

ジャカルタ市のSPMに関する  
大気汚染物質排出量の推定と大気質の改善  
Estimation of Atmospheric pollutant Emission Amount and Air  
Quality Management about SPM  
in Jakarta Metropolitan Area

近藤 明

Akira Kondo

大阪大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Osaka University

Air pollution in Jakarta City is severe, and it is the main subject to improve rapidly air quality of SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, SPM and Lead. However there are few reliable data of air pollution concentration in Jakarta and the research of emission loads isn't enough. The air pollution concentration of SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> and SPM was measured at 20 point of Jakarta City for over one year and its present state could be understood. The emission loads from vehicles were estimated at the scale of 500m<sup>2</sup> from the data of the traffic volume and the road map. The air pollution concentration of SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> was calculated by using the technique of environmental assessment in Japan and was reasonably agreed with the observed concentration. The validity of emission loads estimated was verified. The trace elements of TSP were analyzed by fluorescent X rays. The concentration of Vanadium Bromine and Lead, of which main source was vehicles, was relatively agreed with the calculated concentration.

### 1. 研究目的

インドネシアの首都ジャカルタ市は、年々大気環境が悪化してきており、この傾向が今後も続くことが懸念されている。大気環境の悪化は、急速な産業の発達による工場生産活動の増大、都市化による人口増加と交通量の増加に起因している。大気汚染の現状を把握するため、ジャカルタ市域の20カ所でTSP, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>濃度測定を実施した。次に、SO<sub>x</sub>とNO<sub>x</sub>排出量を算定し、それに基づく拡散計算値と測定値を比較することにより、排出量の妥当性を検討した。さらに、TSPの成分元素毎の質量分析を行い、成分元素別に排出量を算定し、それに

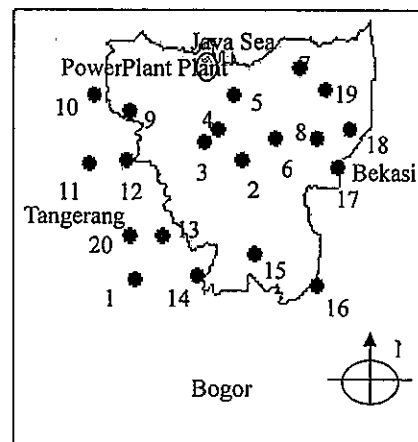


図1 ジャカルタ市とサンプル場所  
基づく拡散計算値と測定値を比較し、TSP

の発生源寄与を検討した。

## 2. 研究経過

### 2.1 測定場所

ジャカルタ市内にサンプリングポイントを20ヶ所設置し TSP, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>濃度測定を実施した。図1に、20ヶ所のサンプリングポイントを示す。

### 2.2 ガス濃度測定時期と方法

ガス濃度測定は、小川式パッシブサンプラを用いた。このサンプラの左右に NO<sub>x</sub>用捕集エレメントと SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>共有捕集エレメントを装着した。測定は、2000年7月から2001年12月までの期間実施した。2000年12月までは、捕集エレメントを1週間大気に暴露させ回収した(4回/月の測定)。それ以後は、捕集エレメントを2週間大気に暴露させ回収した(2回/月の測定)。回収された捕集エレメントはバイエル瓶に密封された後、大阪大学に郵送され、濃度測定を行った。濃度測定は、マニュアルに準拠し、SO<sub>2</sub>濃度はイオンクロマトグラフで定量分析し、NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>濃度は吸光度による比色分析を用いた。

### 2.3 TSP 濃度測定時期と方法

TSP 捕集装置は、TSP 捕集用フィルタとフィルターホルダー、吸引ポンプで構成されている。フィルタは直径 25mm、孔径 0.8 μm の PTFE (ポリテトラフルオロエチレン) 製である。測定は、2000年11月から2001年12月までの期間行った。1回の測定期間は2週間(1回/月の測定)で、10月を除く11回の測定を実施した。TSP 濃度は、TSP 捕集前後のフィルタの質量を計測し、その質量差を2週間の吸引流量で除して算出した。

### 2.4 TSP の成分分析

TSP の成分は、蛍光 X 線分析方を用いて分析した。まず、標準試料を用いて各元素の蛍光 X 線強度と質量の校正線を作成し、その後、捕集した TSP の元素毎の蛍光 X 線強度を測定し、校正線から質量を算出した。分析した元素は、Na・Al・K・Ti・V・Cr・Mn・Fe・Ni・Cu・Zn・Br・Pb の13種類である。

### 2.5 ガス濃度測定結果

2000年の7月から2001年の7月までの平均した SO<sub>2</sub> 濃度と NO<sub>2</sub> 濃度の空間分布をそれぞれ図2と図3に示す。SO<sub>2</sub>濃度は、ジャカルタ北部に位置する火力発電所の影響を強く受け、火力発電所近傍で高く、離れるに従い濃度が減衰している様子がわか

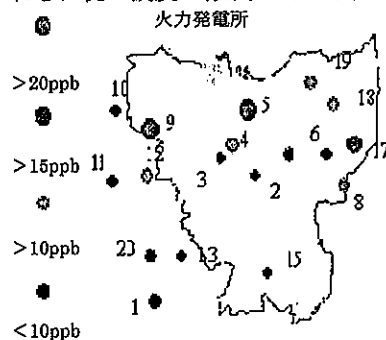


図2 SO<sub>2</sub>濃度分布

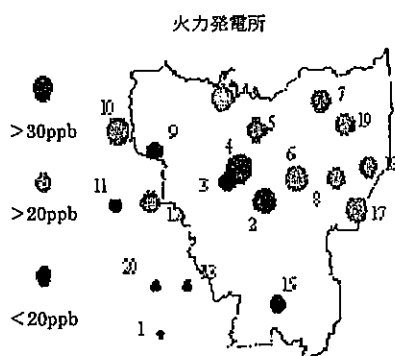


図3 NO<sub>2</sub>濃度分布

る。NO<sub>2</sub>濃度は交通量が多いジャカルタ中央部で高く、交通量が少ないジャカルタ郊

外で濃度が低い様子がわかる。

## 2.6 TSP 濃度測定結果

図4にTSP濃度の測定結果とその標準偏差を示す。サンプル地点3・5・12・20で、TSP濃度の国際指針 $90(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ を越える高い値を示している。サンプル地点3・5は交通量の多いジャカルタ中央部にあり、そのため高濃度になったと考えられる。サンプル地点12・20は地点間距離が近く、共通の発生源寄与を受けていると考えられる。成分分析によると、この2地点は自動車を主な発生源とするBr濃度が低く、土壌を主な発生源とするAl濃度が高い傾向を示しており、自然起源の土壌粒子の寄与が高いと推定される。

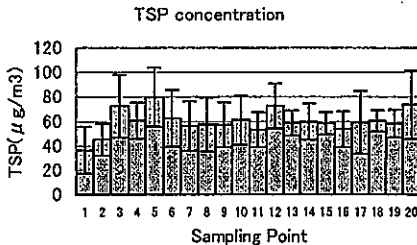


図4 TSP濃度とその標準偏差

## 2.7 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>の発生量算定

SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>の発生源は、調査済み工場、未調査工場、自動車、家庭の4つに分類した。調査済み工場からの排出量は、JICAとEMCが1995年から1996年に測定した排出量データを用いた。ただし、火力発電所からの排出量は、ヒアリング調査から得られた発電量と燃料内の硫黄含有率から算定した。未調査工場からの排出量は、燃料使用量統計から原単位計算に基づいて算出した。インドネシア交通局は、1日3回、1回あたり2時間の自動車の交通量を測定している。交通量の日変動が日本と同じであ

ると仮定して、車種別の日交通量の推定を行い、それに排出係数を乗じて自動車からの排出量を求めた。家庭における排出量は、燃料使用量統計から原単位計算に基づいて算出した。

Sukarno-Hatta 空港で測定された2000年度の気象データと排出量データを基にパフ・プリュームモデルで拡散計算を行い測定値と比較した。

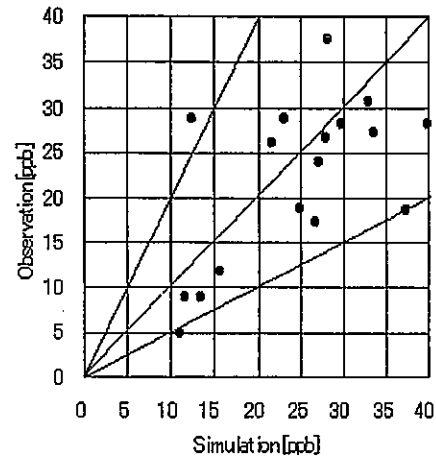


図5 NO<sub>x</sub>濃度の相関

図5にNO<sub>x</sub>の相関図を示す。ほとんどの計算値は、測定値のファクター2以内に存在しており、ほぼ正確にSO<sub>x</sub> (図には示していない。)NO<sub>x</sub>排出量を推定することができたと考えられる。

## 2.8 TSPの発生量算定

TSPの発生量もSO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>の発生量と同様の方法で算定し、拡散計算を行い測定値と比較した(図6)。TSPの自然発生源を考慮していないので、計算値は測定値に比べて小さいが良い相関が見られる。

自動車が主要な発生源であるBrの相関を図7に示す。計算値と測定値の間には良い相関が見られ、自動車からの排出量の算定

量が妥当であると示唆される。

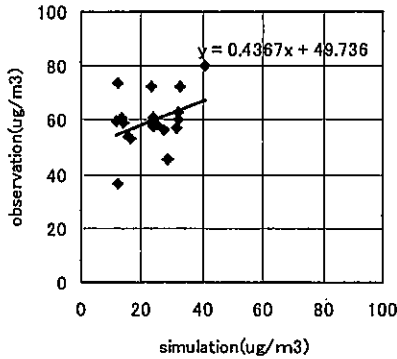


図 6 TSP 濃度の相関

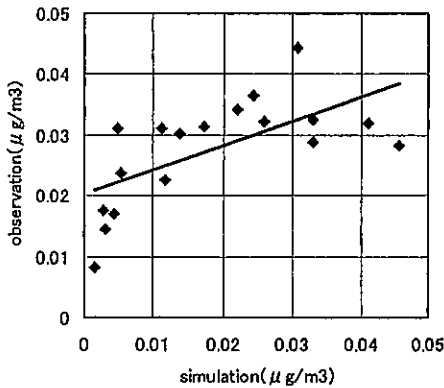


図 7 Br 濃度の相関

### 3. 研究成果

本研究で得られた研究成果は、以下の通りである。

- ・ ジャカルタ全域の TSP, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>濃度レベルを把握することができた。
- ・ SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>の排出量は、かなり精度良く推定することができた。
- ・ TSP の自動車からの排出量は、かなり精度良く推定することができた。

### 4. 今後の課題と発展

本研究の 2 年間でジャカルタ市の大気濃度と排出量の現状を把握することができた。

今後、これらのデータを基に、環境政策による大気濃度の将来予測が行え、ここで用いたモデルを政策決定ツールとして利用が可能となり、そのデータを基に、健康リスクへの展開を行うことができる。幸いにも、本研究は JICA の支援プログラムに組み込まれ、今後 5 年間研究を続行できるので、上記課題を遂行する予定である。

### 5. 発表論文リスト

1. E.Hamonangan, A.Kondo, et.al., Simulation and Monitoring of Sulfur Dioxide and Nitrogen Oxide in the Jakarta Metropolitan Area, Asian Journal of Energy and Environment (in submitting)
2. Esrom Hamonangan, 近藤明, 他, ジャカルタ都市域におけるパッシブサンプラーを用いた SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 濃度のモニタリング, 空気調和・衛生工学近畿支部学術研究発表会, 149-152, 2001
3. E.Hamonangan, A.Kondo, et.al, Monitoring of Sulfur Dioxide, Nitrogen Dioxide and Nitrogen Oxide by Passive Sampler in the Jakarta Metropolitan Area, 12th World Clean Air & Environment Congress and Exhibition(Soul), 2001
4. Esrom Hamonangan, 近藤明, 他, ジャカルタ市の大気汚染濃度モニタリング, 第 42 回大気環境学会年回講演要旨集, 520, 2001
5. 筒井康二, Esrom Hamonangan, 他, ジャカルタ都市域における大気汚染濃度とモデル計算の比較, 空気調和・衛生工学近畿支部学術研究発表会論文集, 167-170, 2002
6. 藤井康輔, Esrom Hamonangan, 他, ジャカルタ市における浮遊粒子状物質の成分分析, 空気調和・衛生工学近畿支部学術研究発表会論文集, 171-174, 2002