

# 特殊自動車の排出ガス低減対策について (案)

- 諸外国の特殊自動車のPM・PN規制について
- 許容限度(案)について
- 適用時期(案)について
- PN規制の導入による効果試算について

# 今般(第15次)の答申に盛り込むべき優先課題

前回(R5.11)の自排専において、今般(第15次)の答申に盛り込むべき優先的な検討課題は「特殊自動車の排出ガス低減対策」であることが確認された。

中央環境審議会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」(第14次報告) 令和2年8月20日より抜粋

## 5. 今後の検討課題

### 5. 1. 8 特殊自動車の排出ガス低減対策

#### (1) 定格出力が19 kW 以上560 kW 未満の特殊自動車

定格出力が19 kW 以上560 kW 未満の特殊自動車については、大気汚染状況、排出ガス寄与度、技術開発動向及び国際動向等を踏まえ、必要に応じ排出ガス規制の強化について検討する必要がある。特に、微小粒子状物質対策に関しては、PM排出量における特殊自動車の寄与割合が増加することが予想されるため、特殊自動車以外の自動車で導入したPN規制も含め、求められる対策について検討する必要がある。

# 検討課題と進め方

前回(R5.11)の自排専において「特殊自動車のPN規制について、諸外国の規制動向やメーカーの技術開発動向を踏まえ、可能な限り早期に導入する方向で検討を進めるべき」とされたところであり、今般の検討課題及び進め方は以下のとおり。

## <検討項目及び進め方>

### ➤ ディーゼル特殊自動車のPN規制等の許容限度

- PN規制の許容限度について、諸外国の規制動向やメーカーの技術開発動向を踏まえ検討を行う。
- PN規制の導入に合わせて、基準調和等を考慮しつつ、PM許容限度の見直しについても検討する。

### ➤ ディーゼル特殊自動車のPN規制導入時の適用時期の検討

- PN規制の適用時期について、メーカーヒアリング結果を踏まえ、規制対応に要する期間を検討する。

### ➤ 大気環境改善効果の検討

- PN規制導入による特殊自動車からのPM排出低減量及び寄与割合について、今後の自動車の電動化政策も考慮した推計を行う。

# 諸外国の特殊自動車のPM・PN規制について

# 諸外国の特殊自動車のPM・PN規制

ディーゼル特殊自動車の許容限度比較(微小粒子状物質関係のみ抜粋)

定格出力[kW]		P<8	8≤P<19	19≤P<37	37≤P<56	56≤P<75	75≤P<130	130≤P<560※1	560≤P※1
日本	PM	—※2		0.03	0.025	0.02	0.02	0.02	—
	PN	—		—	—	—	—	—	—
米国	PM	0.40 (0.60)※3	0.40	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04 (0.03)※4
	PN	—	—	—	—	—	—	—	—
欧州	PM	0.40 (0.60)※3	0.40	0.015	0.015	0.015		0.015	0.045 (0.035)※4
	PN	—	—	1×10 <sup>12</sup>	1×10 <sup>12</sup>	1×10 <sup>12</sup>		1×10 <sup>12</sup>	—
中国	PM	0.60			0.025	0.025		0.025	0.10
	PN	—			5×10 <sup>12</sup>	5×10 <sup>12</sup>		5×10 <sup>12</sup>	—

ディーゼル特殊自動車の試験法比較

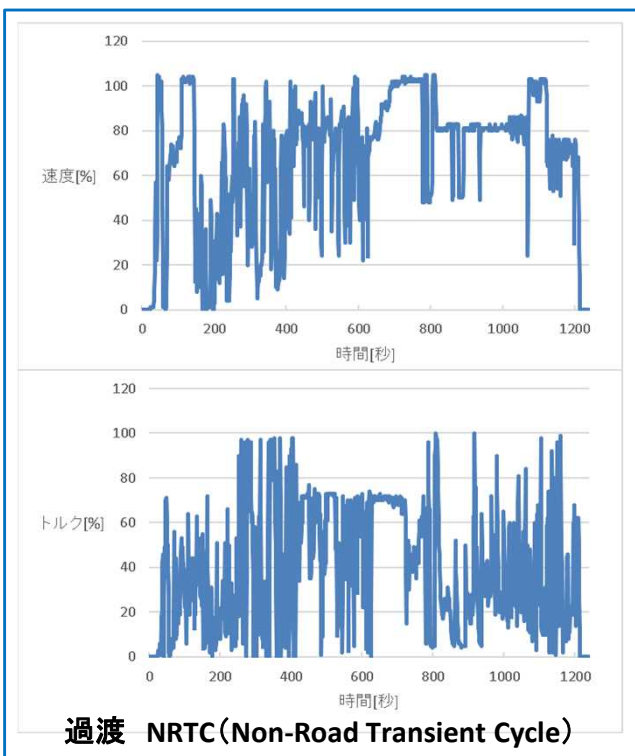
	定常	過渡	Cold:Hot(過渡モード)
日本	8モード	NRTCモード	10:90
	RMCモード		
米国	8モード	NRTCモード	5:95
	RMCモード		
欧州	8モード	NRTCモード	10:90
	RMCモード		
中国	8モード	NRTCモード	10:90

PM[g/kWh]、PN[個/kWh]

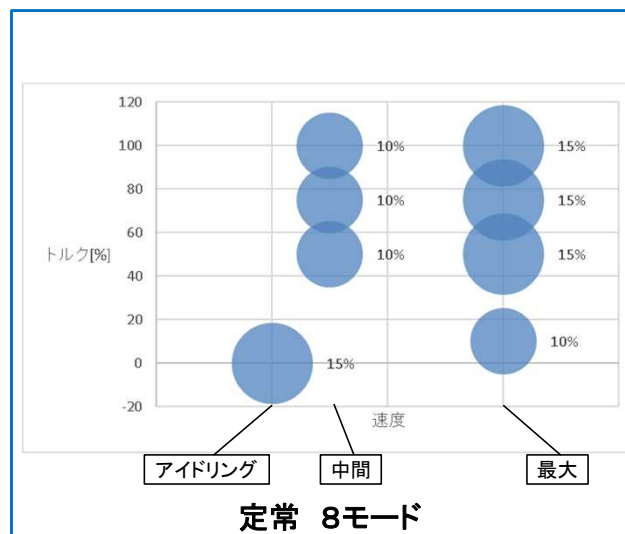
- ※1: 欧米中は130≤P≤560、560<P
- ※2: 日本では業界の自主取組が行われている
- ※3: 手動始動式空冷直噴エンジン
- ※4: 発電機用エンジン

# 【参考】ディーゼル特殊自動車の試験法等について

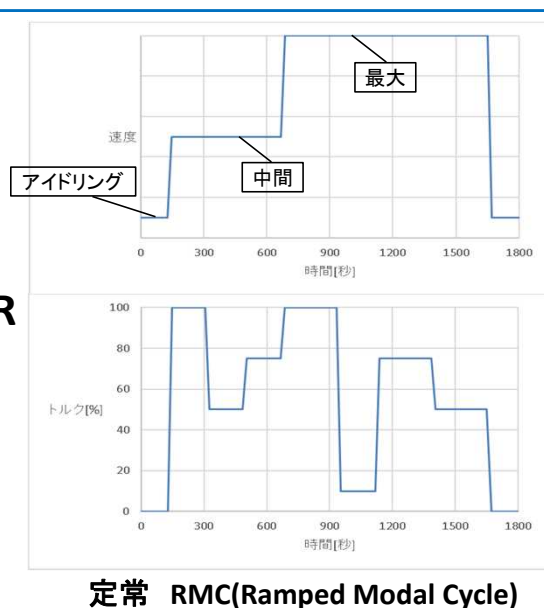
- NRTCモードは第九次答申(平成20年1月29日)にて過渡モード導入及び基準調和を目的として導入された試験サイクルで、日本の特殊自動車の使用実態に基づいた試験モードを作成して比較した際、高い相関がみられたことから国内採用された。
- 定常の8モードは8つの領域で運転させたときの測定結果を規定の割合で加重平均するモードであり、従前から特殊自動車の試験サイクルとして使われてきた。
- RMCモードはNRMM(UNR96)に規定されている定常モードで、第十一次答申(平成24年8月10日)で追加された。RMCは規定のエンジン速度・トルクで定常運転させたときのモード全体で評価を行い、8モードと等価とみなせることから、定常試験として8又はRMCの選択制となっている。
- 現在の試験法は日本の実態を踏まえ導入されたものであり、日本の実態を反映していることと、基準調和の観点とから、現行試験法を継続することが適当と考えられる。
- 欧州で実施されているPNの測定法は、大型車の国際基準であるUNR49第6改訂版を準用しており、測定法、機器等については大型車、乗用車等の試験法と原理的に同じである。



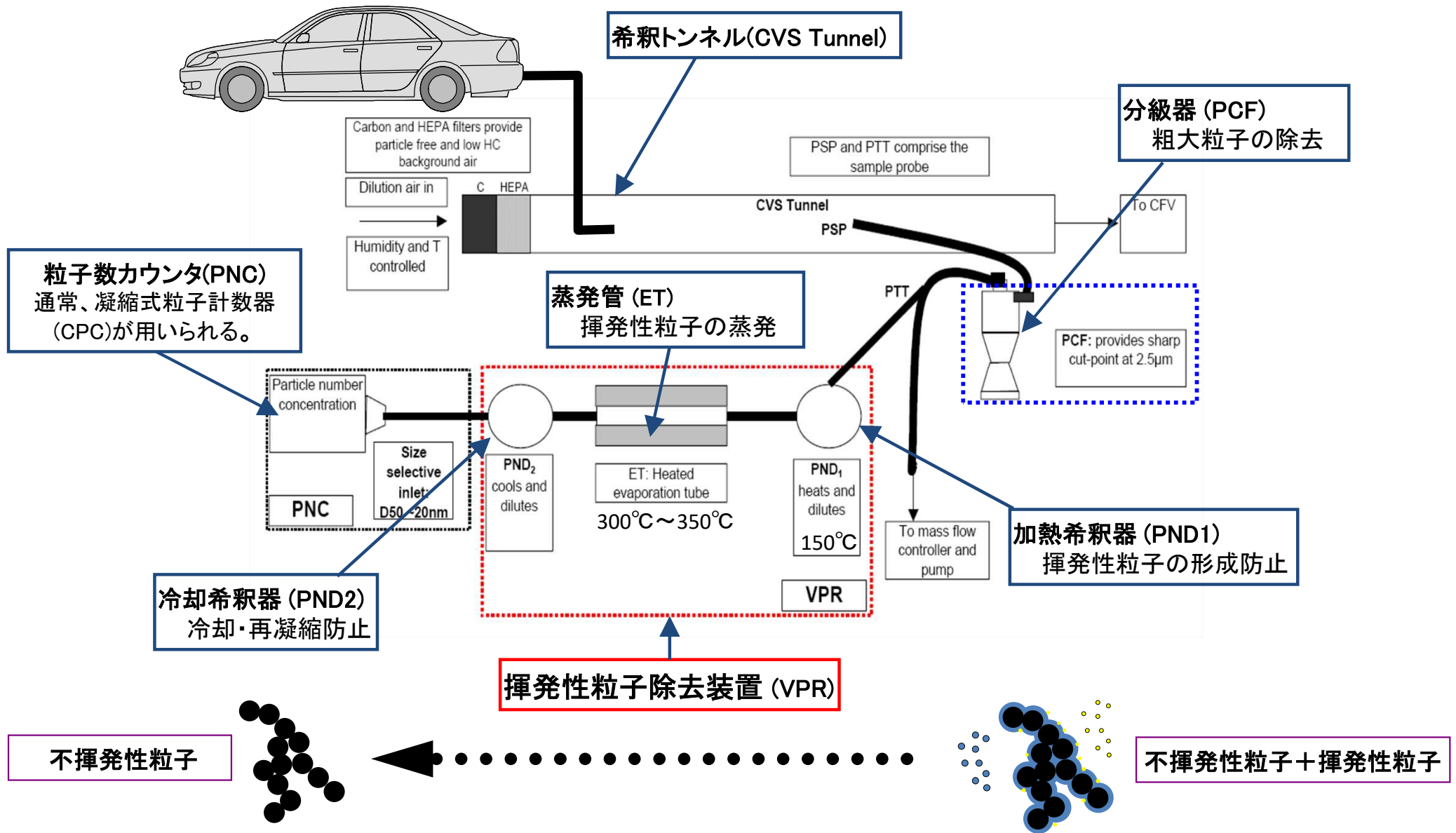
AND



OR



# 【参考】PNの測定法について



揮発性粒子除去装置 (VPR:Volatile Particle Remover) で揮発性粒子を除去し、粒子数カウンタ (PNC) で不揮発性粒子を測定している。



# 特殊自動車以外の自動車におけるPM・PN規制

日本					欧州						
区分	燃料	試験モード		PM許容限度	PN許容限度	区分	燃料	試験モード		PM規制値	PN規制値
乗用	ガソリン※ 又は軽油	WLTC 3Phase		0.005 [g/km]	6.0 × 10 <sup>11</sup> [g/km]	M1・M2 (基準質量 ≤ 2610kg)	ガソリン※ 又は軽油	WLTC 4Phase		0.0045 [g/km]	6.0 × 10 <sup>11</sup> [g/km]
軽自動車						N1クラス1 (基準質量 ≤ 1305kg)					
軽量車 (GVW ≤ 1.7t)						N1クラス2 (1305kg < 基準質量 ≤ 1760kg)					
中量車 (1.7t < GVW ≤ 3.5t)						N1クラス3 (1760kg < 基準質量 ≤ 2610kg)					
	N2 (基準質量 ≤ 2610kg)										
重量車 (3.5t < GVW)	軽油	WHDC	WHTC	0.010 [g/kWh]	6.0 × 10 <sup>11</sup> [個/kWh]	重量車 (2610kg < 基準質量の M1M2N1N2 及びM3N3)	軽油	WHDC	WHTC	0.010 [g/kWh]	6.0 × 10 <sup>11</sup> [個/kWh]
			WHSC		8.0 × 10 <sup>11</sup> [個/kWh]				WHSC		8.0 × 10 <sup>11</sup> [個/kWh]
	ガソリン※	JE05							6.0 × 10 <sup>11</sup> [個/kWh]		ガソリン※

※ ガソリンは筒内直接噴射のみ

# 許容限度(案)について

## 許容限度の検討(設定の考え方)

- PM2.5の環境基準達成状況(一般局、自排局)は令和3年度に100%を達成したところであるが、PM2.5排出総量における自動車全体の寄与度は一定の割合を占めており、特殊自動車の自動車全体に占める割合が相対的に増加すると予想される。

この状況を踏まえ、今後の環境基準達成状況を確実なものとするため、許容限度は、メーカーが対応に要する期間、排出ガス低減に関する開発状況及び諸外国の状況等を考慮して設定することが望ましい。

- 特殊自動車の試験法は国際的に概ね調和されており、PN規制導入においても基準調和を図ることで開発期間の短縮やコスト低減が期待されることから、諸外国で導入されている最も厳しい規制水準の国内導入が適当であるか否か検討する。
- また、特殊自動車の性質上、エンジンを外部調達に依存する車体製作メーカーが多く存在することから、諸外国と異なる排出ガス規制の場合、外国メーカーからのエンジン調達に影響を及ぼす可能性を考慮する必要がある。

# 許容限度の検討(メーカーヒアリングの結果)

	現行	ケース①	ケース②	ケース③
規制値レベル	現行	CO, NMHC, NOx : 現状維持 PM, PN : 欧州と同値	CO, NMHC, NOx : 現状維持 PM, PN : 欧州より厳しい値	全規制物質 : 欧州より厳しい値
許容限度	CO : 3.5~5.0 g/kWh NMHC : 0.19~0.7 g/kWh NOx : 0.4~4.0 g/kWh PM : 0.02~0.03 g/kWh PN : — ※定格出力により規制値は異なる	CO : ( ← ) NMHC : ( ← ) NOx : ( ← ) PM : 0.015 g/kWh PN : $1 \times 10^{12}$ #/kWh	CO : ( ← ) NMHC : ( ← ) NOx : ( ← ) PM : 0.015 g/kWh未満の値 PN : $1 \times 10^{12}$ #/kWh未満の値	CO : 3.5~5.0 g/kWh未満の値 NMHC : 0.19~0.7 g/kWh未満の値 NOx : 0.4~4.0 g/kWh未満の値 PM : 0.015 g/kWh未満の値 PN : $1 \times 10^{12}$ #/kWh未満の値
留意点 (ヒアリング結果等を踏まえ記載)	対策技術等	<ul style="list-style-type: none"> <li>DPFにて対応可能</li> <li>現行DPF搭載率はメーカー、車種により異なる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術的な知見なし</li> <li>開発期間及びコスト増</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術的な知見なし</li> <li>開発期間及びコスト増</li> </ul>
	対策に要する期間 (リードタイム)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.5~5年</li> <li>※エンジン開発+車体開発期間の合計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術的知見がなく予測不可</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術的知見がなく予測不可</li> </ul>
	他の環境対策との関連	<ul style="list-style-type: none"> <li>NOx、燃費等とのトレードオフ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NOx、燃費等とのトレードオフ</li> <li>CN(カーボンニュートラル)対応へのリソースとのバランス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NOx、燃費等とのトレードオフ</li> <li>CN(カーボンニュートラル)対応へのリソースとのバランス</li> </ul>
	規制効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>将来のPM排出量低減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PM排出量のさらなる低減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全物質のさらなる低減</li> </ul>
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>基準調和による認証コストの低減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エンジン調達不可のおそれ</li> <li>基準調和されず認証コスト増(海外認可証の活用不可等)</li> <li>特殊自動車の大気環境への影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エンジン調達不可のおそれ</li> <li>基準調和されず認証コスト増(海外認可証の活用不可等)</li> <li>特殊自動車の大気環境への影響</li> </ul>

## 許容限度の検討(その他メーカーからの意見・留意点)

- PM・PN低減対策を行う場合、DPFによる排圧上昇、堆積したPMの再生のため燃費が悪化する傾向、燃焼性能改善によってNO<sub>x</sub>も増加する傾向。
- 現在の国内販売エンジンにおいては、各社ごとにDPF装着率が大きく異なる。  
＜平成26年規制適合エンジン販売台数中のDPF装着台数割合＞  
A社100%、B社18%、C社32%、D社0.6%、E社85%
- 諸外国と同等のPN規制を導入する場合、PM規制値も同時に調和して欲しいというメーカーからの要望あり。
- メーカーの中には、日本の装置型式指定の審査の際、日本より厳しい欧米の認可証を活用し耐久試験の代わりとしているケースがあり、仮に日本が欧米より厳しい規制となった場合、欧米の認可証は活用できなくなる。
- 日本が欧米より厳しい規制を行う場合、日本市場向けの開発に加え耐久試験を実施する必要がある、エンジン1型式あたり試験期間として6～15ヶ月、試験費用として5,000万円～1.5億円程度が必要と予想される。

# 許容限度の検討まとめ

- 特殊自動車のPN規制導入にあたり、欧州と同水準の規制値を採用した場合、将来のPM排出量の低減及び自動車全体におけるPM排出寄与割合の低下が期待できる。
- メーカーヒアリングにおいて、設計変更のリードタイムは必要なものの、欧州と同水準のPN規制値であれば技術は確立されており対応可能であることが確認された。
- 欧州の規制値 ( $1 \times 10^{12}$  [個/kWh]) を日本において適用した場合、PN低減を目的にDPFが装着されることが期待される上、諸外国との基準調和が推進される。
- 以上を踏まえ、許容限度目標値は下表のとおりとする。

許容限度目標値(案)					
定格出力[kW]	$19 \leq P < 37$	$37 \leq P < 56$	$56 \leq P < 75$	$75 \leq P < 130$	$130 \leq P < 560$
PM[g/kWh]	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
PN[個/kWh]	$1 \times 10^{12}$	$1 \times 10^{12}$	$1 \times 10^{12}$	$1 \times 10^{12}$	$1 \times 10^{12}$

# 適用時期(案)について

## 適用時期の検討(設定の考え方)

- 適用時期の検討にあたっては、エンジンと車体の製造工程が分かれている場合が多い特殊自動車特有の事情や生産・品質管理体制の準備期間等を考慮する必要がある。
- また、適用時期については、設定される許容限度のレベルに応じて検討することが必要である。



# 適用時期の検討(メーカーヒアリングの結果)

メーカー種別 開発期間等	エンジン開発に 要する期間	車体開発に 要する期間	車両全体での 開発期間
エンジン/車体を 別々に開発	10～12ヶ月	24～36ヶ月	概ね3～4年程度
エンジン・車体を 一貫して開発	30ヶ月～		2.5年～程度

※ 上記の開発期間に加え、エンジンメーカーによっては追加のPN計測器導入(1年程度)が発生する。

## 適用時期の検討にかかる要望等

- 諸外国で実績のある規制値を採用する場合は、技術が確立されており、対応コストの低減、期間の短縮が期待できる。
- 日本独自の基準となる場合、新たな開発が発生することから対応に必要な期間が予想できない。
- 規制対応エンジンが開発されたのち、車体側の設計変更となる。エンジン変更の影響が大きい場合、対応期間が長くなる。(車体メーカー)
- 電動化等の開発も並行して進めており、リソースの分配を考えると対応期間に余裕があるとよい。

## 【参考】特殊自動車メーカーの電動化の取組

- 特殊自動車メーカーにおいて、以下の様なゼロエミッション、カーボンニュートラルに資する取組が進められている事例があり、今後も排出ガス対策と並行して実施されると考えられる。

### 特殊自動車メーカーの開発等に関する公表情報

#### □ コマツ、中型電動ショベルの量産機を初公開 騒音を抑制

コマツは14日、20トンクラスの中型電動油圧ショベルの量産機を大阪工場(大阪府枚方市)で初めて公開した。2023年10月にも日本と欧州でレンタルを開始する予定だ。電動ショベルの需要はまだ小さいが、市場に先行投入し、顧客のフィードバックを得ることで、今後の開発に生かしたい考えだ。

日本経済新聞電子版(2023年7月14日)

#### □ 【脱炭素】コマツ社長・小川啓之が進める建機「電動化」戦略の中身

2020年4月には、100名規模の組織「電動化開発センタ」、50名規模の「自動化開発センタ」をそれぞれ発足させて、開発体制の充実を図っている。

雑誌『財界』(2023年2月4日)

#### □ コマツの3カ年中計、1500億円投資 電動・自動化分野で成長

コマツは28日、2023年3月期を初年度とする3カ年の新中期経営計画を発表した。

日刊工業新聞電子版(2023年4月29日)

#### □ 日立建機が生産ライン増強、戦略投資30億円の使い道

日立建機は、子会社の日立建機ティエラの滋賀工場(滋賀県甲賀市)関連で合計30億円を投資し、ミニショベルやミニホイールローダーの生産能力を2025年度までに21年度比3割増やす。21年度の能力は3万台弱。北米や欧州のミニショベル需要増加に対応するのが狙い。

ニュースイッチnewswitch(2022年4月25日)

## 適用時期(案)

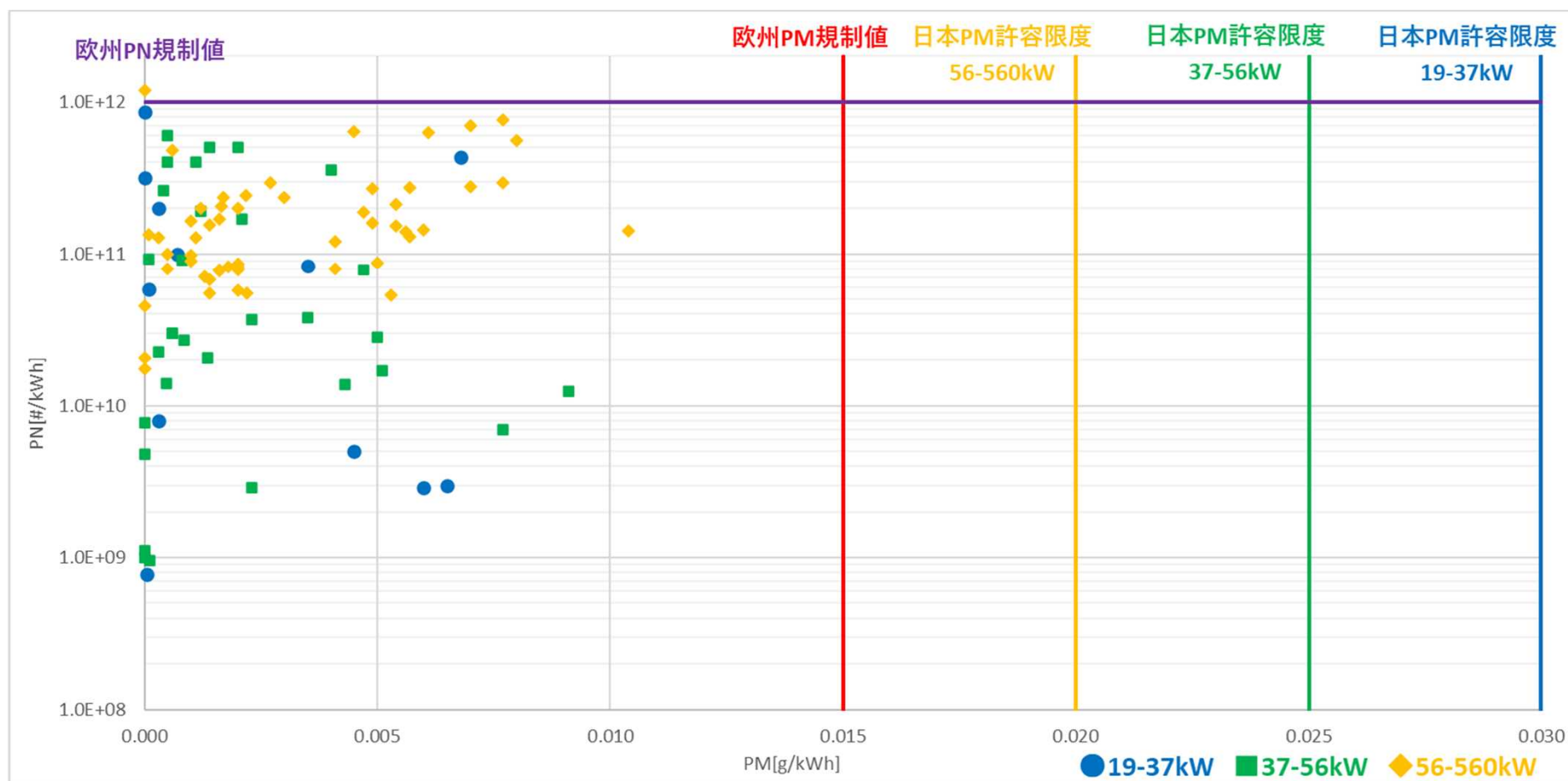
- 許容限度を技術的に確立されている規制水準と同等とする場合はメーカーが対応に係る期間・コストを予想しやすく、具体的な適用時期の検討が可能であるが、日本独自基準の場合、規制対応可否の判断に加えて適用時期の検討が困難になると考えられる。
- 車体のみを開発するメーカーにおいては、エンジン側の対応が完了しなければ車体開発に取りかかることができない場合もあることから、適用時期は車体メーカーでの開発が完了する時期とすることが適当である。
- 規制に対応する技術が確立されている場合、開発等の準備期間の短縮が見込まれることから、適用時期を早期にすることが期待できる。
- 以上を踏まえ、適用時期は下表のとおりとする

適用時期(案)	
定格出力 [kW]	$19 \leq P < 37$
	$37 \leq P < 56$
	$56 \leq P < 75$
	$75 \leq P < 130$
	$130 \leq P < 560$
令和9年末 (準備期間3年)	

# PN規制の導入による規制効果試算について

# 規制導入による効果（許容限度での低減率）

- PN規制導入によるPM排出量低減効果の検討のため、現在の欧州の値（PM:0.015[g/kWh]、PN:  $1 \times 10^{12}$  [個/kWh]）を国内で採用した場合のPM排出量低減効果を確認した。
- 環境省調査及びメーカー提供の欧州で認可を受けた排出量データから、PM・PN排出量を同一平面上にプロットし、排出傾向等の確認を行った。
- 検討に用いた試験データは全てDPF装着エンジンのものであるため、低排出に固まっており、現行の国内許容限度付近の排出データがなく相関関係を確認するのが困難であったことから、次頁の手法により、PM低減率の試算を行った。



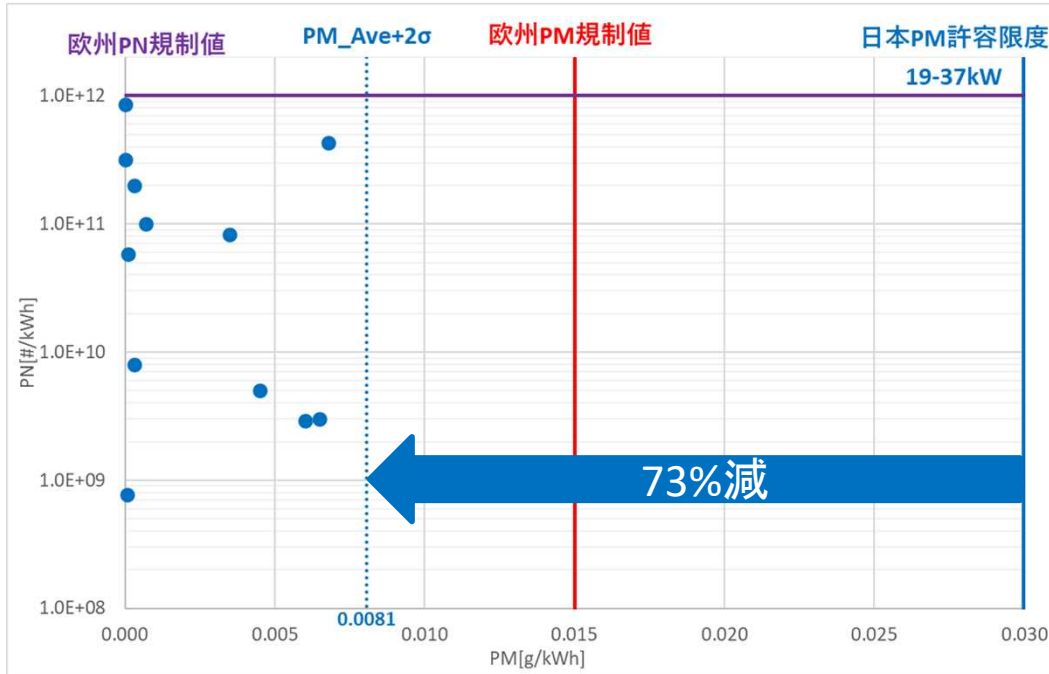
# 規制導入による効果（許容限度での低減率）

- WLTP導入時の許容限度検討方法（JC08の等価規制として、当時の現行車両を用いたWLTC走行時の排出量データを基に、排出量データの大部分が収まるよう許容限度を設定）を参考とし、PN規制適合エンジンのPM排出量換算値がどの程度に相当するかを検討した。
- 具体的には、今回のデータ群を日本の現行許容限度別0.030[g/kWh](19-37kW)、0.025[g/kWh](37-56kW)、0.020[g/kWh](56-560kW)に分けて平均値 $\mu$ 及び標準偏差 $\sigma$ を求め、PN規制導入時のPM排出量は $\mu+2\sigma$ 相当になるとして低減率を算出した。

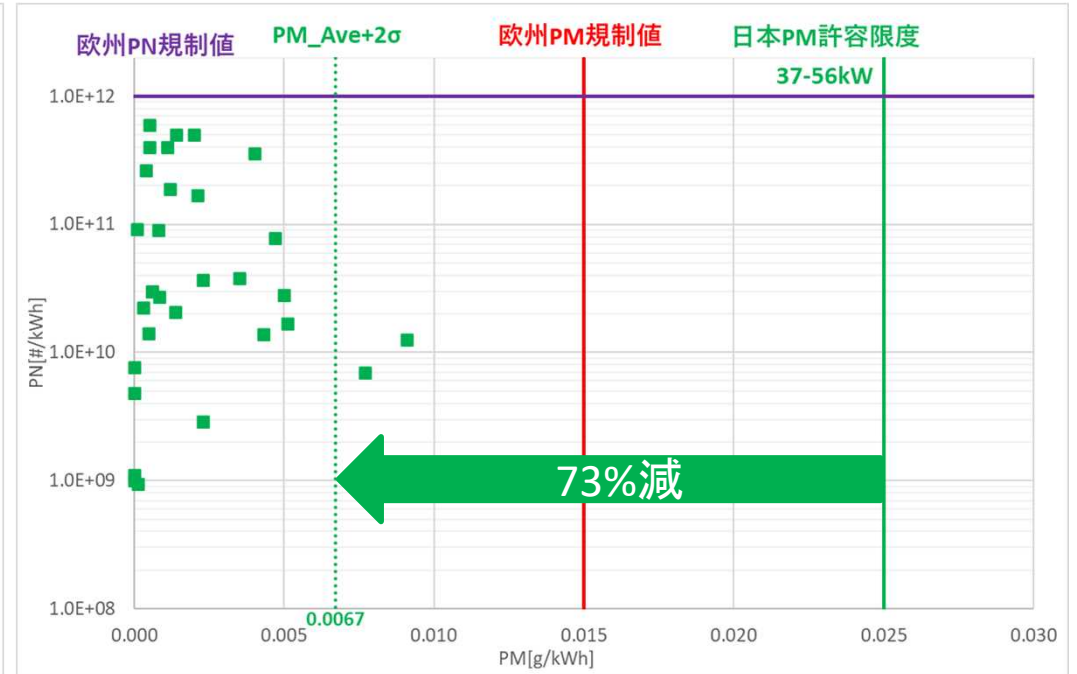
PN規制導入効果をPM規制値に換算すると以下の表のとおりとなる。

出力区分 [kW]	現行規制値 [g/kWh]	PM排出量換算値 [g/kWh]	低減率
$19 \leq P < 37$	0.030	0.0081	73%
$37 \leq P < 56$	0.025	0.0067	73%
$56 \leq P < 560$	0.020	0.0082	59%

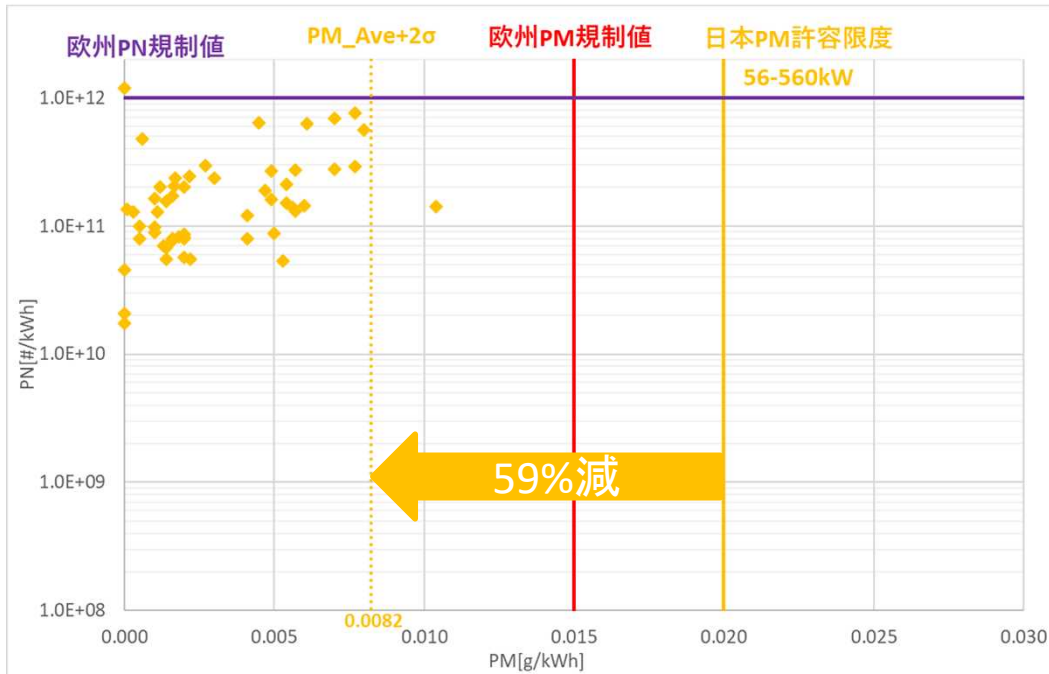
# 規制導入による効果（環境省調査・メーカーデータを基にした検討）



19-37kW



37-56kW



56-560kW

➤ PN規制（ $1 \times 10^{12}$  [個/kWh]）をPM規制と同時に実施する場合には、測定限界の関係で質量では検出が難しいものの、PMの実質的な排出量を大幅に低減できると考えられ、データを基に検討すると59～73%の低減効果が見込まれる。

※ PM排出量については測定値がゼロの結果が複数あり、横軸を対数表記に取った検討ができなかった。



# 規制導入による効果(将来のPM排出低減試算)

- PN規制導入によるPM排出低減量を検討するため、以下の条件により試算を行った。試算においては、従来の内燃機関車の代替のみを考慮した推計に加え、電動車への代替率を含めた推計も同時に行った。

※算定年等の前提条件: 2024年に答申発出、2027年よりPN規制開始、算定対象年度はCN目標の2050年

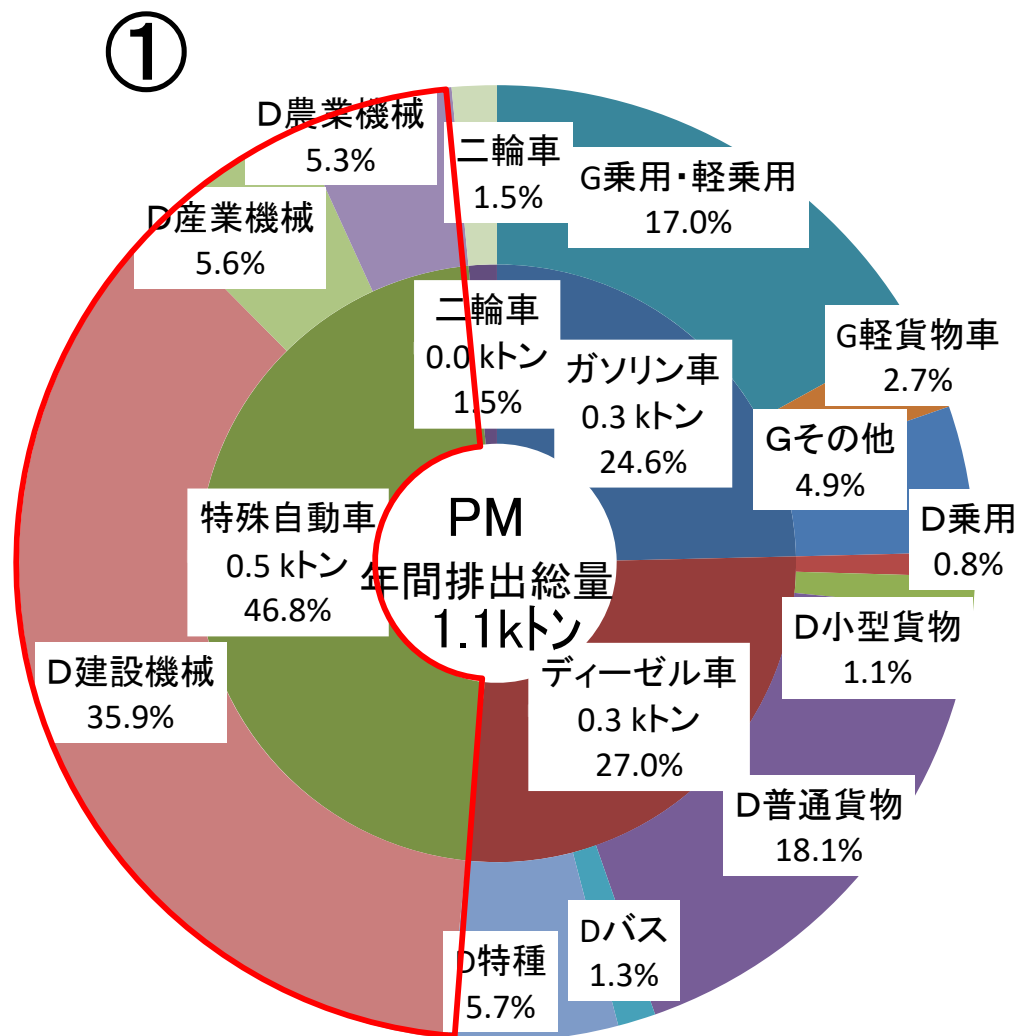
<次頁以降のグラフ①~⑥の推計の前提条件>

- ① 特殊自動車:平成26年規制へ代替、特殊自動車以外:平成28年規制、平成30年規制へ代替、電動化考慮せず
- ② 特殊自動車:PN規制対応車へ代替、特殊自動車以外:平成28年規制、平成30年規制へ代替、電動化考慮せず
- ③ ①のうち、最新規制車に置き換わる車両の一定割合(下記)が電気自動車等へ代替すると仮定(CPS)  
乗用29.7%、軽乗用39%、バス35.8%、軽貨物28.5%、小型貨物27.1%
- ④ ②のうち、最新規制車に置き換わる車両の一定割合(下記)が電気自動車等へ代替すると仮定(CPS)  
乗用29.7%、軽乗用39%、バス35.8%、軽貨物28.5%、小型貨物27.1%
- ⑤ ③の電気自動車等への代替をZES:ゼロエミッションシナリオの割合になるとして仮定  
乗用87.1%、軽乗用85.1%、バス42.4%、軽貨物81.1%、小型貨物68%、普通貨物23%
- ⑥ ④の電気自動車等への代替をZES:ゼロエミッションシナリオの割合になるとして仮定  
乗用87.1%、軽乗用85.1%、バス42.4%、軽貨物81.1%、小型貨物68%、普通貨物23%

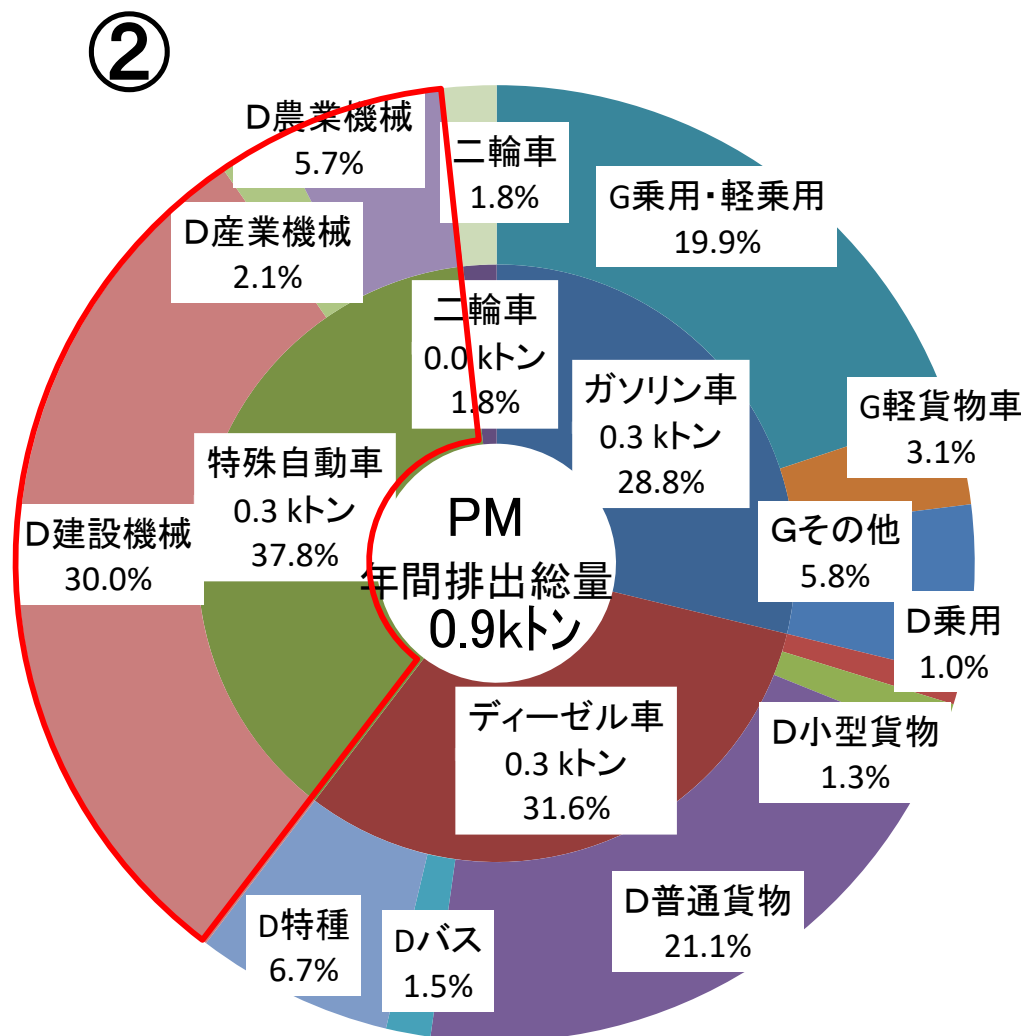


# PN規制導入によるPM排出低減効果の試算

内燃機関の代替のみを考慮した場合



平成26年規制継続時の将来PM排出総量(kт/年、全国)

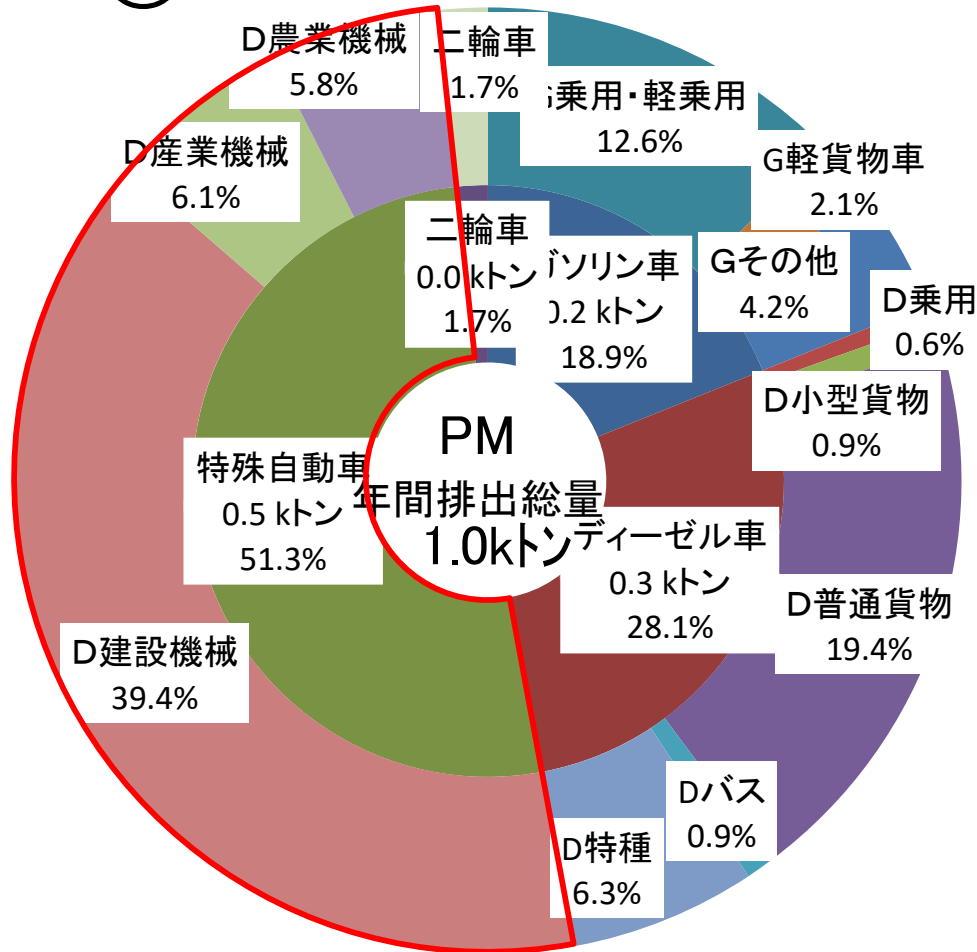


PN規制導入時の将来PM排出総量(kт/年、全国)

# PN規制導入によるPM排出低減効果の試算

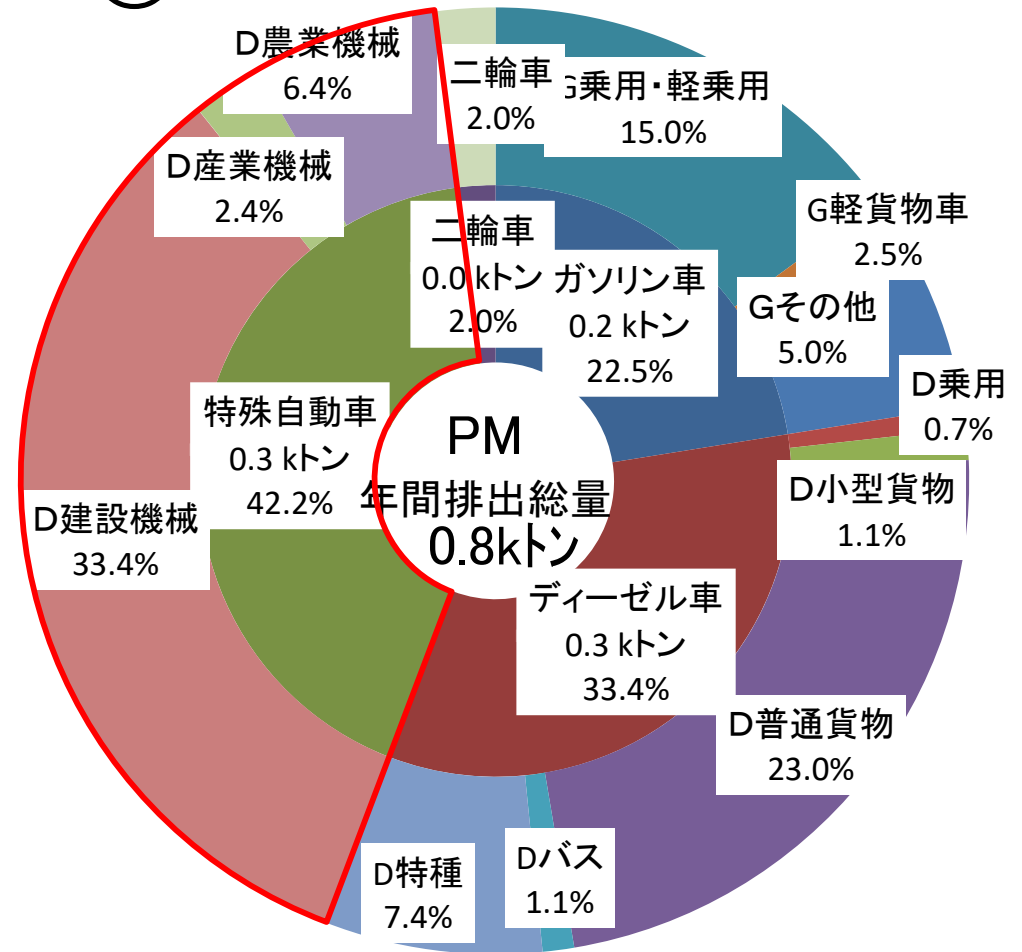
CPS(Current Policy Scenario)に基づき電動化を考慮した場合

③



平成26年規制継続時の将来PM排出総量 (kt/年、全国)

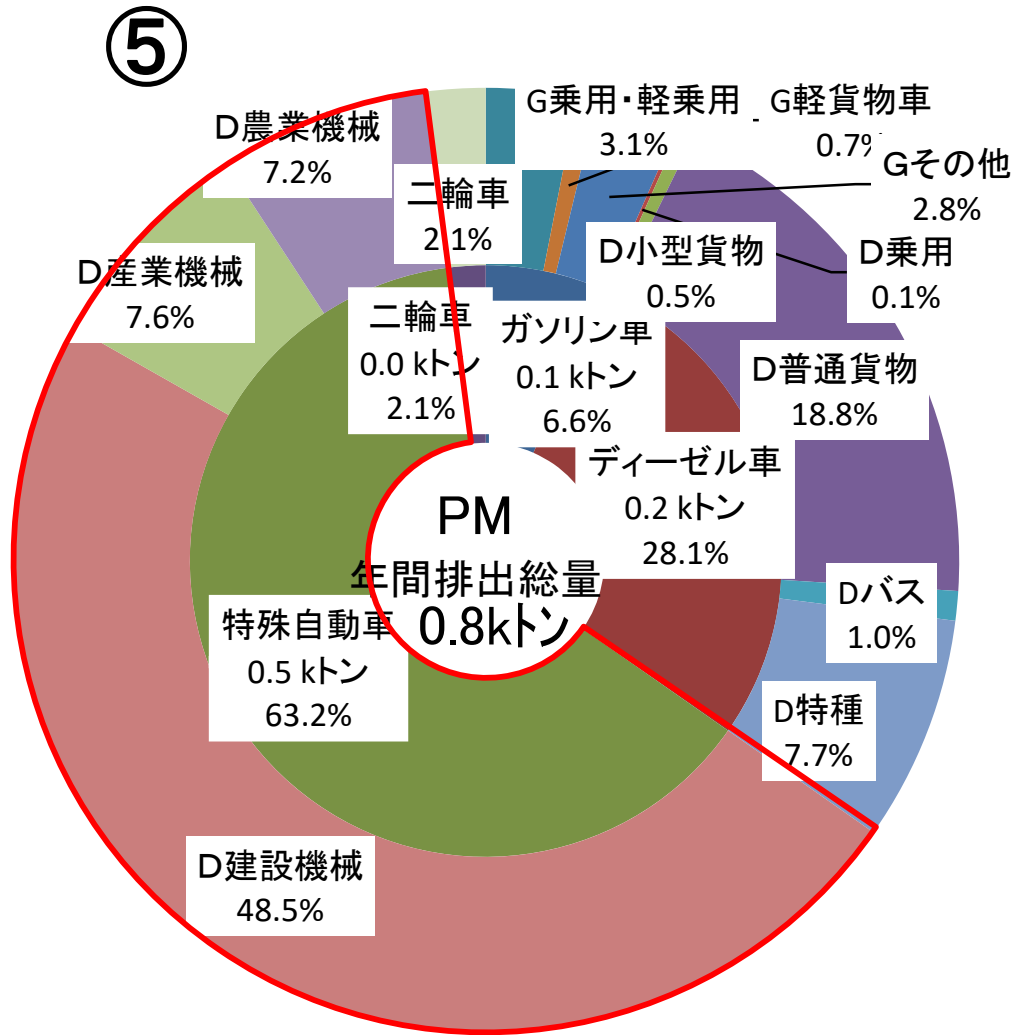
④



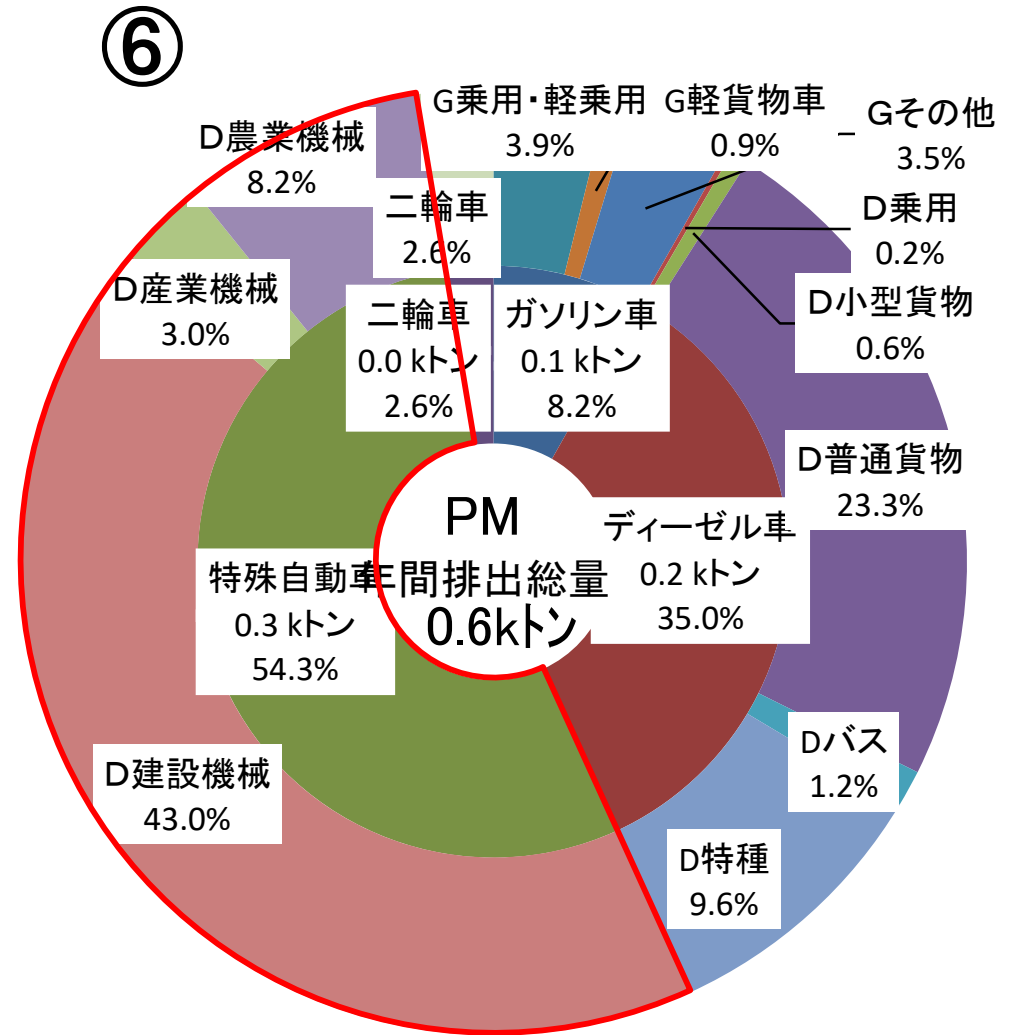
PN規制導入時の将来PM排出総量 (kt/年、全国)

# PN規制導入によるPM排出低減効果の試算

ZES(Zero Emission Scenario)に基づき電動化を考慮した場合

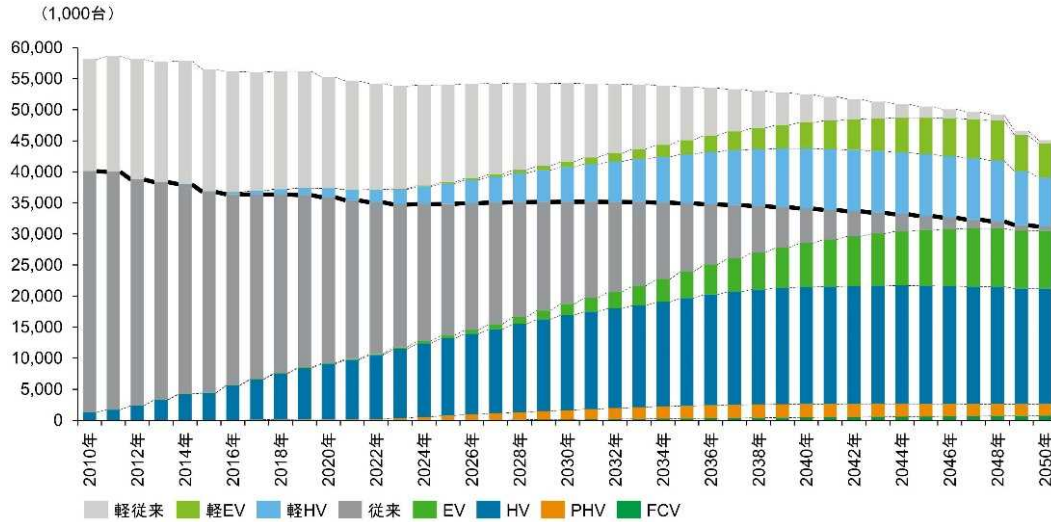


平成26年規制継続時の将来PM排出総量(kt/年、全国)



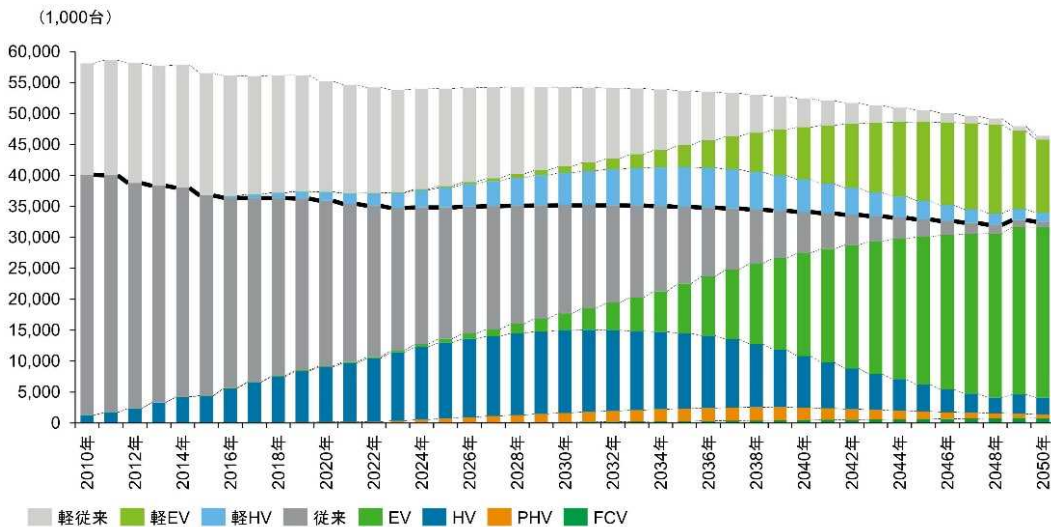
PN規制導入時の将来PM排出総量(kt/年、全国)

# 自動車の電動化による影響検討(CPS、ZES)



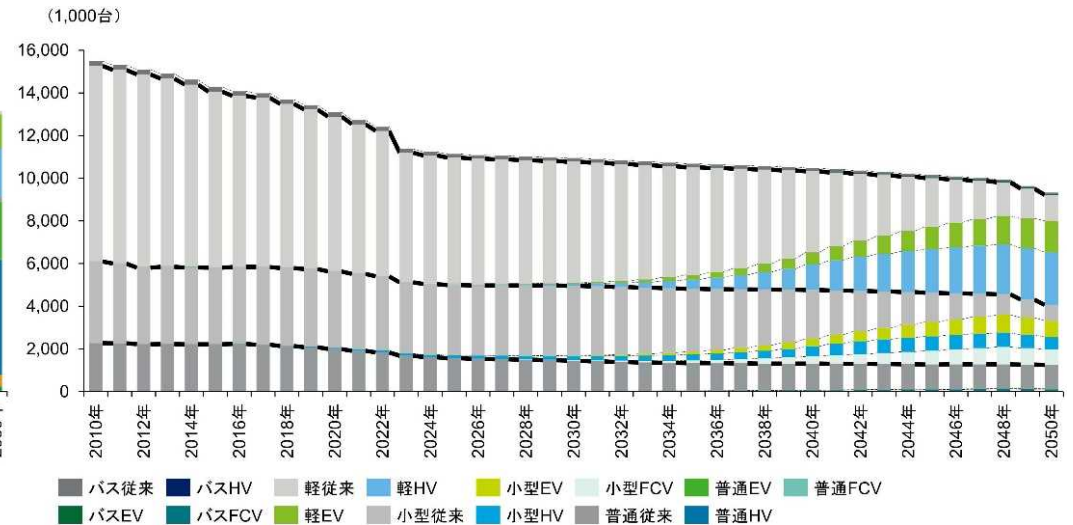
CPSにおける乗用車保有台数車種構成推計

※ CPS: Current Policy Scenario

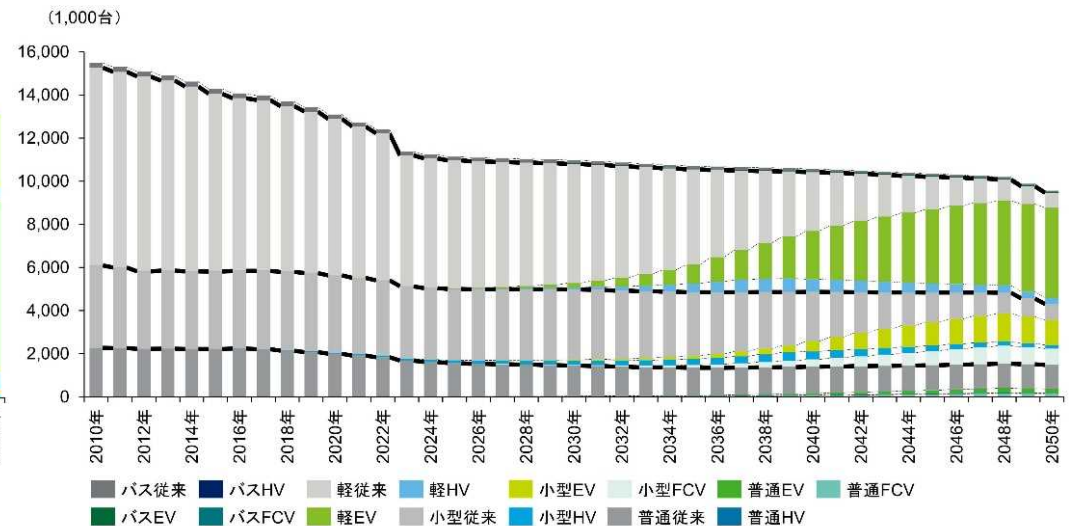


CPSにおける乗用車保有台数車種構成推計

※ ZES: Zero Emission Scenario



CPSにおける商用車保有台数車種構成推計



ZESにおける商用車保有台数車種構成推計