

中央環境審議会大気環境部会自動車排出ガス専門委員会(08.12.24)

JATOPヒアリング報告抜粋

－沿道NO₂検討－

報告内容

・沿道NO₂の要因及び将来予測

1. 大気モデルと前回ヒアリング結果

2. 今回の改良点

(EI: エミッションインベントリー)

1. 高濃度日解析: 季節による違いを評価
2. モデルの改良
 1. EIの改良(自動車、非自動車): 精度向上
 2. 沿道大気モデルの改良: 沿道での反応考慮
 3. 観測値を使った沿道NO₂排出要因解析

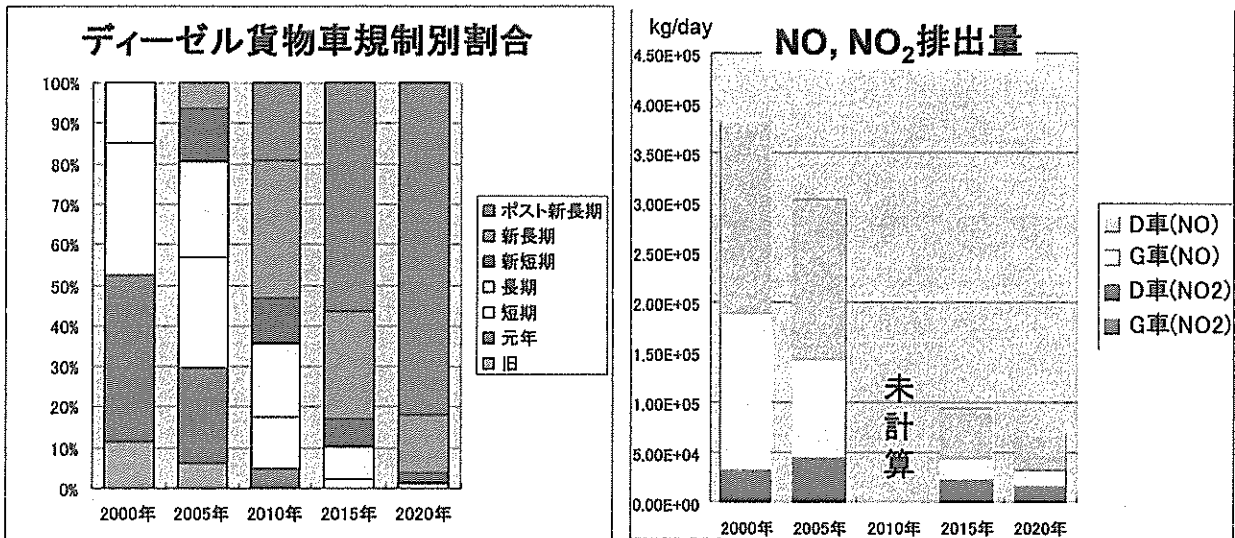
3. 2000年→2005年大気濃度推移

1. 大気濃度の推移/観測値と計算値の比較

4. 2020年予測

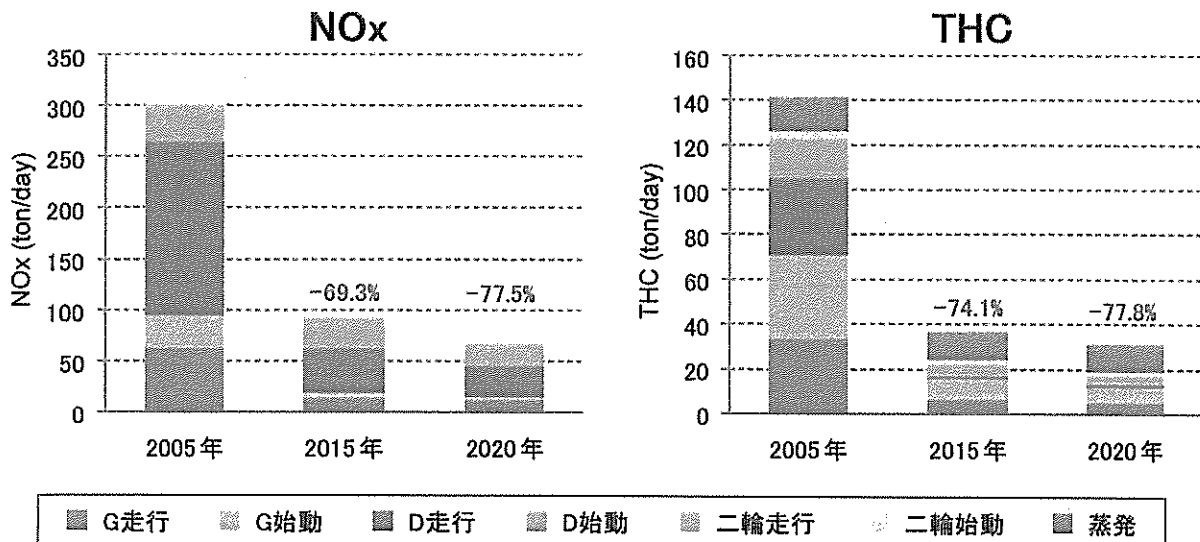
5. まとめ: 2020年の大気質について

自動車からの排出量推移



<図4-1. 排出量推移>

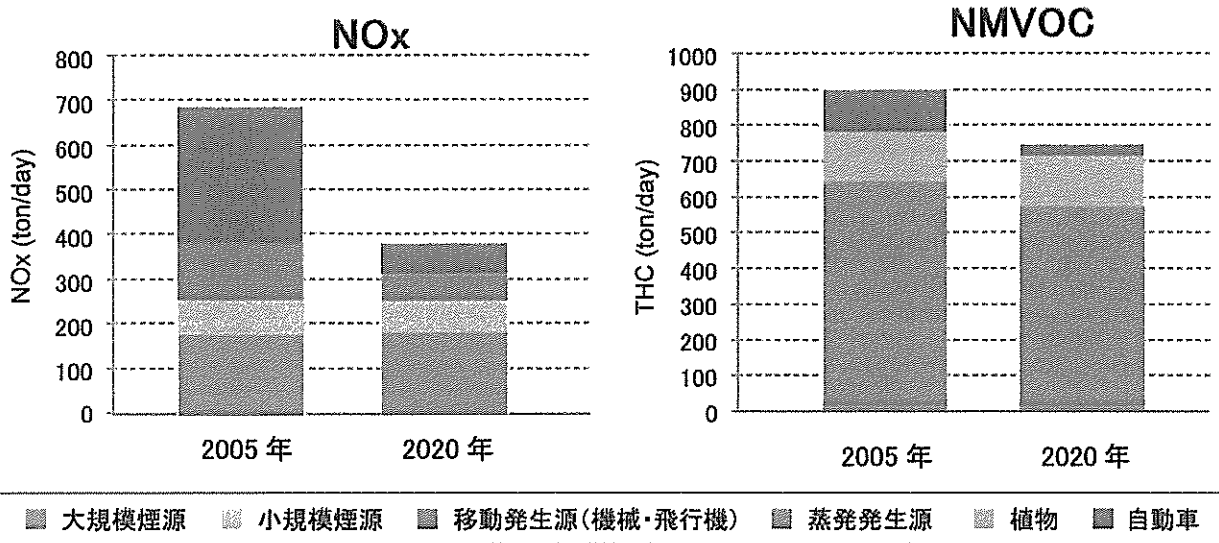
自動車排出量推計結果



<図4-2. 規制地域内自動車排出量総量(4、6、11月平均、ton/day)>

➤ 自動車排出量は2015年までに大きく減少し、それ以降の変化は小さい

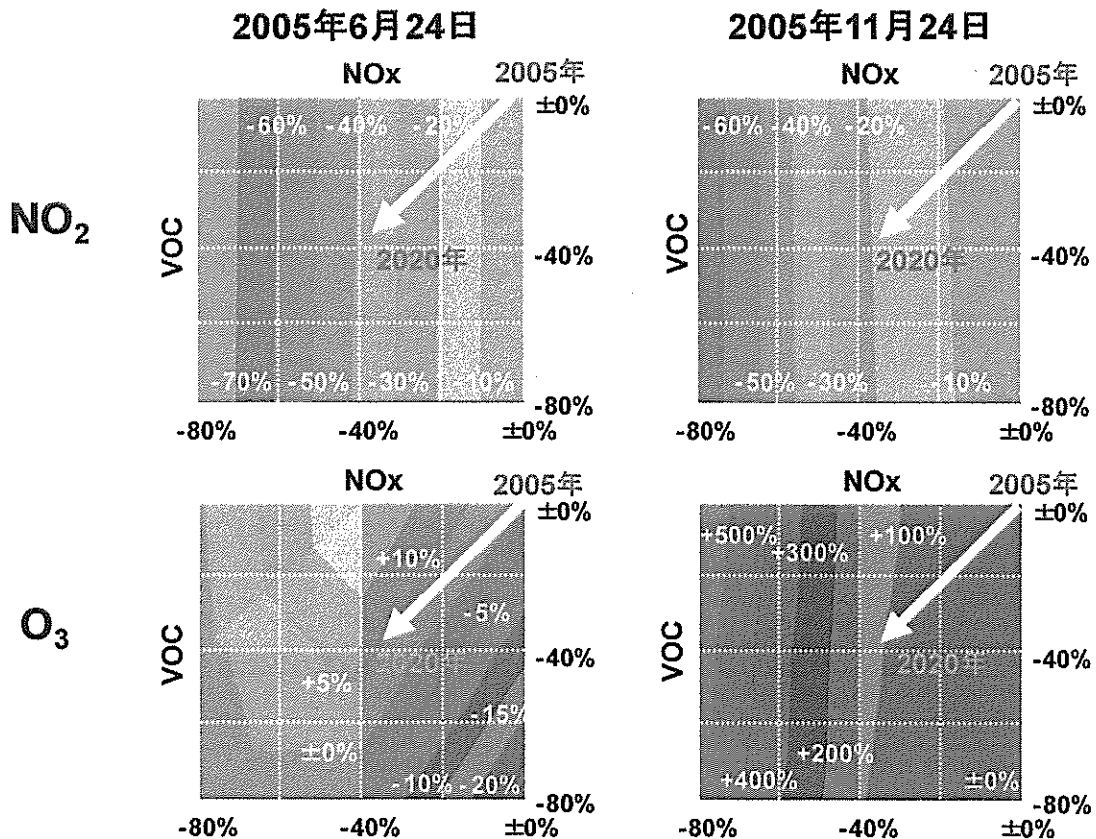
全排出量推計結果



<図4-3. 規制地域内全排出量総量(4、6、11月平均、ton/day)>

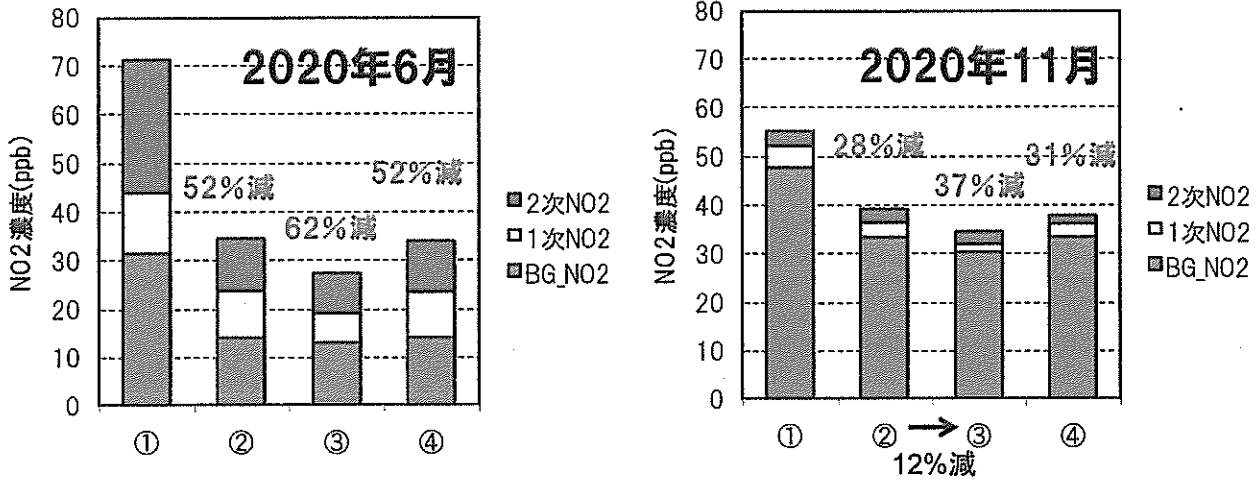
➤ NOx全排出量は2020年まで約42%減少, NMVOC全排出量は約16%減
(自動車自然代替+非自動車削減シナリオ)

2005→2020年都内のNO₂およびオゾンマップ



<図4-4. NO₂、O₃マップ(2005、2020)>

2020年沿道NO₂濃度 (沿道シミュレーションによる予測:上馬)



	ケース	自動車排出量	自動車以外排出量
①	2005年	2005年	2005年
②	非自動車将来シナリオ	(a)2020年自然代替	2020年 将来シナリオ
③	NOx挑戦目標	(a) + 挑戦目標	
④	HE無	(a) + HE無	

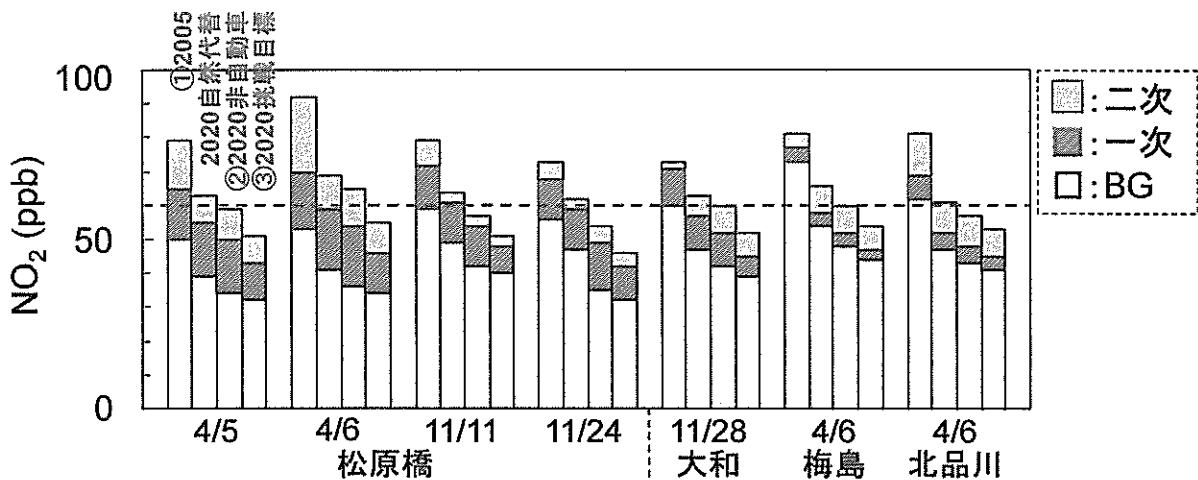
<図4-5. NO₂濃度予測>

➤ 2020年、6月の方が低減効果大。11月でのNOx挑戦目標導入効果は12%。

2020年推定:観測値解析による自排局超過日予測

・ 2020年には環境基準超過日は大幅減少

	①	参考	②	③
	2005年	2020年自動車 自然代替	2020年自動車自然代替 +非自動車削減シナリオ	②+ 挑戦目標
基準超過日 (4.6.11月)	118日	7日	1日	0日



<図4-6. 環境基準超過日予測>

2020年の大気質について(その1)

今回JATOPで行ったケーススタディの範囲内において、以下の見解を示す。

自動車自然代替+非自動車削減シナリオ

(自動車:ポスト新長期まで、非自動車:蒸発発生源30%減、特殊自動車NO_x62%、HC54%減)

1. 自動車からのNO_x排出量の大幅な低減により、都内自排局においては、概ね大気環境基準を満たすものと推定される

2005年に、都内上位5局(4,6,11月)で118日あった大気環境基準超過日は殆どなくなる見込み

2. ただし、一般環境のNO₂濃度が高い日には、基準値を越える懸念あり
 - ・ 初冬季などで混合層高さが下がり、汚染物質が停滞する場合
 - ・ 春において越境輸送によりオゾン濃度が増加する場合

2020年の大気質について(その2)

更なる低減には、

1. 前頁 2. の高濃度日では、一般環境の寄与が高く、一般環境NO₂濃度を下げる事が大切

→自動車、非自動車を含めた総合的対策が必要

2. 挑戦目標導入による沿道NO₂低減効果は、12%程度(11月)
3. ハイエミッター車(ガソリン車)が沿道大気質に及ぼす影響は殆ど無い

5. US2010及び欧州EUROVIの概要

(1) 米国US2010規制

重量車（車両総重量3.85トン以上）も、乗用車と同様に順次規制強化され、現在2010年規制（2010年までは暫定規制）が導入されている。重量車は、ガソリン車とディーゼル車は別の区分となっており、企業平均値規制という考え方はない。

ただし、クレジット制度は存在しているため、仮に規制値を超える自動車を販売しても超過達成分で穴埋めすることができる。

【ディーゼル重量車2010年規制の概要】

○ 規制値は、以下のとおりとなっている

	NMHC (g/kWh)	CO (g/kWh)	NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)
米国2010年規制	0.188	20.78	0.27	0.013
参考：日本09年規制	(0.17)	(2.22)	(0.7)	(0.01)

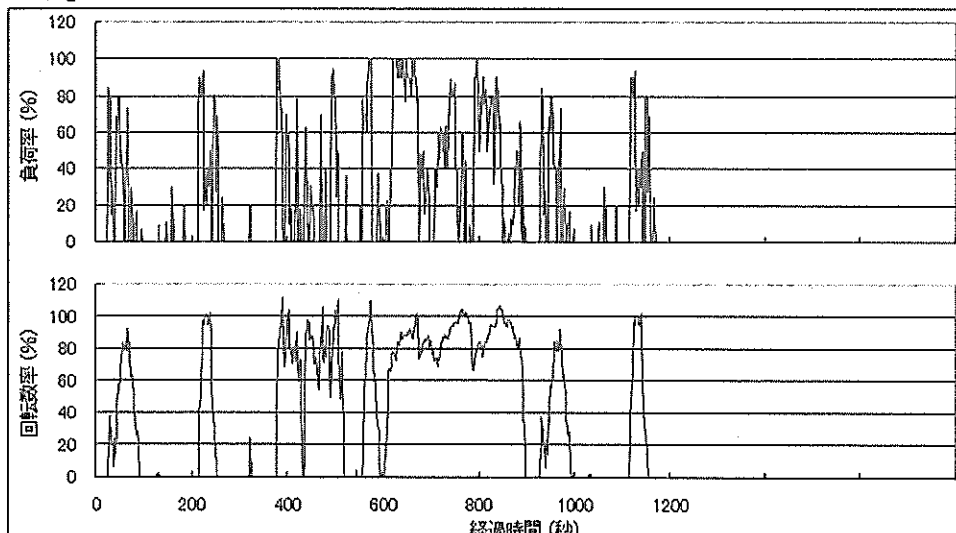
・ 米国規制の実際の単位はg/bhp-hrであり、それをg/kwhに換算した。

○ ただし、2007年～2009年は暫定措置として、NMHC及びNOxについては、年間販売台数の50%の自動車に適合すれば良く、残りの自動車は1つ前の規制値（NMHC+NOxで3.35g/kWh）に適合すれば良い。この暫定措置を最大限利用した場合の実質的な規制値は1.63g/kWhと試算される（アベレージング）。

※ 50%の自動車が2007年規制に適合せず、1つ前の規制値（NMHC+NOxで3.35g/kWh）に適合。NMHCは0.35排出と仮定して試算。

○ また、2010年からは、暫定措置は無くなるが、クレジット制度が活用できる。このため、NOx0.27g/kWhを超えても販売することが可能であるが、超過の上限が設定されており、NOxは0.67g/kWh、PMは0.02g/kWhとなっている。

【FTPモード】



<図5-1. FTPモード>

(2) 欧州EUROVI

○昨年12月18日 欧州議会において重量車ユーロVI案が通過。適用時期は新型車：2012年12月31日、継続生産車：2013年12月31日となり、当初の欧州委員会提案から9ヶ月前倒しとなった。

○また、NOx規制値は欧州モード(ETC)で0.4g/kWhとなっており、WHTCに対応する等価規制値は2010年4月1日までに決めることになっている。(0.46g/kWhで検討中)

○PM粒子数規制値も同様に2010年4月1日までに決めることになっている。(6.00×10¹¹で検討中)

	Limit values							
	CO (mg/kWh)	THC (mg/kWh)	NMHC (mg/kWh)	CH ₄ (mg/kWh)	NO _x (3) (mg/kWh)	NH ₃ (ppm)	PM mass (mg/kWh)	PM (1) number (#/kWh)
ESC (CI)	1500	130			400	10	10	
ETC (CI)	4000	160			400	10	10	
ETC (PI)	4000		160	500	400	10	10	
WHSC (2)								
WHTC (2)								

PI = Positive Ignition.
CI = Compression Ignition.
(1) A number standard is to be defined at a later stage and no later than 1 April 2010.
(2) The limit values relating to WHSC and WHTC, replacing the limit values relating to ESC and ETC, will be introduced at a later stage, once correlation factors with respect to the current cycles (ESC and ETC) have been established, no later than 1 April 2010.
(3) The admissible level of NO₂ component in the NO_x limit value may be defined at a later stage.

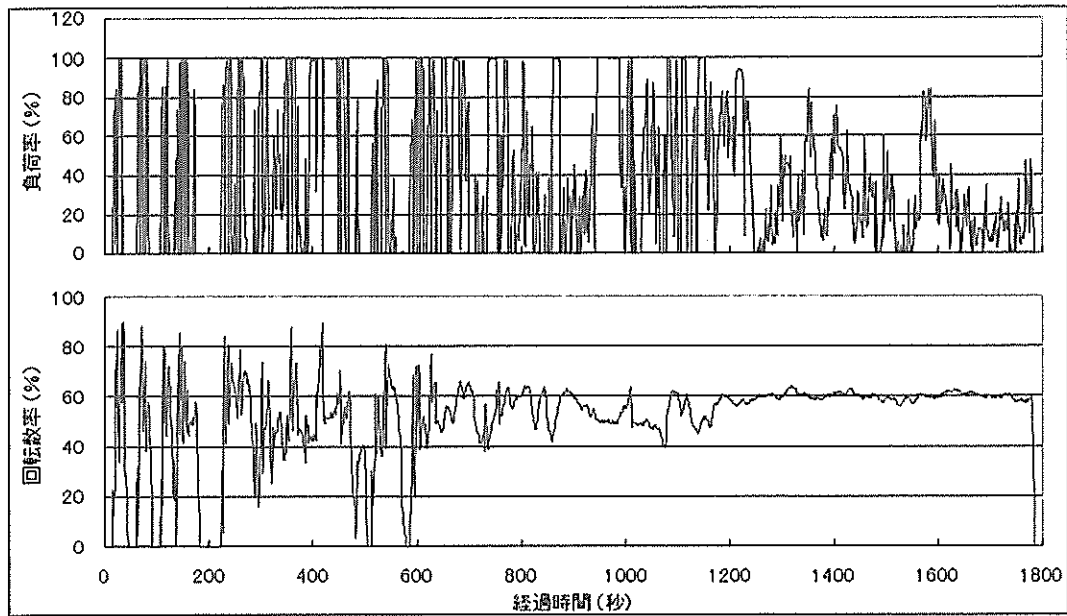
<図5-2. EUユーロVI案 規制値>

Euro VI Emission Limits								
	Limit values							
	CO (mg/kWh)	THC (mg/kWh)	NMHC (mg/kWh)	CH ₄ (mg/kWh)	NO _x (1) (mg/kWh)	NH ₃ (ppm)	PM mass (mg/kWh)	PM (2) number (#/kWh)
WHSC (CI)	1500	130			400	10	10	8.0 × 10 ¹¹
WHTC (CI)	4000	160			460	10	10	6.0 × 10 ¹¹
WHTC (PI)	4000		160	500	460	10	10	(3)

Notes:
PI = Positive Ignition.
CI = Compression Ignition.
(1) The admissible level of NO₂ component in the NO_x limit value may be defined at a later stage.
(2) A new measurement procedure shall be introduced before 31 December 2012.
(3) A particle number limit shall be introduced before 31 December 2012.

<図5-3. EUユーロVI検討中の案 規制値>

【ETCモード】



<図5-4. ETCモード>

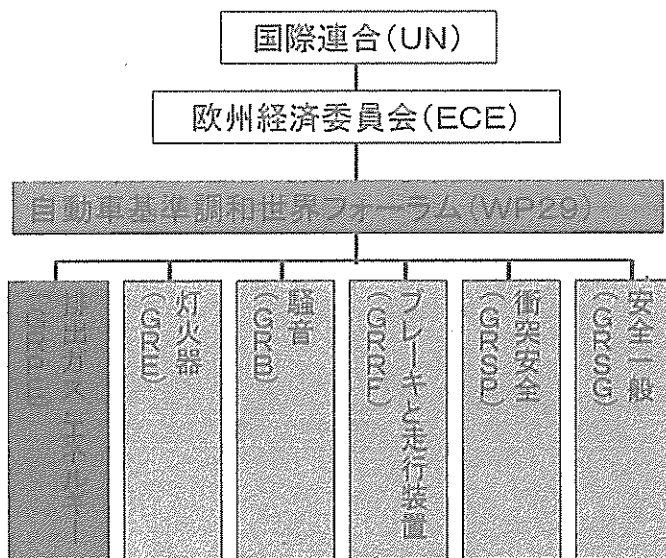
6. UN-ECE/WP29及びWHTCの概要

(1) そもそもWHTCとは？

【検討の経緯・現状】

- gtrNO4 (WHDC) は、トランジェントモードと定常モードから構成されており、トランジェントモードのことをWHTCと言う。なお、定常モードはWHSCと言う。
- WHDCについては、1997年（平成9年）よりWP29において検討が開始され、2006年（平成18年）にgtrNO4として成立。

- ※gtr: global technical regulation (世界統一基準)
- ※WHDC: Worldwide harmonized Heavy Duty Certification
- ※WHTC: World Harmonized Transient Cycle
- ※WHSC: World Harmonized Steady state Cycle



- ・ 国連の欧州経済委員会には自動車基準の国際的な統一を図る組織として、自動車基準調和世界フォーラム (WP29) が設置されている。WP29には6つの基準の分野ごとに専門家会議がなされている。
- ・ 専門家会議の1つであるGRPEにおいては、現在、排出ガス対策等に係る世界統一基準 (gtr: Global Technical Regulation) などの検討が実施されている。

【GRPEにおいて検討している主な基準項目】

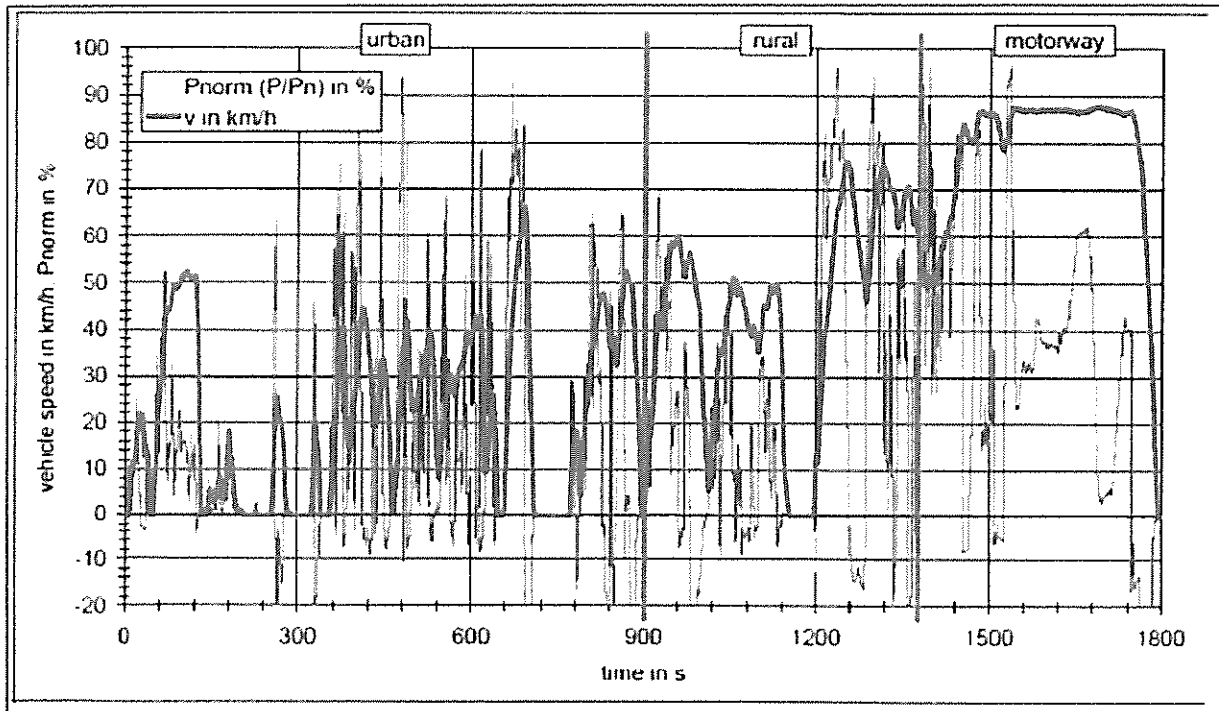
- ・ WHDC (重量車排出ガス試験法) → 2006年11月に成立 (gtr.NO4)
- ・ WWH OBD (重量車排出ガス故障診断) → 2006年11月に成立 (gtr.NO5)
- ・ OCE (重量車オフサイクル) → 2009年6月に成立 (gtr.NO10)
- ・ WLTP (乗用車排出ガス試験方法) → 現在検討中
- ・ WMTC (二輪車排出ガス試験法) → 2005年6月に成立 (gtr.NO2)
- ・ PMP (粒子状物質測定方法) → 現在検討中
- ・ NRMM (ノンロードエンジン排出ガス試験法) → 2009年11月に成立 (gtr.NO11)

< 図6-1. WP29の現状 >

○なお、gtrは、本来、試験方法と規制値がセットであるべきものとされているが、規制値は、これまで全く議論がなされておらず、gtrNO4においては、規制値が策定されるまでの間、各国は、少なくとも自国の現行規制と同レベルの厳しさに相当する規制値とすることが推奨される旨が記載されている。今後、議論するかは未定。

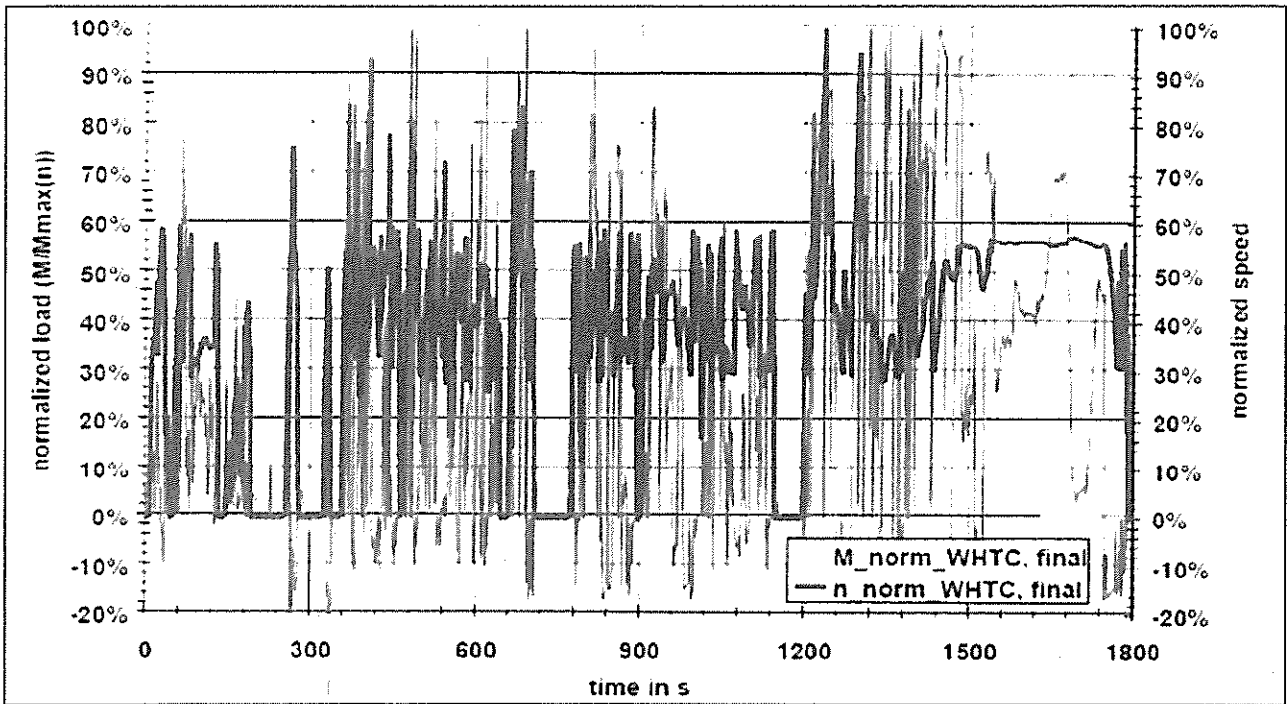
【WHTCの作成経緯・試験方法】

○WHTCの作成に当たっては、日米欧、オーストラリアの自動車走行データを収集、これをもとに図6-2に示す「時間-速度」(赤線)、「時間-出力」(青線)からなる車両モード(WHVC)を作成した。ポイントは、「時間-出力」も作成したこと。



<図6-2. WHVC (Worldwide Harmonized Vehicle Cycle) >

○エンジンダイナモで試験を実施できるようにするため、WHVCモードを「時間-トルク」、「時間-回転数」に変換する。このため、欧州4種、日本4種のエンジンの中から平均的挙動を有する日本のエンジンを選定、このエンジンをもとに図6-3に示すWHTCモードを作成。これがgtrN04に規定されるWHTCモードである。



< 図6-3. WHTCモード >

○そして、試験においては、エンジン諸元をもとに以下の式を用いて、実際の回転数、トルクを算出する。

$$\text{実際の回転数} = n_{\text{norm}} \times (0.45 \times n_{\text{lo}} + 0.45 \times n_{\text{pref}} + 0.1 \times n_{\text{hi}} - n_{\text{idle}}) \times 2.0327 + n_{\text{idle}}$$

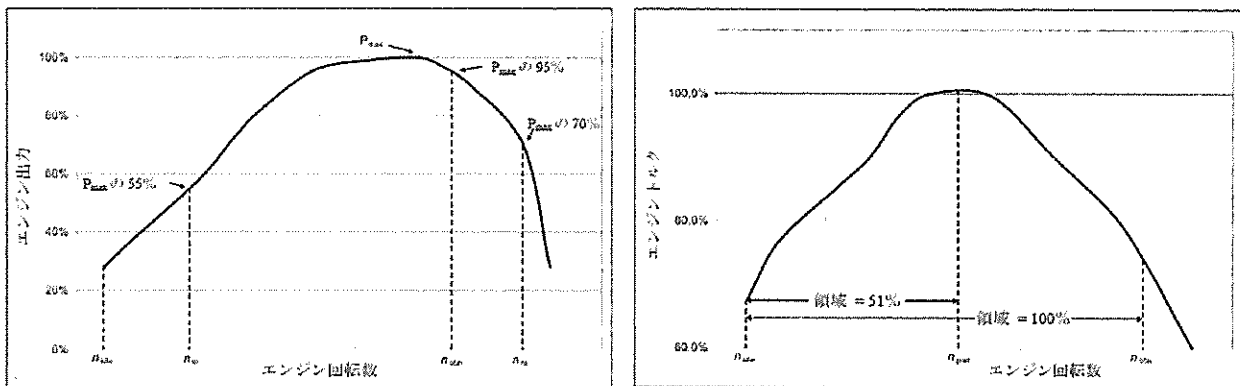
n_{lo} : 出力が最大出力の55%になる最低回転数

n_{pref} : 最大トルク積分値が全積分値の51%になるエンジン回転数

n_{hi} : 出力が最大出力の70%になる最高回転数

n_{idle} : アイドリング回転数

$$\text{実際のトルク} = \frac{\text{トルク}(\%) \times \text{実際の回転数における最大トルク}(\text{Nm})}{100}$$



< 図6-4. n_{lo} 、 n_{pref} 等の求め方 >

【求め方の例】

○ある時間のWHTCにおける% 回転数 = 43%、% トルク = 82%を実際の回転数、トルクに変換してみる。

エンジン試験により、以下の値が計測されたと仮定すると、

$$n_{lo} = 1,015 \text{ min}^{-1}, n_{hi} = 2,200 \text{ min}^{-1}, n_{pref} = 1,300 \text{ min}^{-1}, n_{idle} = 600 \text{ min}^{-1}$$

○実際の回転数は、以下の式で算出される。

$$\text{実際の回転数} = \frac{43 \times (0.45 \times 1,015 + 0.45 \times 1,300 + 0.1 \times 2,200 - 600) \times 2.0327}{100} + 600 = 1,178 \text{ min}^{-1}$$

○回転数1,178 min⁻¹における最大トルクを、エンジン試験により作成した最大トルクカーブより、700 Nm と読み取れたと仮定すると、

$$\text{実際のトルク} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

○また、定常モードにおいても、排出ガス性能が担保されるよう図6-5に示すWHSCによる定常試験も併せて実施することになっている。

モード	正規化した 回転数 (%)	正規化した 負荷 (%)	基準に用いる WF	20秒の傾斜を含 むモードの長さ (秒)
0	駆動	-	0.24	-
1	0	0	0.17/2	210
2	55	100	0.02	50
3	55	25	0.10	250
4	55	70	0.03	75
5	35	100	0.02	50
6	25	25	0.08	200
7	45	70	0.03	75
8	45	25	0.06	150
9	55	50	0.05	125
10	75	100	0.02	50
11	35	50	0.08	200
12	35	25	0.10	250
13	0	0	0.17/2	210
合計			1.00	1895

< 図6-5. WHSC >

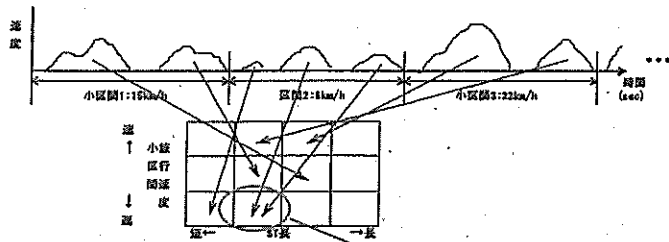
(2) JE05とWHTCの作成方法の比較

○ JE05とWHTCについて、その運転領域の差異や相関関係を検証する前に、まず、そもそもその作成方法に大きな違いがないかを検証する。JE05、WHTCとも収集した走行データから「時間-車速」の車速モードを作成する。そして、実際のエンジン試験の際には、個々のエンジンの特性を踏まえて「時間-回転数、トルク」に変換して実施する。この考え方は、両モードとも同じであり、以下に「車速モード作成過程」、「エンジンベース変換過程」について比較する。

【車速モードの作成過程】

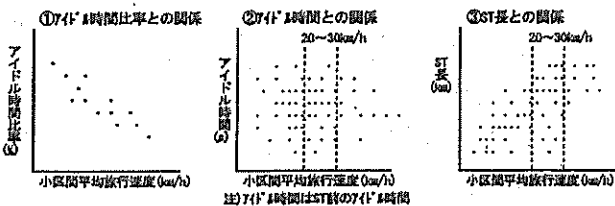
JE05

- ① 収集したトリップ（発進から停止までを1トリップ）を小区間平均速度（小区間とは概ね2km~3kmで区切ったもの）とトリップ長のマトリックスで分類する。さらに、それぞれのマトリックスごとに、その特徴を代表するトリップを代表トリップとして選出する。



それぞれのマトリックスにおいて、「速度-加速度分布」を求め、これに近いトリップをそれぞれのマトリックスの代表トリップとする（複数選択）。

- ② 小区間平均速度とアイドル時間比率、アイドル時間分布、トリップ長分布（3因子）との関係をグラフにする。これにより、ある平均速度時における3因子の状況を算出することが可能となる。



- ③ 平均速度ごとに②で求めた3因子を満たすように①で選出した代表トリップを組み合わせる平均旅行速度別代表走行モードを作成する。

速度ランク	10未満	10~20	20~30	30~40	40~50
モード					

- ④ 交通統計より得られた走行実態で③を重み付けする。この結果により、JE05が目指すべきパラメータが算出される。これを満たすようにトリップを組み合わせるJE05を策定する。

速度ランク (km/h)	10未満	10~20	20~30	30~40	40~50	合計
重み係数	6.6	44.7	32.9	10.2	5.5	99.9

WHTC

- ① 収集したトリップを走行道路等のマトリックスで分類する。なお、国で分類したのは、参考までに各国ごとのモードを作成し、比較するためであって、モード作成という観点からは特に意味はない。



vehicle cat.	power to mass ratio class	Europe			Japan			USA			sum
		urban	rural	motor way	urban	rural	motor way	urban	rural	motor way	
rigid trucks	1										
rigid trucks	2										
rigid trucks	3										
trailer trucks	1										
trailer trucks	2										
trailer trucks	3										
buses	4										
	sum										

・トリップの分類の仕方が異なる。また、平均旅行速度別代表走行モードを作成することによってトリップを選別して分類した点（JE05）と選別せず全て分類した（WHTC）点が異なる。

・しかしながら、トリップを分類し、それを交通統計データで重み付けし、その結果からJE05（WHTC）が目指すべきパラメータを算出するという基本的考え方は同じ。

・また、その作成方法の違いにより大きな差が生じない旨の検証がWHTC検討当時においてなされている。（別添参照）

- ② 交通統計より得られた走行実態で①を重み付けする。この結果により、WHTCが目指すべきパラメータが算出される。これを満たすようにトリップを組み合わせる。

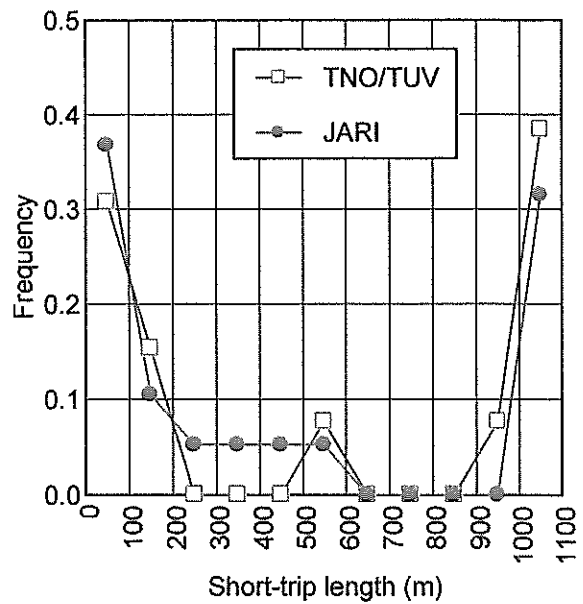
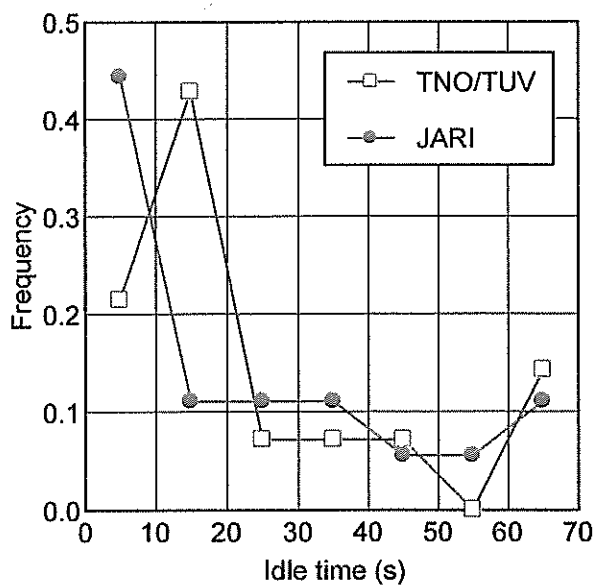
vehicle cat.	power to mass ratio class	Europe			Japan			USA			Sum
		urban	rural	motor way	urban	rural	motor way	urban	rural	motor way	
rigid trucks	1	52%	18%	20%	34%	12%	09%	33%	18%	08%	202%
rigid trucks	2	31%	17%	23%	60%	21%	16%	44%	24%	08%	243%
rigid trucks	3	32%	20%	25%	40%	14%	11%	26%	14%	05%	187%
trailer trucks	1	08%	10%	22%	03%	01%	01%	11%	08%	08%	71%
trailer trucks	2	08%	10%	23%	04%	02%	01%	21%	16%	16%	100%
trailer trucks	3	10%	13%	28%	02%	01%	01%	29%	22%	21%	128%
buses	1	28%	12%	00%	14%	04%	00%	07%	09%	01%	71%
	Sum	169%	99%	141%	157%	54%	39%	170%	107%	63%	1000%

【JE05 と WHTC の作成方法の違いによる測定モードの差異の検討】

WHDC の検討当時、JE05 は完成していなかったもののその作成方法は、ほぼ確立していた。このため、WP29 における WHDC 検討活動の一環として、JE05 作成方法と WHTC 作成方法でそれぞれ作成した測定モードの比較がなされている。

その結果は、以下のとおりである。

	Vehicle category	Ave. speed of driving cycle	Idle time ratio	Ave. acceleration at acceleration mode	Cruise time ratio	Ave. cruising speed at cruise mode
		km/h	%	m/s ²	%	km/h
Japanese cycle from TNO/TÜV	All categories	30.5	20.1	0.44	28.2	49.6
Japanese cycle from JARI	Single unit trucks	27.8	22.3	0.54	15.9	50.9



これらの結果をもとに、WP29/GRPE においては、

- ・平均速度とアイドル時間割合はほぼ同じ
- ・アイドル時間頻度及びショートトリップ長頻度は類似の傾向を示した

としており、両モードには大きな差がなく、結果はほぼ同じと結論づけている。

【エンジンベース変換過程】

JE05

- ① 車両の個々の諸元(ギア比、重量、全幅、全高等)、走行抵抗、加速抵抗を入力。さらに、人の運転実態(例えば、発進は2速等)を踏まえたギアシフトモデルから、車速を回転数、トルクに変換(変換プログラム)。

車速パターンからエンジン回転、エンジントルクを算出する計算式

$$R_1 = \mu r \cdot M + \mu a \cdot A \cdot V^2$$

$$R_2 = (M + M_t + M_e \cdot i^2) / \alpha$$

$$R = R_1 + R_2$$

$$T_e = (r \cdot R) / (i \cdot \eta)$$

$$N_e = (1000 \cdot i \cdot V) / (2 \cdot \pi \cdot r \cdot 60)$$

R₁: 走行抵抗
 R₂: 加速抵抗
 μr: 転がり抵抗係数
 μa: 空気抵抗係数
 M: 車両質量
 M_t: T/Mより後の慣性質量
 M_e: エンジン、T/Mの慣性質量
 A: 前面投影面積
 V: 車速
 α: 加速度
 T_e: エンジントルク
 N_e: エンジン回転数
 i: 総ギアレシオ
 η: 駆動効率
 r: タイヤ半径

- ② ギアシフトモデルを含め、変換プログラムを法令に位置づけた。

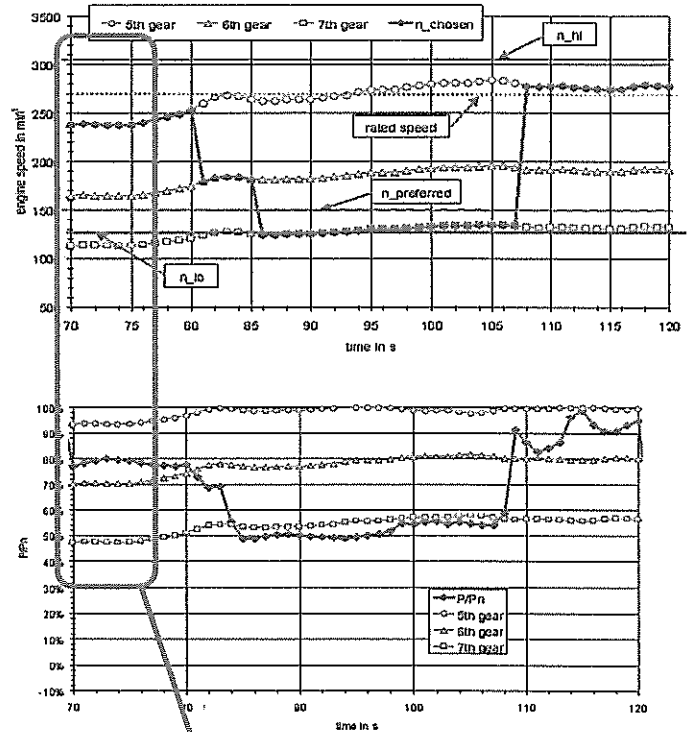
JE05 は車両ごとに走行抵抗、加速抵抗を入力するが、WHTC は WHVC の出力グラフで代表化している。さらにギア比率も代表化している。したがって、WHTC は走行抵抗等の改善効果が評価できないため、燃費測定方法として採用することは考慮が必要。

WHTC

- ① エンジンの使用実態等を踏まえ、変換モデルを作成。

【変換プログラム】

- n_lo, n_pref, n_hi はエンジンの使用実態を踏まえ決定。
- 回転数が n_lo から n_hi の間にあり、かつ n_pref に最も近く、出力が WHVC の出力以上となるギアを選択。

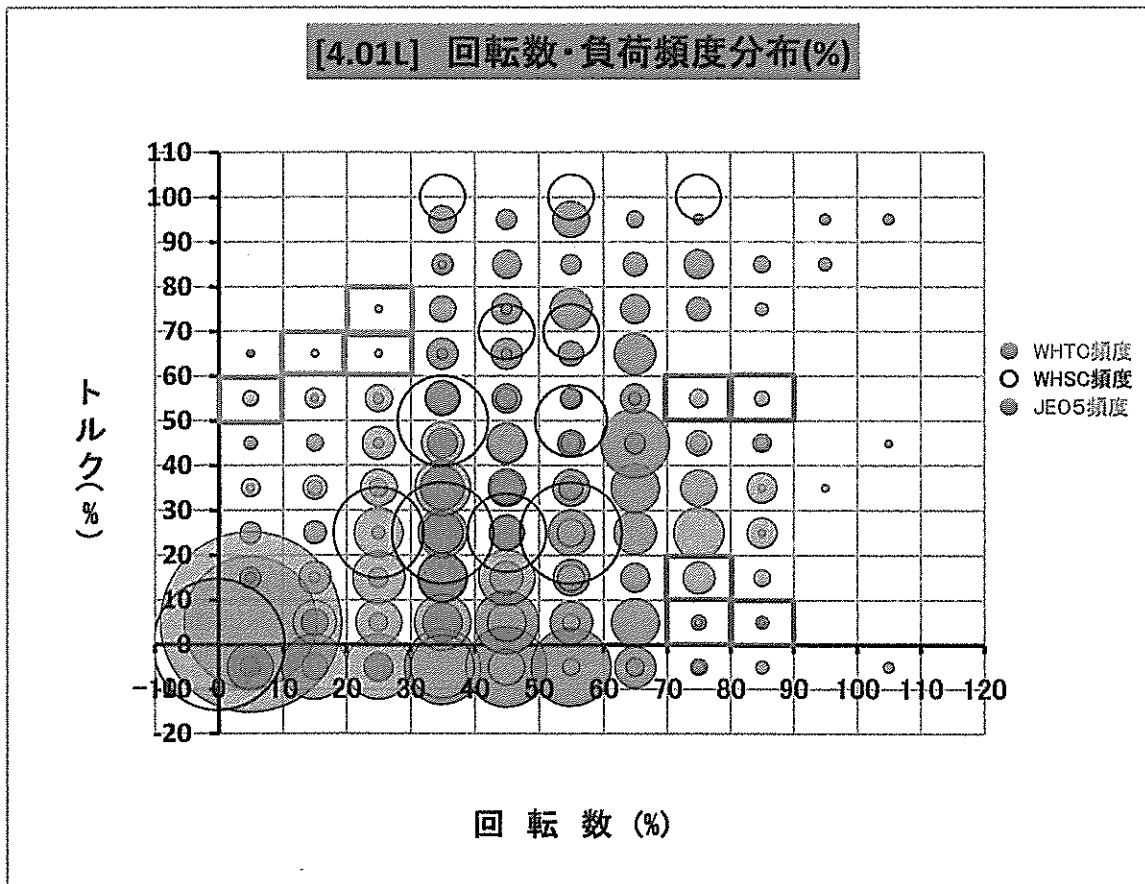
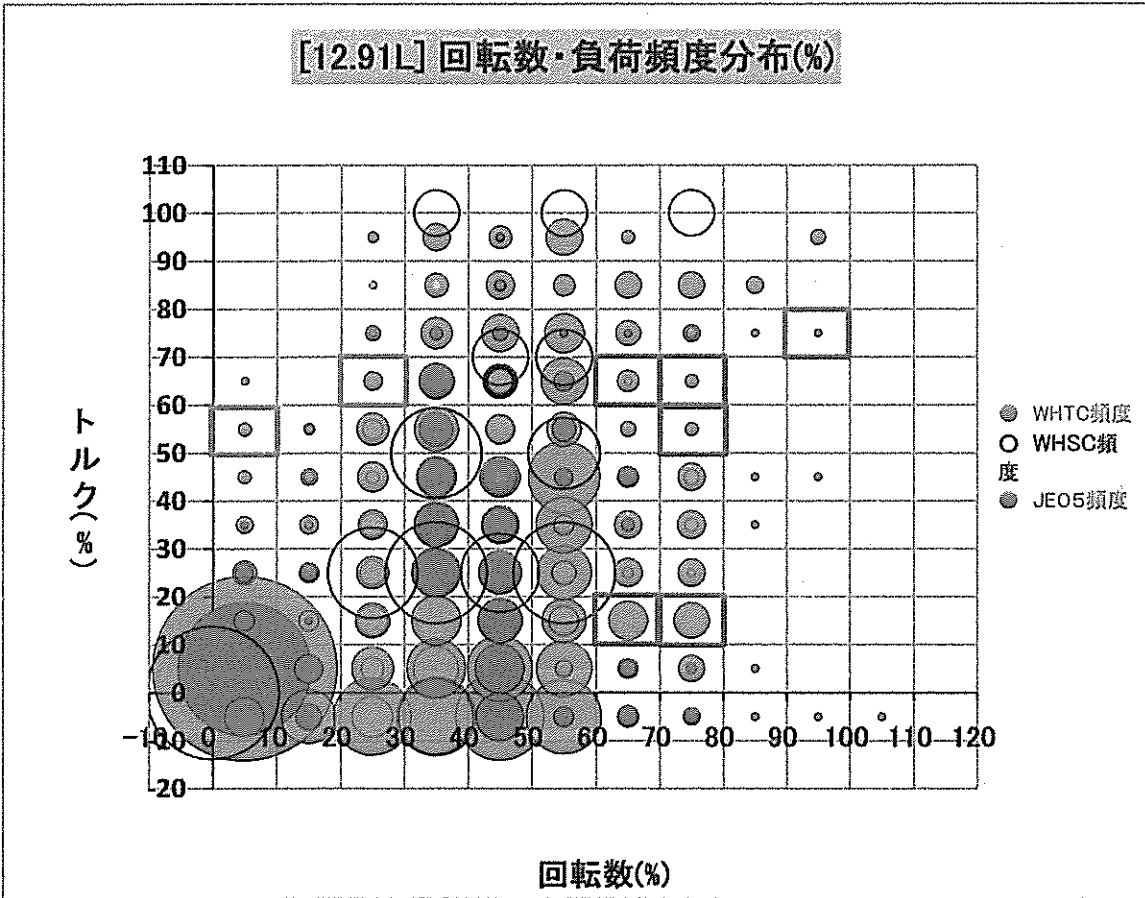


- 回転数が n_lo から n_hi の間にあり、かつ n_pref に最も近くなるギアは6速。
- しかし、6速ギアの出力は WHVC の出力以下になってしまうので、結果として5速ギアが選択される。(赤線が選ばれたギア)

- ② コンピュータを用いた変換モデルを規定に位置づけるのは困難であるという理由で、このモデルを式で表現することとした。エンジンや式の係数を変更し、変換モデルともっとも一致したものを式とした。

• 人の運転実態からギアシフトのモデルを作成した点 (JE05) とエンジンの使用実態からギアシフトのモデルを作成した点 (WHTC) が異なる。しかし、実態からギアシフトのモデルを作成するという考え方は同じ。
 • 変換モデルを法令に組み込みエンジンを搭載する車両ごとに評価できる点 (JE05) とできない点 (WHTC) は異なる。ただし、これはオフサイクル対策の導入によりカバーできるものとする。

7. JE05とWHTCの運転領域の比較



<図7. JE05とWHTCの運転領域の比較>