

車両蒸発ガス(給油時)推算式について

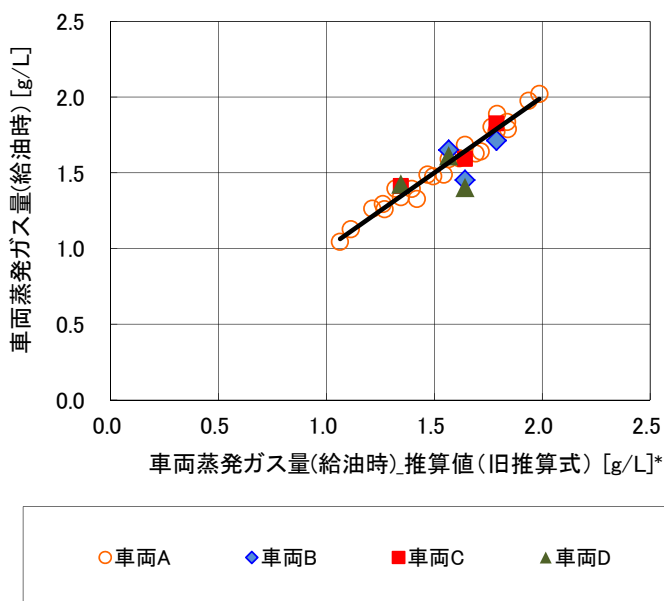
(一財)石油エネルギー技術センター
石油基盤技術研究所
燃料油研究室



ステップ1: 旧推算式作成 & 旧推算式の検証

VG-2

- ・2002年式車両Aを用い、燃料蒸気圧、車両タンク内燃料温度、給油温度、給油速度を影響因子と見出し、幅広い給油条件で、**車両蒸発ガス量(給油時)の推算式を作成した。【旧推算式】**
- ・2004年以前の車両3台(B、C、D)も推算式と良く合うことを確認した。



旧推算式に用いた給油条件

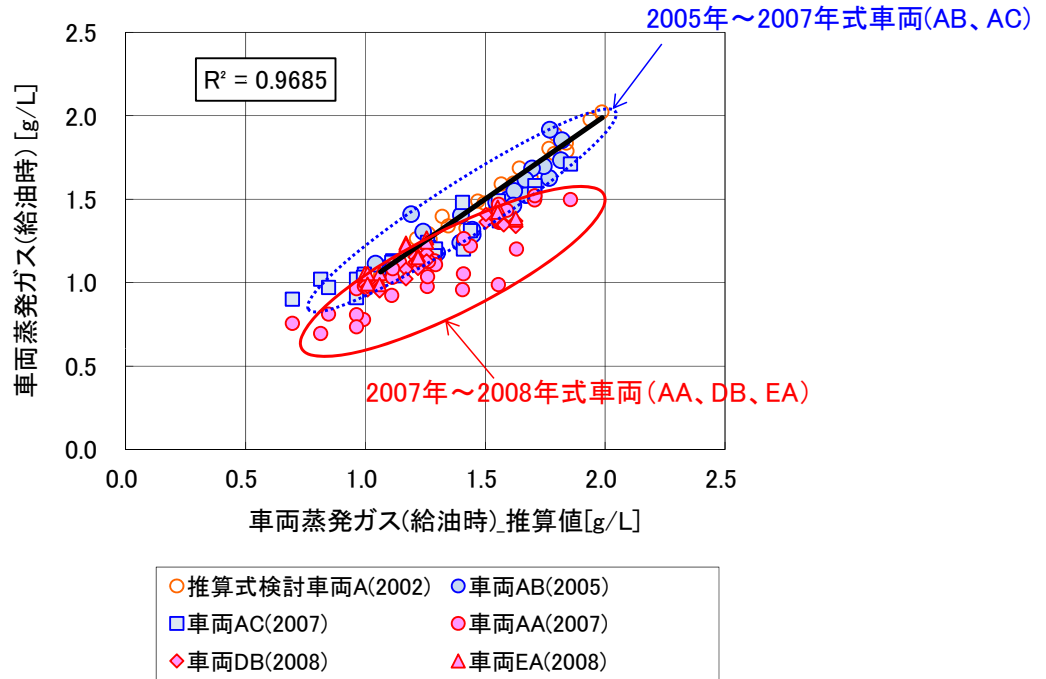
	燃料蒸気圧 [kPa]	車両タンク内燃料温度 [°C]	給油温度 [°C]	車両タンク内燃料温度-給油温度 [°C]	給油速度 [L/min]
車両A (2002)	65.0~72.0 65.0, 72.0	26.7~40 26.7, 30, 35, 40	19.4~30 19.4, 25, 30	0~10 0, 5, 7.3, 10	30~40 30, 40

$$* \text{車両蒸発ガス量(給油時)推算値}[\text{g/L}] = 0.044244*A - 0.059284*B - 0.00497*C + 0.021333*D - 0.87265$$

- 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]

<旧推算式との乖離率>

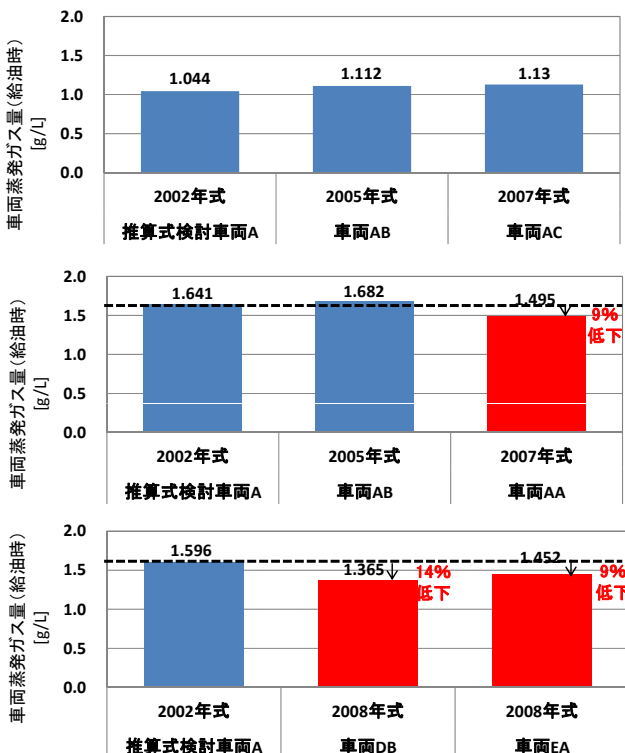
2007年式、2008年式の車両3台(AA、DB、EA)は、同じ給油条件において2002年式推算式検討車両Aに比較して、車両蒸発ガス量(給油時)が1~2割程度低くなっていた。



出典: PEC-2007JC-05、PEC-2008JP-07、JPEC-2012JP-02

<旧推算式との乖離率>

2007年式、2008年式の車両3台(AA、DB、EA)は、同じ給油条件において2002年式推算式検討車両Aに比較して、車両蒸発ガス量(給油時)が1~2割程度低くなっていた。



給油条件

	車両タンク内燃料温度 [°C]	給油温度 [°C]	給油速度 [L/min]	車両タンク内燃料温度-給油温度 [°C]	燃料蒸気圧 [kPa]
推算式検討車両A	26.7	19.4	40.0	7.3	65.0
車両AB	26.7	19.4	40.0	7.3	64.0
車両AC	25.0	20.0	40.0	5.0	64.5

給油条件

	車両タンク内燃料温度 [°C]	給油温度 [°C]	給油速度 [L/min]	車両タンク内燃料温度-給油温度 [°C]	燃料蒸気圧 [kPa]
推算式検討車両A	35.0	30.0	40.0	5.0	72.0
車両AB	35.0	30.0	40.0	5.0	71.0
車両AA	35.0	30.0	40.0	5.0	71.5

給油条件

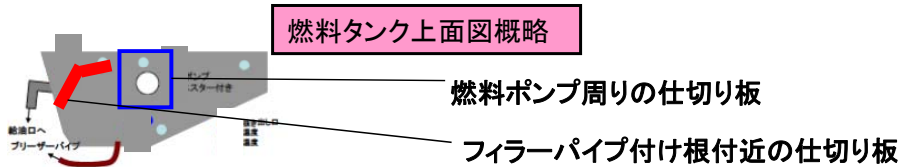
	車両タンク内燃料温度 [°C]	給油温度 [°C]	給油速度 [L/min]	車両タンク内燃料温度-給油温度 [°C]	燃料蒸気圧 [kPa]
推算式検討車両A	35.0	30.0	30.0	5.0	65.0
車両DB	35.0	30.0	30.0	5.0	62.0
車両EA	35.0	30.0	30.0	5.0	62.0

出典: PEC-2007JC-05、PEC-2008JP-07、JPEC-2012JP-02

<推定要因>

車両(A(推算式検討車両)、AB、AC、AA、DB、EA)の燃料タンクの内部構造について調査した。

推算式検討車両A		車両AB	車両AC	車両AA	車両DB	車両EA	影響する可能性のある因子	
推算値に対する蒸発ガス実測値		同等	同等	低い	低い	低い	-	
燃料タンク	容量	50L	50L	45L	50L	36L	30L	×
	燃料ポンプ周りの仕切り板	有	有	無	無	有	有	×
	フィルターパイプ付け根付近の仕切り板	有	有	無	無	無	無	○
給油口	径	40.0mm	40.0mm	-	40.0mm	40.0mm	40.0mm	×
	アタッチメント	有	有	無	有	有	無	×
	アタッチメント開口部の径	26.0mm	26.0mm	22.0mm	22.0mm	21.0mm	-	×
フィルターパイプ		給油時、ノズル先端よりもプリーザーパイプ出口が手前						×
プリーザーパイプ								



燃料タンクの内部構造(フィルターパイプ付け根付近の仕切り板の有無)が給油時蒸発ガス量に影響している可能性が高いと考えられる。

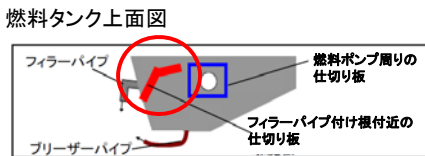
出典: JPEC-2012JP-02

ステップ2: 旧推算式と適合しない車両

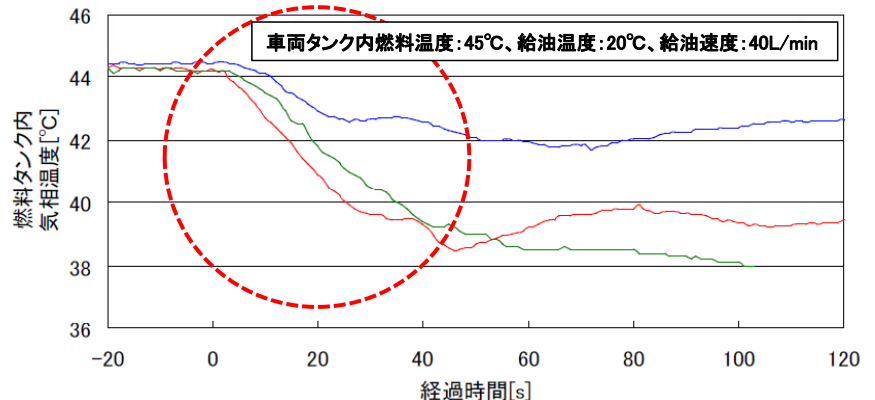
<車両構造の違いが与える影響>

2007年式、2008年式の車両3台(AA、DB、EA)は、フィルターパイプ付け根付近の仕切り板が無い構造を有している。そのため、給油開始後から燃料タンク内の気相温度が低下し、気相中のガソリン含有量が少なくなることで車両蒸発ガス量が低減したと考えられる。

車両		フィルターパイプ付け根付近の仕切り板
車両名	製造年式	
A	2002年	有
AA	2007年	無
DB	2008年	無



給油時の燃料タンク内気相温度の挙動



— 推算式検討車両(仕切り板有) — 車両AA(仕切り板無) — 車両DB(仕切り板無)

出典: JPEC-2012JP-02

- ・2007～2008年の評価車両の結果は、旧推算式に合う車両と合わない車両があり、車両によって蒸発ガス量に有意な差があった。
- ・その差はタンク内部構造の違いにより、気相温度挙動が異なるため、と考えられる。

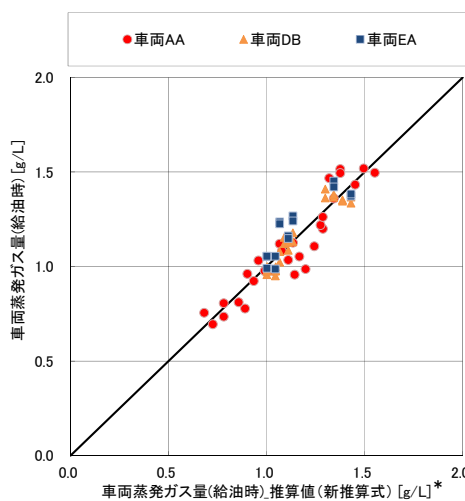
⇒よって、車両タンク内部構造の違いによって推算式を分けるのが妥当である。

ステップ3: 新推算式作成 & 新推算式の検証

<推算式の見直し>

車両蒸発ガス量(給油時)が低下した**2007年式、2008年式の車両3台(AA、DB、EA)**を用いて**推算式を見直した。【新推算式】**

車両		フィルターパイプ付け 根付近の仕切り板
車両名	製造年式	
AA	2007年	無
DB	2008年	無
EA	2008年	無



* 車両蒸発ガス量(給油時)推算値[g/L] =
 $0.024107*A - 0.04173*B - 0.00436*C + 0.008012*D + 0.341865$

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]

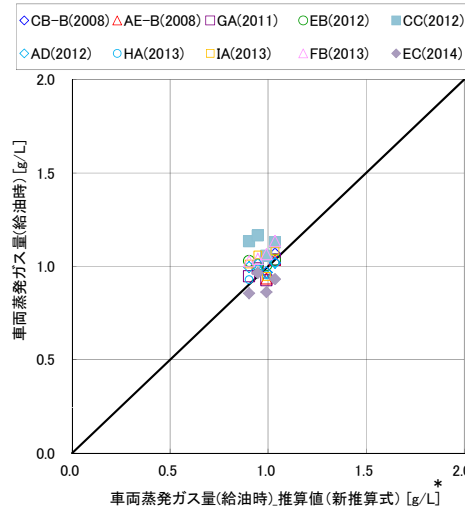
新推算式の各種パラメータの幅

	燃料蒸気圧 [kPa]	車両タンク内 燃料温度 [°C]	給油温度 [°C]	車両タンク内燃料 温度-給油温度 [°C]	給油速度 [L/min]
車両AA (2007)	59.0~72.0 59.0, 64.5, 65.0 71.5, 72.0	25~45 25, 26.7, 30, 35 40, 45	19.4~35 19.4, 20, 25, 30, 35	-5~25 -5, 0, 5, 7.3, 10, 15, 20, 25	30~40 30, 40
車両DB (2008)	62.0~70.0 62.0, 70.0	20~35 20, 26.7, 30, 35	15~30 15, 19.4, 25, 30	0~10 0, 5, 7.3, 10	30~40 30, 40
車両EA (2008)	62.0~70.0 62.0, 70.0	20~35 20, 26.7, 30, 35	15~30 15, 19.4, 25, 30	0~10 0, 5, 7.3, 10	30~40 30, 40

<最近の車両の車両蒸発ガス量(給油時)>

車両蒸発ガス量(給油時)が低下した2007年式、2008年式車両と比べて、**2008年式~2013年式の車両10台は同等である**ことを確認した。

車両		フィルターパイプ付け根付近の仕切り板
車両名	製造年式	
CB-B	2008年	無
AE-B	2008年	無
GA	2011年	無
EB	2012年	無
CC	2012年	無
AD	2012年	無
HA	2013年	無
IA	2013年	無
FB	2013年	無
EC	2014年	無



* 車両蒸発ガス量(給油時)推算値[g/L] =
 $0.024107*A - 0.04173*B - 0.00436*C + 0.008012*D + 0.341865$
 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]

給油条件:
 車両タンク内燃料温度: 26.7, 31.7°C、給油温度: 19.4°C、
 給油速度: 37.1L/min、燃料蒸気圧59.0, 64.5kPa

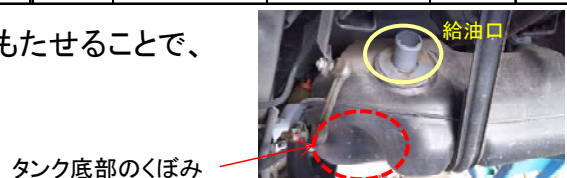
出典: JPEC-2014JP-03

ステップ4: 適合推算式の整理

<研究年度①: 2003年度~2013年度>

概要		車両		燃料タンクの内部構造	適合式	
年度	内容	車両名	製造年式	フィルターパイプ付け根付近の仕切り板	旧推算式	新推算式
2003	車両Aを用い車両蒸発ガス量(給油時)の旧推算式を作成(旧推算式作成)	A	2002年	有	○	
2004	3台の車両B,C,Dも旧推算式と適合することを確認(旧推算式検証)	B	2004年以前	不明	○	
		C		不明	○	
		D		不明	○	
2007	3台の車両(AB,AC,AA)の中で旧推算式と適合しない車両(AA)があることを確認	AB	2005年	有	○	
AC		2007年	*	○		
2008		AA	2007年	無		○
2012	2007年式、2008年式車両3台(AA, DB, EA)は旧推算式に比べて車両蒸発ガス量(給油時)が1~2割程度低くなっていることを確認	DB	2008年	無		○
	2007年式、2008年式車両(AA, DB, EA)と2002年式検討車両(A)において、燃料タンク内構造が異なることを把握。フィルターパイプ付け根付近の仕切り板有無が車両蒸発ガス(給油時)に影響を及ぼす可能性があることと推定	EA	2008年	無		○
2013	2007年式、2008年式車両(AA, DB, EA)を用いて推算式の見直しを実施(新推算式作成)					

* 車両ACは仕切り板の代わりに、タンク底部にくぼみをもたせることで、給油時の流動を抑えている。



タンク底部のくぼみ

<研究年度②：2013年度～2014年度>

概要		車両		燃料タンクの内部構造	適合式		
年度	内容	車両名	製造年式	フィルターパイプ付け根付近の仕切り板	旧推算式	新推算式	
2013～2014	車両(CB-B、AE-B、GA、EB、CC、AD、HA、IA、FB、EC)は新推算式と適合することを確認(新推算式検証)	VG-9	CB-B	2008年	無		○
			AE-B	2008年	無		○
			GA	2011年	無		○
			EB	2012年	無		○
			CC	2012年	無		○
			AD	2012年	無		○
			HA	2013年	無		○
			IA	2013年	無		○
			FB	2013年	無		○
			EC	2014年	無		○

ステップ4：適合推算式の整理

車両タンク内部構造の違いによる適合推算式の整理

・2005年以前の車両：

仕切り板有⇒旧推算式が適合

・2007年の車両：タンク内部構造によって蒸発ガス量に差がある

仕切り板(または、くぼみ)有⇒旧推算式が適合

仕切り板無⇒新推算式が適合

・2008年以降の車両：

仕切り板無⇒新推算式が適合

仕切り板・・・フィルターパイプ付け根付近の仕切り板

くぼみ・・・タンク底部のくぼみ

参考資料

ステップ2: 旧推算式と適合しない車両

VG-14

2005年式車両AB、2007年式車両ACの給油蒸発ガス量は、2002年式車両A(平成12年排出ガス規制適合基準車両)を用いて構築した給油時蒸発ガス量推定式(旧推算式)から求められる推定値と同等となったが、**2007年式車両AAの給油時蒸発ガス量は推定値より低くなった。**

PEC-2007JC-05より抜粋

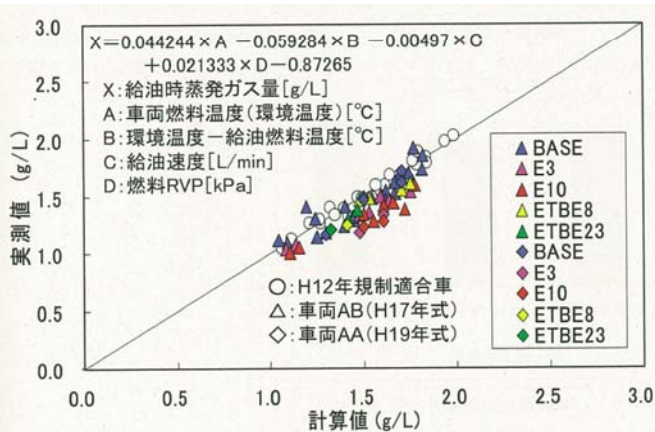


図 4.1.3-6 給油時蒸発ガス発生量の各影響因子による多変量解析結果
* 車両 AB、AA および含酸素基材混合ガソリンによる評価結果の適用

PEC-2008JP-07より抜粋

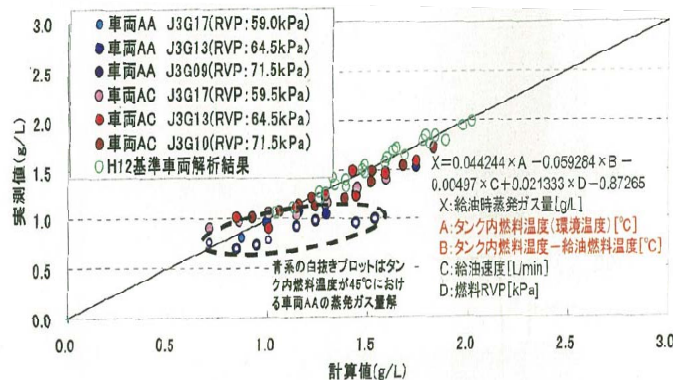


図 4.5.1-5 車両 AA および車両 AC の給油時蒸発ガス量の実測値と既存推定式から求まる推定値の関係

車両蒸発ガス(給油時)推算式について

- ①新年式車と旧年式車には有意な差があることについて
- ②差が出る要因の解析

(一財)石油エネルギー技術センター
石油基盤技術研究所
燃料油研究室



車両蒸発ガス(給油時)における、新年式車と旧年式車の違い

VG-2

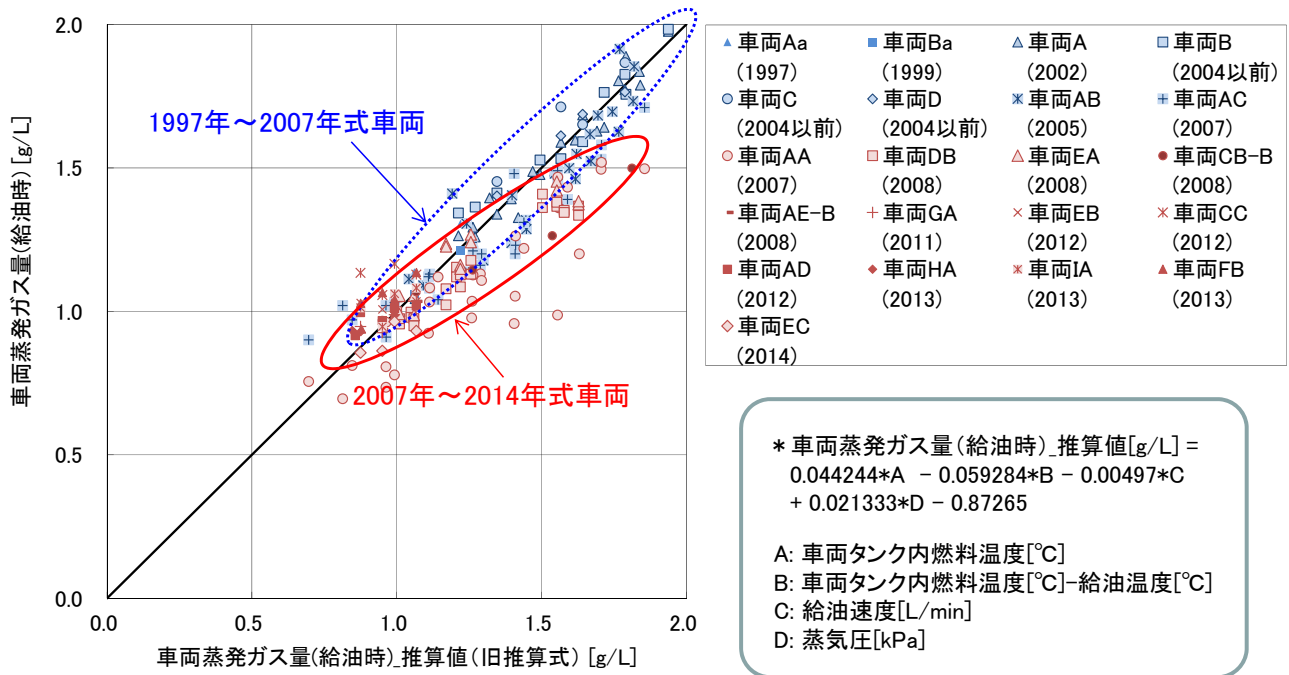
(一財)石油エネルギー技術センターでは、これまでに車両21車種を用いて、207データを採取してきた。その結果、**旧年式車8車種(1997年式～2007年式)**と**新年式車13車種(2007年式～2014年式)**は、仕切り板等の有無により、適用する推算式が異なることを見出した。

	車両		データ数	燃料タンクの内部構造	適合式	
	車両名	製造年式		フィルターパイプ付け根付近の仕切り板	旧推算式	新推算式
旧年式車	Aa	1997年	2	不明	○	
	Ba	1999年	2	不明	○	
	A	2002年	24	有	○	
	B	2004年以前	10	不明	○	
	C		4	不明	○	
	D		4	不明	○	
	AB	2005年	22	有	○	
	AC	2007年	27	有※	○	
計	8台		95個			

※車両ACは仕切り板の代わりに、タンク底部にくぼみをもたせることで、給油時の流動を抑えている。

	車両		データ数	燃料タンクの内部構造	適合式	
	車両名	製造年式		フィルターパイプ付け根付近の仕切り板	旧推算式	新推算式
新年式車	AA	2007年	30	無		○
	DB	2008年	24	無		○
	EA	2008年	16	無		○
	CB-B	2008年	5	無		○
	AE-B	2008年	2	無		○
	GA	2011年	4	無		○
	EB	2012年	4	無		○
	CC	2012年	4	無		○
	AD	2012年	5	無		○
	HA	2013年	5	無		○
	IA	2013年	4	無		○
	FB	2013年	5	無		○
	EC	2014年	4	無		○
計	13台		112個			

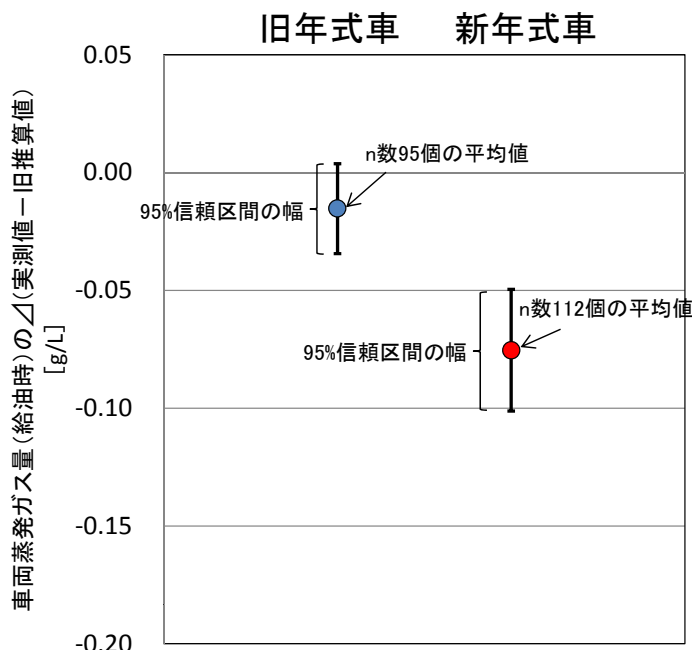
仕切り板等があると思われる1997年～2007年式の車両8車種(旧年式車)は旧推算式とよく合うが、仕切り板等がない2007年式以降の車両13車種(新年式車)は、旧推算式の推算値に比較して、車両蒸発ガス量(給油時)が**低くなっていた**。



出典: PEC-2001ATG-01、PEC-2007JC-05、PEC-2008JP-07、JPEC-2012JP-02、JPEC-2013JP-02、JPEC-2014JP-03

仕切り板等がない2007年式以降の車両13車種(新年式車)の112データは、仕切り板等があると思われる1997年～2007年式の車両8車種(旧年式車)の95データと、車両蒸発ガス量(給油時)の△(実測値-旧推算値*)に対する95%信頼区間の解析から、**有意な差があった**。

※旧推算値:旧推算式からの算出値

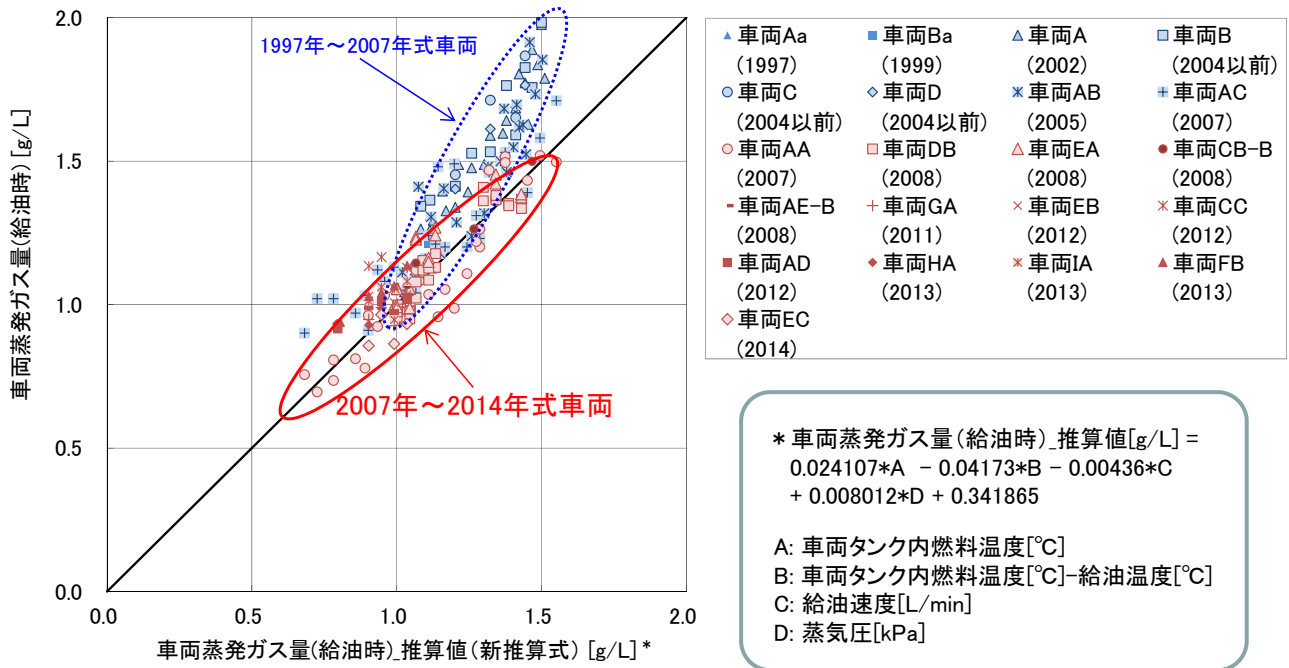


車両蒸発ガス量(給油時)の△(実測値-旧推算値)

	旧年式車	新年式車
n数	95	112
平均値	-0.015	-0.075
95%信頼区間の幅	±0.019	±0.026
旧推算式との有意差	なし	あり

出典: PEC-2001ATG-01、PEC-2007JC-05、PEC-2008JP-07、JPEC-2012JP-02、JPEC-2013JP-02、JPEC-2014JP-03

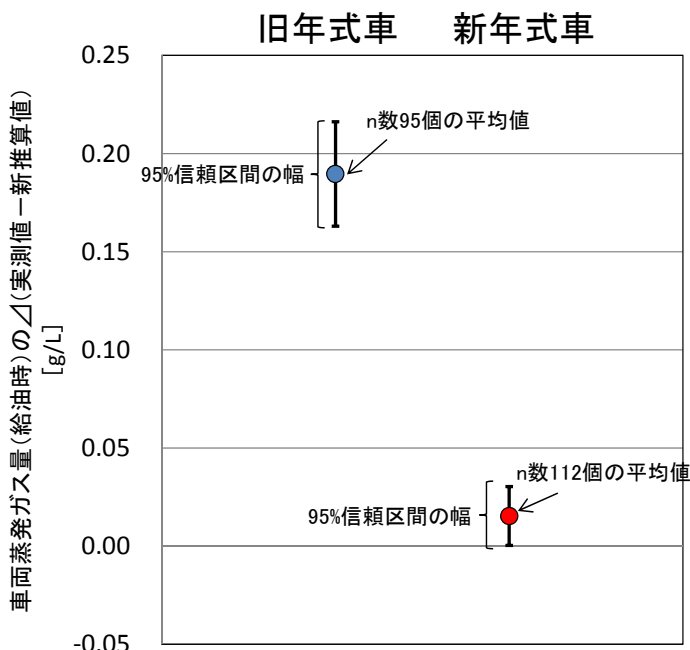
仕切り板等がない2007年式以降の車両13車種(新年式車)は新推算式とよく合うが、仕切り板等があると思われる1997年～2007年式の車両8車種(旧年式車)は、新推算式の推算値に比較して、車両蒸発ガス量(給油時)が高くなっていた。



出典: PEC-2001ATG-01、PEC-2007JC-05、PEC-2008JP-07、JPEC-2012JP-02、JPEC-2013JP-02、JPEC-2014JP-03

仕切り板等があると思われる1997年～2007年式の車両8車種(旧年式車)の95データは、仕切り板等がない2007年式以降の車両12車種(新年式車)の112データと、車両蒸発ガス量(給油時)の△(実測値-新推算値※)に対する95%信頼区間の解析から、有意な差があった。

※新推算値:新推算式からの算出値



車両蒸発ガス量(給油時)の△(実測値-新推算値)

	旧年式車	新年式車
n数	95	112
平均値	0.190	0.015
95%信頼区間の幅	±0.027	±0.015
新推算式との有意差	あり	なし

出典: PEC-2001ATG-01、PEC-2007JC-05、PEC-2008JP-07、JPEC-2012JP-02、JPEC-2013JP-02、JPEC-2014JP-03

<まとめ>

これまで(一財)石油エネルギー技術センターにおいて評価した1998~2014年式の車両21車種の207データを解析した結果、以下の知見を得た。

- ・仕切り板等があると思われる旧年式車8車種(1997年式~2007年式) 95データ
⇒旧推算式が適合
- ・仕切り板等がない新年式車13車種(2007年式~2014年式)112データ
⇒新推算式が適合
- ・その差は、95%信頼区間の解析から有意である。



旧年式車と新年式車では車両蒸発ガス(給油時)に差がある。よって、推算式は新推算式と旧推算式に分けるのが妥当。

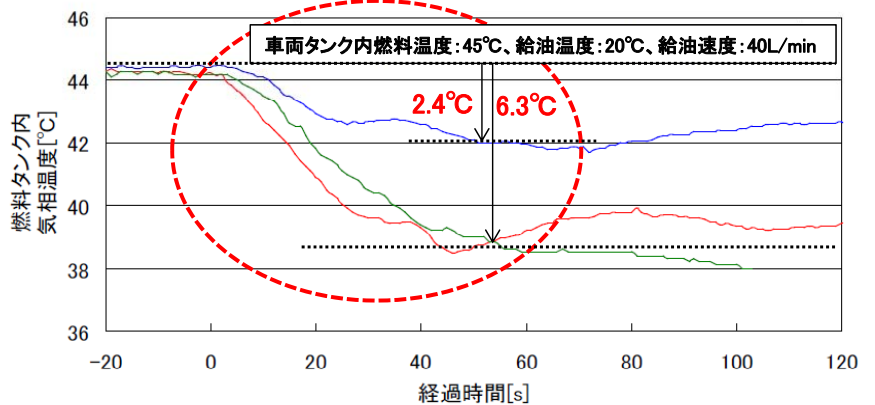
旧年式車と新年式車で差が出る要因の解析

<車両構造の違いが与える影響>

新年式の車両2台(AA、DB)は、フィルターパイプ付け根付近の仕切り板等が無い構造を有している。これらのタンク構造では、給油開始後から燃料タンク内の気相温度が大きく低下しており、タンクが速やかに冷却されている。冷却の効果により気相中のガソリン含有量が少なくなることで車両蒸発ガス量の低減が大きいと考えられる。

車両		フィルターパイプ 付け根付近の 仕切り板	燃料タンク 容量	試験時の 給油量
車両名	製造年式			
A	2002年	有	50L	42.5L
AA	2007年	無	50L	42.5L
DB	2008年	無	36L	28.8L

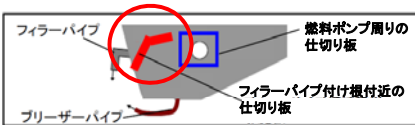
給油時の燃料タンク内気相温度の挙動



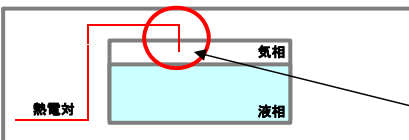
—推算式検査車両(仕切り板有) —車両AA(仕切り板無) —車両DB(仕切り板無)

※解析のために温度差の大きな条件で実施

燃料タンク上面図



燃料タンク内気相温度測定箇所



燃料タンク側面図

タンク中央部に熱電対を差し込み、満タン時の液面から1cm程度上方の温度を測定

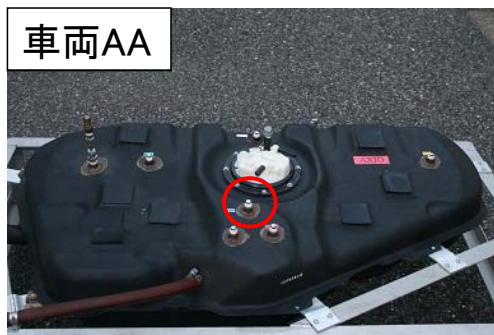
旧年式車(車両A)、新年式車(車両AA、車両DB)とも、タンク中央部に熱電対を差し込み、満タン時の液面から1cm程度上方で気相温度を測定

車両A



燃料タンク容量	試験時の給油量
50L	42.5L

車両AA



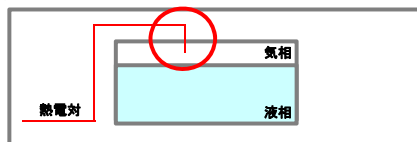
燃料タンク容量	試験時の給油量
50L	42.5L

車両DB



燃料タンク容量	試験時の給油量
36L	28.8L

燃料タンク内気相温度測定箇所



燃料タンク側面図

出典: JPEC-2012JP-02

参考資料

車両蒸発ガス量(給油時)の同一車両における試験の繰り返し精度は4%程度であった。

また、同一条件における車両間のばらつきは4%程度であった。

本給油条件における新推算値(1.111g/L)は、旧推算値(1.220g/L)より9%程度小さかった。

新推算値と旧推算値との差(9%)は、繰り返し精度(4%)や車両のばらつき(4%)に比べて大きかった。

給油条件:

車両タンク内燃料温度:26.7°C、給油温度:19.4°C、給油速度:30.0L/min、燃料蒸気圧70.0kPa

	車両蒸発ガス量(給油時) g/L				車両間のばらつき %
	実測値		平均値	平均値に対する ばらつき %	
	n	値			
車両DB (2008)	n=1	1.085	1.105	3.7	4.4
	n=2	1.126			
車両EA (2008)	n=1	1.161	1.155	1.2	
	n=2	1.148			

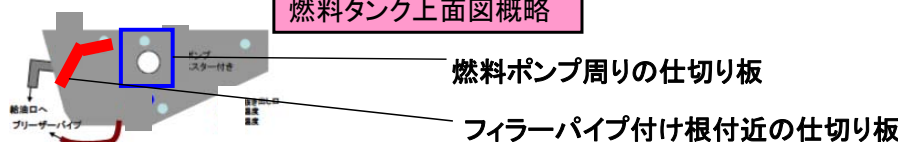
新年式車両の旧推算式との乖離

<推定要因>

車両(A(推算式検討車両)、AB、AC、AA、DB、EA)の燃料タンクの内部構造について調査した。

		推算式 検討車両A	車両AB	車両AC	車両AA	車両DB	車両EA	影響する可能性 のある因子
推算値に対する蒸発ガス実測値		-	同等	同等	低い	低い	低い	
燃料タンク	容量	50L	50L	45L	50L	36L	30L	×
	燃料ポンプ周りの仕切り板	有	有	無	無	有	有	×
	フィルターパイプ付け根付近の仕切り板	有	有	有*	無	無	無	○
給油口	径	40.0mm	40.0mm	-	40.0mm	40.0mm	40.0mm	×
	アタッチメント	有	有	無	有	有	無	×
	アタッチメント開口部の径	26.0mm	26.0mm	22.0mm	22.0mm	21.0mm	-	
フィルターパイプ		給油時、ノズル先端よりもブリーザーパイプ出口が手前						×
ブリーザーパイプ								

*車両ACは仕切り板の代わりに、タンク底部にくぼみをもたせている。



燃料タンクの内部構造(フィルターパイプ付け根付近の仕切り板等の有無)が給油時蒸発ガス量に影響している可能性が高いと考えられる。

<研究年度①: 2003年度～2013年度>

概要		車両		燃料タンクの内部構造	適合式	
年度	内容	車両名	製造年式	フィルターパイプ付け根付近の仕切り板	旧推算式	新推算式
2003	車両Aを用い車両蒸発ガス量(給油時)の旧推算式を作成(旧推算式作成)	A	2002年	有	○	
2004	3台の車両B,C,Dも旧推算式と適合することを確認(旧推算式検証)	B	2004年以前	不明	○	
		C		不明	○	
		D		不明	○	
2007	3台の車両(AB,AC,AA)の中で旧推算式と適合しない車両(AA)があることを確認	AB	2005年	有	○	
AC		2007年	有*	○		
2008		AA	2007年	無		○
2012	2007年式、2008年式車両3台(AA, DB, EA)は旧推算式に比べて車両蒸発ガス量(給油時)が1～2割程度低くなっていることを確認	DB	2008年	無		○
	2007年式、2008年式車両(AA, DB, EA)と2002年式検討車両(A)において、燃料タンク内構造が異なることを把握。フィルターパイプ付け根付近の仕切り板有無が車両蒸発ガス(給油時)に影響を及ぼす可能性があるかと推定	EA	2008年	無		○
2013	2007年式、2008年式車両(AA, DB, EA)を用いて推算式の見直しを実施(新推算式作成)	VG-8				

※車両ACは仕切り板の代わりに、タンク底部にくぼみをもたせることで、給油時の流動を抑えている。



タンク底部のくぼみ

適合推算式の整理

<研究年度②: 2013年度～2014年度>

概要		車両		燃料タンクの内部構造	適合式	
年度	内容	車両名	製造年式	フィルターパイプ付け根付近の仕切り板	旧推算式	新推算式
2013～2014	車両(CB-B, AE-B, GA, EB, CC, AD, HA, IA, FB, EC)は新推算式と適合することを確認(新推算式検証)	CB-B	2008年	無		○
		AE-B	2008年	無		○
		GA	2011年	無		○
		EB	2012年	無		○
		CC	2012年	無		○
		AD	2012年	無		○
		HA	2013年	無		○
		IA	2013年	無		○
		FB	2013年	無		○
EC	2014年	無		○		