

## アメリカ，カナダの空気汚染研究について

大場 正昭\*

### Report on the recent trend of air pollution research in America and Canada

Masaaki OHBA

I was given a chance to travel to America and Canada for 40 days in this spring to investigate the recent trend of the research concerning air pollution problems inside and outside buildings. The laboratories and universities which I have visited are as follows. Lawrence Berkeley Laboratory of University of California, Fluid Dynamics & Diffusion Laboratory of Colorado State University, Environmental Protection Agency, National Bureau of Standards, Harvard School of Public Health, University of Ottawa, National Research Council Canada. This report describes the summary of the trip and the recent trend of the air pollution research.

#### 1. はじめに

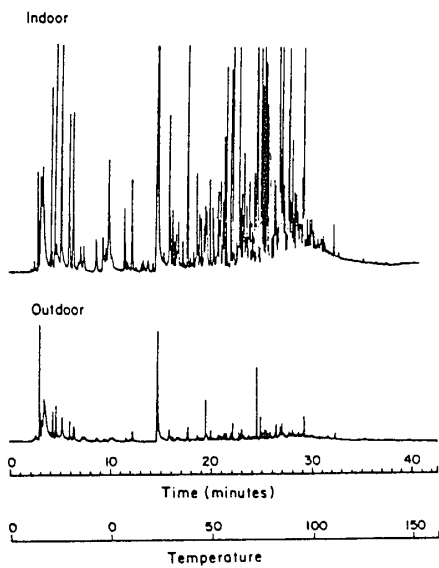
石油危機以後，エネルギー価格の上昇に伴い，各国で代替エネルギーの研究やエネルギー消費量の軽減による省エネルギー対策が実施されている。日本の民生エネルギーは全体の 20% であるが<sup>1)</sup>，建築の分野では，自然エネルギーの採用や断熱材厚さの増加による熱負荷の軽減など種々の対策がとられている。アメリカやカナダは日本ほどエネルギー事情が逼迫していないが，それでも省エネ対策を積極的に押しすすめている。例えば対策のなかで日本と比べて外気取得量の低減（換気回数の軽減）を大幅に行なっている。しかし，この換気回数の低減策が取られてから，室内で頭

痛，目まい，発疹などの症状を訴える人が増え出し，SICK BUILDING SYNDROME という用語さえ生み出され，室内での空気汚染が重要な研究対象になりつつある。図 1 に室内空気汚染の実測例を示す<sup>2)</sup>。室内外の空気をガスクロマトグラフで分析したもので，ヘキサン，オクタンなど高濃度の炭化水素族が検出されている。

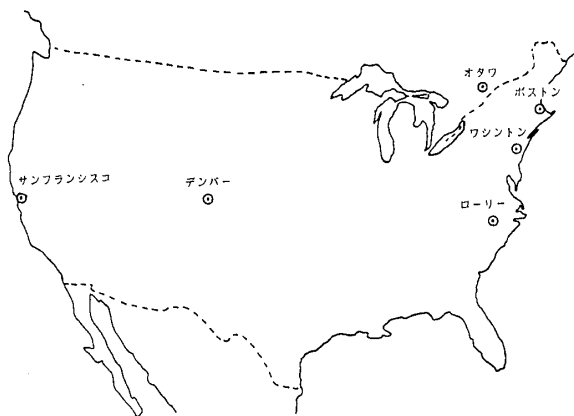
今回，財団法人橋保全会（理事長 牧原庸三）から本学に寄せられた寄付金により 1985 年の 2 月下旬から 4 月上旬までの 40 日間アメリカ，カナダの研究所，大学で研修する機会を与えられた。訪問した研究所，大学は図 2 に示す都市にある

University of California, Lawrence Berkeley  
Laboratory  
Colorado State University, Fluid Dynamics  
& Diffusion Laboratory

\* 建築学科 助教授  
昭和 60 年 10 月 2 日受理



**Fig. 1** Comparative gas chromatogram from inside and outside an office where complaints had been registered regarding indoor air quality. Equal size air volumes were sampled using the Tenax-GC polymer. Individual peaks correspond to different chemical species or groups.



**Fig. 2** Locations of the laboratories and universities visited in America and Canada

Environmental Protection Agency  
 National Bureau of Standards  
 Harvard School of Public Health  
 University of Ottawa  
 National Research Council Canada

である。本報告は、これら研究所、大学の概要と

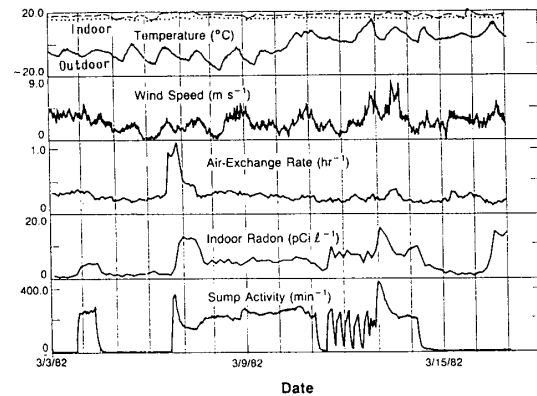
建物内外の空気汚染に関する研究動向を紹介するものである。

## 2. Lawrence Berkely Laboratory

LBL はカリフォルニア大学の 付属研究所で、サンフランシスコのバークレイにある。図 3 に建物の写真を示す。室内空気汚染は応用科学部で扱っており、室内空気質の研究を建物の省エネルギーと空気環境とから捉えている。研究所を案内し



**Fig. 3** Lawrence Berkely Laboratory



**Fig. 4** Plot of most of the parameters measured vs. time for a twoweek period. In the temperature plot, the solid, dashed and dotted lines represent the outdoor, first floor, and basement temperatures, respectively. The peak in the air-exchange rate plot results from the operation of the fireplace. Note the strong correlation between the airborne alpha activity at the sump(“sump activity”) and indoor radon concentration. The vertical lines correspond to midnight.

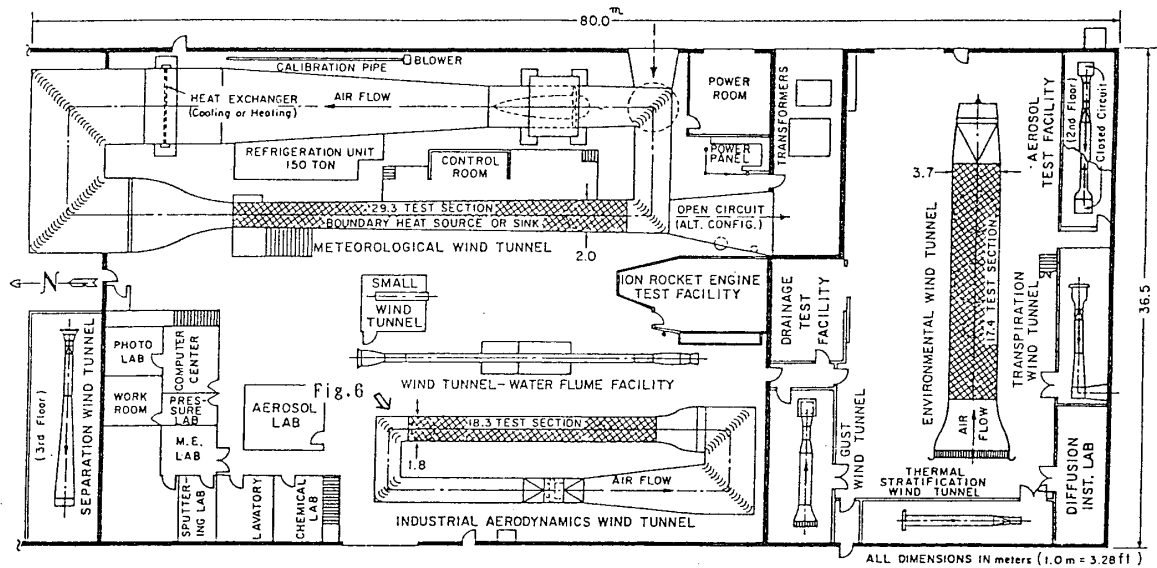


Fig. 5 Fluid Dynamics and Diffusion Laboratory in Colorado State University

てくれた Dr. Grimusrud は空気汚染物質のなかで、とくにラド (Rn-222) の影響を研究している。ラドはガス物質で、空気中の微粒子と結合して肺に侵入し、肺がんを発生させる。図4はシカゴ近郊の平屋住宅での実測結果である<sup>3)</sup>。外気条件、室内条件とラド濃度との関係を調べたもので、ラド濃度は室内の換気回数よりも地下室の脇に設置されている汚水槽から放射された放射濃度 (Sump Activity) と関係が深いことが分かる。日本では、まだ室内でラド濃度を測定した研究結果は少ないので<sup>4)</sup>、今後研究の蓄積が必要である。

### 3. Colorado State University

中西部のデンバー市から車で1時間のフォートコリンズ市にある。規模は学生数 18,000, 教職員数 3,000, 校地 1570ha である。訪れた Fluid Dynamics & Diffusion 研究所は土木工学科に所属し、流体部門と拡散部門からなる。風洞は大小合わせて8本あり、図5に示すように所狭しと置かれている。このうち大型風洞は気象風洞、環境風洞及び流力風洞(図6)の3本で、とくに気象風洞は床面を加熱冷却することで温度成層を 5°C から 95°C の間でつくることができる。測定部は

2 m<sup>H</sup> × 2 m<sup>W</sup> × 29 m<sup>L</sup>。研究は強風による高層建物の振動現象や環境障害、汚染ガスによる建物近傍



Fig. 6 Industrial Aerodynamics Wind Tunnel in Fluid Dynamics and Diffusion Laboratory

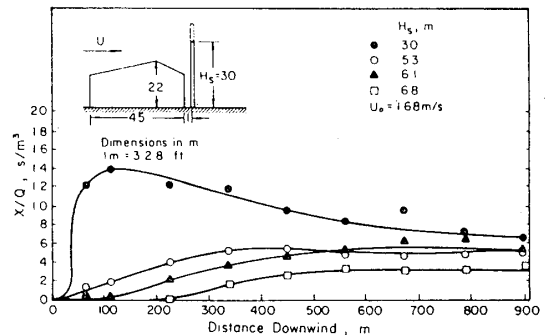


Fig. 7 Effect of stack height Hs on ground-level concentration  $\chi/Q$  in downwash region

汚染など幅広く行なっている。図7と図8は近傍汚染の風洞実験結果である<sup>5)</sup>。図7では、煙突高さを建物高さの2.4倍以上にすると煙源近傍での地表面濃度は減少することが分かる。

実験の内容は殆どが企業、自治体からの委託研究で、基礎研究は委託研究の合間にやっているようであった。

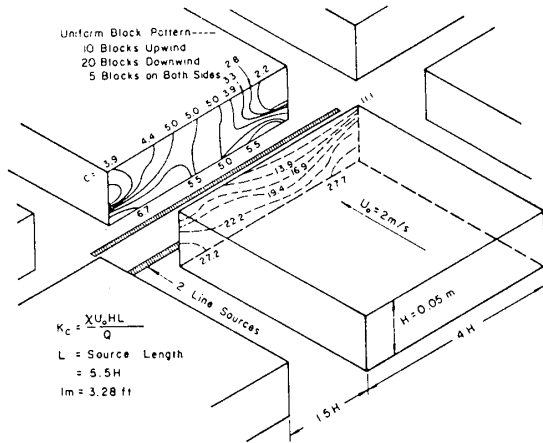


Fig. 8 Concentration distribution in a street canyon for two lanes of traffic

#### 4. Environmental Protection Agency

EPAの気象研究所は東部ノースカロライナ州のRESEARCH TRIANGLE PARKにある。RESEARCH TRIANGLE PARKとはローリー、チャペルヒル及びダーハムの3都市を結ぶ地域の総称で、筑波の研究学園都市に相当する。訪問した研究所は Environmental Science Research

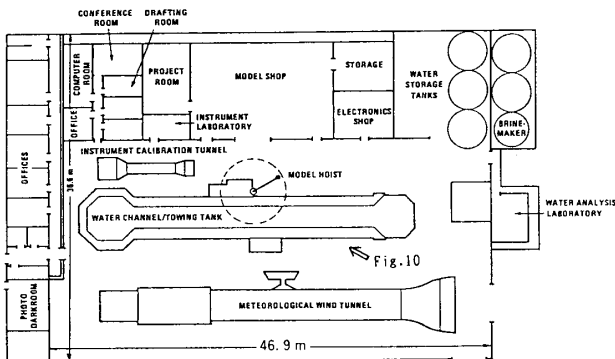


Fig. 9 Environmental Science Research Laboratory of Environmental Protection Agency

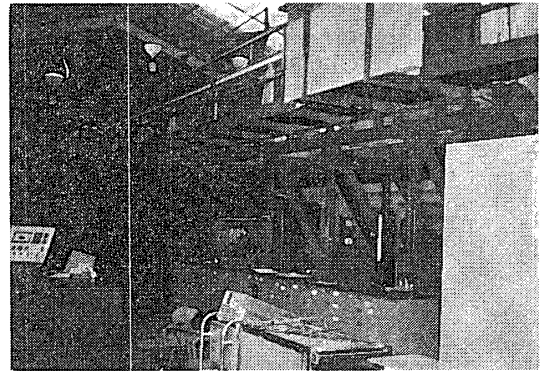


Fig. 10 Water Channel & Towing Tank in Environmental Science Research Laboratory

研究所で、大気汚染を主に研究している機関である。実験装置として大型の気象風洞と水槽（静水槽と流水槽の両用形）がある。概要を図9と図10に示す。風洞は測定部  $2.1\text{ m}^H \times 3.7\text{ m}^W \times 18.3\text{ m}^L$  で縮率の大きな地形模型を設置することができる。水槽は塩水濃度を調整して接近流の密度勾配をつくり、温度成層の影響を調べるものである。研究は、最近大型発電所が山奥に建設されることに伴い、気温の逆転層によって発電所から排出される高濃度汚染ガスが複雑な地形上をどのように拡散するのかを検討していた。図11に静水槽の結果を示す<sup>6)</sup>。Fr=0.4の安定層中での可視化写

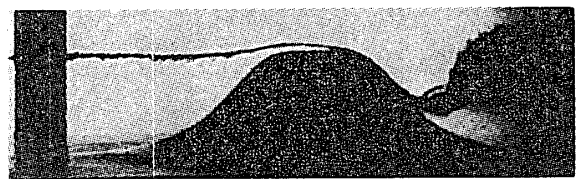


Fig. 11 Lee-side contact of plume with hill

真である。実験は風洞と異なり模型自体を牽引して、模型周辺の流速と濃度を測定する。写真から山の背後に形成される渦によりトレーサーは急激に山の背後で拡散している。

#### 5. National Bureau of Standard

NBSはワシントン市郊外にあり、工業規格、指針の技術的データを作成したり、物理計測シス

テムの開発を目的とする研究所である。訪れた所は National Engineering 研究所の設備部門で、断熱材や新建材の物理特性を調べている。図 12 はパーティクルボードや断熱材から出て来るアルデヒドの実測結果である<sup>2)</sup>。外よりも室内でアル

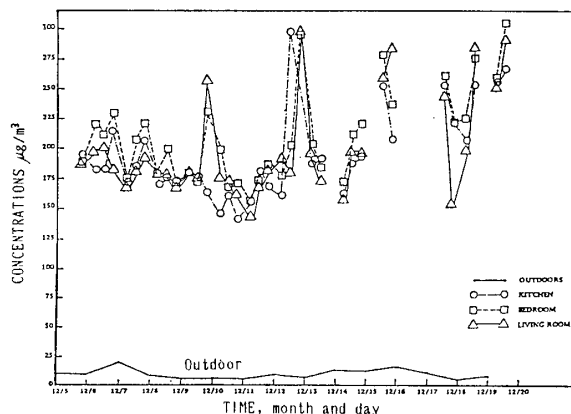


Fig. 12 Diurnal variation in indoor and outdoor aldehyde concentrations at single-family houses in Chicago

デヒド濃度が高い。図 13 は新建材から発生するホルムアルデヒド濃度を測定する装置で、温湿度制御された気候室に置かれている。実験は新建材を装置のなかに入れ、ホルムアルデヒド濃度の変化を温度、湿度及び換気回数をパラメータとして測定し、新建材の仕様規格を作成していた。この他にも計算機による熱特性の数値シミュレーションが行なわれている。

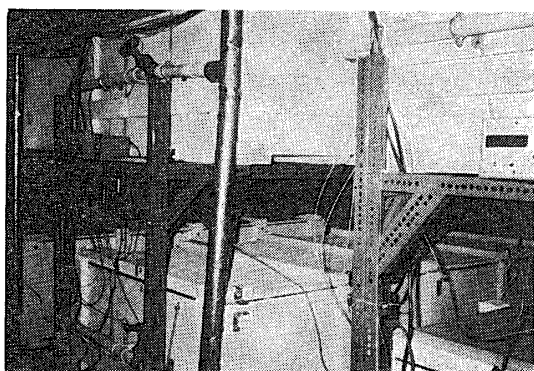


Fig. 13 Measuring apparatus of formaldehyde concentration produced from building materials

## 6. Harvard School of Public Health

ハーバード大学の公衆衛生学部はボストン市にある有名なボストン美術館の近くにある。研究は学部の性格上、医学的な面に力点がおかれている。図 14 は住宅の  $\text{NO}_2$  濃度を電気ストーブとガスストーブとの関係から 1 年間にわたり 137 件について調べた結果である<sup>7)</sup>。電気ストーブよりもガスストーブを用いると室内の  $\text{NO}_2$  濃度は、例えば、台所で  $8.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  から  $65.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  に上昇する。したがって、ガス機器の使用により空気環境が低下している。

疫学的な調査ではアメリカ全土に対象地点を設定し、サンプルを得ている。例えば、子供の健康に及ぼす大気汚染の影響では、6 都市を選び、1 都

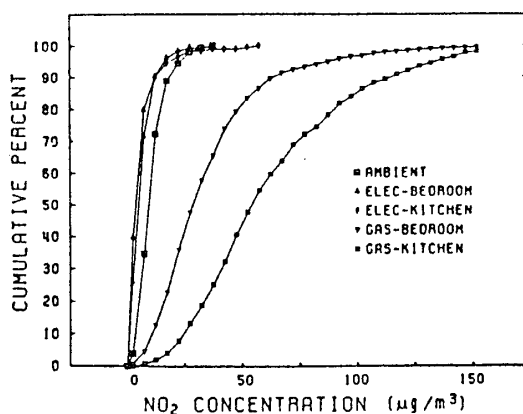


Fig. 14 Cumulative frequency distributions of  $\text{NO}_2$  concentrations by location and type cooking fuel

市当たり 300 人、合計 1800 人を被験者とし、1975 年から調査を継続している。幼児の呼吸系疾患数は  $\text{NO}_2$  濃度に比例すると報告している。日本と比較し、被験者の協力が得易いことが研究の進展につながっていると思う。

## 7. National Research Council Canada

冬期に厳寒な気候となるカナダでは、外気と室内で温度差が  $40^\circ\text{C}$  にも達する。そのため、建物の気密、断熱化が進んでいる。しかし、建物の気密化は空気汚染を伴うので、健康への空気汚染の

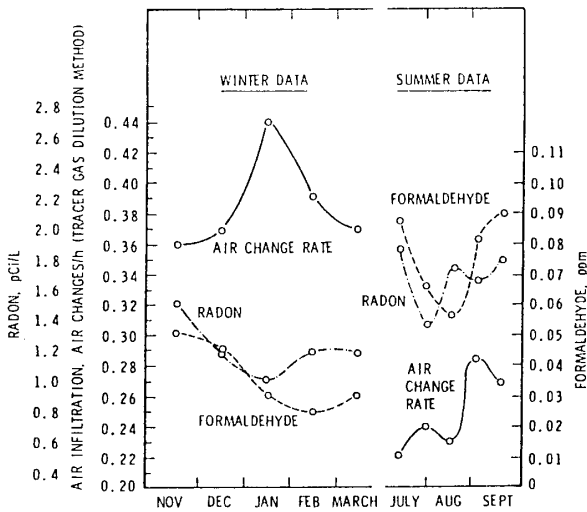


Fig. 15 Concentrations of formaldehyde and radon build-up in houses

影響が心配されている。図 15 は年間空調している住宅での測定結果である<sup>8)</sup>。漏気量は換気回数で示されている。換気回数の少ない夏期にホルムアルデヒドとラドンの濃度は高くなる。

図 16 はパッシブソーラ住宅である。政権交代に伴う影響で NRC のソーラ部門は 3 月に閉鎖され、重要な基礎研究を取り止めていた。この他に

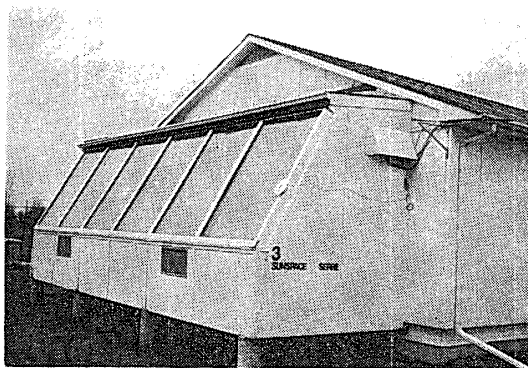


Fig. 16 Passive solar house in NRC

オタワ大学の土木工学科も訪問したが、そこでは田中宏教授が精力的に研究されているのが印象に残った。

#### おわりに

アメリカ、カナダを回って、想像していたよりも人々の生活が質素で、かつ勤勉であることにと

ても驚いた。家庭を大事にすることから、我々はともすれば勤勉でないと思いがちであるが、勤務時間内での仕事に対する集中度は日本人よりも高いように思われた。この研修で得た体験と研究資料を今後、大学での教育、研究に生かしていきたい。おわりに、研修期間中、学科の方々に大変面倒をおかけした。ここに心から感謝の意を表します。

#### 引用・参考文献

- 1) 日本住宅設備システム協会：集合住宅における集合設備システム調査報告書，1974。
- 2) NRC: Indoor Pollutants, National Academy Press, 1981.
- 3) D. T. Grimsrud, W. W. Nazaroff: Radon Transport into a Single-Family House with a Basement, LBL-16572, 1984.
- 4) 伊藤：建物内の放射線レベル (3) 建築材料のラドン放射率，日本建築学会大会学術講演梗概集，1985。
- 5) J. E. Cermak: Applications of Fluid Mechanics to Wind Engineering, The Winter Annual Meeting of The American Society of Mechanical Engineering, 1974.
- 6) W. H. Snyder: Fluid Modeling of Pollutant Transport and Diffusion in Stably Stratified Flows over Complex Terrain, Ann. Rev. Fluid Mech., 17, 1985, 239-266.
- 7) J. D. Spengler: Nitrogen Dioxide Inside and Outside 137 Homes and Implications for Ambient Air Quality Standards and Health Effects Research, Environ. Sci. Technol., 17, 3, 1983.
- 8) P. J. Manley, R. J. Helme, G. T. Tamura: Contaminant Build-up in Houses, 5th Air Infiltration Centre Conference on The Implementation and Effectiveness of Air Infiltration Standards in Buildings, 1984.