

ディーゼル車からの排出ガスに関する新たな課題

－発ガンリスク評価、DPFによるナノ粒子の低減－

副参事研究員 横田久司

1 はじめに

平成15年10月からディーゼル車規制が開始されたが、健康影響への懸念から、さらにディーゼル排気の詳細な組成や微小な「ナノ粒子」の排出実態・環境での挙動等について明らかにすることが内外での研究の中心課題となってきている。

ここでは、PRTR対象物質やディーゼル排気微粒子（DEP）の排出状況と発ガンリスク評価方法の検討結果、DPFによる排出リスクやナノ粒子の低減効果等について報告する。

2 自動車からのPRTR対象物質の排出実態と発ガンリスク評価試算

化学物質による環境負荷を低減するため、化学物質排出把握管理促進法（PRTR法）が施行された。自動車からの排出量は、事業者等による届出を受けない「非点源排出量」として区分されている。自動車からの排出が報告されているPRTR対象物質はアクロレイン、アセトアルデヒド、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、1,3,5-トリメチルベンゼン、トルエン、1,3-ブタジエン、ベンズアルデヒド、ベンゼン、ホルムアルデヒドの計11種類である。これらはいずれも大気汚染防止法の有害大気汚染物質であり、1,3-ブタジエン、ベンゼン及びホルムアルデヒドは中央環境審議会における優先取り組み物質として指定されている。

(1) PRTR対象物質の排出実態

11種類のPRTR対象物質について、使用過程車（ディーゼル7台、ガソリン2台）の測定結果から各物質の全炭化水素合計に対する平均比率を求め、図1に示した。個別物質の排出量は、PM等に比較して数十分の一以下であるが、ディーゼル車は、1,3-ブタジエン、アセトアルデヒド及びホルムアルデヒド、ガソリン車は、トルエン、ベンゼンの相対的な排出比率が大きい。

(2) 発ガンリスクの評価

ア 排出リスク評価値の比較

ここでは、米国カリフォルニア州EPA（CARB）が行っている、大気中の各種有害成分の発ガンリスクの程度を評価する手法を、排気管からの排出ガス排出量に適用した。今回測定した11物質

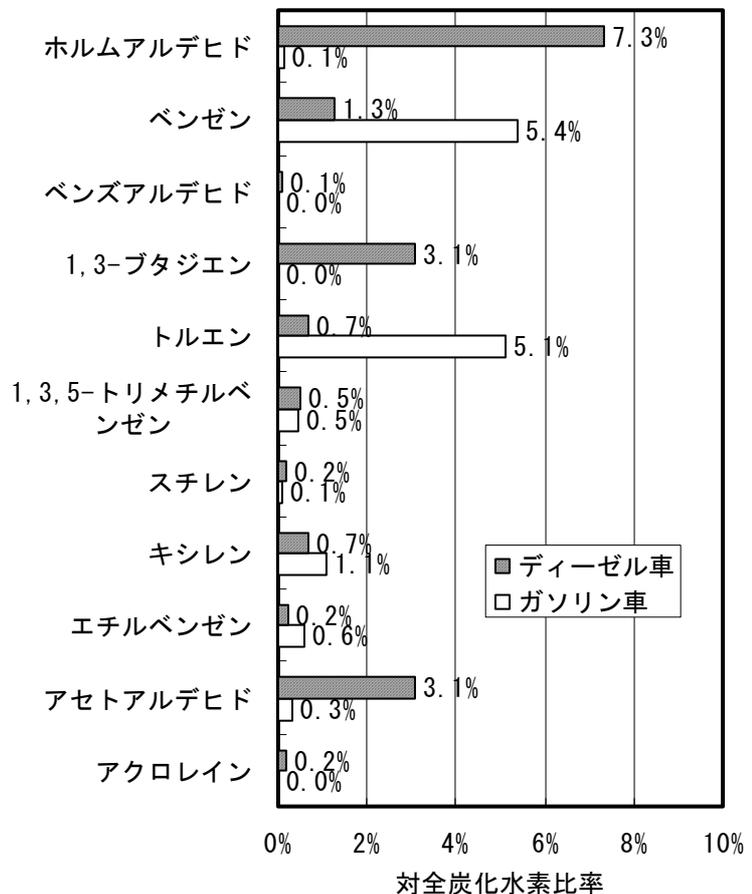


図1 PRTR対象物質の相対排出量比率

のうち、CARBによる発ガンリスク値が公表されているのは、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、1,3-ブタジエン、ベンゼン及びDEPを加えた5物質である。そこで、測定した上記5物質の1km当たりの排出量に、この発ガンリスク値を掛けてリスクによる重み付けを行い、排出リスク評価値とした。

前述の試験車7台について、車両別の平均リスク評価値を図2に示す。ガソリン車に比較して、ディーゼル車は3桁程度リスク評価値が大きいことが分かる。また、ディーゼル車ではリスクの大部分(約96%)は排出量も多くリスク値も高いDEPに起因しており、他の成分は数%程度の寄与率であった(図3)。また、ガス成分のリスクのほとんどは1,3-ブタジエンに起因している。これはリスク全体の約4%に相当し、ディーゼル車ではDEPについて高いリスク評価値となる。したがって、将来DEPが低減された場合には相対的に1,3-ブタジエンの寄与が高くなることも考えられる。

イ DPF等による低減

連続再生式DPFを装着したディーゼル車について、DPFの有無によるリスク評価値を比較した(図3)。リスク評価値は、DPFの装着によりほぼ1/5となり、酸化触媒が前置されているためガス成分も大きく低減され、その寄与は殆ど見られないレベルとなった。

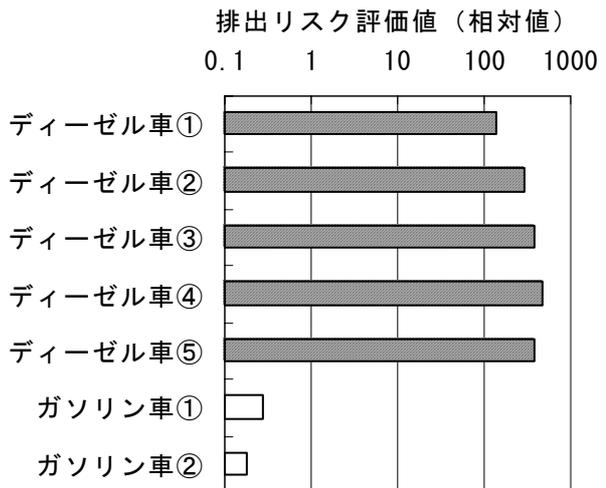


図2 車種による発ガンリスクの違い

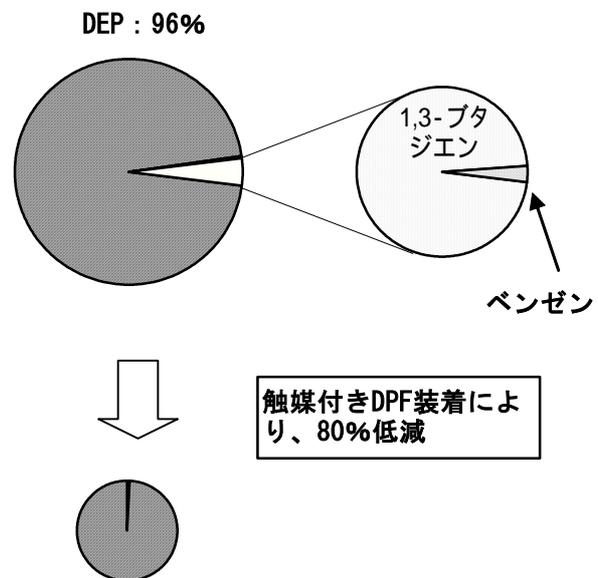


図3 成分別リスク寄与率とDPFによる低減効果

3 ディーゼル排気微粒子の粒径別排出状況とDPFによるナノ粒子の低減

Kittelsonによれば、ディーゼル排気微粒子の質量の大部分は、粒径100~300nm(ナノメートル)の範囲にあるが、個数分布では、大部分が粒径5~50nmの範囲にあるとされている。この50nm以下の極微小粒子をナノ粒子とよび、通常、質量では1%~20%に過ぎないが、粒子個数では90%以上を占める。近年になり、その排出挙動、健康影響が注目されている。

* Kittelson: J. Aerosol Sci. 29(5/6) : 575-588(1998)

(1) 粒径別排出状況

排出ガスは全量希釈トンネルからサンプリングして、電子式低圧イオンインパクターにより、粒径別の個数濃度を測定した。本装置では7nm~3970nmまでの12段に分類することができる。ディーゼル排出ガスの粒径分布測定例を図4に示した。Kittelsonの報告と比較して、個数分布は若干粒径が大きい側にあるが、質量濃度の分布との違いは明確である。

(2) DPFによるナノ粒子の低減

炭化珪素(SiC)製のフィルターを装着したDPFによる個数濃度の低減事例を図5に示した。ナノ粒子を含む全粒径にわたり、3~4桁のレベルで大きく低減されていることが分かる。

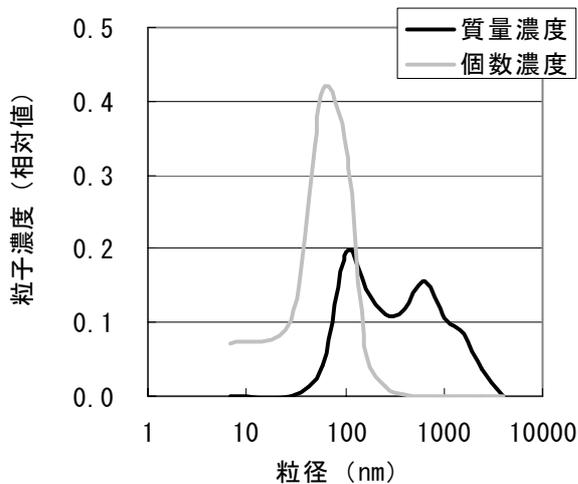


図4 DEPの質量及び個数分布の例

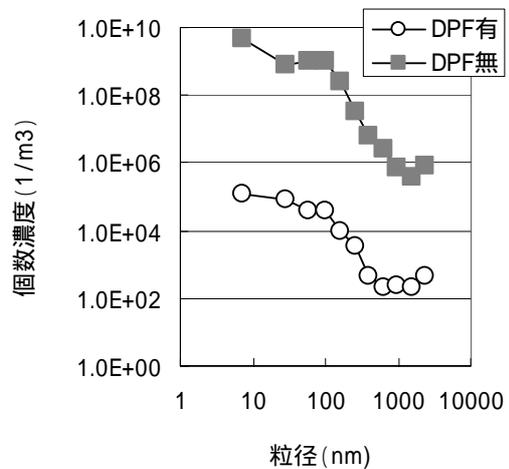


図5 DPFによる個数濃度の低減

4 まとめ

ディーゼル排出ガスについては、条例による規制で十分というわけではなく、2007年から開始される新長期規制やさらにそれ以降の規制強化（ポスト新長期）も既に予定されている。

ナノ粒子については、欧州が先行する形でナノ粒子計測の議論が精力的に行われているが、試験法そのものに未だ改良すべき点が多いとされている。また、規制や健康影響との関連から、測定すべき対象を固体 soot か、揮発性粒子なのかなど解明すべき点は多く残されている。また、ディーゼル排気微粒子リスク評価検討会によって指摘されたように、ナノ粒子を含めてDEPの発生源の排出実態や環境における人への曝露レベルの評価について、我が国における知見ははなはだ不十分である。今後は、PM等の規制項目だけでなく、ナノ粒子、PRTR対象物質等も含めて、総合的に排出ガスの健康リスクを低減する視点からの研究が必要であると考えられる。

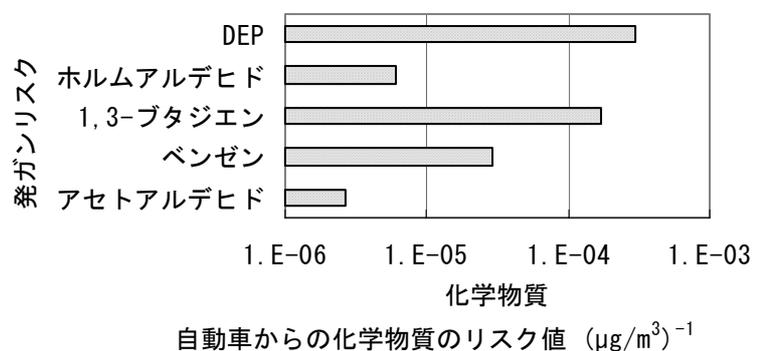
用語説明

発ガンリスクの評価

発ガン物質の影響は閾値を持たないため、発ガンリスク値は「70年間曝露において十万人中一人が発ガンする濃度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の逆数」で表され、「 1m^3 当たり $1\mu\text{g}$ の発ガン物質の吸入により、個人の全生涯（70年間）にわたって継続的に曝露され

た場合の発ガン確率」を表している。したがって、この値が大きい物質ほどリスクが高いことを示しており、異なる成分間での影響（リスク）の大きさを比較することができる。排出リスク評価値の試算方法

- 各物質の排出リスク評価値 = 排出量 [g/km] × 発ガンリスク値 [$1/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$]
- 車両毎の排出リスク評価値 = Σ (各物質の排出リスク評価値)



自動車からの化学物質のリスク値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹