

第15節 大気保全技術の途上国への移転技術

■1993.3～1995.3, インドネシア, インドネシア環境管理センタープロジェクト, 長期派遣

■1995.4～1997.3, インドネシア, インドネシア環境管理センタープロジェクト, 長期派遣

早川守彦

はじめに

途上国の技術職員に対し環境技術を移転するにあたって留意すべきいくつかの問題点があることを先ず最初に明らかにしておきたい。教科書に書かれているとおりに実行しようとしても必ず壁にぶつかってしまう。個別の専門家として、またプロジェクトの専門家として体験してきた途上国に共通の障壁について述べる。専門家としてすべきことがあるのは当然だが、してはいけないことを知っておく事の方がむしろ大切だと最近感じている。

その最も大切なことは「教え込みの弊害を認識する」ことである。わが国のこれまでの環境技術協力では分析機器、観測計器など機器類をとまなうことが多い。大気自動計測機、エミッション計測機、ガス発生器、サンプラーなどEMCプロジェクトの場合数え上げれば数百点に達する。環境自動計測器だけでも9種類ある。それらは全て測定方式が異なりキャリブレーションの方法、測定原理なども違う。日本の環境研やメーカー、メンテ業界などに籍を置く者でもそれらを正しく使いこなす事の出来る人は筆者の知るかぎりでは極めて限られた人達だけである。家庭電気製品のように何処と何処のボタンを押せば目的が達せられる類の物とは大きな隔たりがある。素人、例えば行政官でも扱える日は当分きそうにもない。これらの機器の操作方法を次から次へと教え込んでいくとどういうことになるか。

しばらくすると彼らは教えた筆者よりもよほど素早くボタンを押してオペレートするようになる。それで自分はもう一端の大気汚染研究者になったような気持になる。出てきたデータが幾らかなどまるで眼中にない。ただ、大型の機器を自分は操作できるようになったということだけで満足してしまう。データはデータログが収録してくれる。フロッピーの交換さえすればいいんだ。データが集められれば全ては終了である。分析試薬をこつこつ調製して、ハンディエアサンプラーで大気を集め分析するようなまどろこしいことはやっていられない。自分はずっと高級な計器が扱え、それが高精度のデータを提供してくれるんだからと。

長年大気自動計測機を扱ってきた経験から言うと、大気自動計測機を扱いきれる人はマニュアルで相当の精度で大気が分析できる人だけである。この相当の精度というところが大事な点で、測定法のテキストに従って単にやってみただけで「測った」、「測れる」と思い込んでしまうような人はまず失格である。自分で測ったデータがどれくらいの精度であるかを検証しようとししない人は信用できない。例えば、フィールドへ出てNO₂の濃度

を20パーセントの誤差範囲で測定できるようになるには測定法の原理からNO₂ガスの物理的、化学的性質、分析に用いる試薬の性質、ガス吸尿管の吸収効率、反応生成物の性質、NO₂ガスからNO₂⁻への変換率、流量計の性質等に精通しないとできない仕事である。これが50パーセントの誤差範囲でいいというのであれば事情はかなり違ってくる。しかし、環境基準項目の測定では50パーセントの誤差は許容されない。ザルツマン式自動計測機は手分析を自動化したものであるから最も取つき易い大気自動計測機であるが、上に述べた手分析に必要な知識の上に機械に関わる十分な知識が無いと扱いきれない。この二つが備わって始めて大気自動計測機で出したデータが信頼出来ると胸が張れる。

このように見てくると日本の機器メーカーのスタッフやメンテ業者の多くはこれに似た状況にある。機械的なチェックは出来ても測定値が真値からどれだけずれているか検証できない。最近では知らないがかつては何処どここのステーションのデータが低すぎるとか高すぎると問題になることがよくあった。住宅地域にあって常識的にみても市内で平均以下と考えられる地点のSO₂のモニタリングデータが市内最高値を数箇月続けている。新聞にも大きく報道される。メンテ業者が飛んで行って等価液を流したり、流量計、吸収液などのチェックをし、どこも異常はなかった計測値は正しいと報告される。ところが大気汚染の測定経験の長い者は機械が出したデータは全面的には信用しない。この経験の長い者というのはデータを無意識の内に比較する習慣が身につけているので、隣のステーションの値と比べる、関連する他の汚染物質のデータや気象データと比べる、経時変化をみる等の作業を瞬時に行っている。そこでもっと徹底的に調べるべきだとの声が上がってくる。

次にやられるのは大変御苦労なことに百キロ近いあの大型の大気自動計測機をステーションの近くへ持って行って並行運転を1週間から2週間かけて行うという大作業となり、メンテ業者、メーカー、行政、研究所などから大勢の人がかり出される。その結果、両者で大幅に値が違うという事になり、再度計器の点検が行われる。前回と同じ事が繰り返されやっぱり異常が発見されない。今日はこれで終わりにして明日またやり直そうと帰り仕度をしかけたところで、誰かがサンプリングチューブがひどく汚れているのに気がつきチューブだけでも代えておこうと計機を前に引っ張り出してみると、なんとチューブが計機に繋がっていない。笑うに笑えない話である。建屋内の空気を測っていたのである。

こんなことが現実に全国でしょっちゅうあった。流量計の浮き子が汚れて引っ掛かって停止していたのを数ヵ月にわたって見過ごしていたという例もある。厄介な例になるとNO₂の吸収バブラーが目詰まりしてそのため強い力で吸引するため限られた細孔を選択的に試料空気が通過するため吸収効率が低下するという例もある。このようなことが起こるのはメンテにあたる者が測定値に対する知識・経験が少なく、異常な値と判定する能力に欠けることが第一にあり、第二にたとえ異常だなどと思ってもそれを検証する能力が無けれ

ばそのまま知らぬ存ぜぬで過ぎてしまう事である。ここで先に挙げた能力を備えた者がいればチャートのデータを見ただけで異常を判定し、必要なチェック事項を点検する。大抵はそれで異常箇所が発見されるが、それでも異常が発見されないときは手分析で同時測定をする。それに要する機材は片手で持ち運べる範囲ですむ。わずか数時間で異常の判定とその修復が済んでしまう。

国レベルの技術協力の担い手として途上国で技術移転をする人に対して点数で数えられるような協力内容を求める人が少なからずいる。日本のお役所の発想をそのまま途上国の現場に持ち込もうとするものである。数字で表せないと不安なのだろうか。或いは、紙の上だけでもいいから何かがなされたと言うことの方が、言葉や数字で示せないカウンターパートの頭や心に残った事より重要だ考えているのであろうか。SO₂計は扱えるようになりました、オキシダント計はトラブルの対処まではいかないが通常のオペレーションはできるようになりました、と言う表をカウンターパート別に作って私の技術移転はここまで到達しましたと満足している。ガスクロの操作方法を教えてガスクロの技術移転は終わった、次はガスマスだと意気巻いている。次々と機器の操作方法を手とり足取り教え込んでいく。そしてそれが求められる専門家像だと思い込み、また周囲もそれを評価するという風潮が無きにしも非ずである。見せ掛けだけ技術移転である。それだけで終わればいいがこの点数主義のもたらす教え込みは非常な危険をはらんでいるのである。

教え込みが如何に人の能力の発達を阻害するかは日本の教育の現状を見れば明らかである。本来、教育は知識を詰め込むことではなく、人がそれぞれに持っている特質を引き出すことである、エジュケーションの語源はそこから来ていると言われるが全く本質を突いている。高校3年卒業時の知識量は恐らく日本人が先進諸国の中でもトップクラスにあると思われるが、大卒時になると一気に並みくらいまで急降下し、人間として最も知的成長を遂げなければならない20代後半から30代になると18才までに蓄えた貯金を完全に使い果たしてしまう。詰め込みの弊害である。学ぶ喜びを正しい教育によって培われた者は学校を卒業してからも絶えず学び続けるが、大学に入るまでの苦役として育った者は学校を離れると同時にストップしてしまう。世間で評判の高い大学の卒業生ほどこの反動が大きい。幼少時より塾だ家庭教師だと無理やり詰め込まれて来た者は学ぶのは学生時代に終わった、あんな苦しい事を二度とするもんかと言う気になるのは自然の流れである。理屈を根掘り葉掘り考えていたら効率が悪いので結果だけ、解法だけ遮二無に覚えて例題にむかう。英語の文法、構文、数学の定理、解法を確実に覚えた者が大学へのパスポートを手にすることが出来る。

無償で入れた機材の使い方を教えるのが専門家の役割だと思い込んでいる人が少なくない。トレーニング信奉主義者である。プロジェクト終了迄にそれを終えるのが最低限の責任

だ、などと言う。とんでもない話である。他の分野はいざ知らず、環境分野の移転対象は研究者か研究者のたまごである。計機のオペレーターを養成する職業訓練所の職員を対象としているのではない。研究者は物事を考え、判断する能力が最優先に求められる。理屈も分からずにマニュアルにそって計機をオペレートして出したデータがいかに危険であるか知らしめるべきである。環境分析は分析化学の分野でも最先端に位置する高度の専門知識と経験を要する仕事である。数学、物理、化学、気象学、時には生物学や社会科学、人文科学の知識まで総動員してやっと目的が達せられるものである。残念ながら多くの途上国のラボで働く人達のレベルは想像するほど高くはない。

途上国にも勿論優秀な人材は少なくないが、一般的に言えば、より多くの優秀な人材が公務員より数段給与の高い民間の優良企業に流れてしまっていることも事実であり、公務員の中には低賃金ゆえに意欲に欠ける者もまゝ見受けられる。一方、大学をトップクラスで出た者は別ルートから40才代でいきなり局長や次官に抜擢される。想像するに、彼らは企業代表として役所に送り込まれて来るのであろう。役所の給料はわずかなものであるから不足分は出身企業が補填していると聞く。行政はこれらトップエリートによって行われ、下から這い上がった者がそのような地位に立った例は知らない。

この極めて低い賃金と一生下積みの生活を続けなければならない運命が途上国では未だ希少価値のある大学出といえども意欲を失わせてしまう。このような人達にいかにか動機づけ出来るかが技術協力を成功させるか否かの鍵となる。この動機づけが行われないうままに操作方法を教えることを第一目標にした技術移転が進められると、前述したとおりの誤った方向に陥ることになる。目新しい機械に興味を示すが、一応の操作ができるようになったただけでもう飽きてしまう。それだけならまだいい。訳も分からずに操作して出てきた数字をデータだと信じてしまう。数字が綺麗にタイプされ、統計データと共に出て来る計器だと尚更始末が悪い。

途上国でこれまでに出版された大気汚染データがいかに信頼のおけないものであるかは幾つかの国際機関から発表されたデータに目を疑いたくなるもの少なからず在ることからお気付きの方もあろうかと思う。マスコミも例外はあるであろうが概して環境データに疎い。そこで数字だけが一人歩きして、例えばジャカルタは世界で三番目に大気汚染がひどい国だなどと報じる。もっとも筆者の周りにもあれは本当ですかなどと大まじめで聞くのがあるから一概にマスコミを責めるわけにはいかない。

環境技術協力を身投じて10年、これまで見てきた先進各国の技術協力は一体意味をなしてきたのか、行政支援はさておき技術面、特に我々が行っている測定・分析の分野の協力は多くの途上国で功を奏しうるのか、疑問を感じることがしばしばである。みせかけ

だけ、あるいは断片的で積み上げられていかない技術協力が目につく。生半可な技術移転は誤ったデータを氾濫させるだけでむしろ罪悪ではないかと。

分析化学という学問の発達段階を追うと、日本を始めとする先進諸国は少なくとも百数十年、中にはかつての錬金術の時代から数百年の歴史を持つ国もある。この歴史の積み重ねの上に今日の学問がある。途上国の多くは学問、特に自然科学が国民大衆に行き廻り始めたのはこの20～30年である。自然科学系の大学教師が外国語で書かれた書物を読みこなし、少なくとも基礎的な数学の知識を身につけないことには種々の夾雑物の混在する微量分析など学生たちに教えられない。先進国の教科書の翻訳本を棒読みする講義が学生達に学問への興味を喚起できるとは彼らもよもや考えてはいまい。

重ね重ね残念なことに途上国の大学教師の給料は運転手のそれとさして変わらない。いきおい優秀な人材は外資系の企業などに就職する事になる。インドネシアの場合つい最近まで小学校を卒業すると小学校の、中学を卒業すると中学の先生になれたと言う。その給料は女中と変わらない。これだけ教育がないがしろにされてきた理由が分からない。国民が賢くなるのを恐れる為政者がいたのであろうか。たまたまこの文を書いている最中、次ぎのような新聞記事が目にとまったので紹介する。「元ピッツバーク州立大学の学長で現在インドネシアのさるコンサルタント会社の社長をしているDonald Wilson氏は「スハルト政権下で開発、改善が進みインフレ率や貧困率が低下した。しかし人材開発と教育にはほとんど投資されてこなかった。これはシンガポールやマレーシアと対照的である。両国は巨額の投資を教育と人材開発にかけてきた。」シンガポールは既に、マレーシアはいま途上国を脱しようとしている。氏はこれを「アジア・21世紀の目覚める巨人」と題して近く講演するという記事であった（Jakarta Post 97年1月24日）。

事情は何もインドネシアだけではない。多くの途上国が似たり寄ったりである。国民大衆の教育をないがしろにしてきた国、それが途上国の共通項である。一部のエリート家族は授業料が国公立学校の数十倍の優秀な教師のいる私学に子女を通わせ、中学或いは高卒後は西欧の大学に留学させる。それらの卒業生の多くは国へ帰らず留学先の国で就職する。終戦後の日本と似ている。頭脳流出である。最近インドネシアではこういった優秀な人材を国内に呼び寄せようと政府が呼び掛けているが、それに応える者は少ない。あまりに大きな給与格差と職場環境の違いは愛国心だけでは引き寄せられない。

インドネシアのインテリ階層の間で非常に人気のあるハビビ大臣はスハルト大統領がドイツから呼び寄せた俊才で、スハルトの懐刀と言われる。彼は「国は人である」と言って人材育成に大変な努力を傾けている。小中学校の先生も教育大学の卒業生を当てるように

なり、毎年150名程の留学生に国費を支出するようにもなった。そのハビビを重用するスハルト政権は今進むべき道を探しあて、着実に歩み出した。それが近年の目ざましい経済成長の基盤になっている。ハビビが健在の限りインドネシアの将来は明るい。EMCのスタッフ達の留学熱は新婚間もない妻や家族を国に残してでも日本へ、アメリカへ、カナダへ、オーストラリアへとすさまじい。これが単なる箔づけの為でなく、本気で勉強し、研究者としての実力を磨き上げたいと云う動機から来ているものであれば頼もしいが。

国のトップレベルは先進国へ流れ、その次のクラスは国内の外資系企業に、三番手は国内の上場企業に、四番手はその下の非上場企業にと云った順である。残念ながら公務員の志願者はこれらランクの下の方、又はそれ以下のことも多いと言われている。一年ほど見習い士官をしたのち、試験を受けて正規の役人に登用される。試験は競争試験ではないので大抵は合格できる。その試験に合格するために一生懸命勉強している姿にはお目に掛かった事がない。日本の今の公務員試験やかつての高文試験、中国で十数世紀に亘って続いた科挙のような厳しい官吏登用試験とまではいわないが、国や地方の行政に携わる役人の選抜方法と待遇を改善しないことには一握りの高官達の思うがままに行政が進められてしまう。同じ事が教育に携わる人達にも言える。

この様にして入ってきた人達を相手に技術移転する立場にある我々はありきたりの方法で幾らかでも役に立つ仕事ができるなどと甘く考えるべきでない。ところが多くの場合、環境技術協力に派遣される専門家の任期は2年である。派遣要請を受ける側の専門家も2年間の御奉公ぐらいにしか考えていないから任地に着くまでは所属先の仕事に没頭し、同僚達に気を遣って、ほとんど準備をする暇もなく派遣される。早速、年間計画などを要求され、JISやEPAのマニュアルなどを手引にして指導計画を作る。しかし日本人でさえ相当レベルの人達、例えば大学の理工学部に籍を置くような人達でさえおいそれとは出来ないJISの操作マニュアルなどカウンターパートに通じる筈がない。外国語で書かれた極めて煩雑な記述の分析マニュアルを読み、実行してみようと思う者はいない。国際規格のISOにしてもかなり簡素化されているとはいえやはり規格であるだけに厳格なことは否めない。

規格がある以上それに従って技術移転すべきだと言う論がある。それを主張する人は実情を知らない人だ。途上国にもレベルの差があるので一概にはいえないが、少なくともある一定レベルに達するまでは専門家たるものはカウンターパートや関連するラボのスタッフなどの能力を見極めて自前で準備すべきである。技術移転は直接にはカウンターパートに移転されるが技術を移転されたカウンターパートが次に地方ラボのスタッフをトレーニングする段階まで考慮されるべきである。出来合いのマニュアルをそのまま示してさあやってみろといったところで誰もついてきてくれはしない。このような専門家は専門家失格

である。

相手の能力に見合った方法を出来るだけ噛み砕いて、しかも原理を理解させて始めて本物の技術移転が可能となる。操作方法のポイントを図解するなどの工夫も必要となる。専門家の語学能力はオーラルのコミュニケーションにのみ関心が向けられ勝ちであるがこの様な目的を達成するためには正しくかつ相当の速さで文章を書く能力も要求される。

参考文献に示した英文資料はあくまでも筆者が筆者のカウンターパートに対して行った技術移転の一例であって参考にして頂ける面はあるかもしれないが、条件が異なればそれに応じた手法が当然必要となる。従って一つの実践例として見て頂きたい。この資料の中の一つに大気分析に関わる問題集がある。これは4年間に8回に亘って実施した基礎知識及び技術の習得状況を判定するテスト問題を纏めて冊子にしたものである。一人前の研究者になったつもりでいるカウンターパートにこのテストを受けさせるにはそれなりの工夫が要る。このテストの結果は毎回全員の得点を一覧表にしてレターと共に所長に報告し、スタッフを激励するように頼んでいる。

一度講義を聞いたり、少しでもやってみたことがあると全て知っていると言って済ませがちのスタッフに理解できたことと、未だ理解できていないことをはっきりと認識させることは技術移転を進めるうえで重要である。設問は計算問題を意識的に多くした。測定・分析・解析の業務を進める上で数量感覚の弱さが大きな障壁となっているためである。最近の機器は多くコンピューターを内蔵しているので、放っておけば計算能力を磨く機会は少ない。2つか3つの標準で検量線を書いてしまう分光光度計や大気自動計測機のデータロガのようなものは途上国では害悪である。初学者はデータをチャートから読み取って始めて肌に身につくものである。検量線も自分で書けば引き方から勉強しなければならない。最小自乗法の計算を手でやってみるのもいい経験となり理解も深まる。中には検量線が直線にならない場合もあることが分かる。

ところが途上国では、いや日本でさえコンピューター処理された物のほうが信頼がおけるかのように思い込んでいる人が多い。実験台の前に立っている時間よりコンピューターの前に座っている時間の方が長くなる。これでは力がかからない。私はみつけるとコンピューターなどいじくっている暇があったら実験台にたてと言い続けている。途上国の環境ラボにコンピューターを入れ、システム化することは結構なことであるが、柔軟な思考力の成長を妨げる恐れのある諸刃の剣である事を充分に考慮に入れておかねばならない。電卓でさえ出来るだけ使わないようにして、測定を行いながらその場でおよその値がつかめるようにならないければ臨機応変に条件設定が出来る様に進歩して行かない。フィールドでの測定・調査において例えば吸光度からおよその濃度が暗算で出せるようにならないとサンプリング

時間の設定も出来ない。画一的なサンプリングを行って、濃度計算はラボに帰ってから、
というのでは効果的な調査結果は期待出来ない。

数字に強くなると大気汚染データを有効に活用できないし、分析の過程でもとんでもない誤りを犯す。比例計算だけでも身につけば標準溶液や標準ガスの調製も目的に副った濃度で必要な分量を作ることが出来、迅速かつ無駄がない。数字に強くなるには日頃の習慣の積み重ねがなければ一朝一夕に身につく物ではない。テストの目的のひとつはこれを助長するためのものである。EMCの所長もこのテストを実施することを歓迎してくれているし、本庁（BAPEDAL、ジャカルタ中心地にある）の大気ダイレクターからもうちのスタッフにも受けさせてくれという要望があったので、それまでの問題をまとめたものである。

さて、序論はこれくらいにして各論に入るが、最後に締めくくりとして技術協力の要点を纏めておきたい。専門家はカウンターパートに動機を与えるのが第一、次は適切な指針を与える。例えば、黙っていても彼らがトライしてみたいようなレベルに合った測定分析のマニュアルを自前で作って示してやる。ここまですると、意欲のある者は質問してくる。この質問に確実に答えてやる。ただし、質問の中にはちょっと調べるとわかるものが少なくない。最初のうちは彼らが質問に来ただけでもその意欲を認めてやり、丁寧に答えてやる。しかし、自分で調べることの重要性も付け加えておく。それでも怠け者は自分で調べる労を厭う。そこで徐々に突き放していく。次第に質問内容が精選されてくる。この精選された質問にも100パーセント答えられる実力を付けて赴任して始めて専門家である。

途上国は意外に思うかもしれないが実力の世界である。先進各国からドナーが入り込んでおり悪く言えばドナーずれ、よく言えば専門家を見る目が肥えている。最初のうちは日本での肩書で生きていられるがやがて実力があるか無いかは確実に判定されるときが来る。その時その専門家の途上国における生命は断たれる。このあたりは数百年に亙り続いた藩制度の流れをくむ温情主義が基盤にある日本の組織、特に大きな会社や官庁から来た人にとっては厳しいところである。むしろ途上国では個人経営者のように独力で道を切り開いて来た人の方が向いている世界といえる。日本で孤軍奮闘して生きてきた人の方がふんばりがきく。順風のなかで生きてきた人は苦勞することになる。

各論に入る前にもう一つ重要なことを述べておきたい。それは環境基準である。環境基準が設定されているか否かでその国の環境行政の甲乙をつけるような乱暴な議論を時々みうけるがこれは大変な認識不足である。環境基準はモニタリングがあって始めて意味をなすのであって、モニタリングの無いところでは全く意味をなさない。先ずモニタリングあ

りきである。前述のように大気自動計測機が運用出来ない大部分の途上国では年間をカバーできるようなマニュアルのモニタリング手法とえば暴露法しか無い。ところが大気自動計測機が普及している先進国の環境基準をその儘持ってくるのでとんでもないことになる。パラロザニン法やザルツマン法で測定しなさいということになる。一時間毎の測定はいくらなんでも大変だから24時間連続してサンプリングしなさい等と無謀なことを求める。インドネシアでも1988年に設定された環境基準があるが地方ラボ職員に混乱を起し、自信を失わせただけである。2年前に筆者が提案して現在改定作業が進められているドラフトを示したので参考にして戴きたい。

1. 環境大気中SO₂ 測定技術

1.1 PbO₂ キャンドル法

大気汚染の歴史はばいじんとSO₂で始まり、世界の公害病患者の大半はSO₂に起因するものである。先進国では重油中の硫黄の除去（燃料脱硫）や燃焼排ガス中のSO₂を除去（排煙脱硫）する技術が開発され、SO₂による大気汚染は過去のものとなりつつある。しかし世界的に見た場合、石炭中の硫黄の除去技術が経済的に他の低硫黄燃料と競合できるレベルに達していないことからトータルでは増えることはあっても減ることは当分見込めない。排煙脱硫は石炭燃焼排ガス中のSO₂の除去には有効な対策であるが、日本の技術をそのまま持ち込んだのでは巨額の設備投資と巨額のランニングコストがかかり、この負担を途上国に期待することはできない。排煙脱硫を例に取れば、多少脱硫効率は下がっても設備投資やランニングコストの負担が途上国にも耐えられるような技術の適正化が必要である。

アジアにおけるSO₂の増加は経済成長の伸びの2乗に比例して加速度的に増加するものと予測される。産業活動が初期段階の国々では、特に自国で石油、石炭、天然ガス等の地下資源に恵まれたインドネシアの様な国では発電所やオフィスビル等は天然ガスや軽油等を燃料として使うことができる。そのため現時点でのジャカルタのSO₂濃度は参考資料に示すように世界が驚愕したほど低下した日本の現状よりも更に低い濃度である。しかしこれがいつまでも続けられる保証は全く無い。

天然資源は国の経済を支える重要な財産である。現在はそのおこぼれ程度を産業活動に回すだけで足りるほど産業規模が小さい。ラフな比較をすると、日本の昭和40年代に全国で使われた石油の量は年間2億キロリットルであった。その十分の一が首都圏で使われたと推定すればその量は2千万キロリットルである。それに対して現在のジャカルタ首都圏で使用される石油の量は年間280万キロリットルでありその内硫黄含有量の高い重油

はわずか44万キロリットルである。石炭は1.65万トンと重油の4倍程使われるがその95パーセントはセメントキルンで使われている。大雑把に言えばSO₂発生量はかつての東京首都圏の20分の一である。

環境濃度でいえば当時の東京の50PPbに対しジャカルタは5PPbである。ジャカルタの産業活動は未だ助走の段階である。これがこれから加速し、疾走し始めると燃料消費量は飛躍的に増加する。天然ガスや軽油など硫黄含有量の低い燃料を国内産業に回せる量は限度があるので、限界を超えた時に依存できる燃料は石炭、重油に向かうのが必然である。ある段階から産業活動がふくらんだ部分石炭、重油の消費量が増大すると予測される。それが何時になるかは信頼できるシュミレーションの結果を待たねばならないが、現在の10パーセント近い経済成長率から素人目にもそんなに遠い将来のことでは無さそうだ。それまでに排脱のランニングコストが大幅に下がる技術革新が進むか、石炭液化コストが経済的に見合う段階にまで至れば先進国が経験した猛烈な公害病、慢性気管支炎や喘息患者の大量発生を回避できるであろうが、その面の目途はついていない。

このような事態を未然に防ぐには信頼できる大気汚染モニタリングを継続的に実施することが先決である。この継続して実施するということが極めて重要で、継続したモニタリングデータを検討してみると色々なことが分かってくる。ところが途上国の多くはモニタリングの意味からして分かっていない。そのため先にも述べたように実行不可能な環境基準が設けられている。先ずこのあたりから行政の責任者に説いて行かねばならない。前にも述べたように行政のトップクラスはさすがに優秀な人材を抜擢してあるので説明をすれば分かってくれるものである。そこで関係者を集めて環境基準検討会が持たれる。このような会議で行政職員は少しずつ自分たちがやるべき仕事を認識してゆくというのが途上国の環境行政の現状である。

この行政部門には西欧各国から多くのアドバイザーが自国のエイド機関から、あるいは国際機関から派遣されて入っている。多いときはBAPEDALの秘書、事務職員などを除いた技術スタッフの数と同数くらい入っていた。現在に至るも若干減ってはいるもののその数は相当なものである。これら西欧人アドバイザーは一体なにを今までしてきたのだろうと最初のうちは不審に思ったものである。ある国からはBAPEDALができる前、人口環境省と言う立法措置と省庁間の調整事務を業務として肝心の規制権限を持たない役所の時代から十数年に亘って数名のアドバイザーを送り続けている。

現在インドネシアの環境行政は上記の人口環境省と双子の環境管理庁（インドネシア語の頭文字からBAPEDALと称される）が中心となり、保健省、工業省、運輸省、気象・物理庁、州政府、ジャカルタ特別区等が関連機関として行政事務、モニタリング、調査

研究などに従事している。これらのどの機関にもJICA専門家や諸外国、オーストラリア、カナダ、ドイツ、フランス、イギリス、アメリカ等の国からまた、世銀、ADBなどの国際機関から派遣されたアドバイザーやコンサルタントがいる。そのため中央官庁はさしずめ国際社会である。従って、彼らの間では激しい凌ぎあいが続けられている。日本人専門家はこれらドナーと協力する事なしに目的を達成することはできない。

ドナー間協力の最大の目的はドナー間のコミュニケーションを良くする事により技術協力の効率化を図るものである。ドナー間で今、BAPEDALのスタッフに何が求められているかを議論し、そのためにはどうしたらいいのかを引き出すのが先決である。議論無くプログラムが先行するのは単に場所を提供しているだけで協力でも何でもない。単なるサポート事業に過ぎない。ドナー間の交わりは未だ個人的な人間関係に頼っている段階である。筆者自身は外務省から言われる前から濃密な協力関係を築いてきた。メキシコ環境省在任中はアメリカ人コンサルタントDr. Walshと絶えず情報交換を行った。これは業務を進めるうえで必然的に発生したもので、誰からも指示を受けたものではない。氏からは今以て毎月ニュースレターが届く。インドネシア着任後一箇月たないうちにカナダCIDA（現在は改組してCEPI）チームの大気アドバイザーMr. Barid MannaとBAPEDALスタッフを伴ってバンドン工科大学へ共同調査に出掛け、以後エミッション排出規制基準、環境基準測定法などについて意見を交わしたり、工場排ガスの実測の依頼を受ける等の関係を続けて来た。

しかし、濃密な関係と言えばオーストラリアPCIチームの大気アドバイザー、Mr. Michael Mowle、通称Mikeとの関係に勝る者はない。たまたま彼がゴルフ好きと言うこともあってほとんど毎週グリーンの上で互いの指導方針や共同調査の可能性を話し、その後筆者宅に移動してビールと女中が作った日本料理をつつきながら暗くなるまで交わした会話は同じチーム内の日本人専門家との会話の量をはるかに凌駕していた。その結果生まれたのがジャカルタのPM調査であった。Mike氏は志半ばにして派遣機関の要請に従って帰国したが、その後は同チームのリーダーMr. Peter Standenとほぼ週一ペースでコンタクトを持っており、彼を核とするグループのアドバイザーやコンサル、大使館員らとの人脈も広がっている。

BAPEDALにいる欧米人の動きに無関心ではEMCのスタッフの方向づけは難しい。ダイレクターが何を考えているかを知るにはダイレクター自身と会うことも大切であるが、欧米人アドバイザーから間接的にムードを読み取ることも必要である。ダイレクターの秘書もキーバースンの一人である。EMCのスタッフはBAPEDALの一職員であるから当然のことながらBAPEDALの動きに敏感である。このように見えてくると、専門家はラボに閉じ籠もって技術移転さえしていればいいんだと言うわけにはいかないこ

とがご理解戴けよう。昨年末筆者宅で行ったP C I、E M C親善パーティーには世銀プロジェクトマネジャーのMr. J h o n P a t t e r s o n にも加わり午前中のゴルフの話からカラオケに打ち解けた時間を楽しんだ。

さてかくも大勢の外国人アドバイザーがいながら現実性に欠けた環境基準ができ、それがなぜ10年近くなんら取り沙汰されてこなかったのか、アドバイザー達が余程怠慢だったのであろうか。筆者の見るところでは怠慢というより畑違いの専門家あるいは専門領域の狭いアドバイザーが大勢を占めた為、広い視野に立って助言ができなかったのが一つの原因であり、もう一つは途上国側にある。いかに有効なアドバイスがなされてもそれを受け入れる器が無ければ意味を成さない。先にも挙げたようにB A P E D A Lの職員の中で技術や政策の移転の対象となりうるスタッフは百名にも満たない。そこに30名からのアドバイザーがいるとどうなるか。100名中英語でコミュニケーションできる人物と言うと先ずそれだけで30名程度になってしまう。そのなかで少し有能な人物となると更に3分の1にしぼられる。この10名そこそこのカウンターパートに30名のアドバイザーではカウンターパートからあぶれたアドバイザーがいっぱいいることになる。そのカウンターパートからあぶれた人は何をしているかと言うとペーパー作りである。

ペーパーと言っても彼らの多くは行政官あがりか、コンサルタントが主体で中には大学などの教育機関から来ている人もあるが、何か調査を行ってそれを基にして書くペーパーではない。先進国の法規や行政レポート、技術・研究論文などを寄せ集め若干の解説や脚色を加えた物に過ぎない。高官達に提案書として出されるそれらのペーパーの量は膨大な量となる。外国語で書かれたそれらの文書を根気よく読んでくれと期待できるであろうか。勤勉な日本のお役人でさえ難しいのではないか。トップエリートといえども我々が期待するほど国を背負って立つと言うような気概に燃えているわけではない。明治の建国の志のような意欲と闘志に漲った人物でも出ないかぎり辞書を片手に片っ端からそれらの文書を読み、翻訳して部下に回覧するなど言うことは有り得ない。

アドバイザーの派遣元のエイド機関はアドバイザーの評価をこの紙の厚みですと言われる。いきおい相手が読んで呉れようと呉れまいとボリュームを増やすことを考える。そこで受け取った側は枕の代わりにするくらいにしか価値を認めない。悪循環である。此の膨大なペーパーの全てが取り上げて貰えないと言うわけではない。その例外とはそのペーパーを取り上げることに因って高官個人に特別なメリットが期待できる時である。言うまでもないがペーパーを渡す時には十分にブリーフィングをして相手を納得させ、共感を得なければペーパーの存在さえ知られずに葬り去られてしまう。取り上げられた提案は〇〇プログラムとか△△プラン等の名称で事業化される。

大気では、ブルースカイ計画というのが既に5年程前に発表されていた。しかし、この計画はつい最近まで眠っていた。高官にとっては思惑が外れたものの一つである。なぜならこれが発表された時点では固定発生源より排出されるエミッションの測定ができる機関が何処にも無かったからである。せいぜい野焼きやラビシュバーニングと言われるゴミの野焼きを取り締まる位が籍の山であった。そこでEMCに煙道測定の依頼がBAPEDALから持ち込まれるようになった。環境測定だけでも手一杯であったがBAPEDALから言われると大気スタッフは抵抗出来ず、先ずNO_x、SO_xから始め、やがて産業公害防止プロジェクトに完成した実験用燃焼炉を同プロジェクトの大内リーダーと秋山大気専門家との間で両プロジェクトが協力関係を築く手始めとして、共同で煙道測定の技術向上のため利用する話が纏まりPMの測定を始めて行った。恐らくこれがインドネシアで煙道のPM測定が正式に行われた最初であったと思われる。

一度地方の工業省のラボで煙道用PMコレクターをみたことが有るが、其処のスタッフ達は基本的な知識さえ持ち合わせていなかった。以後、大気ラボには測定依頼が殺到するようになり、測定機材を車にのせ、時には飛行機に積んで全国各地を行脚するようになって仕舞った。これは予期以上の収入がBAPEDALに入り、大気スタッフにも一箇月分の給料を遙かに上回る手当が依頼企業から支払われるので自粛するように絶えず言っているのであるが止まらなくなってしまった。このような事態を避けるため検査料を高く設定したのが裏目にでたのである。独占企業だからいくら高くてもBAPEDALの指示に従って頼まざるを得ないのである。最近になってこの旨みのあるビジネスに民間コンサルタントが参入したが、需要は全国各地に在るのだから当分の間此の依頼検査攻勢から逃れられそうに無い。

依頼検査から脱却する最善の手はこの技術を早く地方ラボに移転することである。BAPEDALもトレーニングの予算を獲得してくれたのでこの春地方ラボスタッフをEMCに集めてトレーニングをする運びとなった。OECFローンで導入された機材を使って地方ラボで煙道測定が実施されるようになるまでには未だ2~3年かかるであろうが、恐らくアジアの途上国では煙道測定が全国レベルで行われる最初の国になるのではないか。筆者の目からみれば極めて貧弱な知識と経験しかないスタッフ達であるが、彼らが測定に企業を訪れると大変な信頼を受けているようだ。

話が飛んだが、PbO₂に戻る。日本では公害問題が社会問題になる前から先進自治体では昭和20年代ないし、30年代からPbO₂法によりSO₂の環境モニタリングが実施されてきた。此の方法は文献に記録がある限りでは英国で1930年代初頭、D. S. I. R無線研究所で行われている。その後、ヨーロッパ諸国、日本、北米等に広まりSO₂のモニタリングに使われて来た。その後日本では大気自動計測機の普及と自動車排ガス

による鉛汚染が社会問題になり、微粉の鉛の酸化物を使う本法にとっては冬の時期を迎えた。自治体では測定点を減らしたり、アルカリ濾紙法等信頼性のとぼしい方法に切り換えられたりした。しかし、本法の卓抜した信頼性は多くの自治体が測定点を減らしながらも根強く続けていることから分かる。この様な推移の中で本法がその面目を躍如としたのは昭和40年代半ばに行われた公害病認定患者の地域指定の線引きに果たした役割である。昭和45年から3年間に亘って公害病患者の多発した地区を中心に100~200のPbO₂法測定点が設けられ、そのデータから当濃度線図が作られ、それを基に線引き作業が行われた。この当濃度線図と患者の発生分布図がピタリと一致することがあちこちの自治体で明らかになった。

当時既に溶液導電率法による自動測定機が普及していたが、そのデータと患者分布は相関が悪かった。その時始めて世間が自動測定機の信頼性に疑義を持ち始めた。それまで自動測定機は行政官等の間では神様扱いであった。機械盲信である。機械は人間が適切にコントロールしたときだけその威力を発揮するのであってコントロールが難しい機械は人間の思うとおりに働いて呉れない。

大気自動計測機は手を尽くしてメンテしてなんとかまともなデータを吐き出してくれるに過ぎない。このようなレベルの機械にコンピュータを組み込む事の是非について誰も指摘しなかったのが不思議でならない。かつてはモニタリングデータの信頼性についていろいろな指摘が大気汚染学会等であったが、その結末はつけられていない。それどころか、安易にも多くの自治体では先に述べたようにメンテナンスを民間メンテ業者に任せっきりである。SO₂でもNO₂でもPbO₂法やトリエタノールアミン法で測ったデータではおかしい矛盾が出てこないが大気自動計測機のデータは解析すると必ず説明のつかない事態に遭遇する。

これを途上国にもってくると、メンテを行うスタッフの大気分析の基礎知識・能力不足と高温・高湿等の気象上のトラブル、更に停電、標準ガス、スペアパーツの入手困難等幾多の障壁が待ち構えている。正しいデータを継続してだし続けることは至難の技である。高感度化、メンテナンスフリーの道を進む計測メーカーの動向からして当分の間途上国では自動モニタリングステーションは機能させられない。そこで環境基準測定法は手分析法で設定する事になる。問題はどの方法を採用するかである。モニタリングを有効なものにするか否かの鍵は測定方法の選定に懸かっている。

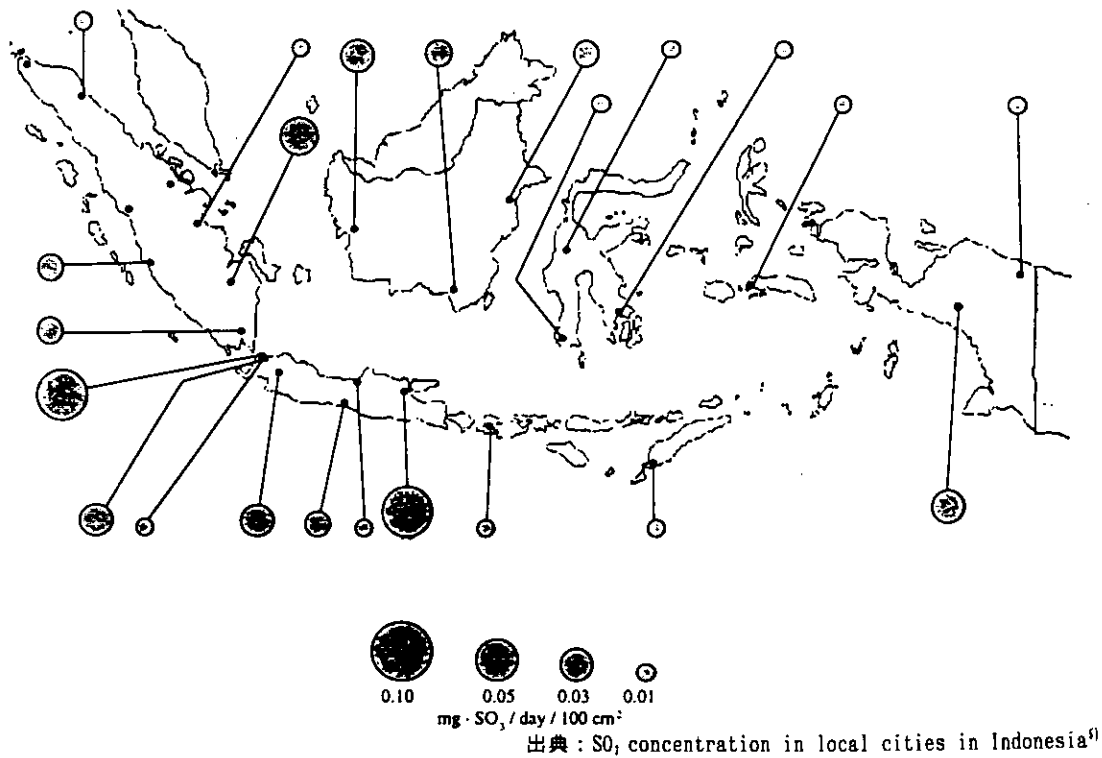
現在、多くの途上国ではSO₂モニタリングにパラロザニン法を採用しているようである。パラロザニン法は30~60分のサンプリングでSO₂の濃度を測定するべく開発された(P. W. West & G. C. Gaekke, Anal. Chem., 1956)

方法で、特定の工場の周辺で、濃度未知の遠隔の地で短時間の内に濃度測定が必要な場合、大気自動計測機の精度管理のため並行測定をする場合などに有効な方法である。しかし、長期に亘るSO₂のモニタリングには途方もない労力を要する現実性の無い方法である。

24時間値で環境基準を評価する米国で、十分な実験データに基づくことなく強引にこの方法を24時間値測定法として公定してしまったのがこの始めである。その後になって長時間サンプリングによって測定値が低下することが多くの研究者によって指摘されてきたが、一度公定されてしまうとおいそれとは変えられないのが法規の宿命である。これがWHOに持ち込まれ、米国より更に温度と日射の強い途上国各国へ標準測定法として推奨されてきたというのが筆者がジャカルタ市環境研のスタッフから聞いて分かった経緯である。

これに対し、PbO₂法で一箇月平均濃度を求める場合は何十分の一かの労力で、年間をカバーするモニタリングが可能となる。50か所、100か所のモニタリング試料が2～3時間で準備でき、分析も纏めてすることができるので極めて能率的である。資料にはインドネシア内24州で1994年から3年がかりでモニタリングしたデータをもとにしてインドネシア全国の州都におけるSO₂汚染の現状を示した。また、このプログラムを実施するにあたって行った地方行政官庁および地方ラボ職員などに対する説明会、今後この業務を地方ラボに移転していくため数度に亘って行ったワークショップの進め方についても触れている。

図15.1は得られた州都のSO₂の平均濃度である。(n=3～24)平均温度が日本の16°Cに比べ50°C(シェルター内温度)と高いので1mg・SO₃/100cm²/dayが日本での35ppbに対しインドネシアでは94ppbとなることに御留意戴きたい。ジャカルタの中心地JICAの屋上が6.6ppb、工業都市スラバヤが5.6ppbと他から抜きんでており、その次のグループは3ppb以下のレベルにある。残りのグループは1ppb以下で全体の半数を占めた。このプログラムはTEAプレート法によるNO₂のモニタリングとペアで行っており、SO₂、NO₂両汚染物質の地域分布と今後の経年的推移を把握していくうえで重要なデータである。なお、このPbO₂法は現在改定作業が進められている新しい環境基準測定法に採用されることになった。



☒ 15.1 SO₂ pollution map in Indonesia

モニタリングの実施計画、地方ラボスタッフのトレーニング、ルーチン分析の定着化、得られたデータを用いて行政への働き掛け等一つの実践例として参考になれば幸いである。資料はOECCとJICAに一部ずつ保管をお願いしたので問い合わせして下さい。近いうちにはEMC大気ラボの年報に収録する予定である。

1.2 パラロザニン法

水銀の錯塩溶液、テトラクロロマーキュレート (TCM) が不安定な亜硫酸イオンと結合してジクロロスルフィットマーキュレートあるいはジスルフィットマーキュレートとなり安定化する。主な妨害はNO₂ とオゾンである。NO₂ の妨害はナトリウムアザイド、NaN₃ を加えて除く。オゾンはサンプリング後30分の放置で分解する。現在のところ捕集効率、捕集後の安定性、妨害の少ないことで他にこれに勝る方法は無い。吸収液にトリエタノールアミンを採用した例もあるが筆者の経験では妨害のため低濃度の環境大気の

測定には適用出来ない。本法の最大の問題点は高濃度の水銀塩溶液を用いる事にある。粉末状の塩化第二水銀の秤量時の飛散に十分気をつけ、スパチュラ、ビーカーなどの容器は作業後直ちに洗浄する習慣をつける。分析後の廃液の処理については後に述べる。

本法はバッテリー駆動の小型のエアースンプラー、流量範囲0~2 l/minの流量計とトラップ用インピンジャーをセットしたものがあれば何処でも短時間のうちに空気中のSO₂を測定できるのが特長である。60リッター採気で3 ppbまで検出可能である。SO₂濃度が頻繁に0.1 ppmを越したかつての日本では10分間のサンプリングで十分に分析出来たものである。先に述べた様にインドネシアの大部分の地域ではSO₂濃度は1 ppb以下であるのでまずは検出できない。如何に水銀錯体が安定といえども仮にインピンジャーを低温に保ち、遮光するなどの万全の対策を施したとしても気温が30度を越すような条件下では100リッター採気が限界である。24時間採気などとてもない話である。

吸収液に一旦捕集した後も分解は進むのでフィールド調査では発色試薬と簡易型の分光光度計を携行し、サンプリング後30分放置してオゾンの分解を待ち、発色させ比色定量すべきである。分析の精度確保と同時に忘れてならないのが事故防止である。こどもは何処へ行っても好奇心の塊りである。ちょっと目を放した際にインピンジャーのなかの吸収液に手を触れたり場合によっては舐めてみるなんてことも起きないとは誰も保証は出来ない。彼らは調査のために物珍しいハンデーエアースンプラーを持って調査地点に着いたときからチャンスを窺っているのである。他の方法ではいたずらされてデータが取れなくなっただけで済むが、本法の場合は人命にかかわる事態が発生することも想定して置かなければならない。サンプリングの持ち場は離れてはいけない。これが鉄則である。当然の事ながらフィールドに吸収液を持ち運ぶ場合は必要最小限、通常100 mlに留めるべきである。

分析は非常に高濃度が予想される場合以外は通常吸収液全量を分析にまわす。即ち一発勝負である。標準溶液はサンプル同様調製と同時に分解が始まるのでフィールドに持ち運んでも無意味である。ラボで作った検量線を使用すべきである。発色に及ぼす影響は発色試薬添加後の経過時間と温度、パラロザニリン溶液である。これらが一定に保たれれば検量線の再現性は高い。気をつけるべきはパラロザニリン溶液の調製時に脱色のために加える塩酸の量を厳密に自分で規定しておくことである。この塩酸添加量が多いと検量線の傾きは緩やかになる。パラロザニリン試薬のメーカーによる差、ロットによる差を指摘する人もあるが筆者の経験ではポイントはこの塩酸とパラロザニリンの比が検量線の傾きを決定する。従ってパラロザニリン原液が完全に溶解しきっていない場合は傾きは小さくなる。昭和40年代前半はこの方法で何千もの測定を行なったものである。

分析が終わったら、この廃液はどぶ等に捨ててはならない。1リッターのポリ瓶を廃液専用で携行し、これに廃液を移してラボに持ち帰り、ラボに用意した10リッターのポリ瓶に移しストックしておく。このストックが7~8リッターになったら2パーセント硫化ナトリウム溶液を沈澱の発生が止まるまでゆっくりと加える。廃液は弱酸性であるので過剰の硫化ナトリウムの添加は硫化水素を発生させ有害である。終点近くなったら滴下速度は点滴にする。それでも滴下終了後は若干の硫化水素の発生を見るのでドラフト内あるいは戸外の人目に着かない所に半日乃至一日放置する。翌日、瓶の底に沈澱物が沈着したのを確かめて赤色の上清液をゆっくり捨てる。次ぎに沈澱物を1リッターのビーカーに洗い出す。2~3日放置後ビーカーの上清液を捨て沈澱物を広口の1リッターポリ瓶に移す。以上で水銀は全て硫化水銀の形で固定される。もとの廃液の量の何千分の一かに凝縮される。硫化水銀は天然の水銀鉱石と同じ化学形態であり、その溶解度は酸性下でもアルカリ性下でも極めて小さく仮に空き地に穴を掘って捨てても安全である。ポリ瓶に詰めて倉庫に保管しても場所どらず問題は無い。水銀をラボ単位で回収しようなどすべきでない。

2. 大気環境中NO₂測定技術

2.1 TEAプレート法

この方法はNO、NO₂の測定法として著名なザルツマン法(B. E. Saltzman, Anal. Chem., 1954)に遅れること約20年、サンフランシスコ湾岸大気汚染管理区のD. A. Levaggiらとカリフォルニア州公衆衛生局空気および産業衛生試験所のE. L. Kothny (Environmental Science & Technology, 1972)が大気中の窒素酸化物測定法の研究で、NO₂と共存するNOを正確に測定するためにNO₂のみを取り除くことのできる物質をアルカリや活性炭、モレキュラーシーブのような表面活性物質の中から実験により検索していてトリエタノールアミン(TEA)が選択的にNO₂のみを取り除き、しかもNOの発生も吸収もないことを見出したことに端を発する。2年後、カナダ、オンタリオ州オンタリオ研究財団のS. R. Bartonら(Proceeding for 67th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, Denver, 1974)がトリエタノールアミンを浸み込ませた濾紙をシャーレの底に貼りつけて環境測定に実用化した。

更に3年後、川崎市公害研究所の佐藤静雄ら(公害と対策, 1977)が濾紙に代えて微粒のガラスビーズとトラガントゴムでシャーレ内に固定する方法を開発し、以後多くの自治体でモニタリングに使われるようになった。筆者自身もこの方法にはいささか関与し

ており（大気汚染学会誌，1981）、この方法が受ける温度・湿度、風速の影響を数式化した。3つの気象要因のうち実際のモニタリングにおいては温度の影響が最も顕著であり、日本では平均気温 5°C の冬期と 28°C の夏期では反応率が後者が前者の1.44倍となる。

プレートを大気に暴露するためのシェルターは、降雨と直射日光を避けるため、一定の容積と耐久性を備えていなければならない。又、シェルター内の気動の大きさが測定値に大きな影響を与えるので、通風率は厳密に一定になるように設計・製作されたものでなければならない。インドネシアにおいても日本で多用されている直径15センチ、長さ25センチ、ブリキ円筒製、塗装仕上げのものを使用している。これは PbO_2 法のシェルターと本体部分は全く同じ物である。ただ、本法では野鳥が巣箱と間違えて侵入しプレートの上に巣作りすることがあるので、円筒下部の開口部にステンレスの金網の蓋を付けたのが唯一の違いである。ブリキ製であるのでインドネシアの直射日光の下では昼間 80°C 前後となる。その結果、日本の四季平均値の1.7倍の反応率となる。シェルターの形状や評価は資料の英文報告に詳しい。

以上の説明で明らかなように本法は1か月間の平均 NO_2 濃度が求められ、 PbO_2 と並べて暴露することにより同時に SO_2 と NO_2 をモニタリングすることができる。暴露法による大気測定は人為的な誤差が低く抑えられる点が最大の利点である。キャリブレーション、吸収液調製、流量制御など全く必要としない。強いていえば暴露期間の記録を忘れられる位のものである。それくらいラフなことをしていてもなんとかなるくらい誤差の入り込む隙の無い方法である。試料の表面を爪で引っ掻いたり、ビニール袋に入れたものを輪ゴムで密封するのを忘れるようなことは今まで経験が無い。サンプルを取り替えてオフィスやラボに持ちかえり、1か月も2か月も引き出し等に仕舞たまま放置されていたのを見つけて送ってくる。或いは毎月送るのをさぼって2~3ヶ月分纏めて送ってくる、というような事はあるようだ。しかし、分析値に与える影響は致命的とまでは行かない。

これくらいのことにめくじらを立てていたのでは究極の目的は達せられない。何事も経験の積み重ねが大切である。3年、5年と続けて行くうちにモニタリングとは何なのか少しずつ分かって呉れるものと希望を持たねばならない。データを纏めてコメントをつけて送り続けているうちに自分たちの役割を認識し、本当にこの仕事の一員となる。モニタリングを定着させるには息の長いアシストが必要である。この様にこの業務を続ける事により地方ラボスタッフを取り込んだ全国的な活動を展開することができ、彼らを環境モニタリングに参入させる糸口にもなっている。時々それらの地方職員をEMCに集めて試料調製から比濁法（ PbO_2 分析）、比色法（TEA・プレート分析）の分析の実地トレーニングも実施している。これまでに集団コースで6回、一人か二人でラボに入り込んでの自

主トレーニングに派遣されて来る者もある。大学や専門学校から来る者もかなりの数にのぼる。

集団コースは始めJICA予算のみであったが2年程前からBAPEDALもその意義を認め、独自の予算を取るようになった。JICA専門家の帰国と共に事業が絶ち消えとなったり、動いていた機器が止まってしまうようでは何のための技術移転だったのかという事になるが、本法に関してはその心配はない。既に地方ラボで独自に地点を増やしたいのでシェルターとガラスビーズを分けて呉れという要望が数カ所から来ており急速シェルターを追加発注したところである。

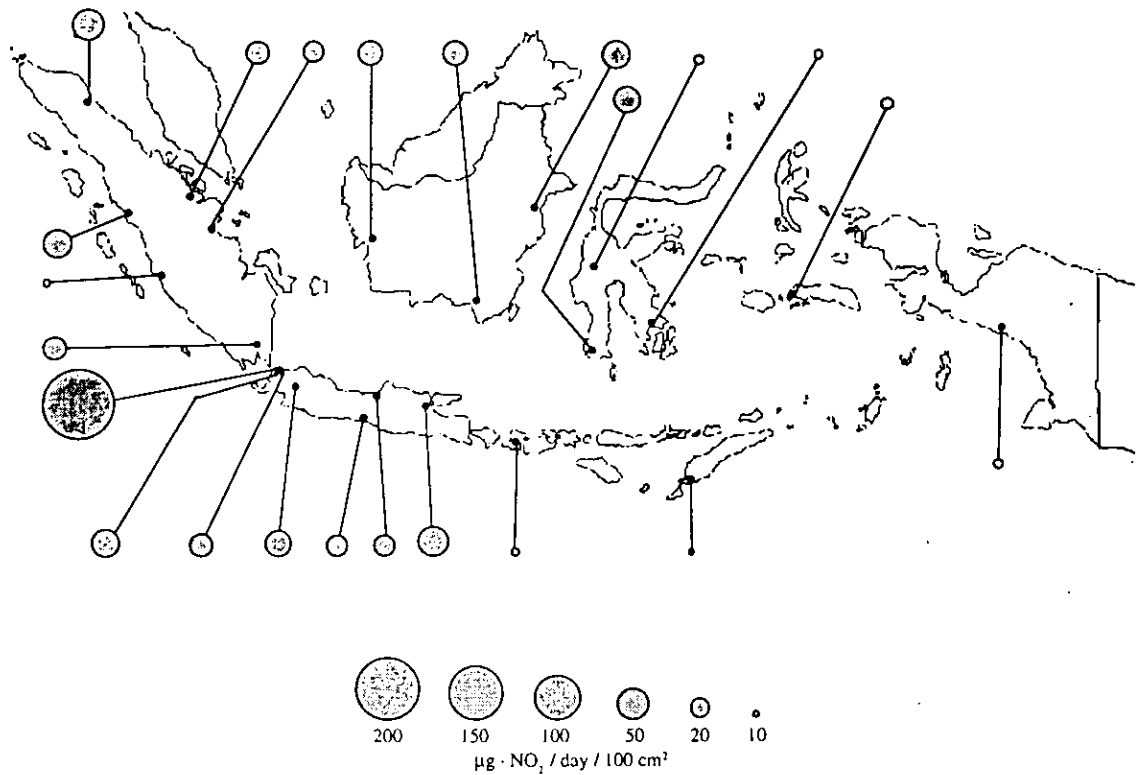
このTEAプレート法による暴露試料の分析に要する時間は全国から集められてくる50程のサンプルでも1日で十分可能であり、負担は小さい。消耗品のコストもガラスビーズを除けば僅かなものである。ガラスビーズは高価であるが、洗浄して再使用ができる。シェルターも10年くらいの使用に耐える。経済的な負担の極めて少ない大気汚染測定法である。現在、最大の負担は輸送費である。測定結果、プログラムの実施要領、データの解析結果の詳細は資料の英文報に詳しいので此处では得られた全国州都の汚染分布図のみ示す。

産業規模の小さい現状ではNO₂濃度は地方都市のモータリゼーションの進行の度合を反映したものとなっている。最高は言うまでもなくジャカルタ・タムリン通りのJICAオフィス屋上の39ppbであり、ジャカルタ市全体の平均値は幹線道路際のJICAステーションの60~70パーセントにあたる24~27ppbと推測される。他の主要都市、スラバヤ、バンドン、(何れもジャワ島)メダン(スマトラ島)等人口300万都市はジャカルタの約3分の一ないし4分の一であり、州都でありながら2ppb以下の都市が全体の3分の一を占める。

2.2 ザルツマン法

SO₂測定におけるバラロザニン法に対応するのがNO₂測定におけるザルツマン法である。TEAプレート法による一箇月平均濃度を補完して時間変動の測定、特定の場所での短時間の調査、大気自動計測機の測定値のクロスチェックに簡単な道具立てで大気中のNO₂濃度を測定することができる。但し、この方法はサンプリングと同時に発色反応が進行し、10分そこそこでアゾ色素を生成するので長時間サンプリングを続けると生成したアゾ色素が酸化分解し、褪色するので測定値は低くなる。通常、60分がサンプリングの限度であり感度が高いので10ppbのNO₂を検出する事ができる。重要なポイントは吸収速度が遅いので吸収管には最大孔径が50μmのバブラーを用い、0.3l/mi

n の速度でサンプリングを行う事である。試料空気は細かい泡になって吸収液に溶ける。



出典：NO₂ concentration in local cities in Indonesia⁴⁾

図 15.2 NO₂ pollution map in Indonesia

これまでインドネシアではこのザルツマン法が環境基準判定のための測定法に規定されていたため幾つかのラボで実測が行われていた。しかし、その方法はWHOの定める24時間連続サンプリング、しかも吸収管に先端がノズルになった普通のインピンジャーを用いるので測定値は吸収効率から真値の三分の一に落ち、長時間連続サンプリングによるアゾ色素の分解により更に三分の一以下に落ち、測定値は真値の10分の一程度になる。このような無意味な測定を10年以上も続けて来たラボもある。しかし、結果が余りにも低いのでデータは秘匿していた。筆者がジャカルタに赴任したときには既にザルツマン法の大気自動計測機やケミルミの大気自動計測機が導入されていたので、おかしいなと感じていたようではあるが大気自動計測機も信頼に値する物とは言えなかったので担当者は悩んでいたようである。

どうしてこんな馬鹿げた方法で測定しているのかと尋ねると、インドネシアの環境基準測定法に規定されているという。その基準法はWHOの指導によるものだと言ってWHOがだしたマニュアル本を見せてくれた。見るとWHOは24時間連続サンプリングせよとは言ってないが、サンプリングのリミットについてはなにも述べていない。大気の評価は24時間値ですべきと教えられている者は何も記述がなければ24時間連続で行うことになってしまう。操作方法だけ示してポイントになるコメントを付けなかったら危険こうえない。吸尿管はインピンジャーの図がはっきり書いてあった。そのマニュアルを作った人は測定の経験の無い人で、SO₂やNH₃など吸収液に溶けやすいガスもNO₂のように溶けにくいガスも一緒くたに考えたのであろう。無責任極まりない。サンプラーなども供与して測定を依頼したと思われるので当然データも一部は集まっているはずである。各国から集められてくるデータを見た時に何と考えたのであろうか。

しかし、救いはあった。ジョグジャカルタというジャワ島の東の方にある古都に環境分析をかなり手がけているラボがある。そこを93年の秋に訪問した時、40歳代のベテラ的女性スタッフから質問を受けた。彼女はNO₂の測定を続けているうちにサンプリング条件によって測定値が大幅に変動する事に気が付いたようである。どうもインピンジャー一本では集めきれないようだからマニュアルには書いてないが3本連結してサンプリングしてみたら2本目にも、3本目にもNO₂が検出されてくる。それ以上繋ぐのはポンプの容量もあって難しいので3本繋ぎで週1回24時間サンプリングを行っているという。その場合濃度はどうして計算したらいいか、というものであった。又、24時間連続サンプリングした場合の発色液の色が1時間サンプリングの時の色と違うことにも気がつきサンプリングはインピンジャーを氷水につけるという配慮までしていた。さすがの彼女も捕集が等比級数になることまでは気がつかなかったようである。

権威に盲従しているととんでもないことになる。特に権威ある組織というのは危ない。権威者と言うのは概して実務に疎い。実務のためのマニュアルは実務に強い人が作るべきであるが例えそういう人がメンバーに入っていたとしても一般に発言力は弱い。学識経験者と呼ばれる御老人の鶴の一声で肝心な部分は決まってしまう。一旦決まってしまうと事務方に任せてしまっ自分たちが決めたことが正しく記載されているか確認する努力を怠ってしまう。権威に頼っていたら真実は見えてこない。信頼できるのは自分だけだ。書いてある物は参考資料に過ぎない、自分の方法を確立せよ。これが日頃筆者がスタッフ達に言っている言葉である。

たとえば、JIS等のマニュアルで或る物質の分析に20の操作が記載されているとする。それらの操作はすべてが同等な重みを持っていることはありえない。通常、測定値の90パーセント以上を支配するのは4つか5つの操作であとの15、6は残りの10パー

セントの為の物となる。機械の部品が10パーセント違ったらこれは使いものにならない。しかし、環境分析では20パーセントは許容誤差である。こういふと、誤差は少なければ少ないほどいいではないか、より完全を求めるのが研究者の態度ではないかという反論がある。そういう人がどれくらい精度の高い分析を行っているかとくと拝見したい。人間はロボットと違う。ロボットなら例え0.1パーセントの誤差でも抑えられるものから抑えるようにセットすればいい。精密機械ならミクロンのレベルまで制御する事も可能であろう。

しかし、環境試料は先ず恐ろしく低濃度であり種々の妨害物質が混在している。サンプリングの過程で吸着したり分解したり逆に生成したりする。サンプリングしたあとも分解、吸着等の変化は必ず起こる。完璧主義者はもう自滅である。自滅しないためにはマイナーな誤差を思い切り良く切り捨てることである。JISにはこの切り捨てるもよい操作と重要な操作の区別が書かれていない。20の操作を同じ比重で求めている。これを途上国にそのまま持ってくるべきではない。日本人の相当優秀な人でも英語版のJISをみて自分が今までに経験の無いサンプルの分析をやれと言われたらできるであろうか。日本人でさえ逃げ出すようなことを途上国の人に求める愚かさに気がつかなければならない。仮に手取り足取り教えてそのときはできるようになったとしても、2、3か月もすれば完全に忘れてしまう。これがポイントが絞ってあれば忘れにくくなる。操作はポイントだけに絞ってマイナーな部分は解説に直してやればどれほど取っつきやすくなることか。

基礎教育のレベルを無視した技術移転は砂上の楼閣を築くだけである。自動車の修理、ラジオ・テレビの修理要領をマスターさせるのとはわけが違う。部分だけでなく、全体が見渡せる能力が育たないと本物の環境研究者にはならない。基礎から積み上げて行った場合はたとえ完成の域まで達しなくても後輩に、次世代に受け継がれる。かつてのメキシコではアメリカEPAの指導でPMの鉛の分析を行っていたが、研究者を育てるのではなく流れ作業の工員と同じように一工程毎の作業を教え込んだのでデータを評価できる者がなく、行政官だけがデータを握っていた。行政官ではデータの信頼性を判定できず疑心暗鬼であった。ラボをデータを製造する工場としか見ないと優秀な人材が集まらないしラボとしての能力の向上も期待できない。

さてザルツマン法の実施にあたって最大のポイントは300 ml/minという低流速をいかに安定して得るかと言うところに在る。積算流量計を用いるのは最もてっとり早い方法である。しかし、これとても遠隔地まで出掛ける場合は結構な荷物になる。ハンダーエアサンプラーでいかにして安定した流量を維持するかを体験させる。ここで色々な試行錯誤を繰り返す。この過程で学ぶ自然の原理・法則はは確実に技術を向上させる。吸収バブラーのガラスフィルターの孔径の粗いものは吸収効率が低下する。また、細かすぎた

り目詰まりした物はバッテリー駆動のサンプラーで流量が得られなくなる。バッテリーを新しい物に交換しても流量が得られないときは、目詰まりを疑って見るべきである。これを無理に力の強いポンプで引くとリークを起こしたり特定の孔だけを試料空気を通るようになり吸収効率が低下する。泡の立ち具合を日頃よく観察していれば判断できる。吸収効率が測定値に大きな影響を与える事は前に述べた通りである。時には数本並べて同時測定を行いデータを比較すべきである。10パーセント、20パーセントなんてものではない。不良品は半分のデータしか得られない事もざらである。こういうポイントはJISには書かれていない。

フィールドではサンプリング地点周辺の地図、サンプリング時間、風向・風速、交通量などの必要情報を記録する。風向・風速は計機があればそれに越したことはないが、たとえば1センチ角の紙片を目の高さから落下させて落ちた方角と距離を記録しておくだけでも結構な目安となる。工場周辺の調査であれば燃焼施設の種類、規模、可能であれば1日当たりの燃料使用量その他の情報を工場責任者より聴取する。サンプリング後現場で吸光度が測定できるように簡易分光光度計を現場に携帯する。電源が得られにくいと予想される場合はバッテリー駆動のものが便利である。廃液はポリ瓶に移して持ちかえり大量の水と共に流しに捨てる。

3. 降下ばいじん測定技術

英国では1912年に大気汚染委員会が組織され、降下ばいじんの測定が本格的に開始されている。この時に現在の英国規格デポジットゲージが用いられている。(Shaw & Owens; The Smoke Problem of Great Cities, London 1925) 産業革命期以降、英国では大気汚染の指標として降下ばいじんの測定が行われていた模様である。同書には英国各地の測定データが掲載されている。日本においても昭和10年代にいち早く煙の都大阪で測定がスタートしている。昭和20年代になると全国の産業都市で測定が開始され、大気汚染の歴史をひもとくと降下ばいじん測定が果たした役割は計り知れない。川崎、宇部で百トン以上の降下ばいじんが計測されたのはそんなに昔のことではない。この様な地道な仕事がどこの途上国でも最初に手がけられるべきであったのにデータを探しても見つからない。

この測定がこれまでに途上国各国に技術移転されていれば各国の大気汚染のレベルはおおよそ見当が付けられるし、それぞれの国での大気汚染の経過もたどることができるのだが残念な事である。使えない高価な大気自動計測機はどこの国へ行っても必ず1つや2つあるのに何分の一かの値段のデポジットゲージが無いというのは何故であろうか。ODAは

物より人だと耳にたこができるほど聞かされるが、これは日本ばかりでなく全てのドナー国に共通しているのではなかろうか。好意的に見るとデポジットゲージは大気自動計測機ほど見せがみが無いので何処かにしまいこんでいると考えられないこともない。それにしてもデータが無い。

液クロやガスマスを供与された途上国の環境ラボのスタッフ達はベンツピレンだのPCBだのの測定技術を移転される。彼らのレベルは多くTSP（総浮遊粒子状物質）さえも正しく測定できるレベルに達して居ないというのに。ハイボリュームエアサンプラーでグラスファイバーフィルターに採取したTSPを天秤で量り、濃度を計算するという作業さえ正しくできる途上国環境ラボはそんなに多くない。そのため国際機関が発表するTSPデータは信じられない。その原因はサンプリングポイントが考慮されていないため車の走行に因って巻き上がる土砂を拾ってしまう。粒子の測定だからと言って道路端にハイボリュームエアサンプラーを設置する。道路は路肩が未舗装である場合が少なくないし場合によってはこの未舗装の所をトラックなどが追越しのため走る。そのとき生ずる砂塵は猛烈である。

浮遊粒子状物質（PM）の定義をしっかりと認識していない者は一時的に空气中に舞上がった粒子も永続的に大気中に浮遊している粒子も同じに考えてしまうのは致し方ない。色々な国際機関やドナーのアドバイザー、専門家が怠慢であったか、声が小さかったか不明であるが何れにしても途上国の人は分かっていない。だからWRI（世界資源研究所）の発表するTSPのランキングは道路舗装率に逆比例する。中国、インド、インドネシアときて、そのあとイラン、タイと続く。このWRIのデータブックは環境国際機関のトップに君臨する権威あるUNEP（国連環境計画）の報告書がソースである。もう一つ秤量もあぶない。恒量が分かっていない。

そういう基本的な事をしっかりと教えずに彼らにハイボリュームエアサンプラーでサンプリングさせ、そのフィルターを自分のところに送らせて分析し、発表している環境研究者が先進国にいっぱいいる。このようなレベルの人にベンツピレンの分析法を教え込むことが如何にナンセンスなことか。途上国の環境ラボは研究のための研究などやる金も無いし、暇もない。すぐにでも行政を支援するデータを求められているのだから。自分でサンプリングして持ちかえり正確な分析結果とコメントを付けて提供してやるのが一番役に立つ。昨年タイのバンコクで開かれたASNEMのワークショップはPAH、すなわちベンツピレン等の多環芳香族炭化水素をテーマとする物であった。PAHとは何かという勉強会であればまだしも、分析を将来手がけるとっかかりとする会のようであった。PAHに飛びつく前に降下ばいじん中のタール総量を求めた方が余程信頼できる。不思議なことに日本にもアメリカにもPAHと降下ばいじん中のタールやTSP中のタール分との相関を出し

たデータが無い。多分非常に高い相関が認められると思う。

途上国の人達は先進国で今やっていることを自分たちも遣ってみたいと考える。これは当然の事である。この要求をストレートに満たしてやるのが専門家の仕事だと考えたら大変な間違いである。彼らは物事に順番があることを知らない。それを相手に教え、納得させなければならない。NO₂やSO₂が正しく測ることのできないラボでPAHの測定などありえないことを理解させる為には大気汚染の基礎理論、先進国が辿ってきた道のりをきちんと教える事から始めるべきである。できるものなら最初3年間位は実際の測定分析より理論と基礎教育、特に数学と作文、文章で自分の考えを相手に知らせ説得できる能力の向上に向けるべきだと最近つくづく思っている。数量の概念と思考する習慣を鍛える。これが将来本物の研究者に育て上げる正道である。

現在EMCプロジェクトが突き当たっている最大の壁は基礎教育の部分を怠ったまま実際の測定分析の技術の移転に集中してきたためカウンターパートが日銭稼ぎの依頼検査に走ってしまっている事である。1泊2日でバンドンまで出掛けて測定をしてくと1か月分の給料と同じ額の手当てが入る。普通、2泊3日時には1週間、2週間ということもある。手当てがタッフに入ると共に高官には莫大な検査料が入る。だからいくら制限せよと言っても馬の耳に念仏である。この依頼検査のデータをチェックできる人間がいれば依頼検査と言えども厳しい仕事になり技術の向上に資する所があろうがデータは全くのフリーパスである。筆者には困ったときだけ聞きにくる。この困ることが時々あれば幾らかでも彼らの将来に役立つのだが、依頼検査でする事は決まりきっているので知らないうちに検査結果を出してしまう。その成績書は見せたがらない。依頼者が手強い時などに時々伴って来るくらいのものである。結構、要領は心得ている。

つい先日も工場周辺でサンプリングした試料の炭化水素濃度を測定したいが、あいにく炭化水素計がアラームを出しているのみでみてくれというので取説を10回も読めば必ず直ると突っぱねたところである。専門家たるものはカウンターパートの生活を無視しては指導は出来ない。知っておくに越したことはない。インドネシアの役人の給料は基本給は極めて低く抑えてあり働き口のない人を何時でも受け入れられるようになっている。役所の大部屋にいる人の多くは机だけで、書類もタイプライターもない。一方、コンピュータを机に置いた女性秘書は結構エライ人なのである。きちんとした仕事があるから。専門家は秘書を無視しているとしっぺかえしをくらう事になるからご注意を。彼女たちの情報伝達力は役所の中では飛び抜けている。ダイレクターや次官は有能で美人の女性職員を日頃からそれとなく物色し、機会があれば引き抜くこともあると聞く。

低い基本給を補うには金儲けをしなければならない。公然と金儲けのできる場所と言

例えばBAPEDALの場合、検査料の入るEMCしかない。そこで、BAPEDALの高官を通じて依頼検査が次々に来ることになる。たまたま、きょうの新聞（Jan. 30, 97, Jakarta Post）にも通商産業省で税金のかからない1,600万ドルの収入が予想され、それは省内の諸活動に使用され国庫には入らないということが明るみになったと言う記事が出ている。稼ぎの少ないところは基本給だけに甘んじなければならない。基本給は国の定める最低賃金とほぼ同額、仕事をすれば手当てで報いる。合理的と言えば日本の役所よりよほど合理的である。一日に書類を一枚書くだけでも一人前の給料が貰え、他人の4～5人分の仕事をして雀の涙ほどの残業手当てが付くに過ぎない日本のシステムの方がおかしいのかもしれない。日本の組織体は封建時代の名残で社員、職員は大きな一家の藩臣である。藩主は藩臣が路頭に迷わないようその妻子のめんどうまでみなければ世間の非難を浴びる。そこで能力のある者も無い者もそこそこ平等に処遇されるということになる。

しかし研究所で、しかもEMCのように誕生間もなくこれから研究所としての能力を向上させて行かねばならない所でこれが昂じると金が入らない仕事はやらない、ということになり単なる検査機関に終わってしまう。国家行政を支えるシンクタンクにならねばならないところが小さな金儲けに目が眩んでいたのでは大変な損失である。モニタリング、データ整理、レポート作成、調査研究活動にも依頼検査と同額の手当てが支給されるように予算を獲得しなければならない。環境モニタリングに相応の予算を取り、担当者に公平に配分して始めてモニタリングは軌道に乗る。OECFのローンで地方ラボに環境モニタリングに必要な機材が入り、地方ラボ職員が十分な能力を付け、それに必要な予算が組まれる。この三拍子を整える為にはEMCの中でいくら大声を出しても届かない。行政のトップクラスに粘り強い働き掛けを続けて始めて実現の方向に向かうのである。JICA専門家は技術移転さえしていればいいでは済まされない。其処で、行政官庁に入っている欧米人ドナーとの協力が大きな意味を持つてくる。

ドナー間の協力で最大の障壁は途上国政府との関係である。政府高官達はドナーが強い協力関係を持つことを恐れる。バラバラのドナーが幾つあっても高官達に取って恐ろしい存在ではない。ところが、二つ以上のドナーが団結してものを言うようになると個別の場合は無視できることでも無視できなくなる。仕事が大きくなればそれに応じて金額も大きくなる。自分一人の裁量で動かした金も自由を束縛される。これでは高官にとっては居て貰いたくないドナーとなる。従って、ドナー達が集まって会議を持つような事は難しい。ここらを胸に納めたうえで遣らないと足を掬われることになる。欧米人同士は長年の経験でこのあたりの阿吽の呼吸を十分心得ているので勇み足を食うような事はしない。

さて、降下ばいじんのデータの有効性は先に述べたが、降下ばいじん測定をすることの

メリットはもう一つある。それはあの重い雨水をサンプリング地点まで出掛け、回収するという作業一つ取っても実物に触れると言う点で大気自動計測機の測定では得られない生の体験となる。色々な粒径、色、形を観察して周りの環境との関連を考える。先進国の環境研究者は汚染が一段落した今は機器の中に埋没してしまって五感を働かせる機会が少なくなってしまう。専門化が進んで狭い領域のことしか興味がない、知らない、と言う人が増えてしまった。これでは広い視野で環境をみて発言してゆかなければならない環境の専門家としては失格である。全体が見渡せてかつ専門領域を深めるのであればよいが、そういう人は少なくなってきた。機器で自動分析してコンピューターで解析し、現場は良く知らないと言う人の話は信用しないことにしている。

ところが途上国の人達は日本人以上にカッコ良さに憧れる。一見高尚そうに見える仕事は重要な仕事で、泥くさい仕事は価値の低い仕事と決めつける傾向が強い。たとえ自分はそう思っていないでも周りの人がどう思うか考えて見栄えのする事を遣りたがる。途上国の多くのラボで働く人達は国民大衆からみれば上流階級の部類に属する家庭の出身者である。重い瓶を担いだり、油で手を汚すような事は使用人たちの仕事で自分でやったことはない。自分が食べた食器だって洗った経験がない。日本流に言えばお嬢様、お姫様である。そのおひめさまが20キロもある汚いポリ瓶を運ばなければならない。これは大袈裟に言えば彼女たちに意識革命を起こさせる。研究所のスタッフと言え白衣を着て高価な分析機器をあやつるカッコのいい仕事だと憧れて入所してきた夢を叩き潰すのがJICA専門家の重要な仕事となる。

少し様子が分かって来ると彼らから出る言葉は降下ばいじんの測定は他の国でやっていない古めかしい方法でなぜインドネシアで今から始めなければいけないのか、測定値はppmで表せない単なる指標値に過ぎないではないか、と言った類のものである。この質問に正しく答え、納得させることができないとこの仕事はそこでストップしてしまう。なんせ苦勞してやっても金も入らない、周りからもうらやましがられるような仕事とみてもらえない。彼らは今でも大気自動計測機を自分たちだけでオペレートし続けられると考えているようである。このオペレートし続けられると彼らが安易に考えてしまう原因は彼らの余りにも弱い数量感覚からきている。実験に困って生ずる誤差を認識させることは何にも増して優先させるべきである。

たとえば今朝、PM (Particulate Matter) の担当者と話したことであるが、現在天秤室の湿度コントローラーが故障しているため室内の湿度が大幅に変動する。ミリポアフィルターに補集したPMを測定するのであるが、天秤の指示値が0.5mg幅で変動するという。その原因が湿度の影響なのか、気流の影響なのか確認していないが。夫はさておき0.5mgの変動は測定値に最大何パーセントの誤差を及ぼすかと

問うたが返答は得られなかった。10ミクロンカット付ローボで通気流量 20 l/min、24時間サンプリングで連日測定をしていれば補集されるPMの量は1mgから2mgの間であることが頭に入って居ないようでは何を考えて毎日仕事をしているのかと言われてもしょうがない。数量感覚が発達していれば覚えようとしなくても自然に頭に入ってくるものである。

先日、ジャカルタ湾に浮かぶレジャールアイランド、プラウ・スリブと呼ばれる所で環境保全対策に関するセミナーが開かれた。そこでEMCのあるスタッフの講演要旨の中に室温測定結果の表があった。その測定値をみると27.5、28.2、29、29.3、29.6、30、と記載されている。そこで、この29というのは29.0のことかと質問すると、きょとんとしている。これだけ身近な事でさえ実感がないのであるから、サンプリング誤差、抽出誤差、秤量誤差などを推定して有効数字のケタ数を決めよと何度言っても理解出来ない筈である。分析は常に誤差との戦いである。大気分析で20パーセントは許容誤差だと言うと一般の人はラフな仕事のように思うがこれは厳しい数字である。

例えばSO₂の測定をパラロザニリン法でハンデーエアーサンプラーを用いて行くとすると採気流量で5～10%の誤差は避けられない。吸収液への補集効率で5～10%、補集後分析までの間に生ずる分解で5～10%、分析の過程で5～10%、と誤差が積み重なれば20%に達してしまう。誤差は相殺されるばあいもあるが、積み重なる場合もある。積み重なった場合を想定して対処すべきである。20パーセントの誤差が推定されれば測定値は有効数字2ケタがやっとの筈である。これを繰り返して言ってもなおNO₂の測定結果を3.465ppbなどと書いて持ってくる。小数点以下を抹消してやると不満そうな顔をしている。上記のセミナー参加者で本当に質問の意味が理解できた者がどれほどいたであろうか。

大気自動計測機が刻々データを打ち出す環境の中に居て降下ばいじんの分析など時代遅れと考えるのは当然と言えば当然である。但し、夫には大事な前提条件がある。それは大気自動計測機が何時も正確な測定値を供給してくれるという。しかし、大気自動計測機を正常に作動させることは並大抵の事で無いことは繰り返し述べたとおりである。この並大抵ではないことを彼らに実感させるためにはトラブルが生じても手助けしてやらないこと。夫によってデータが一時欠測になったとしても、トラブルを克服する努力を彼らがすれば其処から得られるものはずっと大きい。今はデータより本物を見つけだす手助けをしてやる時だ。ルーズになった筆者の言い訳でもある。

降下ばいじん量のモニタリングがいかに環境分析の入門者に有効かを導入に当たって認識を新たにされたい。モニタリングデータが重要であるのに劣らずルーチン化する事によ

って得られる教育的効果は大きい。途上国の科学教育は多く欧米の教科書の受け売りの講義が中心をなしており、実験の割合が小さい。高価な分析機器が手を触れてはいけない科学館の展示品と同等扱いになるのはある程度止むを得ない。破損しても教師が直せないし、業者に来てもらえば眼の玉が飛び出る現状を考えれば。しかし、試験管、フラスコ、ビーカー、天秤など最小限の機材を用いる操作も経験することなく大学の理工学部を卒業してくる。降下ばいじんの分析においては先ず第一に濾過が必要である。アスピレーターを用いて吸引濾過の方法を教え、1、2か月経ったある日、担当者が濾過作業をしているのを見ると20リッターほどのサンプルがまだ半分も残っているのに既に濾紙が真っ黒になり濾液が滴下レベルの速度になってしまっている。それをどうしたら手早く濾過できるようになるか考えようとしなさい。

これが従来のインドネシアの文化なのであろう。自分は定められた方法にしたがって作業をしているのであってそれ以上なにをあくせくする必要があろうかと。物事は自然にしたがって生きるべきで、定められた方法を自分で勝手に改良するなどむしろ悪であると考えているのかもしれない。黙ってみていると一週間経っても一つのサンプルの濾過が終わらない。莫大な水と時間の浪費である。そこで、20リッターのポリ瓶からいったん2リッターのビーカーに上澄み液だけを移し、上澄み液だけを最初に濾過し沈澱物は最後まで残せと言って翌日行くと相変わらず濾過を続けている。ビーカーのサンプルを綺麗に全部流し込んでしまったのである。ビーカーには上澄み液を入れたのだから夫は全部濾過してもいいと思ったようである。

かように濾過一つからでも学ぶところは多い。自然の原理を分析の基本操作から学ぶ、これは本物である。文化に基ずく思考方法を科学的な思考方法に変えていく。大学などの教育機関では文化と調和の上になされてきたように思える。ひげを生やし、威風堂々と講義をし、実験などに手を出さないのがエライ先生として学生から尊敬されるのかもしれない。降下ばいじんの分析ではボタン操作では行えない基本操作が求められ、これが正しく行われないと測定値は信頼できないものとなる。濾過が終わった濾紙を天秤にかけて不溶性物質総量を求めるまでの操作を見ていると次々と思ってもよらない発見をする。濾過が終わった濾紙を先の尖ったピンセットではぎ取ろうとする。案の定濾紙はピンセットに小片を残してはぎ取りに失敗する。その小片をどうするか見ていると、ごみ箱に捨てようとするではないか。濾紙の端が白く、粒子が付いてないので測定値に影響しないと考えたようである。あるいは失敗を見つからないようにと慌てたのかもしれない。

このような現場を目撃したときは日本であればその場で注意するのが効果的であるが、インドネシアの場合は余程気心が知れ、周りに人が居なければ冗談を交えながら注意をすることも出来るが、先ずは避けるべきである。彼らとのコミュニケーションを良くするに

は冗談無くしては不可能と考えた方がよい。そのあと濾紙の乾燥、秤量と操作は続く。乾燥には概して時計皿など小さな容器を使いたがる。10グラム程の試薬を量り取る時も5、6センチの時計皿を使って山盛りに盛って量っている。試薬を秤量するときは時計皿を使えと教えられたことを忠実に守っているのだろう。これも誤差の観念が無いことから来ている。秤量ではサンプルが恒量になるまで4回は繰返せと言うと、4つの測定値の平均を取っている。

以上のような基本的な事は教科書に書かれていなくても、また人から教わらなくても自然に体得されて行かないと本物とはならない。タール分の測定ではアセトン抽出を行うが、フィルターを適当に折り畳んでソックスレー抽出を始める。濾紙表面の粒子が遊離して受器に落ちてても疑問を感じない。ソックスレーをセットしてヒーターをオンにしたら仕事は終わり。あとは何が起ころうと私の知ったことではない。じっと観察するという習慣・興味は希薄である。この観察眼が身につくと実験の精度は大幅に向上するし、大気自動計測機など大抵のトラブルは自分で直せるようになる。一つひとつの実験操作でじっくり観察し、その結果を考察する。これが出来るようになれば一人前である。

デポジットゲージとダストジャーの比較、ジャカルタとEMCにおける測定結果は資料の英文報に詳しい。

4. 固定発生源PM測定技術

煙道中の粒子状物質 (Particulate Matter, PM)、日本では広くダスト (Dust) と呼ばれるが室内のほこり、砂ぼこり、紙屑まで英語ではダストである。誰が最初に命名したか筆者の知るところでない。これを補集するホルダーはダストチューブ呼ばれている。しかし、測定の対象はあくまでも燃焼によって生ずる微粒の粒子状物質である。粒子状物質であればParticulate Matterと表現すべきであろう。ちなみに米国環境保護庁のテストメソッド (Manual of Test Methods, 1995 Edition) によれば、Particulate Emissions という用語を使っている。又、国際規格ISO-9096ではParticulate Materialが使われている。JISの委員会は年に何度も開かれ、測定法の精度向上のため討議が行われていると思うが、この用語が不適切との指摘がこれまでどの委員からも発議されなかったのではなかろうか。

慣習的に用いられてきたとおもわれる言葉を一度JISの正式用語として採用した以上おいそれとは変えるわけに行かない。この一語を変えるとJISの書き直しが大変な作業となる。それを恐れているのだろうか。しかし、英語で技術移転をおこなうとこのダストは引っ掛かる。同じことがSPMという用語にもいえる。国際的に広く使われているTSPとSPMの差は何なのか。やはりこれも分かりやすいPM-10にすべきでないか。質

問されると日本の島国根性の恥を曝さねばならない。今やPM—2.5の時代に突入している。日本語表記は塵埃であろうと粉塵であろうと粒子状物質であろうとかまわない。しかし、カタカナ用語はネイティブに従うべきでないか。

EMCは環境プロジェクトの中で最も成功した例であるというので実に多くの来訪者がある。それらの多くは環境をテーマとして研究していると言う触れ込みでやって来る。折角インドネシアまで来たのなら大気のスタッフと意見の交換も少しはしてくださいとミーティングルームに引っ張り込み、大気汚染の話を始めるとその余りにも貧弱な知識にしばしば驚ろかされる。それが大学の研究者であったり、高名な研究機関から来たのだと言うと筆者の方がはずかしくなる。後からスタッフ達に彼らは実は日頃は別の分野の仕事を専門としている人達で大気分析に関しては門外漢なんだよと言いつてをしなければならぬ。

資料のPM測定法は筆者の経験にもとずいて誰からも指図されずにドラフトした物である。要請はBAPEDALの大気ダイレクターからあったが、文章そのものはすべて筆者のオリジナルである。拝借したのは図の一部だけである。大気汚染学会とかJIS委員会等の承認は得ていません。これがインドネシア環境管理庁の大臣令として近く出ます。大臣令ではすでに排出基準値は主要4業種、石炭炊き火力発電、鉄鋼、セメント、パルプを対象として出されたが測定方法をEPAメソッドをそのまま持ってくると問題点が色々でてくるのでEPAメソッドは御真映に掲げておいて実質的な方法と2本立てで出すことに数回に亘るアドバイザー、専門家をまじえたBAPEDAL内の検討会の結果決まったのである。

煙道中のPMの測定の基本事項となるのは等速吸引である。日本の研修機関へEMC発足前に行った事のあるスタッフはIsokinetic samplingという用語を知っていた。93年3月の赴任当時筆者はこの言葉を知らなかったのでEquivalent velocity samplingなどと勝手な造語を使っていた段階であったので、結構豊富なテクニカルタームを知っているのだなあと感じたものである。しかし、しばらく後なぜIsokinetic sampling. が必要なのかと問うと見当違いの答えしか帰ってこない。特定の用語や断片的な操作方法は奇妙におぼえているのだが肝心の原理が分かっていない。

途上国の技術スタッフのこうした特質を知らない日本人は彼らのこうした断片的な知識にすっかり騙されてしまう。コミュニケーション手段が覚束ない人は尚更その傾向が強くなる。通常彼らの方が英語で話すのは慣れているから圧倒される。そこで機器分析の超微量分析なども彼らにできるなどと思って仕舞う。所が現実には秤量、濾過、抽出、など基本

的なことさえ正しく行える者は少ない。

8等分したサンプルのひとつを100mlの液体で目的成分を抽出し、その液1mlを分取して分析したら1.6 μ g在った。もとのサンプルぜんたいには幾ら在ったでしょう、等とやるともうお手上げである。分析のフローがあってその通り進める場合はなんとか出来ないこともない。しかし、機器に入れるまでの基本的な処理の段階で飛んでもない誤りを冒しているところまでは目が届かない。従ってできるものと信じてしまう。そこで超微量分析といえど教えれば分かると言う。分析のある断片だけを移転したのである。教えられた者は高度な分析を自分はマスターしたと思っているが何のことはない職工さんと変わらない。こんな事はいくらやっても積み上げられて行かない。記憶力は悪くない。むしろ筆者などよりずっと良い。しかし、理解のできていない記憶は時にマイナスに働く場合だってあり得る。原理をきちんと理解している場合は一つひとつは忘れても応用力があるから大きな誤りを冒さないし、類似のケースに役立てられる。此の積み重ねが技術力を高めるのである。

煙道ガスは環境大気と違って大きな慣性を持っており、粒子はガス体の様にホモジニアスに分布していないからだ、とある時教えると良く記憶していて別の機会に尋ねるとInertia momentがあるからだ、と答えてくる。良く記憶していたな流石だ、と褒めながらそれでは慣性があるとなぜ等速吸引の必要があるのだと聞くと、Inertia momentがあるから当然でしょ、とそっくり返っている。それ以上聞くのはインドネシアは何故此処にあるのかと聞くようなもんだ、と言う。この発想の根本を最近自宅の女中との会話で、なるほどインドネシア人の発想はあくまで神にあるのだと納得したものである。その会話は筆者が今此の世にある起源はなにかと言うものであった。それは海中にある時発生した蛋白質だと答えるとその蛋白質はどうしてできたのだと言う。そしてそれは神様が作りたもうたのだと2人してやり込められてしまった。神の偉大さは日本人の想像をはるかに超えるものようである。この神にあずける考え方は彼らが窮地に立った時の身の処し方、処世術とも考えられないこともない。

インスペクション目的の煙道測定はその煙源が基準値を超えるPMを出しているか否かを判定できればいい。通常は測定値が真値の2分の一から2倍の範囲に在ればさしてかまわない。七面倒くさい方法を求められて実行しないより、たとえかなりの誤差を含んでいても遣った方がよい。これは環境測定との根本的な相違点である。規制のための測定は多少ラフな方法でも頻繁にやれば確実に効果は挙がる。頻繁にやることが発生者により強いインパクトを与えられる。頻繁にやれば多少は要領も分かり測定誤差も低くなる。特に排出基準値に近い発生源に対して効果的である。あぶなっかしい屋根の上、熱い煙道の上、荷物を持って猿梯子を登ったり、狭くて危ないステージの上で精度の高い測定値を求めるな

どどだい無理な要求である。精度が高いに越したことはない。しかし、測定現場の実情を無視した方法は実際の現場で無視される。

筆者の経験の最初は30年程前の日本の自治体である。対象施設は大半が清掃局のゴミ焼却炉であった。我々が必要機材を清掃局がさしむけたライトバンに乗せ現場に着くと担当者が出てきて、御苦労様ですと言ってお茶を出してくれる。お茶を飲んでいるうちに焼却担当の技師が集塵サイクロンのスイッチを入れる。測定するとき以外は集塵機は止めてある。集塵機が動き出して15分位たったところで測定にかかる。グラスウールをつめた硝子製のPMコレクターを石綿のパッキンをかませたアダプターに通し、そのアダプターにステンレスパイプをねじこむ。此のパイプに長い耐圧ゴム管をつなぐ。ゴム管は地上に垂らし、地上ではこのゴム管をグラスウールを詰めたミストトラップに繋ぐ。更にもう一本のミストトラップのあと1回転5リットルの湿式ガスメーターに、最後に真空ポンプに繋ぐ。これでPMサンプリング装置のセットは終わり。

PMコレクターを測定口に挿入する前に熱電対で温度を測定する。静圧、動圧の測定、等速吸引の計算など一切しない。測定口から見える煙の流れから流速10メートルと決める、職人芸である。PMコレクターのノズル径から吸引流速を決める。わずか2、3分でサンプリングが始まる。最初、煙道の手前、次ぎにPMコレクターを変えて煙道の中央部でサンプリング、更に煙道の奥でサンプリング。これを2サイクルやってサンプリング終了。終了時にミストトラップにたまった水の量をはかってすべて終了。後は荷物を車に積み込み、清掃局が用意してくれたおそがけの昼食を食べ、帰途につく。

この時の測定データは一体どれくらいの測定誤差を有していたであろうか。何度も測定したデータにそれほど大きなばらつきがなかったところから推測するに50パーセントの誤差範囲に入っていたのではないか。この仕事をリードした人は環境の分析に関しては極めて厳しい人であった。旧式の24連式サンプラーで昇汞食塩水に1時間毎にサンプリングした液を24個の小さなガラス瓶に集めて分析していた姿は今も忘れられない。当時出始めて間もない導電率法大気自動計測機のメンテも我々若い者には手も触れさせない厳しさであった。筆者の今日あるのは全くこの人のお蔭である。しかし、背中を見ていただけである。大気汚染とはなんぞや、分析の心はこれだ等ということは一切聞かされなかった。それだけ厳しい人が煙道測定に対して取った方法が上記のようなものだったのである。要所はきちんと押さえる。しかし、マイナーな部分は思い切りよく切り捨てる。これが重大なミスを防ぐコツである。

資料に示したドラフトはこの考えを基盤にして書いた物である。最初、日本で受けてきた研修のイメージ、煙道PMの測定は非常に難かしいものだという観念が抜けずに煙道測

定を躊躇していたスタッフ連が今では連日のように測定に出掛ける様になったのはポイントを押さえたこの簡易法ゆえだと自負しているが御批判があれば謙虚に承りたい。

資料タイトル

1. Exercises in Air Pollution Analysis

October 1996 42頁 英文

2. Ambient Air Quality Standard (Proposal)

June 1995 1頁 英文

3. Dust Fall in Jakarta and Serpong

November 1996 8頁 英文

4. NO₂ concentration in local cities in Indonesia

Result of the nationwide monitoring by the TEA plate method

November 1996 8頁 英文

5. SO₂ concentration in local cities in Indonesia

Result of the nationwide monitoring by the PbO₂ method

November 1996 8頁 英文

6. Photochemical Air Pollution in Jakarta and Surrounding Area

November 1996 12頁 英文

7. Method of Particulate Matter (PM) concentration Measurement in Flue Gas

March 1995 13頁 英文

8. Procedure for measurement of ambient air pollutants

May 1994 15頁 英文

NO₂ : Saltzmann method

SO₂ : p-Rosaniline method

Fluorine compounds : Lanthanum alizarin
complexion method

Nitrate : Zinc reduction diazocoupling
method

Oxidant : NBKI method

Formaldehyde : MBTH method

Chlorine : o-Tolidine method

以上