

# 21. 国立公害研究所におけるレーザ・レーダ

## Laser Radar Plan at National Institute

### for Environmental Studies

竹内 延夫 安岡 善文

N. Takeuchi Y. Yasuoka

国立公害研究所

National Inst. for Environmental Studies

## I. 研究目的

大気汚染の計測方法として、従来の化学分析の方法の代りにレーザ・レーダを用いることによって

1) サンプリングの必要がないので、サンプリングに伴う誤差を避けることができる。

2) 地表だけの点分布のデータの代りに三次元濃度分布パターンを得ることができる。

これらの利点によって大気汚染の計測ならびに予測のために

(1) 従来、大気汚染の監視は地表だけで行われてきたが、上空の大気汚染のデータは短期間の大気汚染予測に有力な情報を与えることができる。昨年の日米光化学大気汚染委員会でも長距離間の汚染物質の移流が問題になり、特に上空における大気汚染の計測の必要性が強調された。

(2) 大気拡散モデルに基づいた大気汚染の予測のためにも従来の点モニタリングシステムから得られる汚染物質の点分布のデータでは不十分で、汚染物質の空間的な分布パターンが要求されている。このような要求もレーザ・レーダによって始めて満足させることができる。

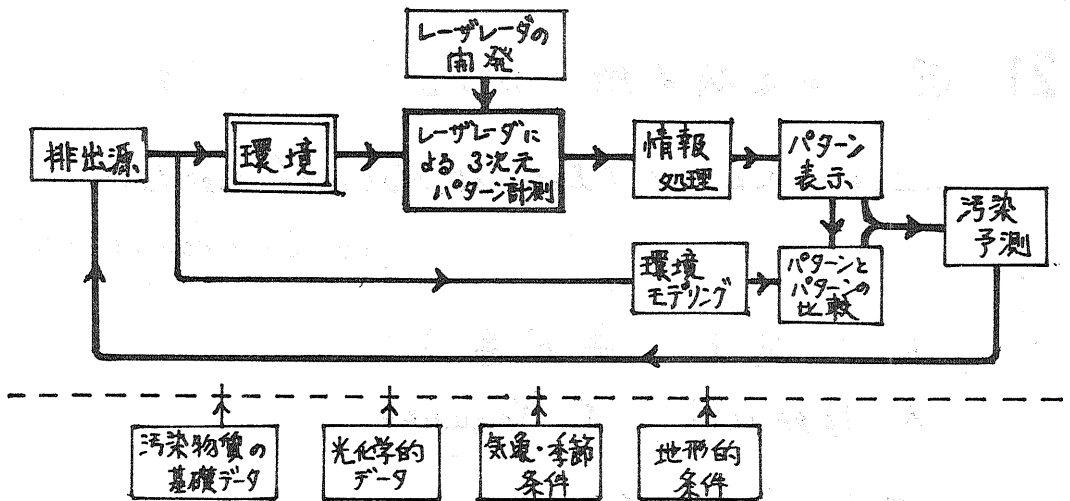
当研究所では大気汚染の新しい計測法ならびに予測法の開発を行っているが、レーザ・レーダによる大気汚染の監視ならびに予測法を大気環境部、環境情報部、総合解析部の協力の下で研究している。研究概要のブロック図を才1図に示した。当面重要な汚染物質として、 $SO_2$ 、 $NO_2$ 、オゾン、ミスト、COなどが取上げられている。高精度で信頼性が高く、実時間測定で、必要な断面のパターン表示を得るためには、計算機を用いてデータ処理を行い、測定精度を改善し、望まれる形にデータを処理して必要な表示を取出し、分布の種類分類や数値予測を行うことが必要である。

## II. 研究計画

### 1. 汚染パターン計測法の開発

実際の野外測定に適したレーザ・レーダのレーザとして高出力で、繰返し周波数が多く、安定なレーザを使用する。環境汚染物質の分布の測定方法とし

オ1図  
研究の  
フロー  
チャート

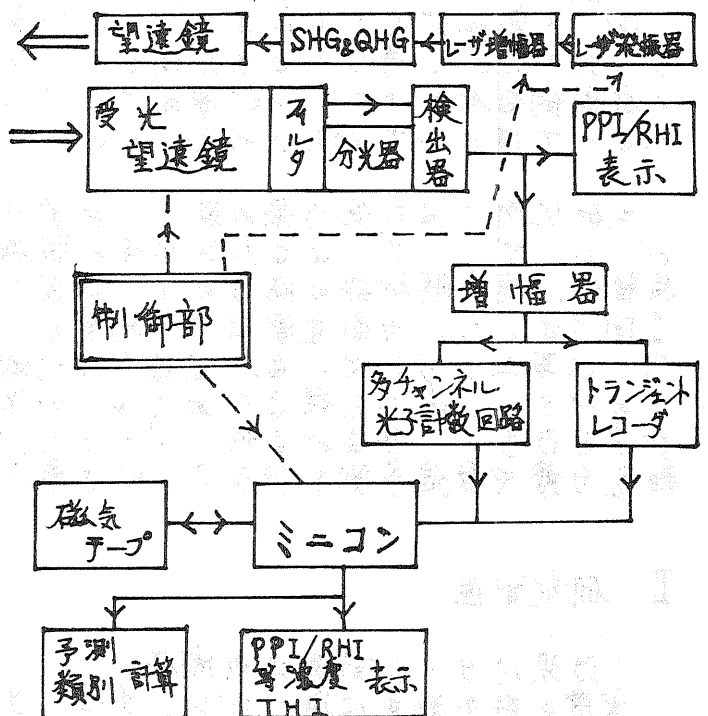


て、まずラマン・レーザ・レーダの実用化をめざす。ラマン散乱方式はミー散乱方式と技術的に共通する部分も多く、技術的延長として開発することが可能である。この場合、近距離の汚染分布の測定が可能で、都市域の背景濃度の測定や、道路沿いや固定排出源からの拡散の実態の高精度な測定などが可能となる。SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、O<sub>3</sub>、COなどの分布・拡散の測定に高出力・高速繰返しのレーザを使用し、計算機処理によって多数回の信号を積分し、S/N比の向上を計る。数値予測などに必要な気温・湿度・気圧の乱れも測定可能であり、上空の気象条件の測定によってモデリングやシミュレーション、汚染物質の拡散の研究が行える。

ラマン・レーザ・レーダの装置は簡単な操作でミー・レーザ・レーダとしても使用できる。当研究所は茨波研究学園都市の南端に位置し、東京・千葉・埼玉・鹿島などから50 kmの位置にあり、平野部なので見通すことが可能である。視程が十分な場合にはデータ処理方式を取入れて感度を向上させると広域のスモッグなどによる汚染パターンを得ることが可能である。これによって逆転層の様子、汚染物質の移流、汚染分布予測や汚染分布の型による分類などの研究を促進できる。レーザ・レーダ・システムの詳細をオ2図に示した。

各汚染物質の分布の広域測定や予測を行うには差分吸収散乱方式や共鳴蛍光散乱を用いる方が望ましい。現状では高出力で狭帯域幅のスペクトルを持ち、十分に安定度の高い同調可能なレーザ光源がまだ得られていない。ラマン方式で環境汚染計測のレーザ・レーダを開発し、データ処理方式をミー散乱を主とした広域のパターン測定系で完成し、

オ2図 レーザ・レーダ・システム (計画案)



その傍ら高性能の同調可能レーザを用いて、汚染物質の分布パターン測定を可能とするレーザ・レーダ方式を実用化した。

## 2. データ処理

レーザ・レーダは汚染物質の分布を2, 3次元的に捉え、大気汚染の状況を局所的な誤差を除いた“広域的分布パターン”として把握することを可能にする。ここではレーザ・レーダ出力信号を計算機で処理し、大気汚染パターンとして定量的に把握するための2次元的情報処理システムについて考察する。

### a) レーザ・レーダのパターン表示

レーザ・レーダの出力表示 (RHI or PPI) パターンを  $f(x, y)$  とする。(一般にレーダ出力は極座標表示であるが、これを直角座標系  $(x, y)$  に座標変換するものとする。)  $f(x, y)$  は点  $(x, y)$  における汚染物質濃度を示し、以後、大気汚染分布パターンと呼ぶ。 $f(x, y)$  を計算機で処理することにより、大気汚染の表示を自動化する。また、従来パターン認識工学において用いられている手法によって、 $f(x, y)$  を等濃度輪郭曲線の形で表示することも可能である。

### b) 大気汚染パターンの分類

汚染分布パターンは季節・気象条件等によって様々に異なる。しかし、例えば、気圧配置図において“西高東低”型の冬期の代表的気圧配置であるように、大気汚染分布パターンも大局的に見れば、いくつかの代表的な類型に分類される。この類型とこれを支配する排出源、季節、気象等の状況要因との対応関係を見出すことにより、状況要因から逆に汚染分布パターンを推定することが可能となる。以下に入力された分布パターンを代表的類型のいづれかに分類する手法について述べる。

汚染分布パターンの代表的類型を

$$\{h_1(x, y), h_2(x, y), \dots, h_n(x, y)\}$$

とする。 $\{h_i(x, y)\}$  は予じめ適当に選択するものとするが、入力された多数の汚染分布パターンから学習によって自動的に選択構成する方式についても現在考慮中である。さて入力汚染分布パターンを  $f(x, y)$  とすると、 $f(x, y)$  は

$$\iiint \{f(x, y) - h_i(x+t, y+s)\}^2 dx dy dt ds$$

を最小とする類型  $h_i$  に分類される。上式は簡単な計算により

$$\iiint f(x, y) h_i(x+t, y+s) dx dy dt ds = \iint \rho_{f, h_i}(t, s) dt ds$$

が最大するとき、最小となる。ここで  $\rho_{f, h_i}(t, s)$  は  $f(x, y)$ ,  $h_i(x, y)$  の相互相関関数である。すなわち、入力汚染分布パターン  $f(x, y)$  は類型パターン  $\{h_i(x, y)\}$  のうちで、 $f(x, y)$  との相互相関関数が大きい類型  $h_i(x, y)$  に分類される。

## 3. 大気汚染のモデル化

大気汚染予測の一例としてモデル化を考える。大気拡散の物理モデルを構成し (ボリュームモデル、パフモデル、ボックスモデル等)、汚染状況を把握する研究がなされているが、地形、気象条件等の複雑で広域にわたる状況要因のために必ずしも有効な結果は得られていない。

ここではレーザレーダ出力汚染分布パターン  $f(x, y)$  および汚染物質排出源分布パターン  $s(x, y)$  を観測し、2つの分布パターンを比較することにより、大気拡散モデルを構成する。地形、気象条件などの状況要因によって決定される2次元フィルタを  $w(x, y)$  とすると2つの分布パターンの関係は

$$f(x, y) = \iint s(\alpha, \beta) w(\alpha - x, \beta - y) d\alpha d\beta$$

と表わされる。 $f(x, y)$ ,  $s(x, y)$  を観測することにより、 $w(x, y)$  を推定することが可能であり、推定された  $w(x, y)$  は定常状態での大気拡散モデルを示すことになる。このモデルでは従来行われている大気拡散モデルと比較し、複雑な状況要因を2次元フィルタの中にとりこみ、単純化することができ、広域汚染を大域的に把握するモデルとして有効と思われる。

さらにレーザレーダによって汚染分布パターンを時々刻々観測し、過去のパターンから未来の汚染パターンを予測する手法についても考慮中である。

### III. おわりに

大気環境汚染計測の方法として点計測からパターン計測へ方法としてレーザレーダと計算機によるデータ処理を組合わせた高精度なシステムを考え、ここで述べた。社会的要求の時間的制約や経済性から、レーザレーダの技術が完成すれば全てが解決するという問題ではあるが、大気汚染計測の最適化、高精度化、汚染類別化、拡散現象の解明、汚染予測など広い分野に大きな飛躍が期待される。皆様の御助言と御協力をいただければ幸いです。