

## 道路トンネル内に浮遊する微粒子中の多環芳香族化合物の特性

(金沢大学)○福本将秀, 畑 光彦, 大谷吉生, 古内正美 (正会員)  
 (中国・東莞理工学院)白 雲鶴  
 (日本カノマックス)田島奈穂子

### 1. はじめに

大気浮遊粒子状物質の健康影響を議論する上で、PM<sub>2.5</sub>などの微粒子情報を知ることは必須であり、最近ではその幾何学的特性や活性、肺胞部沈着率の高さ等から、ナノ粒子の特性とその健康影響を把握する重要性が高まっている。しかし、従来ある減圧インパクト (LPI) や Nano-MOUDI 等の捕集装置では圧損が大きく、半揮発成分の蒸発損失が懸念される一方、個別粒子測定は、可搬性が重視されるフィールド調査には必ずしも適さないなど、多角的な成分分析から、変質のないナノ粒子の特性を議論することは困難であった。

本研究は、既存の粒子捕集装置よりも低圧損でナノ粒子を分級できる「慣性フィルタ」<sup>1)</sup>を使用した可搬性の高い粒子サンプラを試作し、都市域の主要なナノ粒子発生源と考えられる道路交通を対象として調査を実施したものである。ここで、実際の道路交通起源の微粒子発生・拡散が、時々刻々変動する道路交通状況や気象条件に応じて変動する複合的な性質を持つこと、他の発生源の影響を可能な限り排除することを考慮して、道路トンネルを調査対象として設定し、道路交通量やトンネル内気流速度などの環境変動情報、各種粒子濃度計測器とサンプラによる粒子個数・質量濃度変動、VOC 濃度等の情報と合わせて、道路交通起源ナノ粒子の特性を考察した。以下では、主にナノ粒子を含む粒子状物質の濃度と粒子中多環芳香族化合物について得られた結果の一部を報告する。

### 2. 観測場所と方法

観測場所を Fig.1 に示す。道路端の観測点は、片側 2 車線の地域高規格道路である金沢外環状道路山側幹線「崎浦・涌波トンネル海側本坑」(全長 667m, 側歩道付)内の (A)ほぼ中間と (B)大桑側入口付近の歩道上である。また、道路交通の影響が少ない場所として、(C)金沢大学自然科学 2 号館 6 階西側バルコニーを選んだ。

粒子捕集には PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>1</sub>/PM<sub>0.5</sub> カスケードインパクト (2008 年は最終段 PM<sub>1</sub>) にナノ粒子分級用慣性フィルタ (PM<sub>0.07</sub>) を用いたナノサンプラ (以下 NS)<sup>2)</sup>とハイボリウムエアサンプラ (SHIBATA HV-500F) (以下 HV) を使用した。また、凝縮粒子計数器 (TSI, CPC Model3007) と走査型電気移動度粒径分析装置 (SMPS, TSI; Model 3080) を用いて 0.1 μm 以下の粒子個数濃度の経時変化、TEOM (R&P, Model1400, PM<sub>10</sub>inlet) を用いて PM<sub>10</sub> 質量濃度の経時変化を測定した。さらに、ガス状汚染物質については、NO<sub>2</sub> をフィルタバッチで、有機物質を TenaxTA 吸着管で適宜捕集した (流量 0.25 L/min, 総

捕集量 12 L)。これらの汚染物質の測定と平行して象観測装置によるトンネル内風向・風速の測定、ビデオカメラによる道路交通状況の記録を行った。

石英繊維フィルタ (Pallflex 2500QAT-UP) および慣性フィルタに捕集した粒子質量を秤量後、既報<sup>3)</sup>の手順・方法に従い、粒子中 PAHs (EPA16 成分) を HPLC で分析した。また、Tenax 吸着管 (GL Science) で吸着した有機ガス成分を GC-MS で分析した。

### 3. 観測結果と考察

トンネル内通過台数の 30 分平均値の時間変化を Fig.2 に示す。観測年や時期によらず再現性はかなり高い。8 時と 18 時前後に通勤交通に対応する明瞭なピークがある。同通勤時間帯以外の昼間交通量変動は少ない。全通行台数の 1/10 程度を占める大型車両 (バスとトラック) の朝の通勤ピークは認められるが、夕方には存在しない。12 時から 1 時の昼休み時間に対応した一時的な落ち込みがあることから、大型車両には業務用車両が多いことが推察される。

大型車は主にディーゼル車であり、微小粒子の主たる発生源と考えられるが、SMPS で測定された PM<sub>0.1</sub> 個数

Table 1 Sampling locations and duration

Location	Sampling duration
(A) Middle of Sakiura-Wakunami Tunnel	Jun2, 2009 15h : (6-21)
	Jun2-3, 2009 24h: (21-21)
	Jul21, 2008 15h : (6-21)
	Jul21-22, 22-23, 2008 24h(21-21)
(B) Mouth of Sakiura-Wakunami Tunnel	Jun 2, 2009 15h : (6-21)
(C) Kakuma campus	May 2007 - Jun 2009

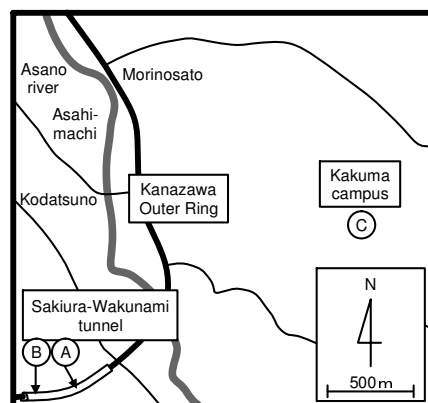


Fig.1 Sampling location

濃度と大型車両通過台数の関係を、前年のCPC測定結果と合わせてFig. 3に示した。時間帯によって大型車両通過量の影響が異なるが、微粒子濃度と大型車両通過台数の間には比較的良好な相関があることが分かる。

NSで得られた粒子径別の平均粒子濃度をFig. 4に示す。交通量の多い15時間捕集時には、 $2.5\mu\text{m}$ 超の粒子濃度は参照点の3~7倍、 $0.07-0.5\mu\text{m}$ および $0.07\mu\text{m}$ 未満の微粒子濃度は2~3倍となり、それぞれ道路粉じんと大型車両排ガス粒子に対応すると考えられる。

Fig. 5には、各サンプルのPAHs分析結果から、個々の毒性強度を考慮してBaP相当量へ換算した等価毒性量(BeP<sub>eq</sub>)の質量比率を粒子径別に示す。トンネル内ではPM<sub>1</sub>中の等価毒性比率が全体の80%以上を占め、微粒子側の毒性がより強いことが示され、その一方で、 $2.5\mu\text{m}$ 以上の毒性は非常に低く、粒子量が多かった粗大粒子の毒性が低いことも明らかになった。以上でディーゼル車両排ガス粒子がトンネル内のナノ粒子に顕著に現れることが確認されたため、今後車両の構成・車速および通風量等との定量的関係を議論することで、道路交通からのナノ粒子の発生と拡散の過程を明らかにできると考えられる。

#### 4. おわりに

道路交通の影響が卓越する道路トンネル側歩道で大気エアロゾル粒子を採取し、粒子径別粒子濃度と交通量の特性を考察した結果、トンネル内の粒子濃度変化は $2.5\mu\text{m}$ 超の道路粉じんと $0.5\mu\text{m}$ 以下の排ガス粒子に大別された。 $1\mu\text{m}$ 以下の粒子にディーゼル排ガス中成分が多く含まれており、大気中ナノ粒子の環境負荷と深く関わると考察された。今後、粒子濃度だけでなくガス状成分や既往の文献データとの比較検討を行い、道路トンネル内のナノ粒子発生状態を検討する。

#### References

- 1) Otani et al., Inertial Classification of Nanoparticles with Fibrous Filters, *Aerosol and Air Quality Research*, 7, 3, pp. 343-352, 2007
- 2) Furuuchi, M., Eryu, K., Nagura, M., Hata, M., Kato, T., Tajima, N., Sekiguchi, K., Ehara, K., Seto, T., Otani, Y., Development and Performance Evaluation of Air Sampler with Inertial Filter for Nanoparticle Sampling, *Aerosol Air Qual. Res.*, in press, 2009a
- 3) Toriba, A., Nakamura, H., Cheiyankomkul, T., Kizu, R., Makino, T., Nakazawa, H., Yokio, T., Hayakawa, K. (2003). Method for Determining Monohydroxybenzo[a]pyrene Isomers using Column-switching High-performance Liquid Chromatography. *Anal. Biochem.* 312: 4-22.

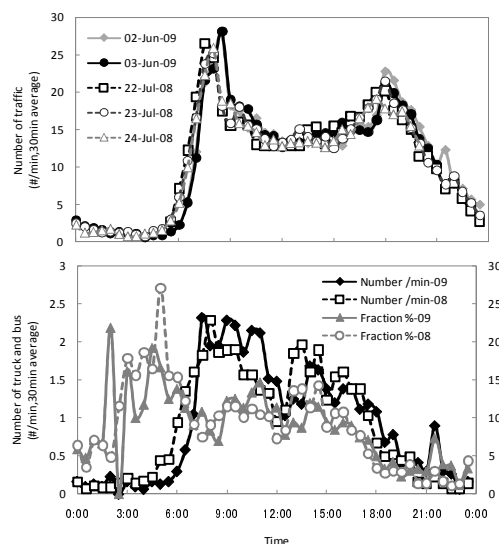


Fig. 2 Total and heavy traffic amount through the tunnel (Jul 22-24, 2008 and Jun 3-4, 2009)

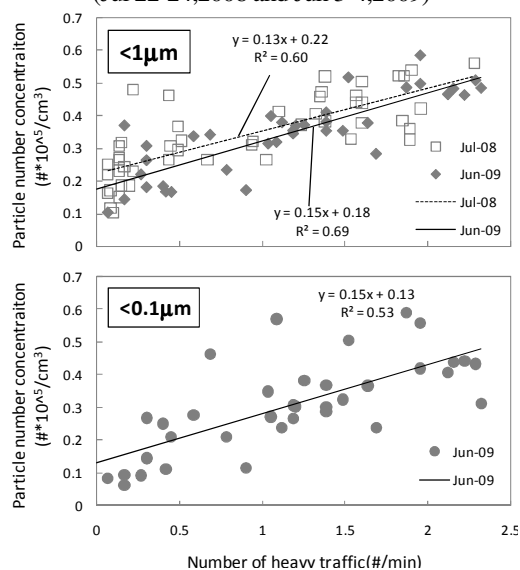


Fig.3 Relationship between number of heavy traffic and number concentration of fine particle

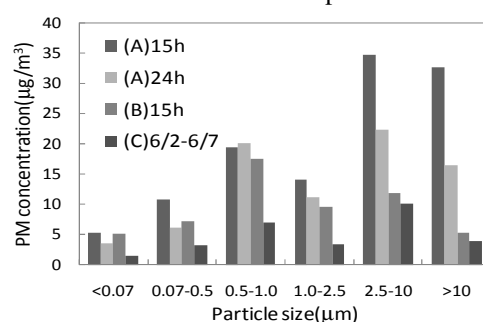


Fig.4 Particle concentration in each size range of particle

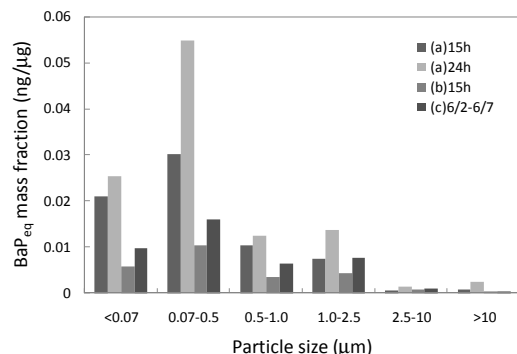


Fig.5 BaP<sub>eq</sub> mass fraction in each size range of particle