

NO_x を 測 る 話

小 川 利 紘 (地球物理研究施設)

大気中に極微量ながら存在している二酸化窒素 (NO₂)は、オゾンを作るものになります。光化学大気汚染の原因物質の一つとして、重視されているゆえんです。もともと自動車の排気ガスや発電所の煙突などから放出されるのは、NO₂ではなくてNO (一酸化窒素)ですが、NOは大気中で容易にNO₂に酸化されますし、NOとNO₂は光化学反応でお互に移り変わりますので、まとめてNO_xとして扱うことがよくあります。そこで、俗に「ノックス」と呼ばれて皆様に親しまれて(?)いるわけです。

NO₂の環境基準がホットな政治問題となったのは、ついこの前のことですが、これは私達の居住する都市大気環境のこと。0.03 ppm (1 ppmは10⁻⁶ partで大気全体の百万分の1、気体の場合は重量比ではなく体積比で測ることが多い)などの数字が出てきておりましたが、大都市のNO₂濃度は大体この程度の値と考えるとよろしい。

それでは、都市から遠く離れた、人間が汚していない自然大気中では、一体NO₂の濃度はどうなのだろうかという疑問がわくわけで、それならばひとつ測ってみようかという気になります。実際そういう誘惑にかられて(?)、主に化学屋さんですが、アルプス山中や熱帯地方の人里離れた所で測定を試みた人がいます。その結果は人によってまちまちなのですが、どうやら、都市大気の0.03 ppmなどという値よりも1桁小さい、つまり10億分の1の桁(これをppbと呼ぶ)の値らしいということになっておりました。1970年代の初めごろの話です。

こんな低濃度のNO₂をどうやって測るのでしょうか。汚染大気の測定用として市販されている、ありきたりのNO_x計ではもちろん役に立ちません。そこで、みなそれぞれ工夫をこらしているわけですが、化学屋さんは何時間も時間をかけて溶液に捕集して検出感度を上げています。私達物理屋は後でお話しするように光を使ってやります。今でこそ1 ppbより1桁低い濃度まで測れるだけの精度を出してい

いますが、昔の測定技術はそんなに信頼がおけるわけではありません。その結果も大変あやしいものでありました。

もう7,8年前のことになりますが、成層圏を飛ぶSST(超音速航空機)の排気ガス汚染が、アメリカの科学者の中で論議され始めました。SSTの排気ガス中のNO_xがオゾンを壊すので、成層圏のオゾン層を侵食してしまうというのです(上層大気では、下層とちがいNO_xはオゾンを壊す)。オゾン層が侵食を受けると、地上にふりそそぐ太陽紫外線の量が増え、地上の生物に影響を及ぼす、また気候変動をひき起すかも知れないという心配がありますが、中でも彼らが最も心配したのは皮膚ガンの増加でした。

SST排ガスの問題は、アメリカの開発中止もあって、今では、オゾン層への影響は、一時言われていたほど重大事ではない、ということに落ち着いたようです。今にして思えば、マッチ・ポンプのそしりをまぬがれませんが、この問題は新たに、フロンや窒素肥料によるオゾン層侵食の問題へと発展していったわけで、上層大気への関心を高めた意義は大きいと言えます。とにかく、SSTの問題を契機として、上層大気、特に成層圏の化学組成の研究が急に活発になり、NO₂の研究も新しい段階をむかえることになりました。

アメリカはコロラド州Boulderの海洋大気局の研究所に、NO_xを研究するのにふさわしい名前を持った御仁がいます。John NOXONといひます。私は彼のオフィスのそばの住人だったことがあります。普段の彼はロッキー山中の観測所に出かけているので、なかなかお目にかかれませんが、たまに彼と会う時はいつも、ウィンストンをくゆらせながら、別の手にはコーラの瓶をぶら下げて私のオフィスにやってくる時で、議論の相手をさせられた記憶があります。彼の専門は大気光の分光観測なのですが、ごくありふれた器械を使いながら、他の同業者には

まねの出来ない、実に巧い観測をやって見せる腕前の持主です。

その彼が、地上で観測した太陽スペクトル(可視部の波長430nm附近)の中に、ちょっぴり、まぎれ込んでいる地球大気中の NO_2 の吸収を見つけ出して、 NO_2 の濃度を測り始めたのです。驚いたことに、彼の観測データからは1ppb以下、それも0.1ppbに近い値がでてきます。もちろん例外もあります。彼の観測所から何マイルか離れた所には、コロラドの州都Denverからロッキー山国立公園に通じる道路が走っているので、風向きによっては車の多い日には排気ガスの影響で、高濃度の NO_2 が観測されるということです。また雷の後には、 NO_2 の濃度が高くなります。雷の放電で NO_x が作られるという話を、彼はこの観測で実証してくれました。しかし、こういう例外的な場合を除けば NO_2 濃度は、今迄信じられていた値の10分の1位だということです。

彼の結果がScience誌上に発表されたのを見て、私達は、その値が小さすぎるのではないかと思いました。何しろ NO_2 の吸収は高々1%程のわずかの量です。それに分光器の迷光だとか、大気中の吸収・散乱のゆらぎの影響など、 NO_2 の濃度を低めに見積りそうな可能性は沢山あります。そこで私達は、手持のありきたりの分光器を使って、彼に挑戦してみようということになりました。そっくり彼のまねをするのは能がないです、彼の神技にかなう程の腕はあいにく持合わせていませんので、私達は凡人でもできるやり方で、スペクトル・データを統計的に処理して精度を上げようということになりました。そこで助手の鈴木さんに応援してもらって、院生の柴崎君を叱咤して、三号館の屋上と茨城県柿岡の地球物理研究施設の観測所で観測を始めることになりました。1年半前のことです。

幸か不幸か、東京の上空は NO_2 が多いので、楽に検出することが出来ます。試験的に三号館で測った値は東京都でやっているモニタのデータと比べてみると、大体よく合っている。これに勇気を得て、柿岡でとったデータを解析してみると、東京よりはもちろん低濃度ですが、桁が1低いというわけ

ではないことがわかり、大気汚染の広域化を自分自身で確認した次第。これでは、文明の地を十分離れないことには、自然大気中の NO_2 を測る目的は達せられない、との感を強くしました。

人間の汚していない大気を求めて遠征に出かける前に、やっておかなければならないことが残っていました。一度、 NO_2 の吸収のない大気の外で、太陽スペクトルをとっておくことがどうしても必要でした。そこで宇宙航空研究所の大気球に、分光器を乗せてもらうことになりました。この実験は、岩手県三陸町の実験場で、今年の5月に行いましたが、巧くいまして、高度24kmで太陽スペクトルをとることができました。

この実験には、おまけの収穫がついていまして、その一つは、日没時の観測から、 NO_2 の成層圏内の高度分布を求めることができたことです。この種の観測は、フランス、カナダの連中が先鞭をつけ、後でアメリカ、イギリスの連中もぼつぼつやっております。方法は赤外の吸収や発光を使ったものと、私達と同じ可視の吸収を使ったものがありますが、どの結果もぼつぼつ合っています。成層圏 NO_2 の大体の様子をつかむことができるようにはなりましたが、まだ世界中で、私達のものも含めても、10例に満たないデータしかありませんので、これからも測定に精を出す必要がありそうです。

三陸実験のもう一つのおまけとして、実験場上空の NO_2 濃度を決めてやることができたことです。観測のコンディションが良くなかったので感度が悪く、得たのは0.4ppbという上限値ですが、それにして三陸地方は、東京に比べて NO_2 濃度がずいぶん低いということがわかりました。この値が出てからは、どうもNOXONの測っている値は本物だと信じざるを得なくなり、改めて彼の腕前に感服したわけでありました。

幸い、飛ばした分光器も回収されまして、回収時の破損の修理も終わりましたので、いよいよ汚れのない大気の探査を始めようと思います。小笠原諸島で観測をしようとか、飛行機に乗って日本上空をサーベイしようとか、あるいは国外遠征をと、いろいろ目論んでおります。