



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	あとがき
Citation	低温科学, 72, 319-320
Issue Date	2014-03-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55068
Type	other
File Information	LTS72_033.pdf



あとがき

最後に、今後の重要な研究分野になるであろうと著者(藤吉)が信じている「気層学」について述べておきたい。

これまで無数に出されたどの教科書や解説書も、「なぜさまざまな高度に雲が形成されるのか」について明確な答えを与えていない。Danielson (1959) は、通常のゾンデ観測では無視される大気の大気薄層構造の存在と重要性を早くから指摘している。また、航空機を用いた観測から、自由対流圏中には相異なる化学組成をもつ層、すなわち履歴や起源の異なる層が何重にも重なって存在しその構造は普遍的 (ubiquity) であることが明らかとなっている (Wu et al. 1997; Newell et al. 1999)。薄層の厚さは測定に用いた装置の精度に依存して数 cm から数 km の範囲に亘るが、一番頻度が高いのは数 100 m 程度である (Dalaudier et al. 1994; Iselin and Gutowski 1997; Muschinski and Wode 1998; Thouret et al. 2000; Chuda et al. 2007)。Luce et al. (2010) が信楽にある京大 MU レーダで検知した対流圏から成層圏までの大気の鉛直微細構造を見ると、まさに対流圏が実は成層大気圏であることが明瞭に示されている。図 1 は北大・低温研の 3 次元走査型のドップラーライダーで観測した、札幌上空のエアロゾルの多層構造の一例である。ライダーの反射強度 (S/N 比) が異なる空気層が何重にも重なっていること、さらに重要なことに、各層毎に風向も異なっていることが分かる。これらの層は潜在的な雲層でもある。

対流圏大気の大気多層構造は、汚染物質も含むエアロゾル

の長距離輸送と変質に関連する。また、どのような組成のエアロゾルがどの高度にどれだけ存在するかによって、大気中および地表面での放射収支が異なるため、エアロゾルの直接効果の見積もりにも重要である。例えば、Gómez-Amo et al. (2010) の感度実験によれば、太陽光を吸収しやすいエアロゾル層 (加熱層) が下層にあるとより効率よく散乱光を吸収し、結果、地上日射はより大きく減衰させられる。さらに、多層内のエアロゾルの放射特性が多層構造を維持するのに重要な気温の逆転層を強めたり弱めたりするという観測事例や数値実験結果もある (Tsunematsu et al. 2006; Yu et al. 2002)。さらに、エアロゾル層と雲との相対的な位置関係によって、放射強制力の正負が変わってくる (Koch and Genio 2010)。さらに、エアロゾルの多層構造は、雲の発生に関わる波や乱流の発生、および雲の大気多層構造に伴う第 1 種・第 2 種の間接効果に関連している。

自然界には沈殿や堆積物中、積雪中に見られる層構造、試験管の中に形成されるリーゼガングリング、瑪瑙の縞構造、土星の環など層構造を示す現象は多いが、その多くの形成メカニズムは未解明である。Thorpe (1982) は、室内で安定成層した流体を攪拌する実験を行い水平方向に層が生じることを示した。そもそも空気は非断熱過程で温位 (密度) が変化しない限り等温位面上を移動し、対流圏でも成層圏ほどではないにしろ空気は上下に混ざりにくいはずである。対流圏で安定成層を攪拌できるのは、積雲や積乱雲などの対流であり、異なった温位を持つ空気塊は雲内で形成され吹き出され、それ

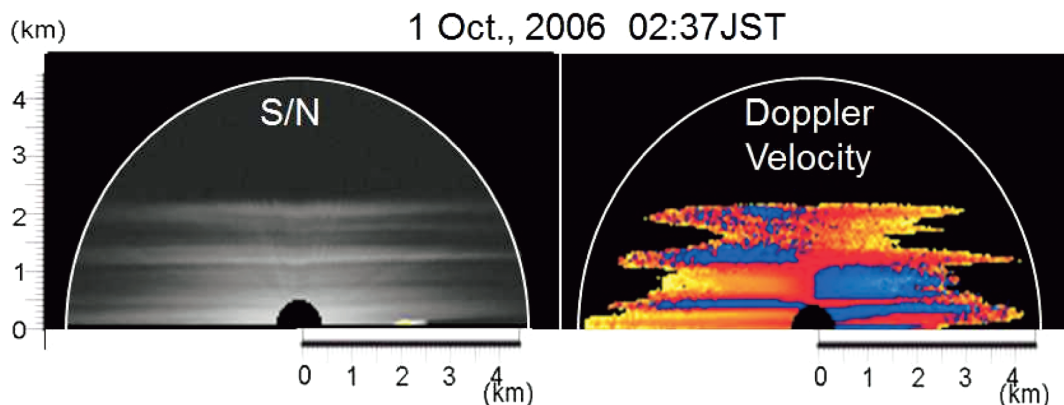


図 1：ドップラーライダーを用いて札幌で観測した S/N 比 (左) とドップラー速度 (右) の鉛直断面図。さまざまな厚さのエアロゾル層が何層にも重なって存在していること、また、各層毎に風向が異なっていることが分かる。

Fig. 1: Vertical cross sections of S/N (left panel) and Doppler velocity (right panel) observed by a 3D-scanning Doppler lidar at Sapporo. Laminar structure with different wind direction is apparent.

らが積層してできたものが大気中の成層構造であろう。何れにしても、対流圏の成層構造の形成と破壊には対流と非断熱過程が重要な役割を果たしているはずであり、複数の対流雲を取り囲むようなメソ α スケールで展開したドップラーライダー、レーダー、航空機、ゾンデ観測など詳細な大気の水平・鉛直構造の観測と同時に、アイソトポマー、水蒸気の安定同位体比、バイオエアロゾルなどを使って大気の履歴を明らかにし、これらのデータを基に本号で紹介されたエアロゾルから雲までのシームレスな計算が可能な詳細雲モデルを用いた計算が今後望まれる。

引用文献

- Chuda, T., R. Kimura, and H. Niino, 2007: Vertical fine structures of temperature and water vapor in the free atmosphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, **85**, 583-597.
- Dalaudier, F., C. Sidi, M. Crochet, J. Vernin, 1994: Direct Evidence of "Sheets" in the Atmospheric Temperature Field. *J. Atmos. Sci.*, **51**, 237-248.
- Danielson, E. F., 1959: The laminar structure of the atmosphere and its relationship to the concept of a tropopause. *Archiv fur Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie A*, 293-332.
- Gómez-Amoa, J. L., A. di Sarra, D. Meloni, M. Caccianic, M. P. Utrillas, 2010: Sensitivity of shortwave radiative fluxes to the vertical distribution of aerosol single scattering albedo in the presence of a desert dust layer. *Atmos. Environ.*, **44**, 2787-2791.
- Iselin J. P., and W. J. Gutowski, Jr. 1997: Water vapor layers in STORM-FEST rawinsonde observations. *Mon. Wea. Rev.*, **125**, 1954-1963.
- Koch, D., and A. D. Del Genio, 2010: Black carbon semi-direct effects on cloud cover: review and synthesis. *Atmos. Chem. Phys.*, **10**, 7685-7696.
- Luce, H., T. Nakamura, M. K. Yamamoto, M. Yamamoto, S. Fukao, 2010: MU radar and lidar observations of clear-air turbulence underneath cirrus. *Mon. Wea. Rev.*, **138**, 438-452.
- Muschinski A. and C. Wode, 1998: First in situ evidence for Coexisting submeter temperature and humidity sheets in the lower free atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, **55**, 2893-2906.
- Newell, R. E., V. Thouret, J. Y. N. Cho, P. Stoller, A. Marengo, and H. G. Smit, 1999: Ubiquity of quasi-horizontal layers in the troposphere. *Nature*, **398**, 316-319.
- Thorpe S. A., 1982: On the layers produced by rapid oscillating a vertical grid in a uniformly stratified fluid. *J. Fluid Mech.*, **124**, 391-409.
- Thouret, V., J. Y. N. Cho, and R. E. Newell, 2000: General characteristics of tropospheric trace constituent layers observed in the MOZAIC program. *J. Geophys. Res.*, **105**, 17379-17392.
- Tsunematsu, N., T. Sakai, and T. Nagai, 2006: Strong capping inversion over the Tokyo metropolitan area associated with airborne Asian dust. *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L19806, doi:10.1029/2006GL026645.
- Yu, H., S. C. Liu, and R. E. Dickinson, 2002: Radiative effects of aerosols on the evolution of the atmospheric boundary layer. *J. Geophys. Res.*, **107**(D12), 4142, doi:10.1029/2001JD000754.
- Wu, Z., R. E. Newell, Y. Zhu, B. E. Anderson, E. V. Browell, G. L. Gregory, G. W. Sachse, and J. E. Collins, Jr., 1997: Atmospheric layers measured from the NASA DC-8 during PEM-West B and comparison with PEM-West A. *J. Geophys. Res.*, **102**, 28353-28365.