

燃料(蒸発ガス)の推計精度向上に向けた対応方針(案)

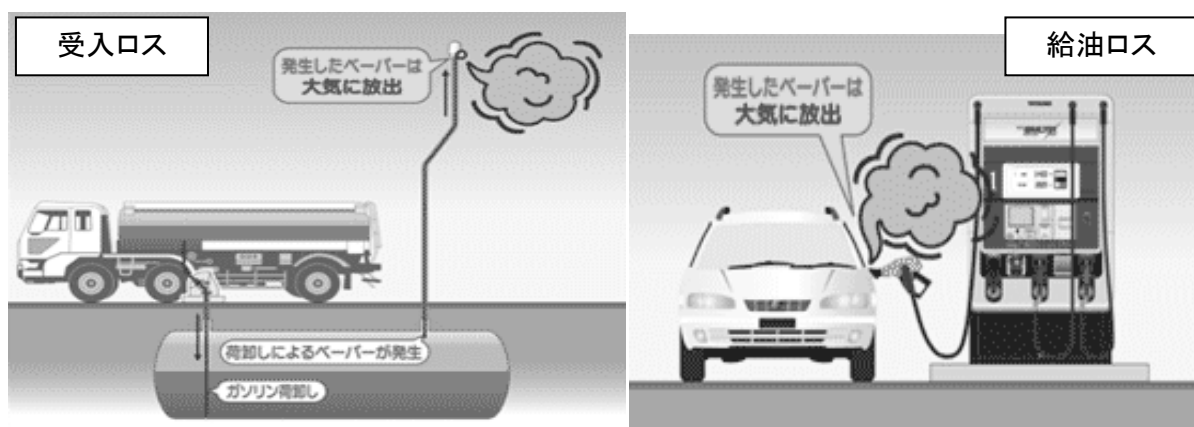
1 VOC 排出インベントリにおける「燃料(蒸発ガス)」について

(1) 概要

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) 平成 27 年度の調査における検討内容

平成 27 年度調査では、給油ロス排出量を中心に以下の検討・見直しを行った。

- 夏場にガソリンの蒸気圧を抑える取り組みを推計に考慮するため、アメリカ合衆国環境保護庁により開発された、給油ロス排出係数の予測式である MOVES に見直し。
- ガソリン販売量のダブルカウントを除外するため、基礎データ(ガソリン販売量)を石油連盟統計から資源・エネルギー統計年報に見直し。
- アンケート調査により蒸気回収装置の設置に関する条例がある都道府県を再確認。地下タンクの規模要件等を再整理。
- 平均気温の違いによる排出量への影響を検証。検証の結果、主にガソリンが販売される日中のみの平均気温(6-21時:16.4℃)を用いて計算した結果と、24時間平均気温(0-23時;15.4℃)を用いて計算した結果を比較した結果、両者の差はわずかであり、従来どおり日平均気温値(24時間平均気温)を用いることで問題ないことを確認。

※ 推計方法及び推計結果等の詳細は参考資料2-1参照

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

また、業界より燃料(蒸発ガス)の推計方法に関して以下の指摘をいただいた。

- 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。
 - ⇒ 対応方針は「(4) 統計データについて」参照

下記(1)～(4)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。

(1) 排出係数の推計式について

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。(※ 詳細は参考資料2-2参照)

①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]

②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

＜各推計式の構築、検証条件＞

旧年式車用の構築、及び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

<石油連盟のご提案に対する検討事項>

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、石油連盟の推計式に含まれていない、夏用ガソリン以外の実験結果や、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する。

また、年式や車種等の違いを考慮する必要があるかどうかについて検討する。

<推計式の代替(案)>

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(H27 構築式)。構築の手順及び使用した文献等を以下に示す。

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 10 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」

表 1 給油ロス推計式の構築に使用した文献等

略称	文献名
H15 環境省委託調査	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
H27 環境省委託調査	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
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
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
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
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
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
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
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
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

なお、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 に示すとおりであり、新年式車用推計式であっても 2010 年以降の決定係数が高いとはいえない。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良い。

また、年式別に予測値/実測値を比較した結果、系統的な誤差はみられなかった。

表 2 決定係数の比較

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
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。

(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意見をいただいたため、表 3 の値を用いることとしたい。

※ 詳細は参考資料2-2参照

表 3 給油ロスの推計式に設定するパラメータ

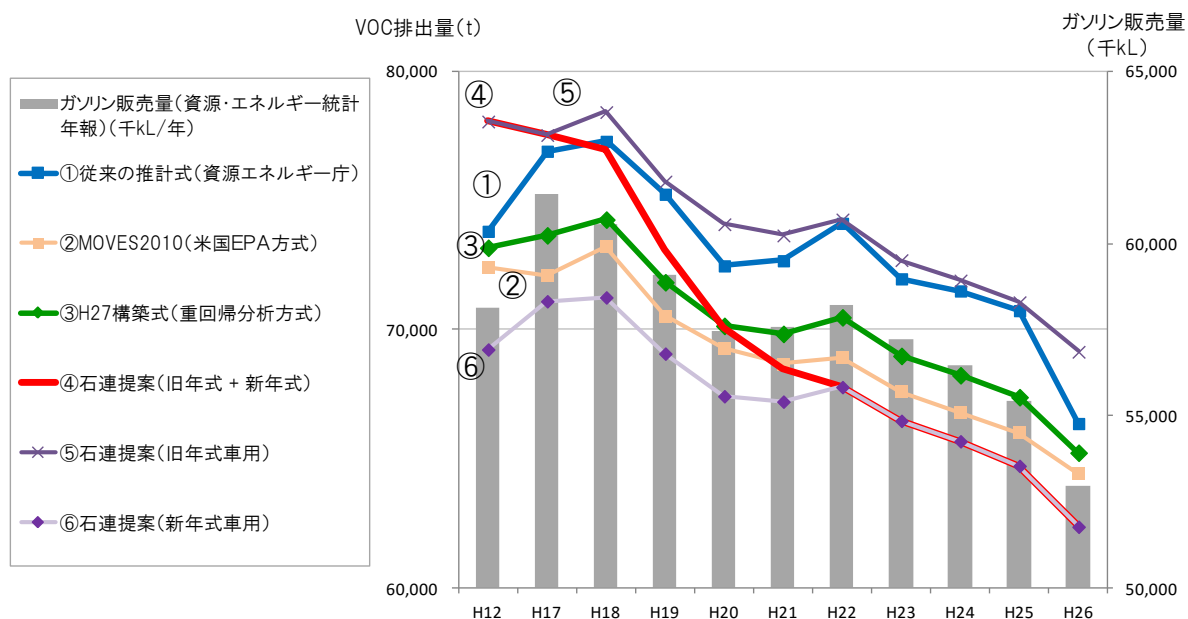
パラメータ	設定値				
車両タンク内燃料温度	気温+5℃				
給油燃料温度 (地下タンク燃料温度)	気温<15℃	15~<20℃	20~<25℃	25~<30℃	気温≥30℃
	気温+5℃	気温+2.5℃	気温	気温-2.5℃	気温-5℃
給油速度	35 L/min				

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。

●参考

＜試算結果＞

(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。増減率については、石油連盟が提案する推計方法については、対 12 年度比及び対 17 年度比は約 20%減であり、その他の推計方法では、約 11%減となった。



注:①～⑥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。

図 2 給油ロス排出量の試算結果

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
環境省 案	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	66,372	-7,448	-10%	-10,550	-14%
	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(重回帰分析方式)	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%
石連連 盟案	④石連提案(旧年式 + 新年式)	78,073	77,550	77,003	73,079	70,094	68,508	67,783	66,475	65,683	64,729	62,371	-15,702	-20%	-15,178	-20%
	⑤石連提案(旧年式車用)	78,073	77,550	78,439	75,745	74,093	73,661	74,278	72,703	71,913	71,072	69,153	-8,920	-11%	-8,397	-11%
	⑥石連提案(新年式車用)	69,239	71,109	71,258	69,080	67,429	67,220	67,783	66,475	65,683	64,729	62,371	-6,868	-10%	-8,737	-12%
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:①～⑥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、①～⑥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

夏場のガソリンの蒸気圧を下げる取り組み(夏用ガソリン)は、受入時にも効果があると予想されるため、受入ロス排出量の推計においても考慮するかどうか検討する必要がある。現状のインベントリにおける受入ロス排出係数の推計式は蒸気圧の項が無いため、直接効果を算出することはできない。そのため、給油ロスの推計式・結果から間接的に把握する方法が見直しの案として考えられる。

具体的には、蒸気圧を考慮可能な給油ロスの推計式を用いて、夏用ガソリンを考慮した場合と、夏用ガソリンを考慮しなかった場合(全て冬用ガソリンの蒸気圧を使用した場合)の2通りの計算を実施し、両者の比から「蒸気圧の低減による削減効果」を推定する。そして、推定した削減効果を受入ロス排出量に乗じることで、夏用ガソリンの効果を間接的に考慮する(図 3)。

以下の方法により試算した結果、見直しの前後では、受入ロスで 7~14%程度、燃料小売業全体(給油ロス+受入ロス)でみても 5%程度の減少となった(表 5)。なお、H12 は H17 以降と比較して夏用ガソリンの蒸気圧が高いため、見直しの効果が H17 以降よりも小さくなっている。

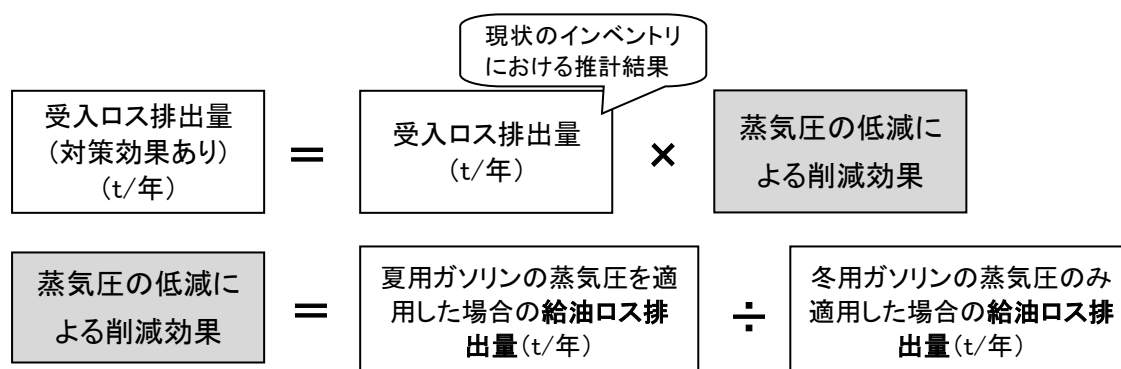


図 3 受入ロスに係る推計方法の見直し案(夏用ガソリンの考慮)

表 5 受入ロスにおける夏用ガソリン導入効果の試算結果

項 目		排出量(t/年度)			H26 年度削減量・削減率			
		H12	H17	H26	H12 年度比		H17 年度比	
					削減量(t)	削減率	削減量(t)	削減率
給油 ロス	(a) 夏用適用	74,040	74,269	65,884	-8,157	-11%	-8,385	-11%
	(b) 全て冬用	79,822	85,389	76,167	-3,655	-5%	-9,222	-11%
	(c) =(a)/(b) 蒸気圧の低減による削減効果	0.928	0.870	0.865	—	—	—	—
受入 ロス	(d) 蒸気圧の低減による削減効果なし (※H27 報告書の数値)	38,424	41,276	34,769	-3,655	-10%	-6,507	-16%
	(e) =(d)*(c) 蒸気圧の低減による削減効果あり	35,641	35,901	30,075	-5,566	-16%	-5,826	-16%
	見直しの効果	(e) - (d)	-2,783	-5,375	-4,694	—	—	—
	(e)/(d)-1	-7.2%	-13.0%	-13.5%	—	—	—	—
給油+ 受入	(f) =(a)+(d)受入時の蒸気圧の低減による削減効果なし	112,465	115,545	100,653	-11,812	-11%	-14,892	-13%
	(g) =(a)+(e) 受入時の蒸気圧の低減による削減効果あり	109,682	110,170	95,959	-13,723	-13%	-14,211	-13%
	見直しの効果	(g) - (f)	-2,783	-5,375	-4,694	—	—	—
	(g)/(f)-1	-2.5%	-4.7%	-4.7%	—	—	—	—

注:(a)夏用適用は6~9月を夏用の蒸気圧、12月~3月を冬用の蒸気圧、それ以外の月を夏用と冬用の平均値とした。給油ロスの排出量は前記した H27 構築式により計算した。試算のため、対策効果は全国の排出量に対して算出したが、実際にインベントリに適用する際は都道府県別に算出する方が望ましい。

(4) 統計データについて

平成 27 年度の指摘を踏まえ、ガソリン販売量等の統計データについては、引き続き調査・検討を進め、より良いものを選択する。

なお、現状のインベントリで使用している資源・エネルギー統計年報(=石油連盟統計)は、自動車燃料消費量統計と比較して東京都で差が大きいことが指摘されている。

※ 差が生じた要因については、石油連盟に確認を依頼中。

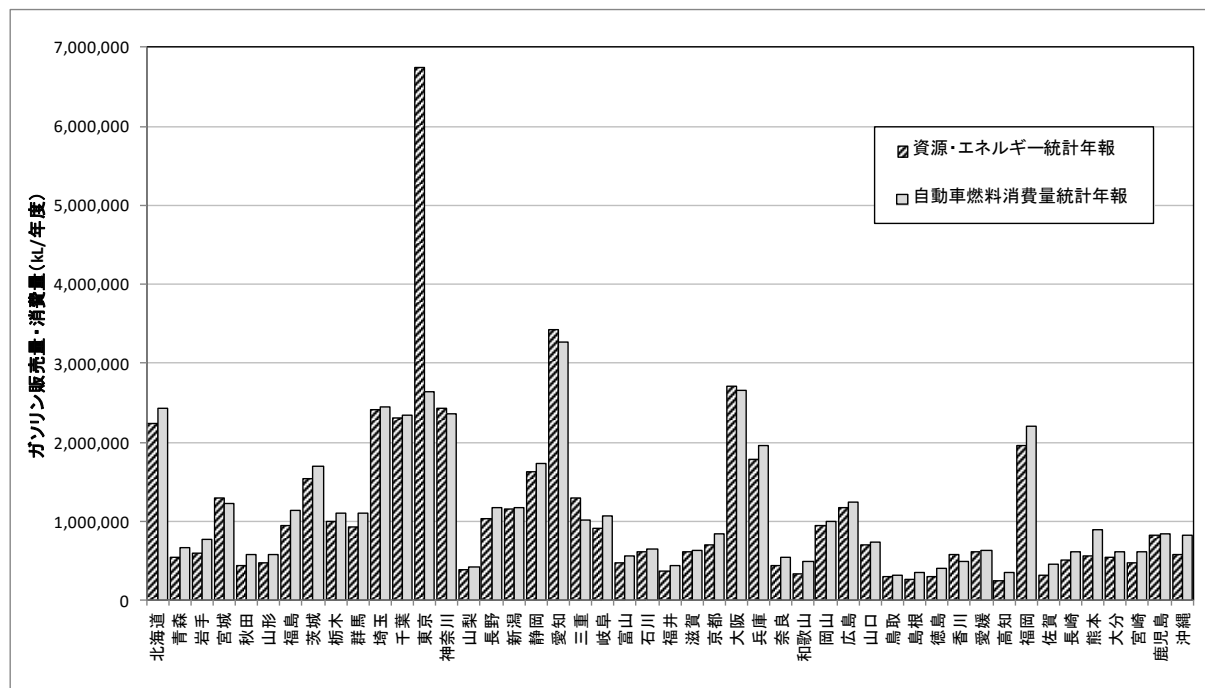


図1 ガソリン販売量・消費量に係る統計データの比較(平成 26 年度)