

環境問題とライダー研究

Environment Issue and Lidar Research

竹内 延夫

千葉大学 産学連携・知的財産機構&環境リモセン研究センター

Nobuo TAKEUCHI

OACIP & CEReS, Chiba University

Abstract

Japan was in high growth period at 1960s and early 1970s. It brought severe environmental pollution. After the strict control and accidental energy crisis, environmental issue shifted from industrial pollution to urban/city-life problem. In lidar technology, the digital processing has become standard around the same time, and the analytical method made a huge progress. From 1990s, global environment has emerged important. These situations are described putting a stress on the NIES activity.

【はじめに】

環境問題には環境基本法にある「典型七公害」(大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、騒音、振動、悪臭、地盤沈下)が初期の典型であるが、大気汚染・水質汚濁・土壌汚染、騒音・振動・快適性問題、廃棄物問題・循環型社会、開発問題・自然保護・生態系問題、地球温暖化・気候変動問題などに分類される。

1958年に水質保全法、工場排水規制法が制定され、大気関係でも四日市喘息を典型とする大気汚染が1960年から1970年代半ばにかけて深刻化し、高度成長とともに公害への反対運動が盛り上がった。1970年の公害国会で公害対策基本法、水質汚濁防止法などの公害関係の法律が整備され、1971年7月環境庁が設置された。同年、国立公害研究所設立準備委員会が設立され、1974に研究所(1990年、国立環境研究所と改称)が発足した。これらの規制によって、産業公害は沈静化されていった。私は1971年にコロンビア大学へ旅立ったが、そのときの羽田の空はどす黒く大気汚染の典型であった。しかし1975年に国立公害研究所に赴任するためにカナダNRCから帰国したときの羽田の空は澄んでいた。1973年～1974年のオイルショックをきっかけに高度成長から低成長へ移り、公害も産業公害から都市・生活公害へ移り、自動車排ガスの窒素酸化物がクローズアップされてきた。また、光化学スモッグが健康・生活環境に被害をもたらした。

1990年代から、環境基本計画が策定され、公害克服から大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会活動がおこす都市生活型公害問題、地球環境問題へとシフトし、従来の規制的手法のみを中心とする方針から地球環境保全・自然環境保全へと方針が変換した。

【1975年以前のライダー研究】

ライダーは1963年に超高層混濁度を対象としてFiocco & Smullin[1]によって発明されたが、同年、Ligda (SRI)は対流圏(境界層)の粒子状物質を対象としたライダーを報告[2]している。SRIでは境界層の浮遊粉塵の構造だけでなく、排煙の拡散の航空機搭載ライダーなど積極的な観測・研究を行っている[3]。米国ではNASA[4]やNOAA[5]など気象分野からの研究が中心であった。

1970年代なるとデータ取得のデジタル化[6]が始まり、データの取得、解析が容易となり、積算による精度の向上が図られるようになった。

【国立公害研究所のライダー建設の頃】

日本のライダー研究は、1960年代に東北大学(稲場研究室)で始められ、その後、多くの大学や、国立研究機関、その他の機関で研究に加わっている。ライダーシステムも(株)東芝、日本電気(株)、三菱電機(株)などが初期か

ら開発を行っている。

1970年頃の 대기汚染は深刻で、公害関連機関として全国の自治体の中で最初に設立された三重県公害センター(1976年、環境科学センターに改組)ではライダーを四日市の工場地帯を望む庁舎に設置した。この目的は接地境界層の高さを測定することであった。1974年、つくばに設置されたに環境庁国立公害研究所でも、設立準備委員会報告書(通称：茅レポート)の中に、リモートセンシング等の新しい計測手段の開発を行うことが明記され、大気環境部の項目に、大気汚染の物理的側面を気象との関連において把握することが記述されている。それに伴い、大型施設(多目的実験棟)の中にレーザーライダーを建設することとなった。その手始めにミー散乱ライダーを製作し、計測車に搭載してフィールド観測を行った。また建設に当たっては、三重県環境科学センターのライダー施設を訪問し、参考にした。三重県のシステムはデータ処理に関してはアナログ式であったが、国立公害研ではトランジェント・レコーダを使用し、最初からデジタル方式のデータ処理を採用している。

国公研の大型ライダーは多目的実験棟の最上階に設置され、東京方面や鹿島工業地帯の広域観測を行った。特に、遠方のエアロゾル濃度値を初期値としてbackwardにライダー信号を解析するKlett[7]、Fernald[8]の手法を導入し、解析結果の精度は一段と高まった。ライダーの観測はエアロゾルだけでなく、DIAL法によるNO₂やオゾンなどの大気汚染物質の観測も大に行われている。

【エアロゾルの動態と光学特性、微量物質と水分、風場の観測】

大気汚染に関連したライダーの観測ではエアロゾル(粉塵；黄砂を含む)の移流や構成物質・粒径などの光学特性、大気汚染や地球温暖化に係る微量物質(NO₂、SO₂、O₃、CO₂、CH₄、VOCなど)や水分、上空の風場の観測が重要である。特に上空のエアロゾルの成分はエアロゾルの複素屈折率と粒径分布が分かると推定が付く。Hessら[9]はOPACで組成・粒径と密度の関係を求めたが、この関係は地球温暖化で地上のエアロゾル濃度からエアロゾルの透過・散乱等を求める関係(MEE:Mass Extinction Efficiency)の逆過程[10]である。これには成分や粒径分布が必要であるが、国立環境研では多波長の観測からライダー観測値だけから求める手法[11,12]を開発している。

【地球環境時代——1990年以降】

国立公害研(現・国立環境研)の大型ライダーは周囲を観測することにより、地域の代表性が設立時に議論された[13]。しかし、その後、情報分野も、拠点方式からユビキタスへとシフトし、ライダー観測も多数の地点での測定値を統合するライダーネットの方向に進んでいる。アジアでは国環研のNIESネットワーク[11]があるが、ヨーロッパではEARINET[14]、NASAが大気放射計のAERONETと提携したMPLNET[15]を構成している。ライダー観測はエアロゾルと大気分子を分離するHSRL(High Spectral Resolution Lidar)やRaman-Mie方式、風向・風速測定のコヒーレントライダーなどが研究されている。将来的には気象自動測定局網のAMeDASのように、上空のエアロゾル成分、雲底、水分、風場などを自動測定するLIDAR-AMeDASの設置が望まれる。特に水分は時間変動も激しく、数値予報の入力値として衛星データ等も利用されているが、ライダーの観測は重要である。

地球環境問題の重要化とともにライダーは成層圏変動観測網計画(NDSC)の中心的観測法となっている。

ライダーは小型化、高機能化が図られるとともに、他の観測法と組み合わせ、解析法の進展とともに今後も遠隔計測法として発展していくと思われる。

- [1] Fiocco, G.; Smullin, L. D. : Nature, **199**, 1275-1276 (1963). [2] MGH Ligda : Proc. Conf. Laser Technol, 1963
[3] R. T. H. Collis : Appl. Opt. **9**, 1782-1788 (1970) [4] McCormick, M. P.; Fuller, W. H., Jr. : AIAA Journal, **11**, 244-246 (1973)
[5] Derr, V : Antennas and Propagation Soci. Int.Symp, 20 - 23 (1971) [6] E. E. Uthe and R. J. Allen : Opt. Quantum Electr. **7**, 121-129(1975)
[7] J.D. Klett : Appl. Opt., **20**, 211-220 (1981) [8] F.G. Fernald: Appl. Opt., **23**, 652-653 (1984)
[9] M. Hess, P. Koepke, I. Schult: BAMS. **79**, 831-844(1998) [10] N.Lagrosas., Hi.Kuze, N. Takeuchi, et al: Aerosol Science **36**, 439-454 (2005)
[11] 西澤智明, 杉本伸夫 : エアロゾル研究, **24**, 242-249 (2009) [12] A.Shimizu, N.Sugimoto, I.Matsui, et al.: SOLA, **7A**, 1-4 (2011)
[13] 内藤正明: 国立公害研究所報告第34号 49-60(1982) [14] G. Pappalardo, et al: Appl. Opt., **43**, 5370-5385 (2004)
[15] J. Campbell, et al: J. Atmos. Oceanic Technol., **19**, 431-442. (2002)