス温度	38 °C	10 °C	24 °C
気温	30 °C	9 °C	20 °C
炭化水素排出係数	1.92 kg/kℓ	0.95 kg/kℓ	1.44 kg/kℓ

注:各季節に東京都内および横浜市内のガソリンスタンドにて5~6回実施。表の数値は平均値。  
 受入ロスと給油ロスの実験は同日に実施。  
 VOC 排出インベントリに使用している数値を網掛けで示した。

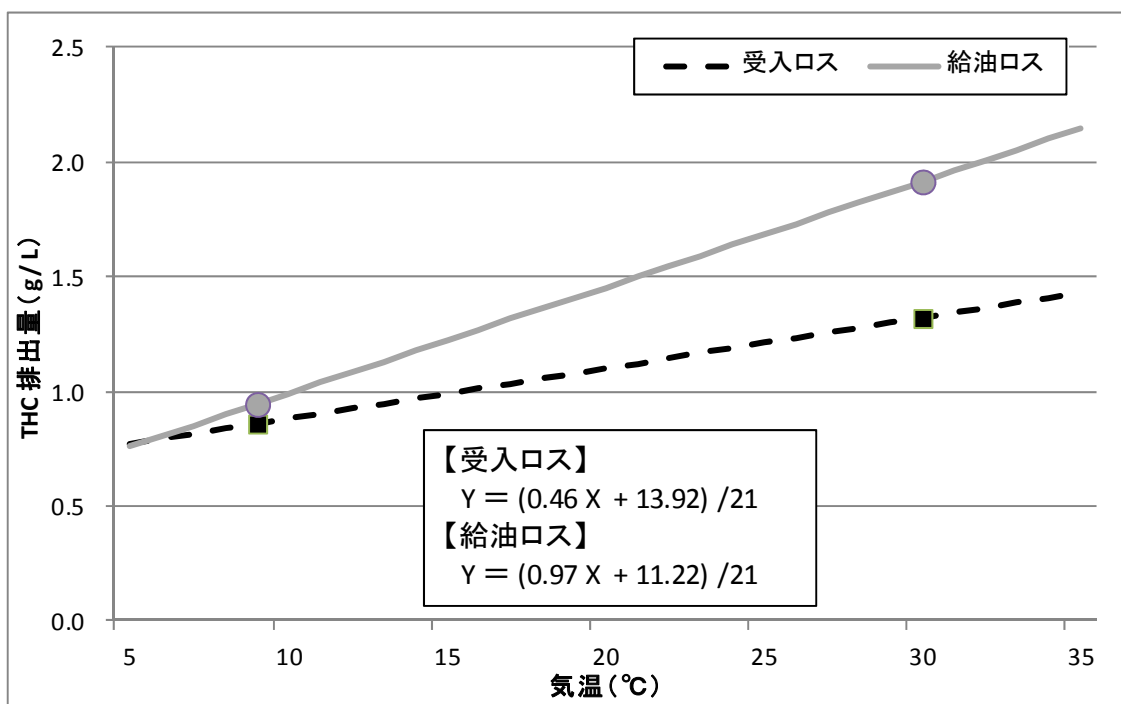


図 9 気温別の受入ロス、給油ロス排出係数

前記のとおり、受入ロス・給油ロス排出係数は、気温によって差があるため、平成 22 年度以降の排出量推計においては、各都道府県の県庁所在地における年平均気温を用いて、都道府県ごとに排出係数を算出している。平成 25 年度の数値を表 16 に示す。

算出した都道府県ごとの受入ロス・給油ロス排出係数に都道府県別のガソリン販売量を乗じて VOC 排出量を算出する。

表 16 県庁所在地における平成 25 年度の年平均気温による排出係数

	都道府県	年平均気温(℃)	受入ロス排出係数(kg/kL)	給油ロス排出係数(kg/kL)
1	北海道	9.38	0.868	0.967
2	青森県	10.66	0.896	1.027
3	岩手県	10.70	0.897	1.029
4	宮城県	12.76	0.942	1.124
5	秋田県	12.03	0.926	1.090
6	山形県	12.06	0.927	1.091
7	福島県	13.44	0.957	1.155
8	茨城県	14.18	0.974	1.189
9	栃木県	14.28	0.976	1.194
10	群馬県	15.11	0.994	1.232
11	埼玉県	15.49	<b>0.150</b>	1.250
12	千葉県	16.49	<b>0.154</b>	1.296
13	東京都	16.98	<b>0.155</b>	1.319
14	神奈川県	16.52	<b>0.154</b>	1.297
15	新潟県	13.98	0.969	1.180
16	富山県	14.56	0.982	1.207
17	石川県	15.07	0.993	1.230
18	福井県	14.91	<b>0.148</b>	1.223
19	山梨県	15.11	0.994	1.232
20	長野県	12.20	0.930	1.098
21	岐阜県	16.32	1.020	1.288
22	静岡県	17.09	1.037	1.324
23	愛知県	16.37	<b>0.153</b>	1.290
24	三重県	16.46	1.023	1.295
25	滋賀県	15.58	1.004	1.254
26	京都府	16.21	<b>0.153</b>	1.283
27	大阪府	17.09	<b>0.156</b>	1.324
28	兵庫県	17.06	1.037	1.322
29	奈良県	15.28	0.998	1.240
30	和歌山県	16.96	1.034	1.318
31	鳥取県	15.46	1.001	1.248
32	島根県	15.43	1.001	1.247
33	岡山県	16.47	1.024	1.295
34	広島県	16.65	1.028	1.303
35	山口県	15.79	1.009	1.264
36	徳島県	16.81	1.031	1.311
37	香川県	16.88	1.033	1.314
38	愛媛県	16.88	1.033	1.314
39	高知県	17.28	1.041	1.333
40	福岡県	17.73	1.051	1.353
41	佐賀県	17.18	1.039	1.328
42	長崎県	17.60	1.048	1.347
43	熊本県	17.25	1.041	1.331
44	大分県	16.87	1.032	1.313
45	宮崎県	17.78	1.052	1.356
46	鹿児島県	18.98	1.079	1.411
47	沖縄県	23.04	1.168	1.599

表 17 平成 25 年度の VOC 排出量(受入ロス・給油ロス)

都道府県	年平均気温 (°C)	ガソリン販売量 (kL/年) (a)	受入ロス排出係 数(kg/kL) (b)	受入ロス (t/年) (a)×(b)	給油ロス排出 係数(kg/kL) (c)	給油ロス (t/年) (a)×(c)
1 北海道	9.38	2,377,279	0.87	2,064	0.97	2,300
2 青森県	10.66	571,909	0.90	513	1.03	587
3 岩手県	10.70	610,268	0.90	548	1.03	628
4 宮城県	12.76	1,322,564	0.94	1,246	1.12	1,486
5 秋田県	12.03	476,090	0.93	441	1.09	519
6 山形県	12.06	492,145	0.93	456	1.09	537
7 福島県	13.44	948,520	0.96	908	1.16	1,096
8 茨城県	14.18	1,611,086	0.97	1,568	1.19	1,916
9 栃木県	14.28	1,023,566	0.98	999	1.19	1,222
10 群馬県	15.11	968,566	0.99	963	1.23	1,193
11 埼玉県	15.49	2,508,891	0.15	377	1.25	3,136
12 千葉県	16.49	2,437,733	0.15	374	1.30	3,159
13 東京都	16.98	7,394,194	0.16	1,148	1.32	9,751
14 神奈川県	16.52	2,507,905	0.15	385	1.30	3,253
15 新潟県	13.98	1,197,653	0.97	1,161	1.18	1,413
16 富山県	14.56	485,760	0.98	477	1.21	586
17 石川県	15.07	653,742	0.99	649	1.23	804
18 福井県	14.91	381,028	0.15	57	1.22	466
19 山梨県	15.11	397,514	0.99	395	1.23	490
20 長野県	12.20	1,079,010	0.93	1,004	1.10	1,185
21 岐阜県	16.32	951,495	1.02	971	1.29	1,225
22 静岡県	17.09	1,677,139	1.04	1,740	1.32	2,220
23 愛知県	16.37	3,631,917	0.15	556	1.29	4,686
24 三重県	16.46	1,265,683	1.02	1,295	1.29	1,638
25 滋賀県	15.58	649,627	1.00	652	1.25	814
26 京都府	16.21	732,603	0.15	112	1.28	940
27 大阪府	17.09	3,051,643	0.16	475	1.32	4,040
28 兵庫県	17.06	1,882,204	1.04	1,951	1.32	2,489
29 奈良県	15.28	455,188	1.00	454	1.24	565
30 和歌山県	16.96	333,117	1.03	345	1.32	439
31 鳥取県	15.46	308,432	1.00	309	1.25	385
32 島根県	15.43	299,564	1.00	300	1.25	373
33 岡山県	16.47	1,006,947	1.02	1,031	1.29	1,304
34 広島県	16.65	1,248,046	1.03	1,282	1.30	1,627
35 山口県	15.79	697,316	1.01	703	1.26	881
36 徳島県	16.81	326,536	1.03	337	1.31	428
37 香川県	16.88	607,407	1.03	627	1.31	798
38 愛媛県	16.88	601,391	1.03	621	1.31	790
39 高知県	17.28	262,856	1.04	274	1.33	350
40 福岡県	17.73	2,111,399	1.05	2,219	1.35	2,857
41 佐賀県	17.18	335,745	1.04	349	1.33	446
42 長崎県	17.60	561,031	1.05	588	1.35	756
43 熊本県	17.25	587,561	1.04	611	1.33	782
44 大分県	16.87	568,368	1.03	587	1.31	746
45 宮崎県	17.78	499,067	1.05	525	1.36	677
46 鹿児島県	18.98	862,110	1.08	930	1.41	1,216
47 沖縄県	23.04	593,407	1.17	693	1.60	949

算出した VOC 排出量は、文献の数値<sup>4)</sup>を用いて物質別に配分している。引用元の文献では、ガソリン種類別(プレミアムガソリン/レギュラーガソリン)の数値が示されているが、平成 24 年度以降は全てレギュラーガソリンであると仮定してレギュラーガソリンの夏仕様と冬仕様の単純平均値を使用している。なお、平成 23 年度以前は、ガソリン種類別の販売量を用いてプレミアムガソリンとレギュラーガソリンの数値を案分した値を使用していた。

表 18 燃料(蒸発ガス)に含まれる物質

	物質コード	物質名	プレミアムガソリン(%)		レギュラーガソリン(%)	
			夏仕様	冬仕様	夏仕様	冬仕様
1	110041	イソペンタン	35.9	23.4	26.2	22
2	110026	n-ブタン	8.11	25.8	14.9	15.8
3	110031	イソブタン	4.58	18.4	10.5	20.3
4	110028	n-ペンタン	4.59	3.2	12.8	9.6
5	110020	2-メチル-2-ブテン	6.75	3.81	1.49	2.25
6	110019	2-メチル-1-ブテン	5.01	3.14	3.11	2.32
7	110029	trans-2-ブテン	4.3	1.85	1.94	3.69
8	110021	2-メチルペンタン	3.51	2.31	3.64	2.18
9	110030	trans-2-ペンテン	5.66	3.04	1.1	1.71
10	110025	cis-2-ペンテン	2.76	1.76	1.12	1.05
11	100100	トルエン	2.75	1.44	1.76	0.61
12	110042	1-ブテン	1.46	0.96	1.14	2.97
13	110043	イソブテン	1.10	0.71	1	2.91
14	110044	3-メチルペンタン	1.61	1.04	1.96	1.04
15	100500	n-ヘキサン	0.64	0.43	3.24	1.27
16	6005	ETBE	0.81	0.32	2.46	1.77
17	110047	1-ペンテン	1.82	1.44	0.67	0.95
18	110045	プロパン	0.17	1.24	1.26	1.38
19	110033	メチルシクロペンタン	0.9	0.58	1, 61	0.58
20	110046	シクロペンタン	0.52	0.46	1.28	0.51
21	110048	3-メチル-1-ブテン	0.73	0.52	0.31	0.42
22	110050	cis-3-メチル-2-ペンテン	0.43	0.24	0.83	0.17
23	110022	3-メチルヘキサン	0.26	0.14	0.64	0.46
24	110049	2-メチルヘキサン	0.3	0.15	0.61	0.45
25	110051	シクロペンテン	0.63	0.39	0.18	0.23
26	110005	ベンゼン	0.32	0.17	0.42	0.26
27	110052	trans-2-ヘキセン	0.51	0.29	0.16	0.18
28	110016	2,3-ジメチルブタン	0.4	0.27	0.25	0.19
29	110053	2-メチル-1-ペンテン	0.43	0.28	0.14	0.16
30	100800	n-ヘプタン	0.12	0.06	0.34	0.23
31	110013	2,2,4-トリメチルペンタン	0.29	0.24	0.1	0.07
32	100700	シクロヘキサン	0.07	0.05	0.38	0.11
		合計	97.44	98.13	97.54	97.82

4) 横田ほか、(技術調査報告)ガソリン給油ロスによる VOC の排出について、大気環境学会誌、第 47 巻、第 5 号、(2012)。

VOC 排出インベントリにおける燃料(蒸発ガス)の排出量

VOC 排出量の推移を図 10 に示す。燃料(蒸発ガス)は、塗料(コード:311)に次ぐ 2 番目に大きい発生源品目であり、平成 25 年度排出量では VOC 排出量全体の約 20%を占めている(図 11)。

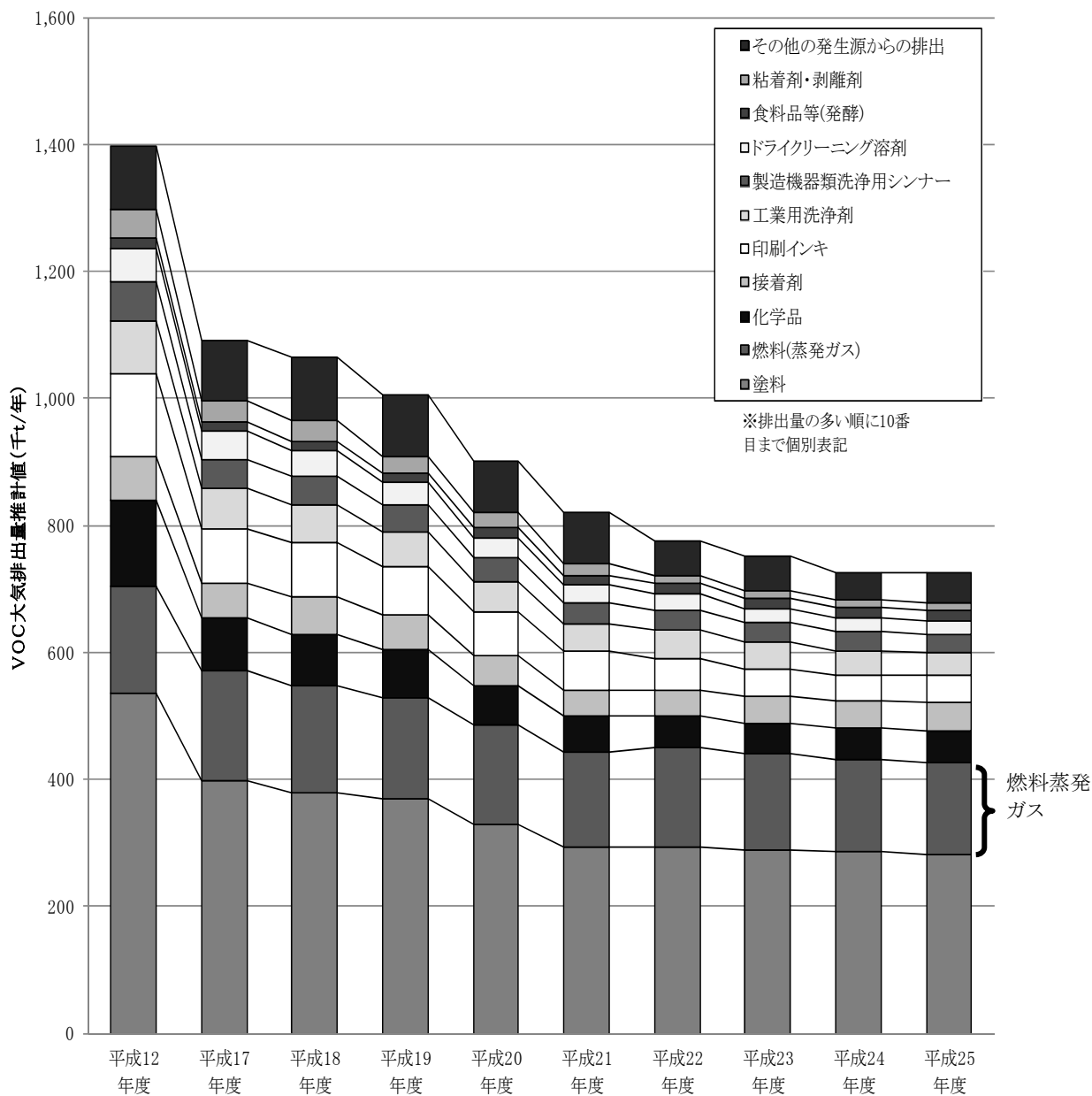


図 10 発生源品目別排出量の推移



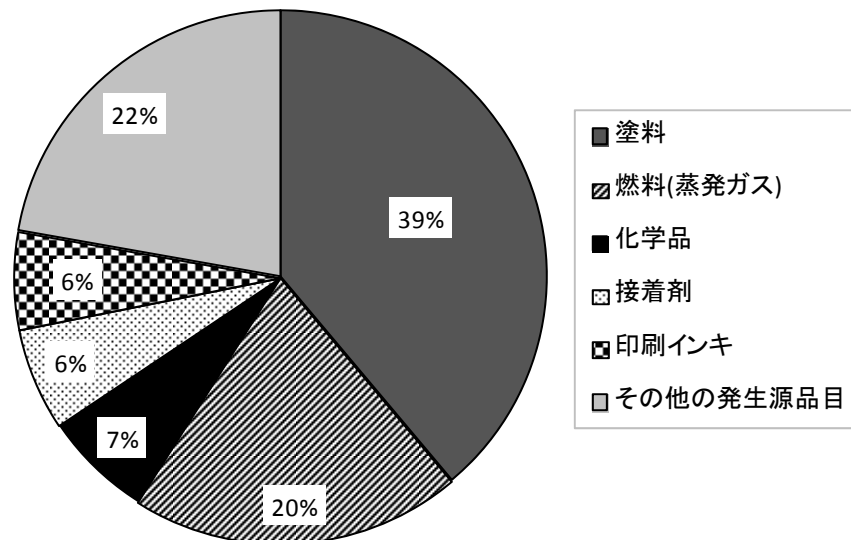


図 11 発生源品目別の構成比(平成 25 年度排出量)

燃料(蒸発ガス)の内訳は、図 12 に示すとおりであり、給油時・受入時の排出量が多い。

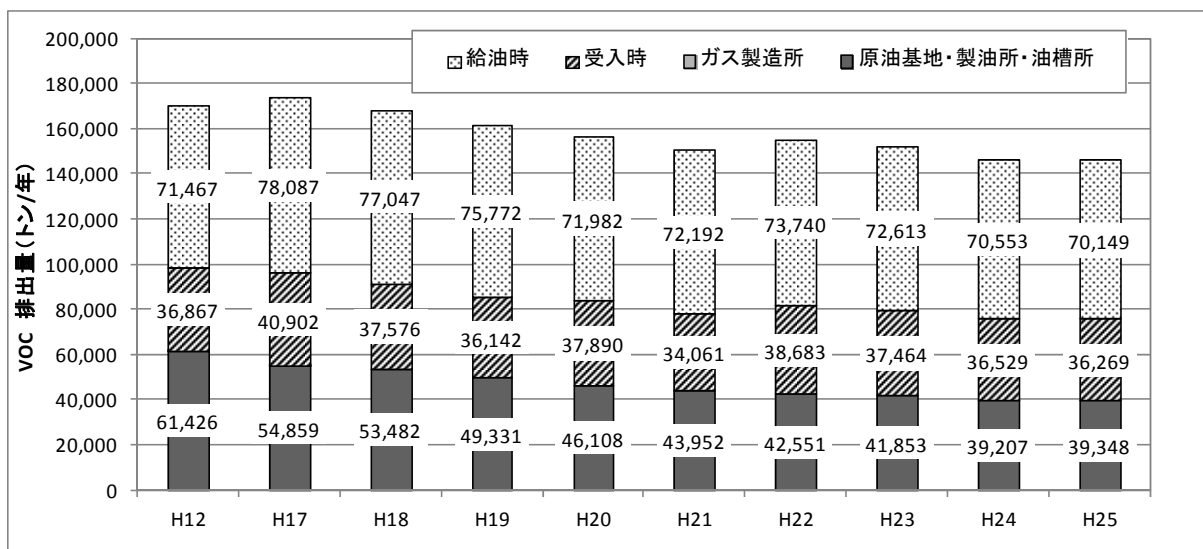


図 12 燃料(蒸発ガス)に係る排出量の推移