

新たな自動車エミッション規制と必要となる測定技術の進化*

Development of Methodology for New Legislation of Automobile Exhaust

山田 裕之¹⁾
Hiroyuki Yamada

Particle emissions from automobile have been reduced by stricter regulations to achieve air qualities below national air quality standards. Two challenging for the reduction of particle matter from automobile by European Union are introductions of particle number (PN) regulation and brake particle regulation. The PN regulation have enforced introduction of diesel particulate filter resulting reduction of particle emissions from tailpipe. Although the brake particle regulation has been still under development, it will reduce non-exhaust tailpipe emissions.

KEY WORDS

Environment・Energy・Resources, Hazardous Air Pollutant, Regulation/Policy/Marking
Particle Number, Brake Particle Emissions [D2](#)

1 はじめに

米国において1970年に改正された大気浄化法(通称マスキー法)により、自動車から排出される有害物質に対する規制が開始され、その後先進国を中心に世界各国でも同様な自動車エミッション規制がスタートした。日本においても道路運送車両法の細目告示として自動車エミッション規制が定められている。欧州ではもともと国ごとにエミッション規制が策定されていたが、1992年から1993年にかけて重量車と乗用車に対して行われた規制(Euro IおよびEuro 1)から、EU域内に統一した規制が開始された。この欧州における自動車エミッション規制はEU域内を対象にしたものであるが、実際にはさまざまな発展途上国においても採用され、また独自の自動車エミッション規制を行っている国々に対しても基準調和活動を通して大きな影響を与えている。本稿では、欧州のこれまでに採用された規制および今後の動向について、粒子状物質を中心に解説する。

表1に、これまで、また今後実施が予定されている欧州の自動車エミッション規制の中でテールパイプ規制について示す。これまでは乗用車についてはEuro 3等アラビア数字が規制に用いられ、重量車はEuro III等ローマ数字が用いられてき

ていたが、最新の規制ではどちらもEuro 7に統一される。粒子状物質に関する規制としては規制開始当初よりフィルタに捕集された粒子状物質の質量により評価を行うParticulate Matter(PM)による規制が行われてきた。乗用車ではEuro 1において140 mg/kmであったPM規制値が最新のEuro 7においては4.5 mg/kmに、重量車では85 kW以下の出力のエンジンに対して612 mg/kWhの規制値がEuro 7においては10 mg/kWhと大幅に厳しい値になっている。ただしどちらも2010年頃から規制値はほぼ同等となっている。これは、粒子状物質について、後述するより高感度な排出粒子の数、Particle Number(PN)による規制が開始され、実質的に粒子状物質はPN規制により制限されているからである。いずれにせよ規制開始当初よりテールパイプからのエミッション排出量は大きく減少していることがうかがえる。

このようにテールパイプエミッションが減少した結果、規制が行われていない、もしくは厳しい規制が行われていない非テールパイプエミッションの排出割合が近年では増加しており、さらなる自動車に起因するエミッションを削減するためにはこれらの非テールパイプエミッションの低減が重要である。そのような観点から、Euro 7においてはタイヤ摩耗量、ブレーキ排出粒子について規制が追加される予定である。タイヤ摩耗については、発生する粒子の測定ではなくタイヤの摩耗量で評価する方法であり、粒子測定を主題とする本稿の趣旨と異なるので、ここでは取り扱わない。

表1 欧州における年代別テールパイプ規制(Category M およびディーゼル重量車)

Light Duty (Category M)	1993 (Euro 1)	1996 (Euro 2)	2000 (Euro 3)	2005 (Euro 4)	2009 (Euro 5a)	2011 (Euro 5b)	2014 (Euro 6a)	2017 (Euro 6b)	2028 (Euro 7)
Petrol	PM(mg/km)*3	—	—	—	5	4.5	4.5	4.5	4.5
	PN(#/km)*2*3	—	—	—	—	—	6×10^{12}	6×10^{11}	6×10^{11}
	NO _x (g/km)	—	—	0.15	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06
	HC+NO _x (g/km)	0.97	0.5	—	—	—	—	—	—
	THC(g/km)*1	—	—	0.200	0.100	0.068	0.068	0.068	0.068
Diesel	CO(g/km)	2.72	2.2	2.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	PM(mg/km)	140	80	50	25	5	4.5	4.5	4.5
	PN(#/km)*2	—	—	—	—	—	6×10^{11}	6×10^{11}	6×10^{11}
	NO _x (g/km)	—	—	0.50	0.25	0.18	0.18	0.08	0.08
	HC+NO _x (g/km)	0.970	0.700	0.560	0.300	0.230	0.230	0.170	0.170
	CO(g/km)	2.72	1.00	0.66	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Heavy Duty Diesel	1992 (Euro I)	1995 (Euro IIa)	1997 (Euro IIb)	2000 (Euro III)	2005 (Euro IV)	2008 (Euro V)	2013 (Euro VI)	2031 (Euro 7)
PM(mg/kWh)	612/360	250	150	100	30	30	10	8
PN(#/kWh)*2	—	—	—	—	—	—	6×10^{11}	6×10^{11}
NO _x (g/kWh)	8.00	7.00	7.00	5.00	3.50	2.00	0.46	0.20
THC(g/kWh)	1.10	1.10	1.10	0.66	0.46	0.46	0.16	—
NMOG(g/kWh)	—	—	—	—	—	—	—	0.08
CO(g/kWh)	4.5	4.0	4.0	2.1	4.0	4.0	4.0	1.5
NH ₃ (g/kWh)	—	—	—	—	—	—	—	0.06
CH ₄ (g/kWh)	—	—	—	—	—	—	0.5	0.5
N ₂ O(g/kWh)	—	—	—	—	—	—	—	0.2

*1: HC is regulated by THC until Euro 4, by NMHC from Euro 5.

*2: PN is regulated by SPN23 until Euro 6/VI, by SPN10 from Euro 7.

*3: PN and PM are regulated only for Gasoline direct injection vehicle until Euro 6, for all petrol vehicles from Euro 7.

それら以外の非テールパイプエミッションとして、駐車中、走行中のガソリン自動車から排出される蒸発ガス、給油中に排出される給油時蒸発ガスも大気質に大きな影響を与えているが、電気自動車等への置き換えが予想されているためEuro 7では規制強化は見送られた。

2 日米欧のPM_{2.5}大気環境基準達成状況

図1のように自動車エミッション規制は厳格化が進んでいるが、そもそもどのようなプロセスにより達成されるのであろうか。通常なのは大気環境基準の達成状況、大気環境に対する自動車の影響、適応可能な対策技術の発想の3要素である。自動車エミッション規制が開始された当初は、世界共通で大気環境基準を達成の地点が多数存在し、明確な自動車の影響が確認されていたため、対策技術の発想に合わせて規制の強化が繰り返されてきた。その結果、現在は大気中の実測値についても規制が実施されている。

図2に、欧州におけるPM_{2.5}年平均値の2001年の状況を示している²⁾。欧州のPM_{2.5}年平均値は大気環境基準は25 μg/m³である。一部地域において未達成の地点が存在する。加えて、欧州で

は図3 PM_{2.5}大気環境基準の引き上げが議論されている³⁾。結果として自動車からの粒子状物質排出についてもさらなる低減が必要と考えられている。これは World Health Organization(WHO)により示されている。健康に影響がない濃度とされる AQI 値がこれまで 35 μg/m³であったが、最新の研究を基に 5 μg/m³に引き上げられた。この引き上げを受けて欧州では大気環境基準を 10 μg/m³にすることが検討されており、大気環境基準値が引き上げられると、国々には求められるように規制強化において施策が必要となる。

米国においてはこれまで 35 μg/m³であったPM_{2.5}大気環境基準を平均値が、WHOの AQI 値の引き上げを受け、2008年に 5 μg/m³に引き上げられた。その結果、国々には求められるように、世界共通で大気環境基準を達成地点がみられるようになる。対策が必要となっている。

日本におけるPM_{2.5}の大気環境基準を平均値は 35 μg/m³である。2001年には国々の一部は、2001年の規制すべてで基準を達成している。また大気環境基準を引き上げる動きもないため、この結果だけを見ると粒子状物質に関する対策強化

* 2025 年 2 月 27 日受付

1) 山田 裕之、環境工学部、環境工学研究室、〒100-8305 東京都千代田区千代田 1-3-1、東京大学大学院工学系研究科環境工学専攻、E-mail: yamada@envi.t.u-tokyo.ac.jp