

2-2-2 燃料(蒸発ガス)の概要

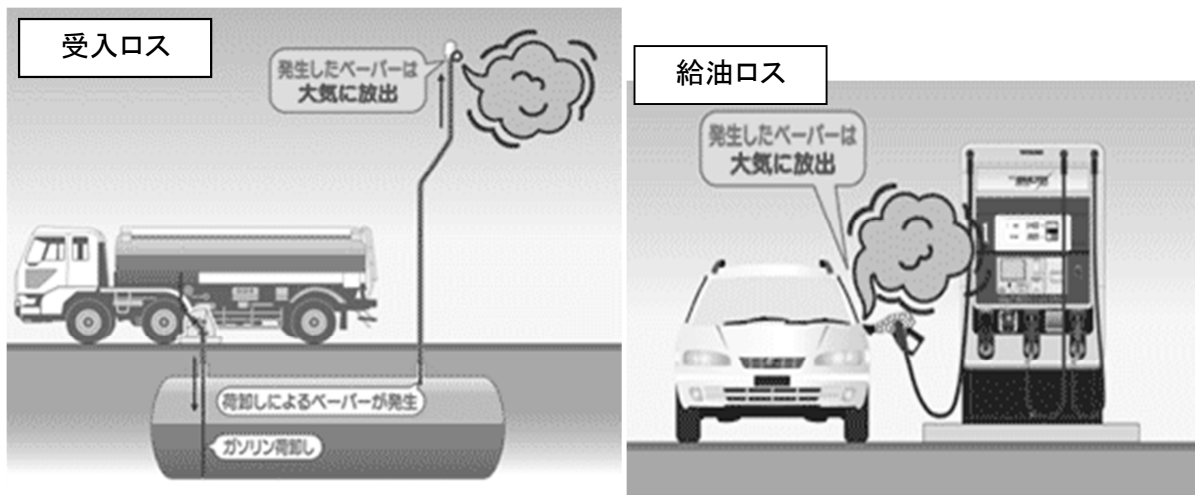
VOC 排出インベントリでは、原油基地、製油所、油槽所、給油所(ガソリンスタンド)における燃料(ガソリン、原油、ナフサ等)の貯蔵・出荷・給油時に排出(蒸発)される VOC を「燃料(蒸発ガス)」(コード:201)として推計している(表 2-30)。

表 2-30 燃料(蒸発ガス)として推計対象とする排出プロセス

施設		推計対象とする排出
原油基地・製油所・油槽所・ガス製造所等	貯蔵施設	固定屋根式タンクの呼吸ロス及び受入ロス 浮屋根式タンクの払出ロス
	出荷施設	タンカー、タンク貨車、タンクローリーに積み込む際の出荷ロス
給油所	貯蔵施設	地下タンクへの受入ロス
	給油施設	自動車等への給油ロス

具体的には、以下(1)～(3)を対象として排出量を推計しており、(1)は石油連盟の自主行動計画、(2)はガス協会の自主行動計画による報告値を VOC 排出量としている。(3)については、給油所において、タンクローリーから地下タンクに燃料を受け入れる際に排出されるガス(受入ロス、図 2-11 左)、及び車両給油時に蒸発するガス(給油ロス、図 2-11 右)を対象として、ガソリン販売量等のデータから排出量を推計している(推計方法は後述)。

- (1) 原油基地・製油所・油槽所における燃料の貯蔵・出荷に係る排出量
- (2) ガス製造所におけるナフサタンクからの排出量
- (3) 給油所における燃料給油等に係る排出量



出典:NEDO ウェブサイト(2015.12.01 アクセス):<http://www.nedo.go.jp/hyoukabu/articles/201210tatsuno/>

図 2-11 受入ロス、給油ロスのイメージ

2-2-3 燃料(蒸発ガス)に係る推計精度向上のための課題

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(蒸発ロス)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。

一方、MOVESは、車両タンク内燃料温度と給油燃料温度の温度差、給油燃料温度、燃料蒸気圧を変数としており、車両タンク内燃料温度、給油燃料温度、燃料蒸気圧は、各々、給油時の蒸発ガス量に影響をする重要な因子であることから、MOVESの変数選定・構成は妥当なものと考えられる。しかしながら、各変数に対する係数の値については、MOVESの値(米国における値)そのままであり、日本車にも適用できるかについては十分に確認されていない。したがって、今後、MOVESの日本車への適用性については、各係数の値の最適化の必要性を含めて検証が必要である。したがって、現時点の推計値は、MOVESの係数の値をそのまま用いた場合の試算例であること、今後のMOVESの適用性検討によって、係数の値の最適化等が行われると推計値が変わる可能性のあることに留意する必要がある。

以上を踏まえ、具体的な課題を以下に示す。

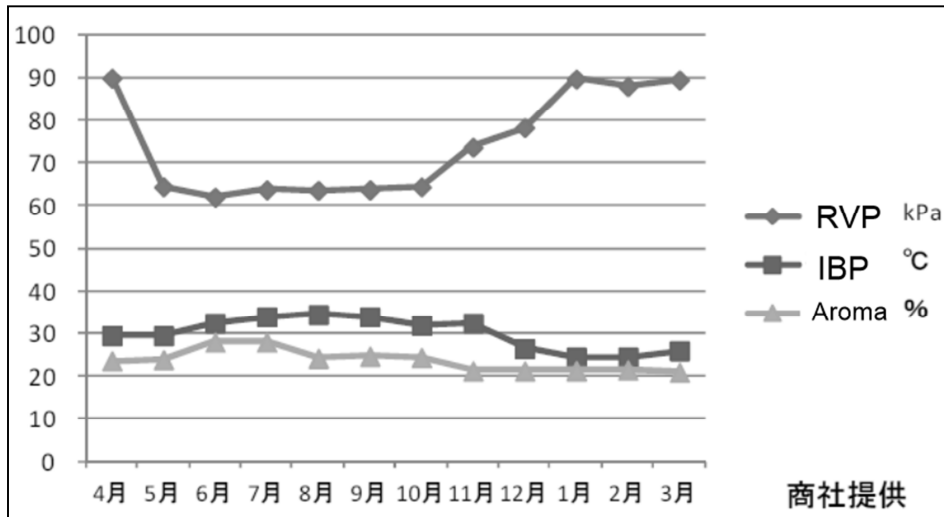
(1-1)ガソリンの種類別(夏用・冬用)・年別の蒸気圧データについて

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2-12)。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 2-12 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) 給油燃料温度の設定方法について

MOVES を用いて給油時蒸発ガス量の推算を行うにあたっては、「給油燃料温度」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、給油燃料温度を気温に等しいと仮定しているが、実際の環境では、給油所の地下タンクの温度は気温ほど変動しない。特に夏場の給油燃料温度は気温程高くない場合があり、例えば気温が 35°C になったとしても、地下タンクはそこまで高い温度にはならない。今回の試算では、給油燃料温度を気温と等しいとしたが、実際に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。

(1-5) 車両タンク内燃料温度と給油燃料温度の温度差の設定方法について

MOVES を用いて給油時蒸発ガス量の推算を行うにあたっては、車両タンク内燃料温度と給油燃料温度の温度差を設定する必要がある。MOVES においては、給油燃料温度と温度差の関係式が示されているが、本来、給油燃料温度と車両タンク内燃料温度は独立して変化するものであるため、給油温度のみで一律に温度差が決まるものではない。今後、この関係式の妥当性、適用の是非を含めて、温度差(または車両タンク内燃料温度)について、適宜、知見を収集する必要がある。

なお、温度差の設定においては、前述の給油燃料温度の設定についての課題(1-5)とも合わせて検討する必要がある。

(2) 受入ロスの推計精度向上に向けた課題

(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 2-31 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。

4 NEDO 実用化ドキュメント(株タツノ)、<http://www.nedo.go.jp/hyoukaku/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 2-32)。

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 2-32 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	<p>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</p> <p>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 27kL 以上となる事業所に設置されているもの) 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> ①燃料用揮発油の貯蔵施設の容量の合計が 5kL 以上。 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 50kL 以上。 給油所の揮発油の貯蔵施設の容量が 30kL 以上であるものに限る。 燃料用ガソリンの地下タンクの貯蔵容量の合計が 30kL 以上 (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 40kL 以上であること。 燃料用ガソリンの貯蔵能力の合計が 30kL 以上。 燃料用ガソリンの貯蔵量の合計が 30kL 以上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。</p>
政令指定都市	<p>さいたま市 千葉市 横浜市 川崎市</p> <p>地下タンク容量の合計が 27kL 以上。 — 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 30kL 以上あるものに限る。 —</p>
中核市	<p>船橋市 尼崎市</p> <p>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。 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 50kL 以上貯蔵することができる施設を設置しているもの。</p>

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 2-33 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 2-33 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

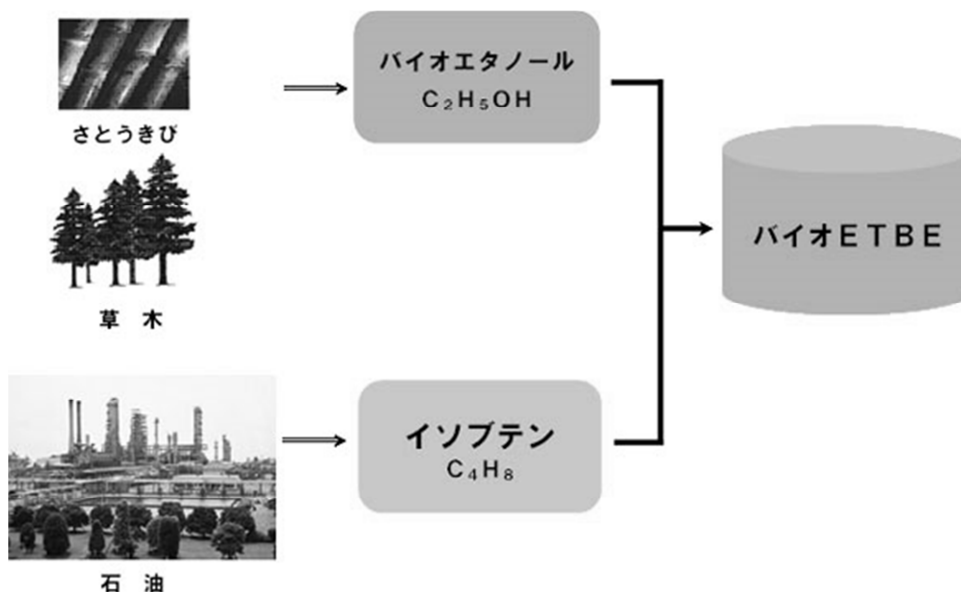
出典:横田ほか、(技術調査報告)ガソリン給油ロスによる VOC の排出について、大気環境学会誌、47-5、(2012)。

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

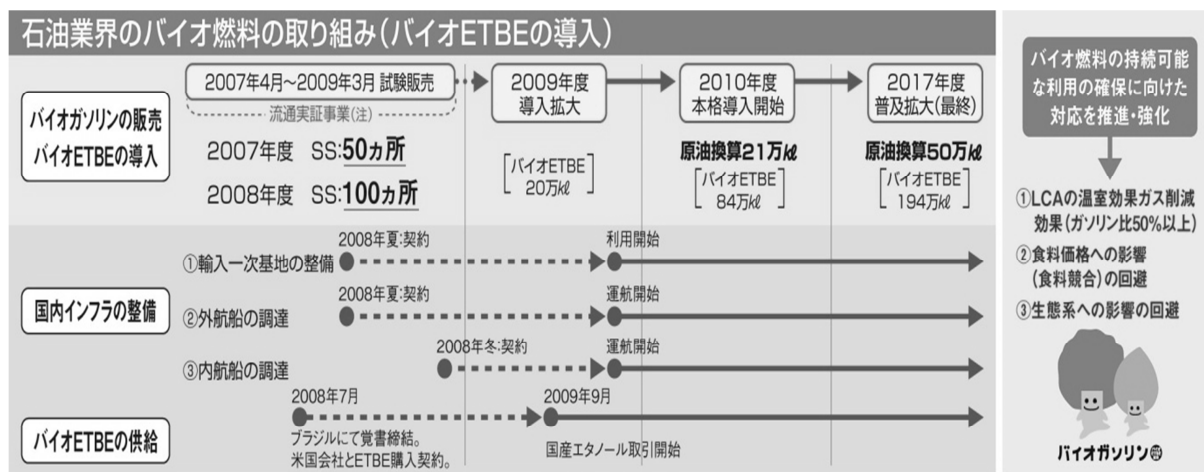
石油業界では、2007年から燃料にバイオ燃料(バイオ ETBE、図 2-13)を配合する取り組みを開始し、2010年に本格導入、2017年まで段階的に量を増やす取り組みが進められている(図 2-14)。表 2-33 に示した 2012 年の文献の数値においても ETBE が 2.46% (レギュラーガソリン) 含まれている。

バイオ ETBE の導入量は、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 2-13 バイオ ETBE 生成プロセス



(注):2007年度から2年間は国の補助事業(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 2-14 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

自動車の燃料タンクの構造変化等により VOC 排出量が低減し、給油ロスの排出係数は低下する傾向にある(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。

2-2-4 推計方法の課題に係る指摘事項

燃料(蒸発ガス)の推計方法については、主に第 29 回検討会(平成 27 年度第 2 回)において議論いただいた。主な指摘事項と指摘事項に対する対応状況を以下に示す。

表 2-34 燃料(蒸発ガス)の推計方法の見直しに関する指摘事項

指摘事項	対応状況
<p>① <u>MOVES2010の計算式について</u></p> <ul style="list-style-type: none"> MOVES2010の式全体を見ると、給油される燃料の温度に掛かった係数が正であるため、この項との兼ね合いで全体は正の値となるのだろうが、排出量への温度の反映の方法が理解しにくい。(金子氏) TDFDIF の式を全体の式に代入すると DFTEMP のみの式となる。その形に整理して議論を行った方がわかりやすい。(浦野委員長) DFTEMP の項をまとめて整理して、RVP を一定と仮定した場合の温度と排出量の図を作成すれば、よりわかりやすくなる。(浦野委員長) 統合した式は、給油される燃料の温度のみが変数となっているが、本来自動車燃料タンク内の燃料と給油される燃料の温度差で決まる排出量が、給油される燃料の温度が異なるために大きく変化するのは実態と合っていない。(金子氏) MOVES2010 の式は、「$TDFDIF = 0.418 \times DFTEMP - 16.6$」の式が成り立つことが前提となる。しかし、この関係は常に成り立つとは限らない。(金子氏) 動車の燃料タンク内に燃料を給油した際、中の蒸発ガスが押し出されて大気中に排出される。燃料タンク内の温度、蒸気圧、燃料の温度のそれぞれに係数が乗じられ、それぞれが重要なものである。このようなモデルを考えると、変数を1式に統合した式を用いて排出係数を検証することは良いが、<u>ここで用いる係数が正しいかは検討する必要がある。</u>(金子氏) 	<p>ア MOVES2010 本来の式と統合した式の両方を併記した。</p> <p>イ 統合する際は、計算式の変更と共に、物理量の単位を以下のとおり変更した。</p> <p>温度(華氏(° F) → 摂氏(°C))</p> <p>体積(米国ガロン → kL)</p> <p>リード蒸気圧(psi → kPa)</p> <p>ウ MOVES2010 等の適用(係数の見直し等)については、次年度以降の要検討課題とした。</p>

指摘事項	対応状況
<ul style="list-style-type: none"> 交通安全研究所で実施した実験は気温と給油する燃料の温度差、および RVP の増減を大きく変化させておらず、確認のため、石油連盟が測定したデータを用いて試算を行った結果、実験値と MOVES2010 の式による予測値を比較すると、平衡蒸気圧と温度が必ずしも一致しなかった(金子氏) 	
<p><u>自動車の燃料タンク内の温度について</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 車の燃料タンク内に残っている燃料の温度も重要である。(金子氏) 直射日光が当たるような場所を走ればタンク内の燃料温度は高くなるといった議論が出てくるかもしれない。(浦野委員長) <p>②</p> <ul style="list-style-type: none"> 石油連盟ではそのような実験データも持っているので、それらも用いて、MOVES2010の式でよいのか、別の式を適用した方がよいのかを議論していただきたい。(金子氏) 	<p>ア MOVES2010 は自動車の燃料タンク内の温度を考慮した式であることの確認を行った。</p> <p>ア 石油連盟殿に協力を依頼し、石油連盟における実験結果をまとめた報告書を提供いただくこととなった。</p>
<p><u>蒸気圧変化の受入ロスへの反映について</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 燃料の蒸気圧を下げた際の効果は給油ロスだけでなく受入ロスにも影響する。それを考慮することも課題として挙げられる。(金子氏) <p>③</p>	<p>ア 受入ロスの推計方法に係る新たな知見は得られなかった。</p>
<p><u>燃料蒸発ガスの VOC 組成について</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 温度が上昇しても蒸発ガスの組成は一定であると仮定して推計を実施するのだろうか。(浦野委員長) 地下タンク、自動車のタンク等、タンク内の温度が異なる場合、蒸気の組成が同一でよいかについても合わせて議論していただきたい。(浦野委員長) <p>④</p>	<p>ア 指摘いただいた事項に対応するための知見は得られなかった。</p>
<p><u>気温の設定方法について</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 外気温として月平均気温を用いているが、気温の設定を見直してはどうか。実態を考慮すると、日中と夜間では夜間に給油するユーザーはわずかであるため、24時間平均値を用いて推計を行った場合、実態と乖離する可能性がある。(浜井委員) <p>⑤</p>	<p>ア ガソリンスタンドの平均的な営業時間(6時～21時)の平均値気温(15時間平均)を用いて試算した。</p> <p>イ 試算の結果、6～21時の平均気温を用いることによる燃料(蒸発ガス)の排出量の増加量は+1.3%とわずかであった。</p>

指摘事項	対応状況
<p><u>バイオ燃料について</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ハイオク、レギュラー、バイオ燃料等燃料別に販売量が推計出来るようであれば、ガソリンとバイオ燃料に分けて推計したらどうか。(南齋委員) <p>⑥</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バイオ ETBE は都道府県別の販売量が把握できないと思うので、全国のバイオ ETBE 販売実績を都道府県別のガソリン販売実績で配分することとなるだろう。(浦野委員長) 	<p>ア バイオ燃料の販売量に係るデータは得られなかった。</p>
<p><u>推計対象とする燃料について</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 軽油については今後どのように対応するのか。ガソリンと比べて発生量は小さいが、考慮した場合にインベントリ全体にどの程度影響を及ぼすか検討したほうがよい。(南齋委員) <p>⑦</p>	<p>ア PRTR 排出量・移動量 算出マニュアルによると、軽油はガソリンと比較して排出係数が 3 桁程度小さく、また、沸点範囲が 170～370℃と常温よりはるかに高温であることから排出量への影響はわずかであることを確認した。</p>
<p><u>蒸気回収装置の設置率について</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 全国のガソリンスタンドの規模別割合は情報があると考えられるため、そこから条例がある都道府県のガソリンスタンドでの蒸気回収装置の設置率を設定したらどうか。(浦野委員長) ・ 蒸気回収装置の販売側から設置率を推定するためのデータは得られないだろうか。(遠藤委員) <p>⑧</p>	<p>ア 蒸気回収装置の設置状況を把握するため、関連する業界団体(装置メーカー側の業界団体)に問合せを実施した。</p>