

第1回霧と霧水捕集に関する国際会議参加報告*

山本 哲** 大河内 博***

1. 概要

霧と霧水捕集に関する初めての国際的な科学会議である「第1回霧と霧水捕集に関する国際会議」が、カナダ・バンクーバーのウエスティン・ベイショア・ホテル(第1図)で1998年7月20日から7月24日まで開催された。会議の主催者はカナダ環境局の Robert S. Schemenauer を議長とする組織委員会であり、また別に投稿アブストラクトの審査やセッションの編成など学問的な面については、オーストラリア・ニューキャッスル大学の Howard Bridgman を議長とする科学委員会が組織され運営された(第2図)。会議には約40の国・地域からおよそ150名が参加し、霧の科学(物理、化学、気象、予報など)、持続可能(sustainable: 将来の資源を十分残しつつ、現在も十分な生産をあげる)な林業における霧の役割、開発途上国における霧の採取の役割など霧と霧水捕集に関する多様な話題をテーマとし、霧のみならず露に関するものを含む、100件以上の発表が行われ、活発な議論が繰り広げられた。日本からの参加者は井川学(神奈川大学工学部)、白井芳雄(白井工業研究所)、大河内博(神奈川大学工学部)、山本哲(気象研究所)の4名(五十音順)であった。

5日間、各セッションはすべて口頭発表で、冒頭の開会式、最終日のセッションおよび全体会などを除き2会場で平行して行われた。セッションの題名と講演数(括弧内、ただしキャンセル分を含む)をほぼ開催された順に列記する。

霧水の化学—一般(6)、霧と植生—森林との相互作用(7)、標高の高い場所での霧水の化学(12)、霧と森

林・流域との相互作用(7)、霧水捕集装置(6)、海岸の霧の化学/霧の化学(6)、霧の砂漠環境への影響(9)、霧滴の化学分析の発展(6)、霧の予報の発展(5)、砂漠での露の測定(5)、霧の気象とモデリング(5)、露の測定と化学(3)、霧の化学の森林に及ぼす影響(5)、霧の物理とモデリング(8)、霧の気候学(6)、霧の障害と産業への影響(5)、霧水捕集プロジェクト(9)、霧の空間分布(4)、EU(欧州連合)セッション(10)、全体会。

以下、参加者のうちの2名、大河内と山本による、それぞれの立場からの報告である。

2. 参加報告—霧と露の化学研究の現状

私は神奈川大学の井川学先生とこの国際会議に参加した。現地で日本の代表的な霧水採取装置メーカーである白井工業研究所の白井氏と合流し、井川先生、白井氏、そして私の3人でホテルの部屋をシェアした。以下に、この会議で行われた霧と露に関する化学関係の発表についていくつか紹介する。

現在、私は井川先生の下で雨・霧・露などの大気液滴内の溶存化学成分濃度の支配要因と酸性沈着物が山地森林生態系に及ぼす影響に関する研究を行っている。この国際会議では、2日目に行われた Dew measurement and chemistry のセッションで、“Effect of acid deposition on urban dew chemistry in Yokohama, Japan” という演題で発表を行った(第3図)。この会議の中心テーマが霧ということもあり、会議全体を通じて露に関する発表は8件と少なかった。その発表のほとんどは砂漠地域での水資源としての露の役割に着目した研究であり、露化学に関する発表を行ったのは私とスロバキアの研究者(J. Mindasら)のみであった。私は酸性露の環境影響という観点から、都市域における露の化学組成とその支配要因に関する発表を行った。一方、Mindasらは山間部森林域において露

* Report on the 1st International Conference on Fog and Fog Collection at Vancouver, Canada

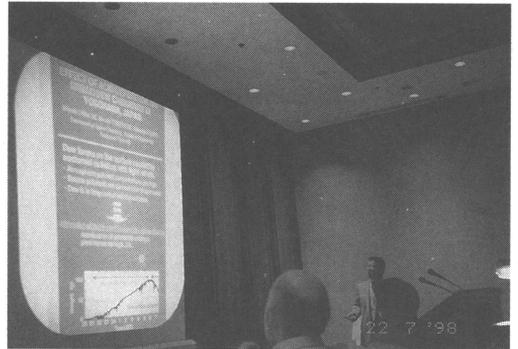
** Akira Yamamoto, 気象研究所環境・応用気象研究部。

*** Hiroshi Okochi, 神奈川大学工学部。

© 1999 日本気象学会



第1図 会場となったカナダ・バンクーバーのウエスティン・ベイショア・ホテル。



第3図 セッション風景 (発表者は大河内)。

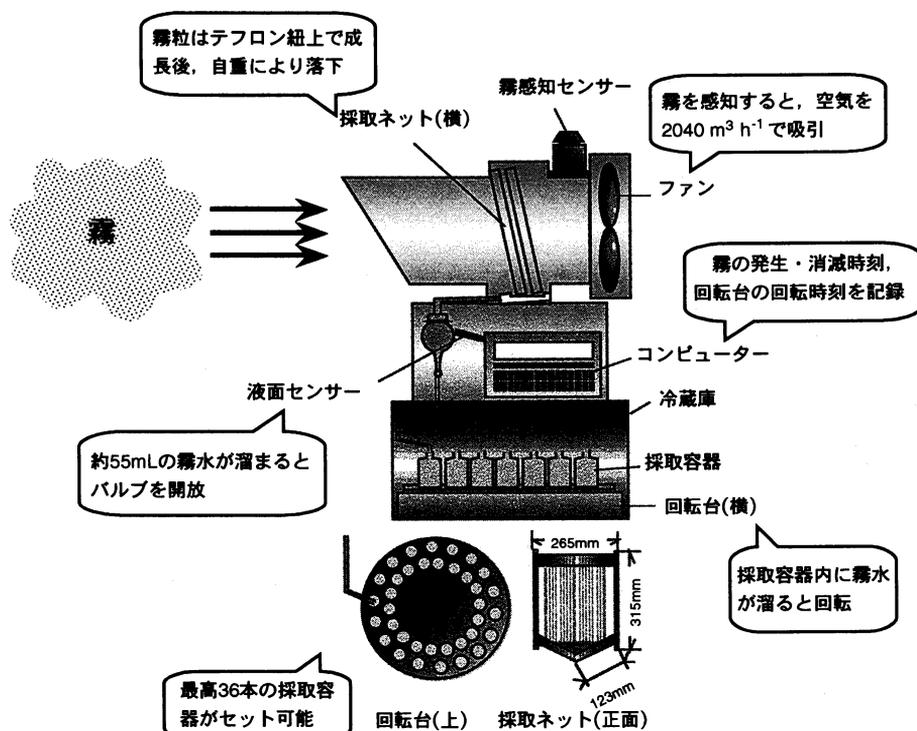


第2図 会議の開催に献身的努力を続けてきた Robert S. Schemenauer 組織委員会議長 (右) の貢献に対し, Howard Bridgman 科学委員会議長 (左) から感謝状が贈られた。

とともに雨・雪・霧・樹水の採取も行い, それらの発生量と化学組成を霧と比較することにより, 霧が微気象学および水質化学的のどのような特徴をもっているのかについて発表を行った。彼らは, 雨・雪・霧・露・樹水のなかでは, 霧の酸性度が最も低く, 樹水の酸性度が最も高いこと, トウヒやブナなどの幼木ではそれぞれ $13\text{--}87\text{ g m}^{-2}$, $40\text{--}196\text{ g m}^{-2}$ の露水が生成することなどを報告していた。

露化学とは異なり, 霧化学に関する発表は多く, 30件を越えていた。私と一緒に参加した井川先生は, 会議4日目の The effects of fog chemistry on forests of theセッションで, “Air pollutants deposition via fog droplets in the forest of Tanzawa Mountains, Japan” という演題で発表を行った。このセッションでの他の研究者の発表は総説的なものが多く, あまり目新しさを感じなかったが, 井川先生は膨大な分析結果

からモデルを用いて霧水内溶存成分濃度の支配要因を詳細に検討した結果について発表を行った。井川先生の発表に対して, イタリアのポー谷で霧化学について精力的に研究を行っている Fuzzi 教授をはじめとして質問が相次ぎ, 活発な討論が行われた。さすがに, “霧の国際会議” というだけのことはあるものだなあと関心した。また, 霧化学に関する発表では様々な霧水採取装置が用いられており, とても興味深かった。私達は, カルフォルニア工科大学 (通称, Caltech) の Hoffmann 教授らが開発した自動霧水採取装置を参考にして臼井工業研究所が製造した装置を使用している (第4図)。この装置の原理は, 細線を張ったネットの裏側からファンにより空気を吸引し, 霧液滴が細線に衝突することにより採取を行うというものである。しかし, この方法では数 μm ~ 数十 μm の液滴径をもった霧液滴を一緒に採取してしまうため, いわば “バルク” として霧を採取していることになる。霧液滴への大気汚染物質の吸収や液滴内での反応はその液滴径によって異なるため, 霧化学の分野では霧液滴径毎の化学組成の違いを明らかにすることは重要な研究課題となっている。そのため, この会議では, Developments in fog droplet chemistry analysis というセッションが設けられていた。例を挙げると, Colorado State University の Collett は, 5段インパクターからなる採取装置を開発し (4–10 μm , 10–15 μm , 15–25 μm , 25–30 μm , 30 μm < の霧液滴を別々に採取), 液滴径が小さいほど霧水 pH が低下することを報告していた。また, 露化学の創始者であり, 現在は露液滴の個別化学分析に関する研究に精力的に取り組んでいる Tel-Aviv University の Ganor は, イスラエルで霧を液滴毎に採取し, 霧液滴の凝結核は calcite などの鉱物粒



第4図 自動霧水採取装置 (臼井工業研究所製作)。

子、NaClなどの溶存粒子、Pbなどを含む汚染粒子からなり、pHが2程度の強酸性の霧液滴は硫酸によることなどを発表していた。

この会議では霧に関して先駆的な研究をした北海道大学の堀教授の仕事が紹介された。私は同じ日本人として誇らしく思うとともに、この会議に参加した日本人がたったの4名であったことをとても残念に思った。会議最終日に行われた総会では3年をめぐりに第2回目の霧に関する国際会議を開催することが話合われ、また第3回目か4回目を日本で開催してはどうかという提案もなされた。それに対して、井川先生は日本では霧の研究者が残念ながら少ない現状を述べ、日本に帰ってから関連学会にこの会議のことを報告することを約束した。井川先生はすでに大気環境学会誌に学会参加報告を執筆されている(井川, 1999)ので、興味のある方はそちらも参照されたい。私は、近い将来、この霧の国際会議を日本に誘致できるよう、日本における霧研究の発展に微力ながらも貢献できればと心を新たにされた次第である。最後になるが、今回の霧の国際会議に参加して、アメリカとイギリスの同年代

の研究者と研究のことばかりか、プライベートなことまで親密に話をできるまで交流を深めることができ、本当に有意義であった。(大河内 博)

3. 霧を多様な面からとらえる

3.1 発表から

化学関係の発表に関しては大河内に譲り、その他の気象学関連などのセッションから出席した範囲で印象に残ったものなどを紹介する。

- ・霧と植生—森林との相互作用、霧と森林・流域との相互作用

森林での水収支について、各国のさまざまな場所で観測的研究が行われた結果が発表された。このセッションに限らず、会議中、“occult precipitation”なる耳慣れない語をしばしば目にしたが、これは雨量計では測れない降水、霧による水の沈着を指している。この「隠れた降水」の正確な評価が森林の水収支の理解に重要であることが強調された。霧などによる水の沈着量を直接測定することはできないので、林内雨、樹幹流と降水量の差として見積もられる。遮断蒸発や

キャノピーでの貯蔵も考慮すべきだが、これらも直接測定できないので、簡単なモデルによる推定も行われた (Juvik, 米国・ハワイ大学)。霧による「降水」の降水量に対する比は、場所、季節により大きく異なるが、数%~数十%の値が多く報告されていた。特に乾季においては高い値となり降水量の3倍といった大きな値になることもあるようで、霧(雲)が森林の維持に不可欠になっている。各場所での研究を一般化していくことも必要であろう。

・霧の予報の発展、霧の気象とモデリング、霧の物理とモデリング

十数件の講演があったが、「予報」「モデリング」と銘打たれてはいたものの、経験的な方法による予報、概念モデル、実験装置によるモデル化などの講演が多く、私が期待したような自然の霧を対象とした本格的数値モデリングの発表はきわめて少なかった。また、これら気象関係のセッションではキャンセルがやや多かったのも残念だった。

Kowalski (米国・オレゴン州立大学) らは丘陵森林での雲水量と化学物質のフラックスを渦相関法による観測とモデリングで明らかにしようとしていた。occult precipitationによる湿性沈着を定量的に評価しようとするもので、聞きごたえがあった。Bott (ドイツ・大気物理学研究所) は微物理過程と気相、液相を考慮した詳細な化学過程を折り込んだ放射霧の数値モデルを紹介した。霧の発生、発達、消滅といったステージでの粒径分布や力学的な効果の違いにより、霧の化学組成は変わってくる。詳細な観測と対応させた精密モデルの開発が今後の重要なテーマであろう。

・霧の障害と産業への影響

霧の視程障害による交通などへの影響についての発表はこのセッションのみで、わが国の感覚からするとかなり少ない。

Bondarenko (ロシア・中央高層気象台) は空港での霧消散のため、人工的水晶化による霧の視程の改善を数値モデリングで調べた。Khaikine (ロシア・中央高層気象台) はイタリア・ヴェニスートリエステ高速道路での霧の調査について報告した。高速道路上の移動観測車でエアロゾルや霧のパラメータを測定するとともに、鉄塔や係留気球などにより鉛直成層も測定し、両者の関係を議論した。自動車からの排出物は直接は霧とは関係ないようだ、とのコメントがあった。CampbellとStewart (いずれも米国・環境力学研究所) は米国テネシー州カルホン付近の工業地帯を走る高速道路

での霧について調べた。複数のビデオカメラを配置して霧の監視を行い、結果をニューラルネットワークで分類し、工業放出の局地的霧に与える影響の評価を試みた。Hicks (カナダ・トロント大学) は工業廃水処理施設での局地的霧の解析を行った。霧の程度を分類し、影響が大きい霧が発生する条件を調べ、モデル化しようとしていた。

・霧の空間分布

霧の予報などの立場からすると、霧の空間分布の把握は重要でありながら遅れている分野であるが、このセッションの発表は4件と少なかった。現象の詳細な空間分布の把握にはリモートセンシング手法が不可欠と思われるが、ミリ波レーダーやライダーなど、地上リモートセンシングに関する発表が今回皆無だったのは残念である。

Bendix (ドイツ・ボン大学) は気象衛星を使った霧観測について発表した。NOAAの複数チャンネルを使うことにより、日中・夜間にかかわらず霧域の探知ができる。光学的厚さを求めることで、消散時刻の予報にも適用可能としている。ヨーロッパでは上空に雲がない放射霧の例が多い。傾圧帯に属する日本では霧の上空に雲がない事例は比較的少ないこともあり、この種の研究は遅れているが、秋に多く発生する盆地霧や夏季の海霧など応用可能な事例もあると思われる。2000年からの運用が予定される運輸多目的衛星で新たに観測される赤外の3.5~4.0 μm の波長帯も利用できるだろう (木川, 1998)。Yamamoto (気象研究所) は関東平野における高気圧下の霧の事例解析を行った結果を紹介した。地上観測資料やインターネットを用いた一般からの情報収集など多様な方法でデータを収集した (山本・菊池, 1998)。すべてポイントの情報であり、雨量計のネットワークだけで雨域を推定するのに似ているが、リモートセンシング手法が利用できない場合は、この方法しかなく、広域に発生する霧の場合はある程度有効だろう。

・EUセッション

最終日はセッションは1つで、「EU(欧州連合)セッション」として行われた。このセッションは、プロジェクト「ペルー・チリ海岸砂漠の生態系の環境維持開発のための新しい水資源としての霧」に関するもので、このプロジェクトの紹介と関連する研究が発表された。EUは経済・政治の統合だけでなく科学技術研究プログラムを推進し、この分野においてもアメリカや日本などと同レベルに立とうとしている。これは「枠組

計画」(Framework Programme)と呼ばれているが、この中で「発展途上国のための科学技術」と呼ばれる計画が実行され、次第に比重を増しつつある。前掲のプロジェクトはこの一環として計画されたもので、1995-1998年の4年計画で進められている (Semenzato, 在アルゼンチン・イタリア大使館)。

南ペルー・ロマス砂漠は降水量がほとんどないのにも係わらず、霧などからの水分供給で多様な植物相を持つことで知られる (Jimenez, ペルー・アグスチン国立大学, Salbitano イタリア・フローレンス大学)。プロジェクトではここに植林試験地を設けて植物樹冠の形状と霧の関係 (Salbitano and Calamini, イタリア・フローレンス大学)、木での霧の遮断と水収支 (Salbitano, イタリア・フローレンス大学) や霧水捕集器の特性 (Bresci, イタリア・フィレンツェ大学) などが調べられている。発表は更に、砂漠での植生分布のリモートセンシング (Bellan *et al.*, フランス・ツールーズ大学)、乾燥生態系の再生のための霧水利用の評価 (Cerededa, チリ基督教大学)、霧捕集の社会・経済的影響 (Perrenella and Becciato, イタリア・パドヴァ大学) などにいたるまで広範な分野にわたり行われた。

きちんとした計画に基づき、基礎的な研究から応用面まで幅広く研究がすすめられている様子を垣間見た感じであり、壮観であった。各分野の研究者からも盛んにコメントが投げ掛けられていた。

3.2 北海道大学低温科学研究所に対する感謝状授与

会議において霧及び霧水捕集に関する先駆的研究者として感謝状が授与された6名(件)のひとつとして選ばれた北海道大学低温科学研究所の研究について簡単に触れておく(第5図)。表彰の対象となったのは1953年刊の“Study on Fogs-In Relation to Fog-Preventing Forest” (Hori, 1953) である。内容は1950~1952年にかけて同研究所が北海道南東部の海岸地方の霧を対象に行った研究のまとめである。この本の内容は実は私も最近まで知らず、国内の研究者にもあまり知られていないように思われる(気象研究所の図書室にはちゃんとあったのだが)。今回初めて手にして、現在からみても高い水準の研究であることに驚いた。この本については、ハワイ大学の Paul Ekern (ハワイ大学、博士も6人のひとり選ばれた) から、対象者の選考にあたった James O. Juvik (ハワイ大学、第6図) に提案があったということのようである。英語で書くことの大切さを痛感させられる一件でもあつ



第5図 北海道大学低温科学研究所に対して授与された感謝状 (藤吉康志教授提供)。



第6図 感謝状贈呈者を発表する James O. Juvik.

た。

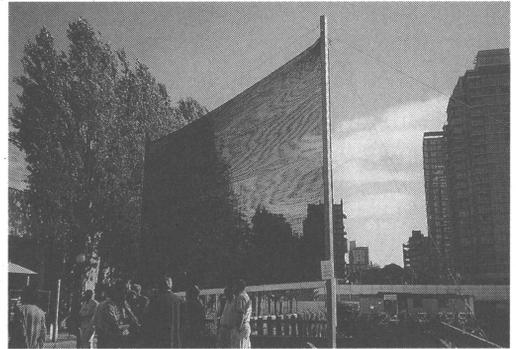
3.3 これから

最後の全体会で今後のことが議論された。科学雑誌の特別号に論文集を掲載する案や IUGG などの国際的研究集會に合せて会合を持つことは、研究者の興味の対象がきわめて広範な科学分野にわたることから困難なようである。第2回会議の開催についてはウィーン大学からオファーがあったが、まだ決定には至っていない。具体的なことは決まらなかったが、今後もニュースレターなどの発行などの形で活動を継続するとともに、次の開催を模索していくこととされた。将来の日本での開催についても議論ののぼり、いずれより具体的に検討されるであろう。

その後の会議事務局からの情報ではニュースレターは1999年4月からの発行をめざしており、霧と霧水捕集に関するさまざまな話題、第2回の会議に関する情



第7図 会場の案内板。会議のシンボルマークが見える。



第8図 会場裏に展示された大型霧水捕集ネット。面積は40m²。

報を掲載していく予定とのことである（4月末現在まだ著者の手元には届いていないが）、興味のある方は、ぜひ会議事務局とコンタクトをとっていただきたい。連絡先など、会議に関する情報は <http://www.tor.ec.gc.ca/armp/Events.html> で得ることができるので、ご参照いただきたい。今回の会議の予稿集もまだ購入可能なようである（インターネットが利用できない方については、筆者までお問い合わせいただきたい）。

3.4 所感

わが国で「霧」といえば、視程障害による災害やいわゆる「酸性霧」などの化学的被害など負の面が先に立つ。もちろんこうした面も本会議では重要なテーマであったが、生態系の維持における霧の役割とか、その水を積極的に採取して利用する、いわば正の面も中心的なテーマであった。会議のシンボルマーク（第7図）もそのことを示していると思われた。会場裏手の一角には、実物の大型霧水捕集ネットが展示されていた（第8図）。水資源開発や農業などの実務者の参加も少なくなかった。日本のような世界的に見ると水資源のかなり豊富な国で、霧を水資源として活用するといった話は現実味が薄い、多くの途上国では切実な問題であり、災害要因、環境負荷要因としての霧という観点からだけでなく、霧の生態系での役割の評価や霧水の利用という分野での日本の国際的貢献も必要になってくると思われる。これら霧に関する諸課題について、日本の気象関連学会での取り組みはおくれているように思えるが、物理・化学・気象など各分野の専

THE GLOBE AND MAIL NATIONAL NEWS TUESDAY, JULY 21, 1998

A7

Fog called liquid blessing to Third World

Low-hanging clouds can provide drinking water and vital moisture for crops, scientist says

JAN BAILEY
Canadian Press, Vancouver

For most people, the clouds hang over Vancouver's business district yesterday were just clouds. Not to fog expert Robert Schenmanner on reviewing from observing fog from above to fog's influence on the climate.

But the conference focus is on ideas that might seem hokey to some. Many delegates advocate harvesting drinking water from fog to help the Third World.

"It makes sense that most city water in Canada," Mr. Schenmanner said of Eugene, Ore. he has helped in Chile, Peru and areas of Africa. "It's something like the drinking water."

In many areas, experiments are underway — often financed by Canadian development agencies — using dense fog to collect moisture from fog. Engineers are convinced that a collector can generate up to 10 litres of water per square metre of mesh per day.

Even the most parched deserts are cloudy, and occasionally get fog. Most Canadians have easy access to fresh water, but the issue is relevant to Canada because it can better effects through development agencies to provide clean drinking water to the Third World, he said.

During the week's conference, Mr. Schenmanner said, he wants to bridge the gap between government officials and development agencies.

"We want the environmentalists to see there really is application for the knowledge they have gained, and the development people to take fog collection seriously as a

water supply," he said.

For thousands of years, people in dry climates have been sponging dew on rocks to combine with drinking water — some placing the rocks in the form of trees to collect fog dripping down the trees as water.

There is a very old natural recognition by people in dry parts of the world where the foggy mist is a source of water, Mr. Schenmanner said.

The residents of Chungungo, a fog-shrouded fishing village on the north-central coast of Chile, are converts.

The settlement of about 200 people on the edge of the Atacama Desert, one of the world's most arid regions.

In 1987, scientists working with financial help from the Ottawa-based International Development Research Centre raised about 50 tonnes of polypropylene mesh to condense water from fog. An additional 25 tonnes were raised in 1992.

第9図 会議の様子を伝えるカナダの新聞「The globe and mail」の記事（1998年7月21日付）。見出しを翻訳すると「霧は第三世界に水の祝福をもたらした」といったところか。

門家が協力してこれらに取り組んでいくことが期待される。カナダでは日本では想像できないほど途上国援助に一般的関心が持たれているようであり、霧を活用した、大規模な環境破壊を伴わない水資源開発という考え方は目新しいものとして、それなりに社会的関心を集めていたのではないと思われる（第9図）。

個人的な話となるが、生まれて初めての国外の研究集会への参加、しかも知った人が全くいない、という状態での緊張しての参加であった。今回、前述のとおり霧のテーマは持っていったのだが、参加者の関心事とは若干ずれていたかもしれない。自分の講演は30人ばかりのこじんまりとした雰囲気ながら、完全にあってしまい座長の合図にも気付かず持時間をオーバーするという失態を演じてしまったのは残念だった。会議の日程は余裕を持って編成されており、各日朝は参加者が集まったのコンチネンタルスタイルの朝食に始まり、セッションの間にはコーヒーブレイク

と議論が深められるよう考慮され、さらに初日夜にはカクテルパーティ、会議の中日にはエクスカッション(ウィスラー・マウンテンへのバスツアー)、4日目の夜にはバンケット(バンクーバー湾のパーティークルーズ)と参加者同志の交流も深められるよう工夫されていたと思う。日頃馴染みのない分野の多くの研究成果にふれることは刺激になったし、各国の研究者の洗練された発表技術にも学ぶ点が多かった。日本人の参加は多くはなかったが、たぶんそのおかげで私もある雑誌のインタビューに引っぱり出される羽目となった(Tracy, 1998)。国内では絶対あり得ないハブニングであったが、この会議で得たばかりの霧に関する多様な視点を広く伝える機会のひとつになったかもしれない。

議長のSchemenauerをはじめ、会議をリードしてきた人々の多くは、とにかく霧が好きだということはよくわかった。そうでもない、このような異分野を横断した会議が成立するわけがないのではないか。私もそうしたひとりになりうるのかと思いつつ、霧とは無縁の、連日抜けるような青空だったバンクーバーを

後にした。(山本 哲)

謝 辞

今回の会議出席に関し、旅費申請や渡航手続などで関係諸官にいろいろお世話になった。山本は科学技術振興調整費「局地的なシアーラインの発現・強化とこれに伴うシビアウェザーの発生過程に関する基礎的研究」から費用の支給を受けた。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- Hori, T. (ed.), 1953: Study on Fogs—In Relation to Fog—Preventing Forest, Tanne trading, 399pp.
井川 学, 1999: 「第一回霧と霧の採取に関する国際会議」報告, 大気環境学会誌, 34, A21-22.
木川誠一郎, 1998: 運輸多目的衛星について, 天気, 45, 229-233.
Tracy D., 1998: Demystifying Fog, WINGSPAN, 11, (10), 36-37.
山本 哲・菊地時夫, 1998: インターネットによる霧情報収集の試み, 天気, 45, 361-368.

≡≡≡支部だより≡≡≡

北海道支部第17回夏季大学開講のお知らせ

—気象講座「新しい気象」—

日 時: 平成11年7月29日(木), 30日(金)
午前10時~午後3時
場 所: 札幌市青少年科学館(第1日目)
(JR・地下鉄東西線「新札幌駅」下車)
札幌管区气象台(第2日目)
(地下鉄東西線「西18丁目駅」下車)

参加費: 1,000円

対象・定員: 一般(高校生以上)50人

申込み方法: 往復はがきに講座名「新しい気象(朱書き)」住所・氏名・電話番号・返信宛名を明記し、お申し込みください。

但し、申込み多数時は抽選とします。

申込先: 〒004-0051

札幌市厚別区厚別中央1条5丁目
札幌市青少年科学館「新しい気象」係
TEL: 011-892-5001

申込締切: 平成11年7月17日(土)

問い合わせ先: 〒060-0002

札幌市中央区北2条西18丁目
札幌管区气象台内
日本気象学会北海道支部
TEL: 011-611-6121(内線415)