



巻頭寄稿文

アジアの国との共同研究を振り返って

大阪大学大学院 準教授

近藤 明

1. はじめに

この 10 年間の間に、インドネシア、ネパール、ベトナムのアジアの国と大気環境に関する共同研究を実施してきた。フィールドを海外にする共同研究では、予期せぬ出来事がたくさんあり、なかなか思うようにいかない。ここでは、共同研究の経緯を振り返りながら、その辺りのことを紹介していきたい。

2. インドネシアとの共同研究

1996 年にインドネシアの EMC (Environmental Management Center; JICA のプロジェクトで設立された研究所)からの国費留学生が、博士前期課程に入学したことから、海外共同研究は始まった。帰国してからも仕事に役立つようにと、研究テーマを大まかに「ジャカルタの大気汚染について」と決めて、さっそくジャカルタの大気汚染濃度測定や汚染物質排出量について、文献調査を実施した。調査研究がたくさん行われているので、調べれば簡単にけりがつくと思っていたのだが、これが甘い見通しで、調査された濃度測定値はばらばらで、とても研究に使用出来ないということが判明した。現地で直接測定することしか方法がないことになったのだが、インドネシアへの渡航費用の財源がない。神にもすがる想いで研究助成申請をした結果、運よく 2000 年度日産学術研究助成金から 2 年間の支援を受けることとなった。さて、ジャカルタ市には、

JICA によって導入された大気汚染自動モニタリング装置が 5箇所で稼働中であった(写真1)ので、これらのモニタリング局を視察し、生のデータを見せてもらった。あわよくばこのデータを研究に使おうと考えていたのだが、この期待は見事にはずれた。モニタリング局の空調設備は稼動していない、モニタリング装置のメンテナンスが行われていないため、データだけは電話回線を通して集められているのだが、濃度値は異常な値を示しており、データは全く使い物にならないことがわかった。そこで、EMC スタッフの全面支援を得て、ジャカルタ市 20 箇所でパッシブサンプラーによる NO₂、NO、SO₂濃度測定を月 2 回、電池稼動のポンプを用いた TSP 濃度測定を月 1 回実施(写真2)することにした。



写真1 ジャカルタの自動測定期



写真2 パッシブサンプラー取り付け場所の調査

この研究では、ジャカルタ市で大気汚染の拡散計算を実施して、測定値と比較を行うことと決めていたので、ジャカルタ市の主要な汚染物質排出源の1つである自動車の交通量データ入手するために奔走した。交通局が、年1回交通量調査を実施しているということなので、さっそく交通局に出向きデータを貰うべく交渉を開始した。しかし、この交渉がなかなかスムーズに進まない。相手の話はのらりくらりで、結局こちらが何がしかの見返りを提示して、どうにか交渉成立を見るにいった。これで研究に必要な基礎的データが揃うことになり、いくつかの研究成果^{1),2)}を挙げることが出来た。

この研究は、筆者も毎年約1か月間 JICA 短期専門家として参加した 2003 年度から5年間の JICA Phase II プロジェクトに引き継がれ、パッシブサンプラーによる NO_2 、 NO 、 SO_2 濃度測定、TSP 濃度測定が実施された。このプロジェクト終了後は、EMC 自身でこの測定を継続していると聞いている。鉛の有害性は 40 数年前に明らかになり、ヨーロッパ、アメリカ及び日本では、有鉛ガソリンの使用は 1970 年代に禁止されているので、遅きに失する政

策であるが、ちょうどこの共同研究の期間内に、ジャカルタ市で、有鉛ガソリンから無鉛化ガソリンへの段階的移行施策が実施された³⁾。先進国では既に実施されている大気汚染防止が、途上国で実施されていない1つの例である。法律の規制がなく価格面から、このような状況になるのは致し方ないと思う反面、住民が防ぐことができる大気汚染に晒され健康被害を受けている不合理を感じてしまう。

3. ネパールとの共同研究

ネパール Tribhuvan 大学との共同研究も、1998 年にネパールからの留学生が博士前期課程に入学したことから始まった。ちなみに、Tribhuvan はネパール国の国王の名前で、ネパールの国際空港の名前も Tribhuvan 国際空港である。ネパールの首都カトマンズは盆地に位置しているので、気軽に盆地気象と大気汚染の関係を調べたらおもしろいのではということで、研究テーマを決定した。インドネシアと同様に研究テーマを決めてから文献調査をするという研究スタイルがよくないのか、またしても現地で調査をしないと何もわからないという状況に陥っていった。というのは、カトマンズでの調査研究事例はほとんどなく、文献からは、大気環境の実態は得られなかったからである。さて、インドネシアの共同研究は1回の申請で助成金を獲得できたが、ネパールの共同研究はなかなか申請書が受理されず、何回も申請書を書いて、ようやく 2003 年度科学研究費補助金から3年間の支援を受けることができ、本格的に研究を実施できるようになった。2003 年度以前も、細々ではあるがパッシブサンプラーを用いて月1回2箇所で O_3 、 NO_2 、 NO 、 SO_2 濃度測定を Tribhuvan 大学の協力で実

施していた。しかし、研究テーマが、盆地気象によって形成される接地逆転層と大気汚染の関係を調べることなので、パッシブサンプラーによる月平均濃度ではなく、1日の濃度変化を測定する必要性があった。その当時、カトマンズでは停電が毎日起きていたので、自動測定器を使うことができない。そこで、バッテリーでポンプを動かし、 NO_2 吸収剤を塗布したろ紙をセットしたフォルダーを8個用意し、タイマーで3時間毎にフォルダーが切り替わり、空気中の NO_2 を捕集する装置を、Tribhuvan 大学の屋上で組み立てて、測定を実施した(写真3)。2003 年以降は、自動気象観測装置と中古の O_3 、 NOX 、 SO_2 、および TSP 自動測定装置で、本格的な測定を目指していた。しかしながら、まず税関で日本から送った装置が留め置かれ、Tribhuvan 大学に着くまでに数ヶ月を要するトラブルに見舞われた。2003 年 11 月から測定を開始し、11 月、12 月、翌年の1月の3ヶ月は順調に稼動した。2月以降は、装置のトラブルが頻発し、最後は、機器設置場所のほこりが多いためかモータが作動しなくなり、データは取れなくなってしまった。



写真3 NO_2 濃度測定装置(Tribhuvan 大学屋上)

また、化学反応モデルを用いてカトマンズの O_3 濃度の計算も実施した。このためには VOC (Volatile Organic Compounds) 発生量を推定することが必要で、大気中の VOC 成分をキャニスター法で分析した。ご存知のようにキャニスターの形は砲弾に似ているので、いつも空港でかばんのチェックに引っかかり、「これは、爆弾ではないですよ。」と説明することになった。今となれば懐かしい思い出である。VOC の成分分析の結果、VOC 発生源のほとんどが、車の未燃焼ガソリンの漏出であることがわかった。自動車以外に、冬季の煉瓦製造も大きな汚染物質排出源となっている(写真4)。稻を収穫した後、田んぼの土で煉瓦を形成し、簡易な窯に移動式の煙突をつけて、燃料に石炭を用いて低温で約 15 日間焼き固める。そのため、煉瓦製造しているところの地形は、周りより低く抉られていることになる。硫黄含有率の高い石炭を燃焼させているので、多量の硫黄酸化物が排出されている。さて、3ヶ月間であったが、大気汚染濃度の連続測定はカトマンズでは初めてのことであったので、これをネタにいくつかの成果^{4),5),6),7)}を挙げることができた。

共同研究が終了した2年後の 2008 年7月に、Tribhuvan 大学で International Conference on Air Pollutant Control Strategy in Urban Area が開催され、筆者もそれに参加した。その後、急激に政治情勢が悪くなり、今では1日に数時間しか電気が使えないらしく、とても共同研究などが行えない事態になっている。ネパールは、世界の最貧国の1つであり、今の状況を考えると、ネパール人にとっては、環境問題どころではない。身近な環境問題を解決することで、経済的インセンティブが得られ

るディカッピングを実現できるシステムが何かないのかと考えてしまう。



写真4 煉瓦製造

4. ベトナムとの共同研究

ベトナムの IET (Institute of Environmental Technology)、ハノイ大学とホーチミン大学とは、日本学術振興会の拠点大学交流事業を通して、2008 年度までの8年間交流を実施してきた。1986 年ベトナムではドイモイ政策により市場メカニズムや対外開放政策が導入され、経済的に大きな発展を遂げた。その一方、モータリゼーションも進行し、2サイクルエンジンのモーターバイクが都市中に溢れ、朝夕の通勤時には激しい交通渋滞が日常的に起こっている(写真5)。ベトナムのガソリンは、公には無鉛ガソリンと言われているが、大気中の鉛濃度は高く有鉛ガソリンが市場に出ていることが疑われている。また、無鉛ガソリンもオクタン価を高めるためにベンゼンが、多く添加されている。日本ではベンゼンのガソリンへの添加量が規制され

たため、大気中ベンゼン濃度は、大気環境基準3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を下回るようになってきている。



写真5 ホーチミンのベンゼン濃度測定場所

ちょうどベトナムとの共同研究が始まった 2002 年頃、筆者の研究室で、道路沿道のベンゼンリスク評価の研究に着手していた。ベトナムでのモーターバイク交通量の多さを考えるとベンゼン濃度は深刻な状況にあるのではないかと考えて、ベトナム道路沿道のベンゼン濃度に焦点をあてて、共同研究を開始することにした。拠点大学交流事業の経費で、ベトナムに年5日間ほど滞在できるので、共同研究開始から数年間は、現地で測定を数回試みた。日本ではベンゼンの主要発生源は自動車である。ベトナムでも同様と考え、道路際のベンゼン濃度、NO_x 濃度、及びモーターバイク交通量の測定を実施した。NO_x 濃度とモーターバイク交通量にはきれいな相関関係が得られたのだが、ベンゼン濃度の日変動は、朝の8時から夕方5時までずっと高く、夜間になると減少し、NO_x 濃度とモーターバイク交通量とは異なる日変動を示した⁸。測定場所の近くにベンゼンを排出する工場があつ

たからではないかと疑っている。このような状況でなかなか思ふしいデータを得ることができず、遅々として研究が進まなかつた。しかしながら 2005 年から、ホーチミン大学の研究者が本腰で測定を実施してくれるようになり、ようやく意図したデータを得ることが出来るようになった。成果の1例を図1に示すが、4箇所の道路沿道ベンゼン濃度の測定値と拡散計算値が、良い相関を示している。また、この図は、ホーチミンの道路沿道のベンゼン濃度測定値が、最大で $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 近い値であることを示している。

拠点大学交流事業が完了した 2009 年は、研究の中止を余儀なくされたが、2010 年から再び IET とこの研究を継続する予定である。フィールドを海外に持つ場合、相手方が主体的に動いてもらわないと、何も出来ないということを痛感した。

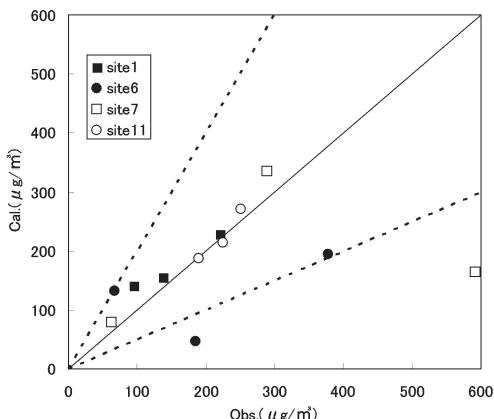


図1 ベンゼンの測定値と計算値

5. おわりに

インドネシア、ネパール、ベトナムの上記3国以外にも、スリランカ、タイ、マレーシアに行く機会にも恵まれた。これらの国に共通することは、モータリ

ゼーションのスピードに道路などのインフラストラクチャーが追いつかず、都市中心部ですさまじい渋滞が起こり、深刻な大気汚染が起こっていることである。ジャカルタでは、バス優先道路を設ける、あるいは Three in One (朝夕の通勤時には、1台に3人の乗車を義務付ける) で、都市中心部への車の流入を抑制する。カトマンズでは、Tempo といわれる3輪の乗合タクシーの使用を禁止する。ホーチミンでは、トラックの昼間の通行を禁止する。これらの政策で、都市の大気汚染を減らす努力が行われている。根本的に解決するためには、地下鉄やモノレールなどの都市交通の導入と、交通システムの整備が必要だろう。これらを実現するために協力することが、大気環境を良くする本筋だと考えると、ここで紹介したような大気環境の動態調査などは、非常に虚しく感じことがある。

参考文献

1. E. Hamonangan, A. Kondo, A. Kaga, Y. Inoue, S. Soda and K. Yamaguchi, Retrieval of Emission Loads from Measured Nitrogen Oxide Concentrations in Jakarta City, Clean Air and Environmental Quality, 37, 32–36, 2003
2. E. Hamonangan, A. Kondo, A. Kaga, Y. Inoue, S. Soda and K. Yamaguchi, Simulation and Monitoring of Sulfur Dioxide and Nitrogen Oxide in The Jakarta Metropolitan Area., Asian Journal of Energy & Environment, 3, 159–183, 2002
3. AKIRA KONDO, ESROM HAMONANGAN, SATOSHI SODA, AKIKAZU KAGA, YOSHIO INOUE, MASAHIRO EGUCHI, and YUTA

YASAKA, Impact of Conversion from Leaded to Unleaded Gasoline to Ambient Lead Concentration in Jakarta Metropolitan Area, Journal of Environmental Sciences, 19, 694–698, 2007

4. Shrestha,M. L., Kaga. A., Kondo, A., Inoue, Y., Sugisawa, M., and Sapokota, B., Simulation of Winter Air Pollution Dispersion Mechanism of Kathmandu Valley by Water–Tank Experiment, J. Visualization, Japan, 7,265–362, 2004
5. 杉沢正彦、近藤明、Manohar Lal Shrestha、加賀昭和、井上義雄、峡谷内大気汚染現象の拡散支配パラメータの検討、実験力学会,5,50–56, 2004
6. KONDO Akira, KAGA Akikazu1, IMAMURA Kiyoshi, INOUE Yoshio, SUGISAWA Masahiko, SHRESTHA Manohar Lal, SAPKOTA Balkrishna, Investigation of air pollution concentration in Kathmandu valley during winter season, Journal of Environmental Sciences , 17,1009–1013 2005
7. Deepak Pudasainee1, Balkrishna Sapkota, Manohar Lal Shrestha, Akikazu Kaga, Akira Kondo, Yoshio Inoue, Ground level ozone concentrations and its association with NO_x and meteorological parameters in Kathmandu valley, Nepal, Atmospheric Environment, 40, 8081–8087, 2006
8. 近藤明、今村清、石世昆、ベトナムにおける大気モニタリング共同研究、環境技術、37,25–32,2008