



大 気 化 学

川 村 清*

1. はじめに

地球大気は、窒素、酸素、アルゴン、二酸化炭素の主成分以外に、各種微量成分気体、固体状、液体状の微小粒子（エアロゾル）および雨滴を含んでいる。これら大気中の各態物質系の組成およびその変動、また大気中における各種化学物質の挙動、収支等、さらに化学物質が関与する大気中の諸現象を研究するのが大気化学である。

大気化学において基本的に重要なことは、現場の実態をありのままに伝える試料の採取、保存、分析の技術である。その前に、当面の研究目標達成のために必要な研究計画の立案がある。次いで、分析結果の妥当性の検討、結果の解析とそこから導かれる結論への信頼性の吟味である。そのためには、分析化学、地球化学、地球物理学などの素養が要求される。

2. 大気化学研究の現状と意義

故岡田武松博士は、大気の化学的研究が気象学の発展にとって看過できない重要な要因となることを予見し、1935年に世界に先がけて当時の中央気象台に化学掛を設け、朝比奈貞一博士、三宅泰雄博士がこれに属した。その後、三宅泰雄博士が中心となって、日本の気象化学は世界の斯学研究に絶えず新風を吹き込んできた。

2.1 気体状物質

大気中の CO_2 は、大気主成分の中で、近年最も濃度変動が大きい。 CO_2 は水蒸気と共に赤外放射の主要な吸収体であるため、地表における熱収支に対して大きな影響力を持ち、気候変動の一要因として注目されている。南極大陸氷に閉じ込められた気泡の分析から、**Matsuo・Miyake** (1966) は、かつて大気 CO_2 の濃度は最大 280 ppm (容積比) であることを明らかにした。それが現在では 320~330 ppm と増大し、その増加率は年間 0.7~

1.0 ppm に及んでいる。この増加率は、化石燃料の消費に伴う CO_2 の計算上の増加率の約 1/2~1/3 で、残りの 1/2~2/3 は海洋に吸収されると信じられていた。しかし、最近の **Miyake et al.** (1974) の研究によると、海洋は CO_2 の吸収体ではなく、むしろ発生源であることが明らかになり、大気中における CO_2 収支の考え方に新しい波紋を投じている。

大気中の N_2O の濃度は約 0.3 ppm であるが、対流圏内で化学的に安定なため、注目されていなかった。最近、窒素肥料使用量の世界的な増加により大気中の N_2O が増える可能性があること、また、 N_2O は成層圏で酸素原子と反応して NO を生成し、これが成層圏オゾンを壊すこと等が指摘されている (**Liu et al.** 1977)。 N_2O と同様に成層圏オゾンを破壊するとして人工のハロゲン化炭化水素が重視されている (**Molina・Rowland**, 1974)。

対流圏 CO の濃度は約 0.1 ppm であり、北半球で高く、南半球で低い。 CO の大気中の平均滞留時間は 0.1~1 年と推定されているが、これは CO_2 、 N_2O の数年~数十年に比べてはるかに短い。 CO の地球化学的な収支についてはまだ十分に解明されていない (**Seiler et al.** 1970)。

SO_2 、 H_2S 、 NO_x 、 NH_3 は反応性に富むため、大気中における滞留時間が最も短い (10日以内) 代表的な物質である。発生源である都市域や大陸 (土壤中の微生物等) から離れると濃度は急激に低下し、これら気体のバックグランド濃度は ppb あるいはそれ以下となる (川村・伏見, 1978, その他)。

2.2 エアロゾル

大気中には、海洋、土壌、火山等の天然源と人為的起源のエアロゾルが共存する。これらは大気中に放出後、粒子あるいは液滴の併合あるいは気体の吸着が起こり、また、それによって二次的な変化を受けることもあるで

* K. Kawamura, 気象研究所地球化学研究部

あろう。エーロゾルの化学的研究には、いくつかの攻め方がある。単位体積の空間中にある総量やその組成に着目する見方、組成にしても物質の存在状態のいかんにかかわらず、そこにある全てのものを測定する方法と、適切な抽出液を用いて一部を抽出・測定する方法がある。エーロゾルから雨滴への物質の移行を問題にしようとする時は、pH 3~5の酸性水溶液で抽出すればよい。これに対して、エーロゾル個々の粒子の化学組成や存在形態まで問題にしなければならない研究(Ono, 1978)もある。雲物理研究にはそのようなところまで欲しいであろうし、熱収支に対するエーロゾルの寄与を究明するにも、粒子個々の物質と形状などが問題となるであろう。

2.3 降水

降水には大気中に存在する各種化学物質の多くが含まれるが、降水による除去効率が一律でないので、大気と降水の化学組成は必ずしも同じでない。降水の各種化学成分濃度は降水の型により、またひと雨でも降り始めからの経過時間により大きく違う(Miyake・Sugiura, 1950)。このことは、大気物質の雲の中での取り込み機構、また雲の下方の大気中での雨滴による捕捉機構が、複雑なことを示す。雲の中にトレーサーとして、インデウム、銀等を散布する実験、降水中の水素および酸素の同位体比の測定等により、降水現象を解析する試みがなされている(Miyake *et al.* 1968・Gatz, 1977)。

2.4 天然および人工放射性物質

大気中には、(1)地殻中の天然放射性核種から放射性壊変により生成した ^{222}Rn 、 ^{220}Rn およびこれらの娘核種 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 等(2)宇宙線により生成した ^{14}C 、 ^3H 、 ^7Be 等(三宅, 1969)(3)核爆発等により放出された ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{85}Kr 、 ^3H 等(Miyake *et al.* 1963)が存在する。これら核種の大部分は大気中のエーロゾルに含まれ、降水により地球表面に降下する。放射性核種はそれぞれがもつ半減期によって壊変するので、これらを時間の目盛り付きのトレーサーとして利用し、大気循環、降水機構、成層圏における滞留時間、成層圏からの落下機構等の研究がなされてきた(Miyake *et al.* 1963, その他)。

3. 大気化学の教科書、解説書

大気化学では、大気、エーロゾル、降水の化学成分についての正確な情報を得ることが基本となるので、高度の分析技術を修得することが必要である。分析法については数多くの成書がある。大気、エーロゾル等の全般にわたって記述されたものに、三宅(編):**空気試験法**

(1968)、山県・大喜多(編):**環境汚染分析法**(1973)、大喜多・川村:**大気汚染質の測定法**(1976)等がある。水については、三宅・北野:**新水質化学分析法**(1976)、放射性物質については、気象庁(編):**大気放射能観測指針**(1970)等がある。また、特定成分用の分析機器として、炭化水素類等にガスクロマトグラフ、およびこれに質量分析計を直結したもの、 O_3 、 NO_x に化学発光方式の分析計、その他があり、これら機器類は市販されている。

Butcher・Charlson:**An introduction to air chemistry**(1972)は大気化学の入門書である。大気はこれと接する地表、海面との間で物質の授受が起こっているため、大気化学の研究には地球化学に関する知識が必要であり、Miyake:**Elements of geochemistry**(1965)はそのための教科書として役立つ。Junge:**Air chemistry and radioactivity**(1963)は大気化学に関する代表的な教科書であり、現在でも専門家にとって必読の書である。Stern(ed.):**Air pollution**(Vol. I, II, 1976)には大気中の各種物質の分析法、さらに発生源、変質の問題等について記述されている。解説書としては、大気化学の特集〔**化学の領域**, 23, 345-424, 1969(南江堂)], 自然環境と化学の特集〔**化学教育**, 20, 163-230, 1972(日本化学会)]等がある。

特定物質について記述されたものは最近かなり出版されている。降水については三宅・杉浦:**降水の化学**(1957)、エーロゾル、イオウ化合物等はRasool(ed.):**Chemistry of the lower atmosphere**(1973)、 CO_2 はAndersen・Malahoff(ed.):**The fate of fossil fuel CO_2 in the ocean**(1977)、放射性物質は三宅・木越:**放射体化学**(1956)にそれぞれ記述されている。

文献

- 川村 清, 伏見克彦, 1978: 気象研究所技術報告, 1, 117-123.
 気象庁(編), 1970: 気象庁, pp. 138.
 三宅泰雄(編), 1968: 地人書館, pp. 298.
 ———, 1969: 化学の領域, 23, 23-26, 南江堂.
 ———, 木越邦彦, 1956: 培風館, pp. 344.
 ———, 北野 康, 1976: 地人書館, pp. 265.
 ———, 杉浦吉雄, 1957: 地人書館, pp. 109.
 大喜多敏一, 川村 清, 1976: 気象研究ノート, 130, 53-74.
 山県 登, 大喜多敏一(編), 1973: 全13巻, 大日本図書.
 Andersen, N.R. and A. Malahoff, (ed.), 1977: Plenum Press, New York, pp. 749.

Butcher, S.S. and R.J. Charlson, 1972: Academic Press, New York, London, pp. 241.
 Gatz, D.F., 1977: Atmosph. Environ., 11, 945-953.
 Junge, C.E., 1963: Academic Press, New York-London, pp. 382.
 Liu, S.C., R.J. Cicerone, T.M. Donahue and Chameides, 1977: Tellus, 29, 251-263.
 Matsuo, S. and Y. Miyake, 1966: J. Geophys. Res., 71, 5235-5241.
 Miyake, Y., 1965: Maruzen Co. LTD, Tokyo, pp. 475.
 ———, O. Matsubaya and C. Nishihara, 1968: Pap. Met. Geophys., 19, 243-266.
 ———, K. Saruhashi, Y. Katsuragi, T. Kanazawa and S. Tsunogai, 1963: Pap. Met. Geophys., 14, 58-65.
 ———, Y. Sugimura and K. Saruhashi, 1974: Records Oceanograph, Works Japan, 12, 11-18.
 ———, Y. Sugiura, 1950: Pap. Met. Geophys., 1, 222-226.
 Molina, M.J. and F.S. Rowland, 1974: Nature, 249, 810-812.
 Ono, A., 1978: Atmos. Environ., 12, 753-757.
 Rasool, S.I. (ed.), 1973: Plenum Press, New York-London, pp. 335.
 Seiler, W. and C. Junge, 1970: J. Geophys. Res., 75, 2217-2226.
 Stern, A.C. (ed.), 1976: Academic Press, New York, San Francisco, London.



続 気象学入門講座

これからの予定

(太字は既に掲載されたもの、カッコ内は掲載された巻号)

- 気象学へのガイダンス (25.4)
- [基礎コース]
- 気象解析の手引き (25.5)
- 気象力学・気象熱力学 (25.6)
- 気象放射学
- 高層大気物理学入門 (25.5)
- 雲物理学・降水物理学 (25.8)
- 大気電気学・大気化学 (25.12)
- 気象観測と気象器械
- 気象統計について (25.7)
- 気候学
- 生活と気象 (25.6)
- [アドヴァンスト・コース]
- 気象予測論 (25.7)

- 回転流体力学を学ぶために(25.6)
- 対流論 (25.6)
- 中小規模現象の気象学 (25.11)
- 大気大循環論
- エアロゾルの気象学
- 気候変動論
- 熱帯気象学 (25.8)
- 高層大気力学の諸問題 (25.9)
- 高層大気物性
- 大気境界層の物理
- 衛星気象学
- レーダ気象学
- 惑星気象学 (25.7)
- 自動気象観測(隔測)・通報システム

- 応用気象学
- 大気汚染の気象学
- 実験気象学 (25.10)
- 天候・気候変化の気象学
- 海洋気象学 (25.9)
- 極気象学
- 気象災害論 (25.9)
- 気象教育論
- 気象データ処理法
- [研究のすすめ方]
- 最近の気象資料
- 論文の書き方
- 気象学教科書・参考書のリスト