

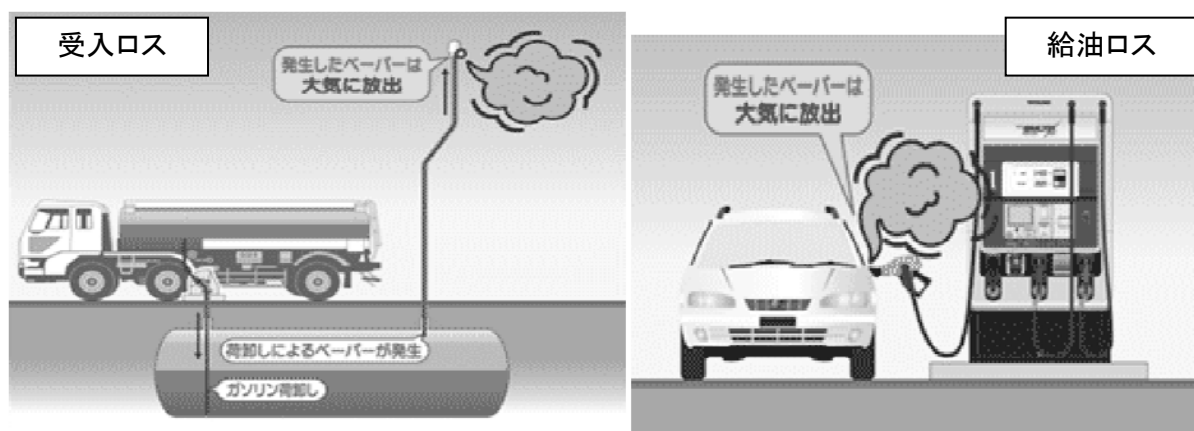
燃料(蒸発ガス)の推計方法に関する対応方針(案)

1 VOC 排出インベントリにおける「燃料(蒸発ガス)」について

VOC 排出インベントリでは、原油基地、製油所、油槽所、ガス製造所、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。具体的には、以下①～③を対象として排出量を推計している。

- 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(※)

※ 給油所においては、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 1 左)、及び車両給油時に蒸発するガス(給油ロス、図 1 右)を対象



出典:NEDO ウェブサイト(2016.10.30 アクセス):<http://www.nedo.go.jp/hyoukabu/articles/201210tatsuno/>

図 1 受入ロス、給油ロスによる VOC 排出のイメージ

2 燃料(蒸発ガス)に係る推計方法の見直し(案)

平成 27 年度調査における検討の結果、以下の項目が主な課題とされた。

- 排出係数の推計式について、平成 26 年度排出量の推計に使用した MOVES は米国車の実験結果から構築した推計式であるため、国産車においても適用可能かどうか検証する必要がある。あるいは、国産車の実験結果から新たに推計式を構築する必要がある。
 - ⇒ 対応方針は「(1) 排出係数の推計式について」参照
- 推計式に設定するパラメータ(給油燃料温度、車両燃料タンク温度 等)については、設定方法を精査する必要がある。
 - ⇒ 対応方針は「(2) 推計式に設定するパラメータについて」参照
- 燃料の蒸気圧を下げる取り組みは、給油ロスだけではなく受入ロスにも効果があると考えられるため、受入ロス排出量についても考慮する必要がある。
 - ⇒ 対応方針は「(3) 受入ロスに係る蒸気圧の考慮方法について」参照
- 基礎データとして使用している都道府県別のガソリン販売量(ガソリン消費量)について、使用する統計によって差が大きい都道府県がある。
 - ⇒ 「(4) 統計データについて」は、現在統計データ等の確認を実施中

第2回検討会では、下記(1)～(3)について検討し、VOC 排出インベントリにおける燃料(蒸発ガス)の推計を行うこととしたい(統計データについては、第3回検討会までに確認を終了させる予定)。

(1) 給油ロス排出係数の推計式について

ア 石油連盟提案の推計式

昨年度の課題を踏まえ、推計式の代替案として、以下の2式を用いて推計する手法を石油連盟より以下のとおりご提案をいただいた。

旧年式車用推計式(2005 年度以前に適用)

①推算式検討車両により構築された推算式
蒸発ガス推算値[g/L] = $0.044244 * A - 0.059284 * B - 0.00497 * C + 0.021333 * D - 0.87265$
A: 車両タンク内燃料温度[°C]、B: 車両タンク内燃料温度[°C]-給油温度[°C]、C: 給油速度[L/min]、D: 蒸気圧[kPa]

新年式車用推計式(2010 年度以降に適用)

②推算式検討車両により構築された推算式
蒸発ガス推算値[g/L] = $0.024107 * A - 0.04173 * B - 0.00436 * C + 0.00801 * D + 0.341865$
A: 車両タンク内燃料温度[°C]、B: 車両タンク内燃料温度[°C]-給油温度[°C]、C: 給油速度[L/min]、D: 蒸気圧[kPa]

※ 旧年式車用と新年式車用の間の期間(2006～2009 年度)は、旧年式車用と新年式車用推算式を段階的に傾斜をつけて割り振る。

⇒例えば、2006 年であれば「旧年式車用*0.8+新年式車用*0.2」等

①各推計式の構築、検証条件

旧年式車用及び新年式車用の構築、検証に使用したデータ等の条件は以下のとおり。

■旧年式車用推計式の構築条件(1車種、24条件、24データ)

車両名	車種区分	年式	排気量(L)	タンク容量(L)
車両A	小型乗用車	2002年	1.5	50

試験車両	RVP(kPa)	給油流速(L/min)	給油燃料温度(°C)	環境温度(°C)	データ数
車両A	65、72	30、40	19.4、25、30 35、40	26.7、30、35、40	24

■旧年式車用推計式の検証(3車種、10条件、18データ)

車両名	車種区分	年式	排気量(L)	タンク容量(L)
車両B	小型乗用車	2001年	1.8	60
車両C	軽自動車	2003年	0.66	36
車両D	普通乗用車	2003年	2.3	70

試験車両	RVP(kPa)	給油流速(L/min)	給油燃料温度(°C)	環境温度(°C)	データ数
車両B	65、72	40	19.4、25、30、35	26.7、30、35、40	10
車両C	65	40	25、30、35	30、35、40	4
車両D	65	40	25、30、35	30、35、40	4

■新年式車用推計式の構築条件(3車種、50条件、70データ)

車両名	車種区分	年式	排気量(L)	タンク容量(L)
車両AA	小型乗用車	2007年	1.5	50
車両DB	軽自動車	2008年	0.66	50
車両EA	軽自動車	2008年	0.66	50

試験車両	RVP(kPa)	給油流速(L/min)	給油燃料温度(°C)	環境温度(°C)	データ数
車両AA	59、64.5、71.5	40	25、35、45	20、25、30	30
車両DB	62、70	30、40	20、26.7、30、35	15、19.4、25、30	24
車両EA	62、70	30、40	20、26.7、30、35	15、19.4、25、30	16

注:同一条件で複数回実施したデータがあるため、条件の組み合わせとデータ数は必ずしも一致しない。

■ 新年式車用推計式の検証(7 車種、18 条件、18 データ)

車両名	車種区分	年式	排気量(L)	タンク容量(L)
車両 CB-B	一般的な機構の車両	2008 年	1.8	50
車両 AE-B	一般的な機構の車両	2008 年	1.5	42
車両 AD	軽自動車	2012 年	0.66	30
車両 FB	軽自動車	2011 年	0.66	30
車両 EB	ハイブリッド車	2012 年	1.8	45
車両 GA	高圧縮比高効率エンジン搭載車	2013 年	1.3	35
車両 HA	過給ダウンサイジング車	2013 年	1.2	41

注: 車種区分は出典(平成 25 年度石油精製における残油の分解等で得られる留分の自動車燃料利用に関する研究開発成果報告書)の記載に合わせた。

試験車両	RVP (kPa)	給油流速 (L/min)	給油燃料温度 (°C)	環境温度 (°C)	データ数
車両 CB-B、車両 AE-B	59、64.5	31.7	19.4	26.7	4
車両 AD、車両 FB	59、64.5	31.7	19.4	26.7、31.7	8
車両 EB、車両 GA、車両 HA	59	31.7	19.4	26.7、31.7	8

イ 環境省提案の給油ロス推計式

式の構築に使用するデータに、交通安全環境研究所による実験結果も追加することで、夏用ガソリンの実験結果や、小型乗用車・軽自動車以外の車種による実験結果を含めた推計式を構築した。

また、第1回検討会にて同一条件による実験結果を平均化せず、そのまま使用すべきではないかとの指摘があったため、これらのデータを平均せずに全データを用いて H27 構築式を構築し直した。

① 同一車種・条件のデータを平均化した場合の推計式

上記の点について、冬用ガソリンの蒸気圧による実験結果や乗用車の実験結果を推計式に含めるため、利用可能な国産車の実験結果を用いて新たに推計式を構築した。

構築の手順及び使用した文献等を以下に示す。

【第1回検討会提案式(同一車種・条件のデータを平均して使用)】

給油ロス排出係数 (g/L) =

$$0.0372 \times A - 0.0487 \times B - 0.0110 \times C + 0.0152 \times D - 0.1602$$

A: 車両タンク内燃料温度(°C)、B: 車両タンク内燃料温度と給油される燃料の温度差(°C)

C: 給油速度(L/min)、 D: リード蒸気圧 (kPa)

<推計式の構築方法>

- ① 11 文献(表 1)+交通環境安全研究所測定データを整理 (全 354 データ)
- ② 複数の文献で引用している結果を削除、同一の車種・条件で複数回測定したデータを平均化する等、データのスクリーニングを実施(全 228 データ)
- ③ ②のデータを全て使用し、重回帰分析により推計式を構築
⇒影響因子は「車両タンク内燃料温度(環境温度)」、「車両タンク内燃料温度と給油される燃料の温度差」、「給油速度」、「リード蒸気圧」

② 全データをそのまま用いた場合の推計式

【第2回検討会提案式(全データを平均せずに使用)】

給油ロス排出係数 (g/L) =

$$0.0359 \times A - 0.0486 \times B - 0.0092 \times C + 0.0149 \times D - 0.1804$$

A: 車両タンク内燃料温度(°C)、B: 車両タンク内燃料温度と給油される燃料の温度差(°C)

C: 給油速度(L/min)、 D: リード蒸気圧 (kPa)

<推計式の構築手順>

- ① 11 文献(表 1)+交通環境安全研究所測定データを整理
- ② 複数の文献で引用している結果を削除(全 272 データ)
- ③ ②のデータを全て使用し、重回帰分析により推計式を構築
⇒影響因子は「車両タンク内燃料温度(環境温度)」、「車両タンク内の燃料と給油される燃料の温度差」、「給油速度(給油流速)」、「リード蒸気圧(RVP)」

表 1 給油ロス推計式の構築に使用した文献等

NO.	略称	文献名
1	H15 環境省委託調査 (財)日本自動車研究所)	平成 15 年度燃料蒸発ガスの対策技術等に関する基礎調査
2	H27 環境省委託調査 (独)交通安全環境研究所)	平成 27 年度燃料蒸発ガス対策の検討に向けた調査委託業務
3	JPEC-2012JP-02	平成 24 年度石油精製における残油の分解等で得られる留分の自動車燃料利用に関する研究開発成果報告書
4	JPEC-2013JP-02	平成 25 年度石油精製における残油の分解等で得られる留分の自動車燃料利用に関する研究開発成果報告書
5	JPEC-2014JP-03	平成 26 年度石油精製における残油の分解等で得られる留分の自動車燃料利用に関する研究開発成果報告書
6	PEC2003JC-14	平成 15 年度将来のゼロエミッションを目指した自動車技術に対応する燃料技術の研究開発報告書
7	PEC-2006JC-17	平成 18 年度将来のゼロエミッションを目指した自動車技術に対する燃料技術の研究開発報告書
8	PEC-2007JC-05	平成 19 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
9	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
10	PEC-2009JP-08	平成 21 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
11	Yamada et al.,2015	Refueling emissions from cars in Japan: Compositions, temperature dependence and effect of vapor liquefied collection system, Atmospheric Environment 120, (2015), 455-462.

③ 決定係数の比較

なお、1車種同一条件の複数データを平均化した場合と平均化しなかった場合の各推計式(石油連盟の旧年式車用推計式及び新年式車用推計式、H27 構築式)の決定係数を年式別に算出すると表 2、表 3 に示すとおりである。平均化しなかった場合でも新年式車用推計式の 2010 年以降の決定係数は高いとはいえない。また、全区間でみると H27 構築式の決定係数が高く、予測結果の当てはまりがよい。

表 2 決定係数の比較(1車種・同一条件の複数データを平均化した場合)

年式	データ数	決定係数(R ²)		
		旧年式車用	新年式車用	H27 構築式 (同一条件平均)
2005 年以前	68	0.760	0.706	0.704
2006～2009 年	127	0.782	0.690	0.793
2010 年以降	41	0.653	0.600	0.684
全区間	236	0.775	0.715	0.787

注:決定係数は予測式の当てはまりの良さを表す指標。

表 3 決定係数の比較(1車種・同一条件の複数データをそのまま用いた場合)

年式	データ数 ^{注1}	決定係数(R ²) ^{注2}			
		旧年式車用	新年式車用	MOVES 2010	H27 構築式 (全データ)
2005 年以前	76	0.781	0.732	0.737	0.742
2006～2009 年	139	0.783	0.712	0.605	0.796
2010 年以降	41	0.653	0.600	0.527	0.673
全区間	256	0.775	0.721	0.636	0.782

注1:年式が不明のデータを除外したため、データ数の合計は推計式の構築に使用したデータ数(272)よりも少ない。

注2:決定係数は予測式の当てはまりの良さを表す指標。

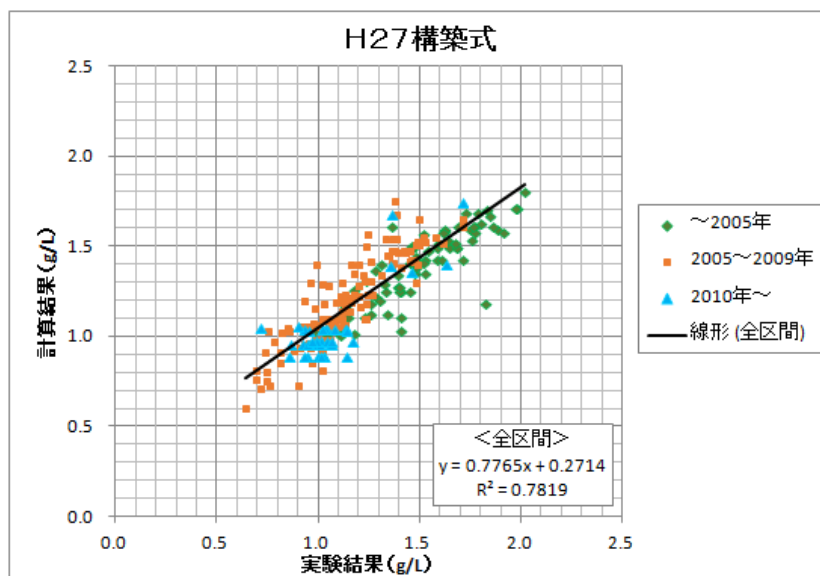


図 2 予測結果と実験結果の対応関係(H27 構築式;全データ使用)

ウ 日本自動車工業会へのヒアリング結果

- ① 車両構造（燃料タンクの構造、邪魔板の有無）の変化について
 - 邪魔板は燃料タンク内の防音対策のため設置されたもので、VOC 排出抑制対策を目的に設置したものではない。古い車両の燃料タンクは金属製であり、溶接等で邪魔板を設置することが出来たが、近年の車両は、燃料タンクが樹脂製であり設置しにくい。樹脂製の燃料タンクは型を作製する際に予めシミュレーション等で防音対策等を踏まえた設計をする。なお、タンク形状は車両の設置スペースにより様々な形となる。
- ② 車両年式による推計式の使い分けについて
 - VOC 排出量に影響する主要項目は、外気温、タンク内燃料温度、給油燃料温度、RVP 等であり、邪魔板の有無はこれらの項目には影響しないと考えられる。
 - 燃料タンクが金属製から樹脂製に変わったのは 2000 年頃からであり、それ以降は各社がフルモデルチェンジに合わせて変更している。従って、ある時期以降の全ての古い車両に差があると結論付けるのは無理がある。
 - 車種による燃料蒸発ガス排出量の違いは、タンク容量の大小、排気管に対する遮熱効果の違いが影響する。したがって、車両の年式よりも車種個々による違いの方が、VOC 排出量に与える影響が大きいと考えられる。
 - 石油連盟提供資料（参考資料 2-2）における旧年式車と新年式車で差が出る要因の解析については、①環境温度が 45℃と日本の現実には合わない条件での結果であること、②邪魔板の有無による温度差は 2～3℃であるが、熱電対は局所的な温度を示すため、給油時のタンク内の気層流れの違いを感知している可能性が高く、蒸発ガス量に関係するタンク内気層の平均温度を示しているとは考えにくい。

(2) 推計式に設定するパラメータについて

排出係数の推計式に設定するパラメータ(車両タンク内燃料温度、給油燃料温度、給油速度)について、石油連盟より以下のご提案をいただき(※)、給油機メーカーからも妥当であるとのことをご意見をいただいたため、表 3 の値を用いることとしたい。

※出典:平成 28 年度 揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ検討会(第 1 回) 参考資料2-2

表 3 給油ロスの推計式に設定するパラメータ

パラメータ	設定値				
車両タンク内燃料温度	気温+5℃				
給油燃料温度	気温<15℃	15～<20℃	20～<25℃	25～<30℃	気温≥30℃
(地下タンク燃料温度)	気温+5℃	気温+2.5℃	気温	気温-2.5℃	気温-5℃
給油速度	35 L/min				

注:気温は各都道府県の県庁所在地における月平均気温。車両タンク内燃料温度は、常に気温より高くなるよう設定。給油燃料温度は、気温に対して温度変化が小さくなるよう設定。給油流速は国内に流通している給油機(30～40L/min)の平均的な数値を設定。

試算結果と課題

(1)～(2)に前記した給油ロスに係る見直し案を踏まえ、国内の VOC 排出量を試算した結果を以下に示す。H27 構築式により試算した平成 26 年度の排出量の、対 12 年度比及び対 17 年度比の増減率は、約 11%減となった。

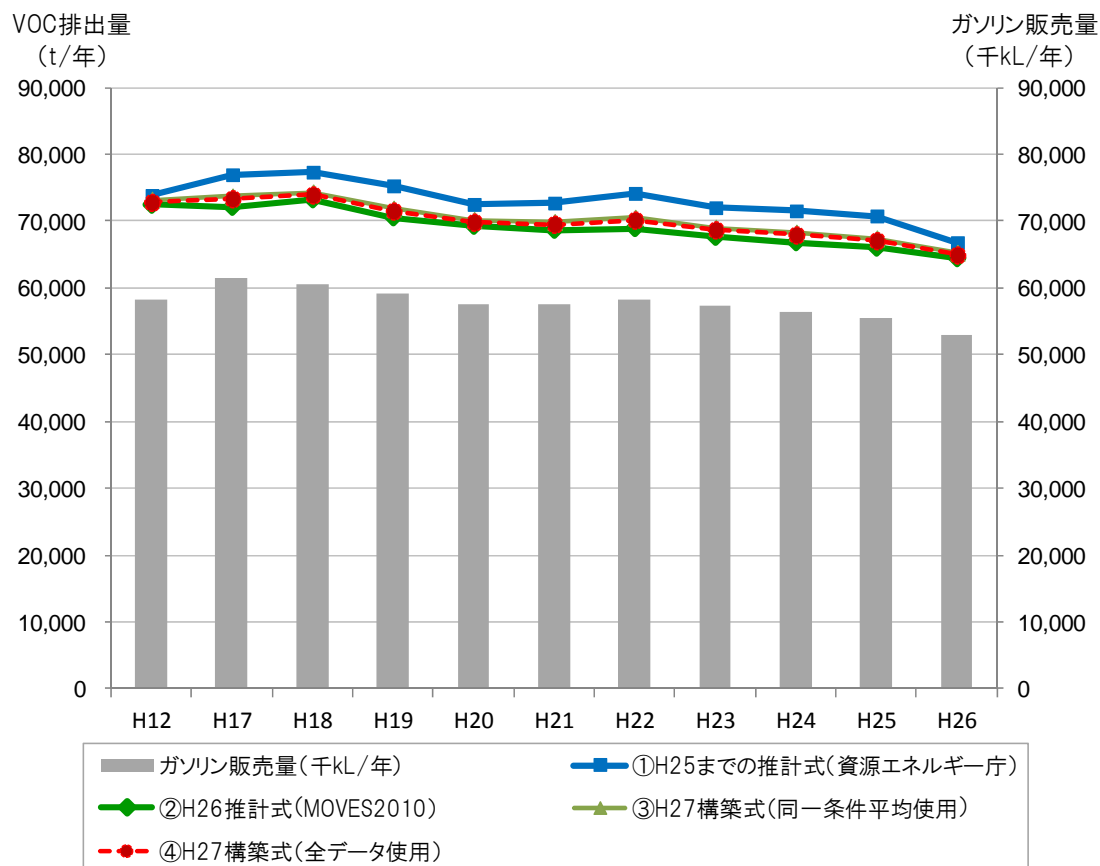


図 3 給油ロス排出量の試算結果

データ数や決定係数などについて、上記の結果を考慮し、推計式としては、推計期間にわたって 1 つの式(H27 構築式)を用いることが適当と考えられる。

ただし、1つの式を用いることについては、以下の課題が挙げられる。

- 測定条件の異なるデータを同列に扱っており、条件の違い等を解析する必要があること。
- 車両の燃料タンク構造等の変化が VOC 排出量に及ぼす影響について引き続き検討を要すること。

このため、これらの課題に関連して新たな知見が見出された場合には、推計式を見直すなど継続的な検討が必要である。

表 4 各推計式による給油ロスの試算結果

推計式	給油ロス排出量(トン/年度)											H26 年度削減量・削減率			
	H12	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H12 年度比		H17 年度比	
												削減量 (t)	削減 率	削減量 (t)	削減 率
①従来の推計式 (資源エネルギー庁)	73,819	76,921	77,304	75,255	72,481	72,680	74,128	71,979	71,509	70,747	66,762	-7,057	-10%	-10,159	-13%
②MOVES2010 (米国EPA方式)	72,411	72,097	73,231	70,532	69,263	68,671	68,930	67,607	66,806	66,000	64,412	-7,999	-11%	-7,685	-11%
③H27 構築式 (同一条件平均)	73,180	73,662	74,273	71,845	70,156	69,845	70,486	68,991	68,242	67,392	65,240	-7,940	-11%	-8,422	-11%
④H27 構築式 (全データ使用)	72,776	73,319	73,892	71,482	69,815	69,506	70,128	68,661	67,904	67,046	64,911	-7,865	-11%	-8,408	-11%
ガソリン販売量 (資源・エネルギー統 計年報) (千 kL/年)	58,142	61,422	60,552	59,076	57,473	57,569	58,197	57,214	56,447	55,419	52,975	-5,167	-9%	-8,447	-14%

注:①～④の排出量について、推計式以外の条件は全て同じとした。パラメータについては表 3 の値を設定した。また、①～④は図 1 に対応する。

(3) 受入ロスに係る蒸気圧の考慮方法について

受入ロスの排出量について、燃料蒸気圧の低減効果は受入時にも影響することから第1回検討会において見直しの案を示したが、石油連盟より事務局案は過大評価であるとのこと指摘をいただいたため、石油連盟から提案された推計方法により見直すこととしたい。

受入ロスの排出係数についての提案

1. 受入ロスの排出係数の課題

- ① ガソリン夏季蒸気圧低減の効果が反映されていない。
- ② 排出係数算出方法がH22年度から見直されたため、H12年以降のStage I 導入の効果が不明確(参考1)

2. 対応方法の提案

- ① 給油時の車両からの蒸発ガスに対する蒸気圧低減と同等の効果がある考え、2005年度以降の夏季(6~9月)は現在の排出係数に一律0.9を乗じる。
(下表のとおり、夏季蒸気圧低減(72kPa→65kPa)により給油時蒸発ガス量は10%削減)
- ② 現在のステージ I 導入の効果の考え方をH22年度以前にも遡及して適用する。

●夏季蒸気圧低減による効果

No.	推算式	環境温度	給油温度	給油速度	燃料蒸気圧	給油時蒸発ガス量 (推算値)	夏季蒸気圧低減による効果
		°C	°C	L/min	kPa	g/L	%
①	旧年式専用推算式	30.0	25.0	40.0	72.0	1.50	基準
②	旧年式専用推算式	30.0	25.0	40.0	65.0	1.35	-10.0

夏季蒸気圧低減(72kPa⇒65kPa)により給油時蒸発ガス量は1割削減

7

出典:平成 28 年度揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ検討会(第 1 回) 参考資料2-2。

図 4 受入ロス排出量の見直し(案)