

プノンペン市街の大気汚染の季節的・時間的特性と発生源に関する考察

(金沢大学) 金児将宏, 古内正美, 塚脇真二, 畑 光彦, 三宅正彦

(カンボジア・教育学研究所) Lim Kannitha, 金森正臣

(アンコール遺跡整備機構) Peou Hang, (カンボジア・鉱工業エネルギー省) Sotham Sieng

1. はじめに

カンボジアの首都プノンペンでは、1993年の内戦終了後約15年で都市規模が著しく拡大し、人口の集中が加速している。近年では韓国などの外国資本による都市開発や高層ビル建設も進み、2008年からは信号設置や市街中心部の道路交通規制も広く行われるなど、都市機能も充実しつつある。その一方で、無秩序な廃棄物や汚水の排出、道路交通や廃棄物燃焼、野焼きなどによる大気汚染をはじめとする環境負荷が益々増大している。また、開発途上国に共通した問題である資金、技術、人材等の不足や環境問題に対する意識の低さが、状況をより深刻にしている。特に環境モニタリングのインフラが整備されておらず、環境データの蓄積が非常に少ない点が問題であり、現状分析に基づく効果的な環境対策を困難にしている。

プノンペンの大気汚染に関する著者らの予察的調査は、カンボジア・鉱工業エネルギー省 (MIME) とアンコール遺跡整備機構 (APSARA) の協力を得て2005年から開始され、浮遊粒子状物質や粒子中の多環芳香族化合物 (PAHs) による汚染が顕著なことを明らかにしてきた (Murase et al., 2006; Furuuchi et al., 2006)。こうした汚染の主因は、排ガス対策が不十分な車両からの排出と考えられるが、不備な道路舗装状況、大型発電機や家庭用薪燃料等の各種発生源から大量に排出される汚染物質が、汚染をさらに複雑で深刻化させていると推察される。また、集積された廃棄物は市街近郊で野焼きされており、市街地への大気汚染物質の拡散とその影響も危惧されている。こうした状況に有効な対策を講ずるには、大気汚染の正確な現状把握を行い、各発生源の寄与を明確にする必要があるが、継続的に統計的に信頼できるデータの蓄積が不十分な状況であった。そこで著者らは、2007年3月に、NIE (National Institute of Education : カンボジア・教育学研究所) の協力を得て、年間を通じた総浮遊粒子 (TSP) の継続的観測と、年3回前後の季節毎の粒子径別サンプル採取を開始し、その後継続的に観測を実施している。

本研究は、カンボジア・プノンペン市街地を対象として、年間を通じた浮遊粒子状物質を中心とした大気汚染物質の継続的観測を行い、これから得られる情報に基づいて、プノンペン市の大気環境の現状と気象特性との関連を含めてその特性と発生源の影響を明らかにしようとするものである。以下では、これまでに得られた結果のうち、浮遊粒子状物質に

関する結果の一部を報告する。

2. 調査方法

2.1 大気汚染物質

2005年の調査開始以降、プノンペン市内の3地点 (市街中心幹線道路沿、市街北部住宅地、市街東部 Tonle Sap 川と Mekong 川の合流部中州) での観測を年数回実施し、2007年からは市街中心東南部の定点 (NIE) で浮遊粒子状物質を継続的に観測している。また、年数回の現地調査時に、粒子径別粒子状物質、NO₂の観測も実施している。さらに、VOC やガス状 PAHs 濃度、粒子径別質量濃度の経時変化を適宜の測定している。粒子状物質の観測には、総浮遊粒子 (TSP) 捕集用の携帯型エアサンプラ (Shibata HV500F) と TSP/PM₁₀/PM_{2.5}/PM₁ を分級捕集可能なサンプラを使用している。NO₂の測定にはパッシブサンプラ (ADVANTEC Filter badge) を用いている。VOC やガス状 PAHs の捕集には、Tenax 吸着管を、粒子径別質量濃度の連続測定には、粒子質量モニタ (Shibata GT-331) を用いている。

既報 (Murase et al., 2006) で示したように、TSP 濃度、粒子中多環芳香族化合物 (PAHs) 濃度に、発生源の差異や気象条件が影響した昼夜差があることを考慮し、粒子状物質の捕集は朝一夕、ター朝の12時間連続を月3回実施している。また、季節毎の粒子径別サンプルの昼夜別捕集も行っている。

2.2 気象データ

本研究では、既存情報 (農村工学研究所、於プノンペン市街南部河川水門局、~2006) を主に利用し、2008年6月以降は、著者らがプノンペン中心市街南東 (APSARA オフィス5階屋上、NIE 観測点近く) に設置した気象観測装置のデータを利用している。

2.3 化学成分分析

捕集粒子の PAHs16 成分 (Nap, Ace, Fle, Phe, Ant, Flu, Pyr, BaA, Chr, BbF, BeP, BkF, BaP, DBA, BghiPe, IDP) を既報 (Furuuchi et al., 2006) と同様の方法で分析した。

3. 結果と考察

2007年3月~2009年3月の間に得られた月別平均 TSP 濃度の推移を Fig. 1 に示す。ここで、昼夜および24時間値の平均を区別している。雨季 (4月~10月、雨量最大9月) に濃度が低く、乾季 (1月~3月, 11月~12月、雨量最小2月) に濃度が高い傾向がある。また、昼間、夜間、24時間の年平均 TSP 濃度は、それぞれ 152 ± 68 , 89 ± 31 , $119 \pm 61 \mu\text{g}/\text{m}^3$

であり、NO₂等のガス状物質に比べて粒子濃度が高いことが特徴となっている。Fig. 2 は 2007 年 3 月 ~ 2009 年 3 月の間の月平均昼夜 TSP 濃度比と平均雨量の関係を示す。TSP 濃度比には 5 月を最小、12 月を最大とする季節変動があり、濃度比が減少する 1 ~ 5 月期と増加する 6 ~ 12 月期それぞれで、雨量との間に明瞭な相関がある。雨量増に伴う昼夜比の減少は、主に昼間に顕著な道路交通起源の土壌粒子飛散の抑制によると考えられるが (Murase et al., 2006), Fig.1 に示した粒子濃度の変化に加えて、観測点周辺の汚染物質発生源分布や雨量以外の気象要因が影響する可能性は否定できない (Furuuchi et al., 2007)。Fig. 3 は、2009 年 3 月に、市中心部幹線道路に面したホテル 5 階で得られた粒子径毎の質量濃度変化の一例である。午前 7 ~ 8 時の交通量ピーク時に最大濃度になった後減少し、夕方の交通量ピーク時の再増加以降は漸減、夜半以降に濃度最小になる。PM_{2.5} 以下の濃度変動に比べて、道路交通や降雨による PM₇ を超える粗粒子の濃度変動が大きく、前述した TSP 昼夜比-雨量間の相関にある程度対応すると考えられる。一方、人為起源と考えられる PM₁ の昼夜比率は約 0.6 であり、粗粒子とは逆に夜間で濃度が増加している。

2007 年 3 月 ~ 2009 年 3 月の間の月平均 PAHs 濃度 (4~6 環) を Fig. 4 に示す。雨期に低濃度、乾期に高濃度の傾向があり、TSP 濃度との間に弱い相関がある。昼間、夜間、24 時間の年平均 PAHs 濃度は、それぞれ 8.9 ± 3.8 , 13.5 ± 7.6 , 11.2 ± 5.0 ng/m³ で、夜間が平均で約 1.5 倍高い。PAHs に代表される人為起源成分に昼夜差が現れる理由については、混合層高さなどの気象要因や昼夜における発生源の種類と発生量の差異、日中の紫外線による PAHs 成分の分解などの種々の要因が考えられるため、注意が必要である。一方、季節・時間帯に抛らず、PAHs の 70 ~ 80% が PM₁ に含まれることが確認されている。

4. おわりに

約 2 年の継続観測から、プノンペン市街地の大気汚染の大まかな特性を把握できる状況になり、カンボジアを含む国内外での公表・啓蒙活動を通じて現地での大気汚染問題への意識も高まりつつある。今後は、大気モニタリングを可能な限り継続する一方、粒子径別情報と気象情報を中心とした詳細な考察、発生源情報の蓄積を行っていく予定である。

謝辞: 本研究の一部は、平成 20 年度金沢大学学長戦略経費と平成 19-20 年度科学研究費基盤研究 (B) (海外学術調査) 課題番号 19404003 で行われた。記して謝意を表す。

References

- Furuuchi, M. et al., Temperature Distribution and Air Pollution in Phnom Penh, Cambodia - Influence of Land Use and the Mekong and Tonle Sap Rivers -, *AAQR*, 6, 2, pp.134-149, 2006
 Murase, T. et al., Present Status and Characteristics of Air Pollution in Phnom Penh, Cambodia, *J. Aerosol Res.*, 21, pp.101-107, 2006

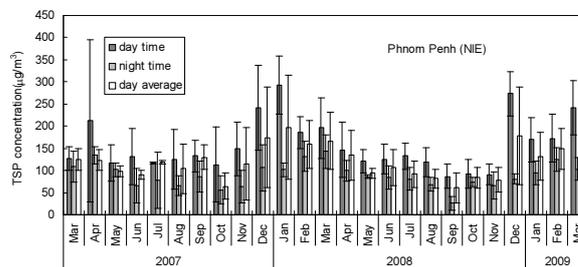


Fig. 1 Monthly average TSP concentration at NIE, Phnom Penh

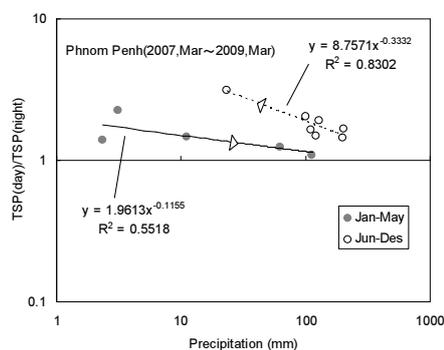


Fig. 2 Day/night ratio of TSP concentrations

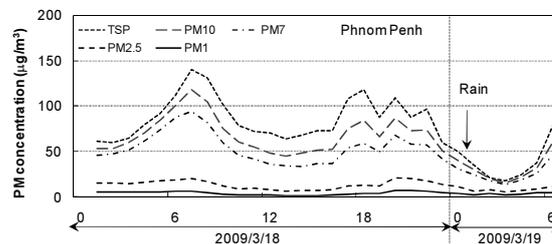


Fig. 3 Time change of concentration of different size

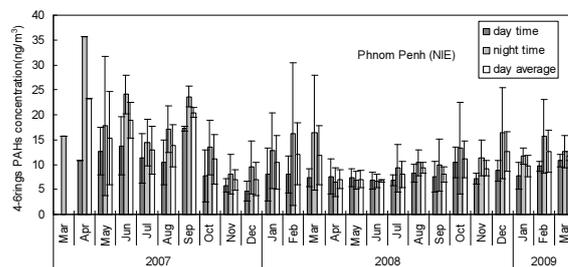


Fig. 4 Monthly average PAHs concentration at NIE, Phnom Penh