平成５年度研究協力推進事業
NEDO－KKS－LR１－１

# 環境計測用レーザレーダの開発に関する研究協力

DISTRIBUTION OF THIS DOCUMENT IS UNLIMITED
FOREIGN SALES PROHIBITED
NT

RECEIVED
APR 21 1998
OSTI

平成６年３月

新エネルギー・産業技術総合開発機構

## DISCLAIMER

Portions of this document may be illegible electronic image products. Images are produced from the best available original document.

# 序

本事業は、通商産業省の補助をうけて平成５年度「国際研究協力事業」として新エネルギー・産業技術総合開発機構が進めている事業であり、海外から要請のある研究協力課題に関して、民間企業等の協力を得て研究開発を行うことが適当なものについて、外国の研究機関等と共同研究を行うものである。

本報告書は、その事業の一つでインドネシアと協力して行った「環境計測用レーザレーダの開発に関する研究協力」の成果をまとめたものである。

本事業を進めるに際し、環境計測用レーザレーダに関しては（財）光産業技術振興協会、その一部である環境ネットワークについては（財）国際情報化協力センターの協力を得た。

環境ネットワークについては、別冊（ＮＥＤＯ－ＫＫＳ－ＬＲ１－２）にまとめてある。

平成６年３月　　新エネルギー・産業技術総合開発機構

目　次

I　研究協力の概要

1．研究協力の目的 …… 1

2．背景及び経緯 …… 1

3．研究協力の内容 …… 1

4．研究開発要素 …… 1

5．研究協力体制 …… 2

6．研究協力のスケジュール …… 2

7．レコード・オブ・ディスカッション …… 2

II 国際研究協力委員会

1．国際研究協力委員会委員名簿 …… 23

2．平成5年度第1回国際研究協力委員会議事録 …… 24

3．平成5年度第2回国際研究協力委員会議事録 …… 26

III 平成5年度の成果

1．はじめに …… 29

2．ODAレーザ・レーダ開発委員会 …… 30

2．1　ODAレーザ・レーダ開発委員会委員名簿 …… 30

2．2　審議経過概要 …… 31

3．現地調査報告 …… 33

３．１　訪問先の紹介 …… ３３
３．２　ジャカルタの地勢と気候 …… ３７
３．３　インドネシアの環境状況 …… ４１
３．４　ジャカルタ市の環境・大気状況 …… ４２
３．５　サイト・サーベイ …… ４４
３．６　インドネシア側の研究開発体制 …… ４８

４．共同研究の進め方 …… ５１

４．１　共同研究の目的 …… ５１
４．２　レーザー・レーダーを用いた環境測定 …… ５３

５．システムの概要 …… ５９

５．１　レーザー・レーダー技術の現状 …… ５９
５．２　システム案 …… ７５

６．次年度以降の計画 …… ８８

７．おわりに …… ９０

# I　研究協力の概要

## Ⅰ 研究協力の概要

### 1．研究協力の目的

本事業においては，都市の大気汚染を観測するレーザー・レーダーの研究開発及び環境ネットワークの研究開発を，インドネシア国の実情に合わせてインドネシア国の技術者とともに共同で行い，当該国の環境行政に貢献することを目的とする。

### 2．背景及び経緯

現在開発途上国においては，産業・経済発展に伴い都市部での人口増加，エネルギー消費の増大により$NO_x$，$SO_x$等による大気汚染の問題が深刻化してきている。

一方，地球温暖化，オゾン密度の減少，酸性雨，大気汚染等の観測に資するセンサとしてレーザー・レーダーの研究開発が注目されている。レーザー・レーダーは，レーザーを光源としたアクティブなセンサであり，これを用いることにより，大気物質の密度や組成などの３次元空間分布を高分解能で観測できるものである。

近年，レーザー・レーダーを利用した大気汚染状態，火山噴煙の拡散状態等の大気観測の研究開発が，世界的に活発に進められている。

レーザー・レーダーによる大気観測の研究開発においては，その中核技術であるレーザー技術の開発，さらには，先行的研究により，わが国は世界の先導役を果たしている。

このように，レーザー・レーダーの研究開発では先行国であるわが国の技術者と開発途上国とが，開発途上国の大気汚染状態，気象，地形等，諸事情を勘案して環境計測分野で共同研究開発を行うことは，深刻化している開発途上国の環境問題を解決する上でも時宜を得た緊急の重大課題と考える。

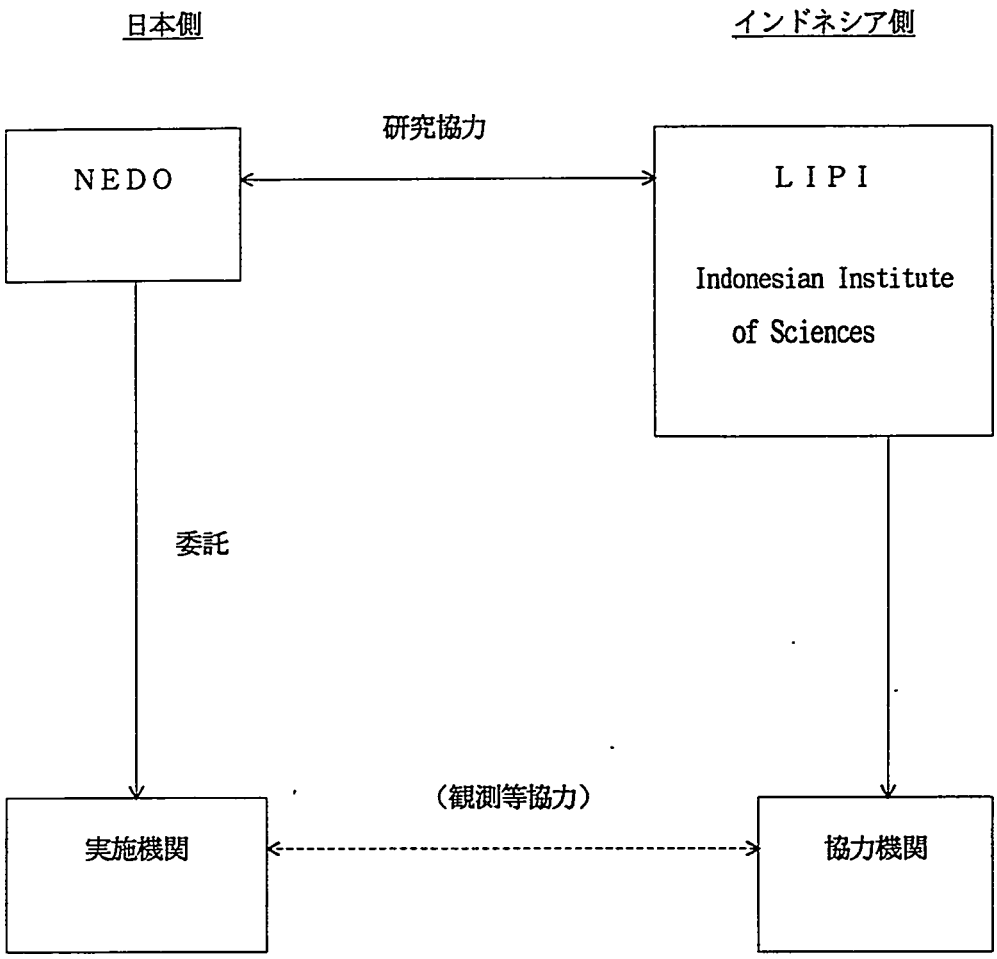
### 3．研究協力の内容

インドネシア等の都市部の数箇所にレーザー・レーダーを設置するとともに，観測ネットワーク・システムの構築を行い，観測データ中央処理センターにおいてデーター収集とデーターの分析・処理を行うことによって，大気汚染の３次元空間分布を観測し，大気汚染状態の把握を行う。

### 4．研究開発要素

(1) レーザ発振の安定性の確保
(2) アイ・セーフ機能の研究開発
(3) 耐候性に対する研究開発
(4) 高信頼性（メンテナンスフリー）の研究開発
(5) 地形に合わせたシステムの見直し
(6) 環境ネットワークの整備

5．研究協力体制




6．研究協力のスケジュール

事業期間は，平成5年度から8年度までの4ケ年計画で実施を予定している。初年度の平成5年度は，事業実施に関しての相手国との折衝と現地調査等を行った。平成6年度と7年度で機器・システムの開発 ・改良を行い，最終年度の平成8年度に機器・システムの現地への輸送，設置を行い，評価試験を行う予定である。

7．レコード・オブ・ディスカッション

研究協力の基本的枠組みを規定するものとして、研究協力相手国であるインドネシアのインドネシア科学院（ＬＩＰＩ）と日本側の新エネルギー・産業技術総合開発機構（ＮＥＤＯ）との間で締結されている。

# RECORD OF DISCUSSIONS

BETWEEN

NEW ENERGY AND INDUSTRIAL TECHNOLOGY DEVELOPMENT ORGANIZATION (NEDO), JAPAN

AND THE
INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES (LIPI), INDONESIA

FOR
THE RESEARCH AND DEVELOPMENT COOPERATION PROJECT

ON
ENVIRONMENTAL MEASUREMENT USING LASER RADAR

This Record of Discussions (hereinafter referred to as "ROD") is made in 1994 to clarify agreements between the New Energy and Industrial Technology Development Organization (hereinafter referred to as "NEDO"), which is commissioned by the Ministry of International Trade and Industry of the Government of Japan, and the Indonesian Institute of Sciences of the Government of the Republic of Indonesia (hereinafter referred to as "LIPI"), for joint implementation of research and development cooperation project including the technology transfer on environmental measurement using laser radars (hereinafter referred to as "Project").

NEDO and LIPI hereby agree as follows:

## ARTICLE 1

## COOPERATION BETWEEN NEDO AND LIPI

NEDO and LIPI will cooperate with each other based on mutual trust in order to implement the Project. Furthermore, both parties anticipate that the Project, as part of Japan- Indonesia cooperation in the areas of industry and technology, will strengthen and accelerate cooperation between Japan and Indonesia in the field of industrial technology.

## ARTICLE 2

## OUTLINE OF THE PROJECT

The Project will involve the implementation of research and development of industrial technology aiming at developing technology for environmental measurement using laser radars through the cooperation of NEDO and LIPI.
A description of the Project accompanies ROD at Attachment I.

An outline of the Project is as follows :

(1) To investigate potential sites in Indonesia and to select the most suitable sites for the Project.

(2) To establish the technology required for development of technology for environmental measurement using laser radars in Indonesia.

(3) To design and manufacture a laser radar system in Japan, transport it to the sites in Indonesia, assemble, install and operate it and conduct a test.

(4) To analyze and evaluate the data obtained during the test.

(5) To evaluate the social and economic aspects of the Project.

(6) To provide technical guidance regarding laser radars to LIPI.

## ARTICLE 3

## LASER RADAR EQUIPMENT

The specifications for the laser radar shall be as follows :

(1) Differential absorption laser radar for measurement of NOx and SOx.

(2) Mie scattering laser radar for measurement of aerosol.

## ARTICLE 4

## PROJECT SITE

After investigating potential sites in Indonesia, NEDO and LIPI will jointly decide on the most suitable site for installation of the laser radar (hereinafter referred to as the "Site").

## ARTICLE 5

## SCOPE OF THE WORK OF NEDO

In accordance with the prevailing laws and regulations in Japan, NEDO will undertake, at its own expense, the following work. For this purpose, NEDO will provide the services of its own personnel as well as personnel of the Japanese government and other organizations concerned with the Project (hereinafter collectively referred to as the "Japanese Personnel") as necessary. All of documents, letters, drawings, reports, etc., for the implementation of the Project will be prepared in English.

A list outlining the scope of work of NEDO accompanies ROD as Attachment II.

(1) To analyze and evaluate the basic data provided by LIPI concerning environmental measurement and report the result back to LIPI. However, prior to this, in advance, NEDO shall submit description concerning the meaning and the purpose of the basic data.

(2) To discuss the design concept of the laser radar system with LIPI.

(3) To provide the laser radar system specification, the installation procedure and the test procedure to be conducted in Indonesia to LIPI.

(4) To manufacture the laser radar system after the submission of specification to LIPI.

(5) To send the acceptance test results of the laser radar system conducted in Japan to LIPI.

(6) To pay expenses for transporting the laser radar system from Japan to the Jakarta port, (excluding expenses for customs clearance and inland transportation from the Jakarta port to the Site).

(7) To assemble and test the laser radar system at the Site with LIPI.

(8) To analyze and evaluate the data obtained through the test of the laser radar system with LIPI.

(9) To prepare an operation and maintenance manual for the laser radar with LIPI and to supply standard spare parts within the limit of a specified amount for the operation of the laser radar.

(10) To pay for the expenses incurred by the Japanese Personnel for the implementation of the Project, including travel costs to and from Indonesia and accommodation and living expenses in Indonesia.

## ARTICLE 6

## SCOPE OF THE WORK OF LIPI

In accordance with the prevailing law and regulations in Indonesia, LIPI will undertake, at its own expense the following work. For this purpose, LIPI will provide the services of its own personnel as well as other personnel of the Indonesian government and Indonesianorganizations concerned with the Project (hereinafter collectively referred to as the "Indonesian Personnel") as necessary. All of documents, letters, drawings, reports, etc., for the implementation of the Project will be prepared in English.

A list outlining the scope of work of LIPI accompanies ROD as Attachment II.

(1) To collect and provide basic data to NEDO concerning Indonesia's environmental conditions.

(2) To arrange meetings with the authorities and/or other parties concerned for the implementation of the project in Indonesia.

(3) To discuss the design concept of the laser radar system with NEDO.

(4) To survey the Site whether or not NEDO participates.

(5) To secure access roads to the Site as necessary for implementation of the Project.

(6) To exempt from the customs duties imposed in Indonesia on the laser radar and any special tools, analytical instruments and other equipment which are transported from Japan for the implementation of the Project.

(7) To clear through Indonesian customs the laser radar and any special tools, analytical instruments and other equipment transported from Japan for the implementation of the Project without any commitment of donation from Japanese side, and pay any customs duties, warehousing costs and any other charges related to customs clearance as may be implosed in Indonesia and to transport the said items to the Site.

(8) To issue an official certificate to NEDO that all the items transported from Japan have cleared the customs, have been transported to the Site and have been stored safely.

(9) To safeguard the laser radar and the special tools, analytical instruments and other equipment transported from Japan for implementation of the Project against any loss or damage during storage, inland transportation, trial operation and testing.

(10) To take necessary measures to ensure the safety both the Japanese Personnel and Indonesian Personnel throughout the implementation of the Project in Indonesia.

(11) To provide the necessary site space and facilities for the laser radar system and to install the system at the Site.

(12) To assemble and test the laser radar system at the Site with NEDO.

(13) To operate the laser radar system including the measurement network and conduct a testconcerning the operation of the laser radar system with NEDO.

(14) To supply and/or pay the cost of such items as utilities and comsumable, including electricity, telephone data lines (excluding international data transmission cost), water, etc. and other materials necessary for operating the laser radar and conducting the demonstration test with NEDO.

(15) To analyze and evaluate the data obtained during the test with NEDO.

(16) To prepare an operation and maintenance manual for the laser radar with NEDO.

(17) To provide office space, office equipment and communication systems, excluding international telephone services, for the Japanese Personnel as necessary for the implementation of the Project.

(18) To pay for the expense incurred by the Indonesian Personnel in Indonesia for the implementation of the Project, including travel costs and acommodation and living costs.

(19) To recommend suitable Indonesian Personnel to be dispatched to Japan for discussion of the implementation of the Project.

(20) Unless otherwise officially permitted by NEDO or LIPI under its sole responsibility, LIPI shall keep any third party people from accessing the laser radar system to prevent accidents.

## ARTICLE 7

## ASSISTANCE AND COOPERATION

NEDO and LIPI will, at their own expense, assist and cooperate with each other regarding the following matters :

(1) Both parties will provide and/or exchange necessary information regarding the Project for the implementation of the Project.

(2) Both parties will give technical guidance and/or exchange their points of view in order for each party to effectively utilize the results of the Project.

(3) Both parties will arrange and administer meetings and arrange authorization letters, work permits and travel permits for the implementation of the Project.

## ARTICLE 8

## METHOD OF IMPLEMENTATION OF THE PROJECT BY NEDO

NEDO may assign other organizations to carry out the following work and any other work which may be necessary for the implementation of the Project.

(1) To investigate and select potential sites in Indonesia with LIPI.

(2) To establish the basic technology for the laser radar system.

(3) To design and manufacture the laser radar system.

(4) To transport the laser radar system and any special tools, analytical instruments and other equipment for the implementation of the Project from Japan to the Jakarta port.

(5) To assemble and test the laser radar system at the Site with LIPI.

(6) To operate the laser radar system, conduct the demonstration test and analyze and evaluate the data obtained during the test with LIPI.

## ARTICLE 9

## METHOD OF IMPLEMENTATION OF THE PROJECT BY LIPI

LIPI may, when necessary, assign other organizations to carry out the following work and any other work which may be necessary for the implementation of the Project:

(1) To investigate and select potential sites in Indonesia with NEDO.

(2) To discuss the design concept of the laser radar system with NEDO.

(3) To provide the necessary site space and facilities for the laser radar system and to intall the system at the Site.

(4) To participate in the assembling and testing of the laser radar system at the Site with NEDO.

(5) To participate in the operation of the laser radar system, the test and the analysis and evaluation of the data obtained during the test with NEDO.

## ARTICLE 10

## ADMINISTRATION OF THE PROJECT

(1) NEDO will appoint Mr. Masaaki Ito (Executive Director of NEDO) as its representative for the implementation of the Project.

(2) LIPI will appoint Mr. Herudi Kartowisastro (Deputy Chairman for Development of Scientific Infrastructure) as its representative for the implementation of the Project.

(3) NEDO will appoint Mr. Shuichi Sasaki (Director General, Industrial Dept., NEDO), as its contact person for the implementation of the Project.

(4) LIPI will appoint Mr. Bambang H. Hadiwiardjo (Director, R&D Center for Calibration, Instrumentation and Metrology, LIPI), as its contact person for the implementation of the Project.

(5) If either NEDO or LIPI wishes to change its representative and/or contact person, that party shall notify the other party in writing within two weeks of such a change.

## ARTICLE 11

## OBSERVANCE MATTERS

(1) Both NEDO and LIPI will not diclose to a third party any confidential information obtained from the other party, its government or any concerned organization(s) as a result of the implementation of the Project.

(2) In the event of any material damage, injury or loss of life due to an accident or any reason other than willful misconduct or gross negligence during the implementation of the Project, no compensation shall be claimed against either NEDO or LIPI.

## ARTICLE 12

## DISCLOSURE OF PROJECT RESULTS

Both NEDO and LIPI acknowledge that if NEDO or LIPI wishes to disclose the results of the Project to a third party other than its governmental authorities, NEDO or LIPI must obtain prior written consent from each other party before any such disclosure can be made.

## ARTICLE 13

## TREATMENT OF PROJECT RESULTS

(1) Both NEDO and LIPI shall retain full rights and ownership to all of the intellectual property rights which may be disclosed to the other party in the course of the implementation of the Project.

(2) The rights to obtain industrial property rights for achievements made by either party in the course of the implementation of the Project shall vest solely in the party which made such achievements.

(3) The rights to obtain industrial property rights for achievements made jointly by both parties in the course of the implementation of the Project shall vest jointly in both parties.

## ARTICLE 14

## MUTUAL CONSULTATION

Any doubts, disputes, controversies, or differences as to the interpretation or the implementation of ROD shall be settled by mutual consultation between LIPI and NEDO.

## ARTICLE 15

## VALIDITY

ROD shall be valid from the date of its signing until March 31, 1997.

## ARTICLE 16

## TERMINATION OF ROD

NEDO and LIPI may request for termination of ROD when NEDO and/or LIPI deems it necessary. In such a case, NEDO and/or LIPI shall make a request for such termination in writing within sixty (60) days prior to the close of the Japanese or Indonesian fiscal year, and NEDO and LIPI shall seek a solution through mutual consultation. In case no solution is worked out within thirty (30) days following the start of such discussion, ROD shall be terminated.

## ARTICLE 17

## CONTINUANCE

Both NEDO and LIPI agree that even if the validity period stipulated in Article 15 has expired or ROD has been terminated for any reason, Paragraph (1) of Article 11 and Article 12 shall remain effective indefinitely subject to the mutual agreement of both NEDO and LIPI.

## ARTICLE 18

## FINAL PROVISIONS

(1) The validity of ROD shall be subject to both NEDO and LIPI obtaining the necessary budget for the implementation of the Project from their respective governmental authorities.

(2) The detailed schedule and procedure for each fiscal year of the Project shall be discussed and agreed to every fiscal year by both NEDO and LIPI.

(3) This Record of Discussions has been prepared and signed in duplicates, and both copies shall be equally valid.

IN WITNESS WHEREOF, both NEDO and LIPI have executed ROD on the date stated below.

New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO)
Japan

By:

Masaaki Ito

Masaaki Ito
Executive Director

Date: 3 Feb. 1994

Indonesian Institute of Sciences (LIPI)
Indonesia

By:

Samadikun

Prof. Dr. Samaun Samadikun
Chairman

Date: Feb. 3, 1994.

Attachment - I.

# RESEARCH AND DEVELOPMENT OF IMPROVING LASER RADAR TO OBSERVE AND ANALYZE THE ENVIRONMENT

## 1. Aim of Research Cooperation

This project's aim is to contribute to the establishment of the Calibration and Measurement System for the environmental observation of Indonesia by carrying out jointly, the Japanese researchers together with the Indonesian researchers, the research and development of the laser radars and environmental networks, for observing air pollution of an urban area.

## 2. Project Contents

1) Along with the setting up of the laser radars at several locations in a city of Indonesia, the observation network system will be constructed. By processing and analyzing the data collected at the central processing center of the network system, it will be possible to measure the three- dimensional spatial distribution of the air pollution of the city.

2) This project is based on a four-year plan to be conducted from 1993 to 1996. In 1993, the negotiations with Indonesia and the surveys of places to be measured will be conducted.

3. Effect

Three-dimension distribution of air pollution, caused by NOx, SOx etc. in the city is analyzed and grasped by the atmosphere observation using the Laser Radar Network.
The situations of the air pollution is forecasted by using the observed data, and the measures to prevent air pollution will be taken by understanding the situation.
Furthermore, the analysis about the generation mechanism of the air pollution will contribute to the environmental administration in Indonesia.

4. Outline of the System

1) The three-dimension spatial distribution of air pollution, such as NOx, SOx, aerosol and dust is measured by the Laser Radar System.

2) The data, measured by laser radars and sent to the Central Processing Center through transmission lines, are analyzed and the 3-D spatial distribution of the air pollution is displayed and understood.

3) The laser radars are operated automatically, and controlled in the center.

4) The network system will also be constructed to connect the Central Processing Center with Japanese National Laboratory for the environmental information exchange.

5. Characteristics of the System

1) Solid-state lasers, used as light sources of laser radars, are used to maintain the stability and reliability of the laser outputs.

2) The system has the functions for protecting the damage to the eyes and bodies.

3. The network system to integrate the several laser radars through transmission lines are constructed in the Central Processing Center.

## 6. Configuration of the System

| | | |
|---|---|---|
| 1) | Laser Radar Unit | TBD |
| 2) | Network System | |
| | o Central Processing Center | 1 set |
| | o Transmission Lines (using telephone lines) | 1 set |

## 7. Conceptual Diagrams of the System

1) Configuration of the network system is shown in Fig. 1.
2) Block diagram of the network system is shown in Fig. 2.
3) Outside view of a Laser Radar Container is shown in Fig. 3.
4) Configuration of a Laser Radar System is shown in Fig. 4.
5) Planning of the Project is shown in Fig. 5.

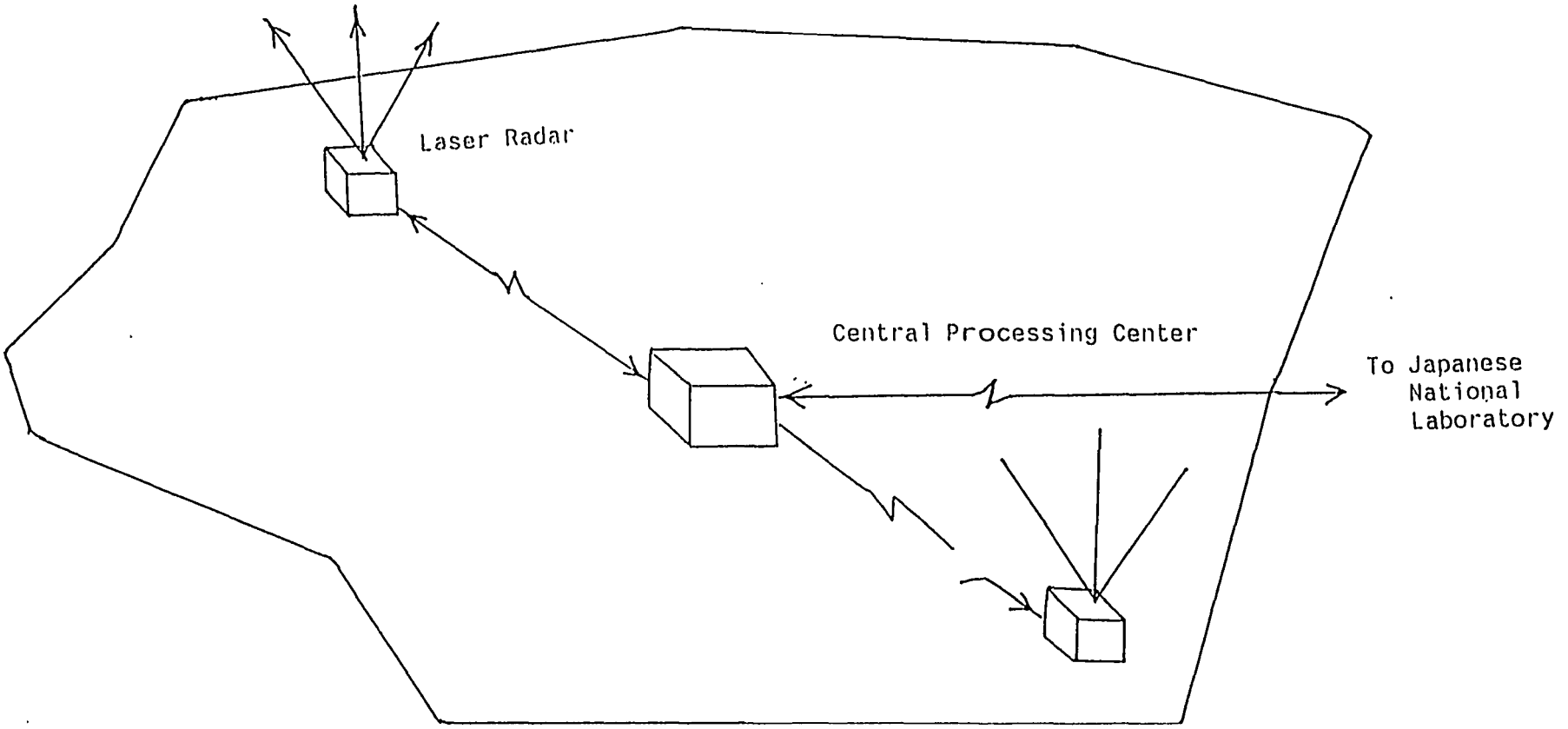



Fig. 1. System Configuration

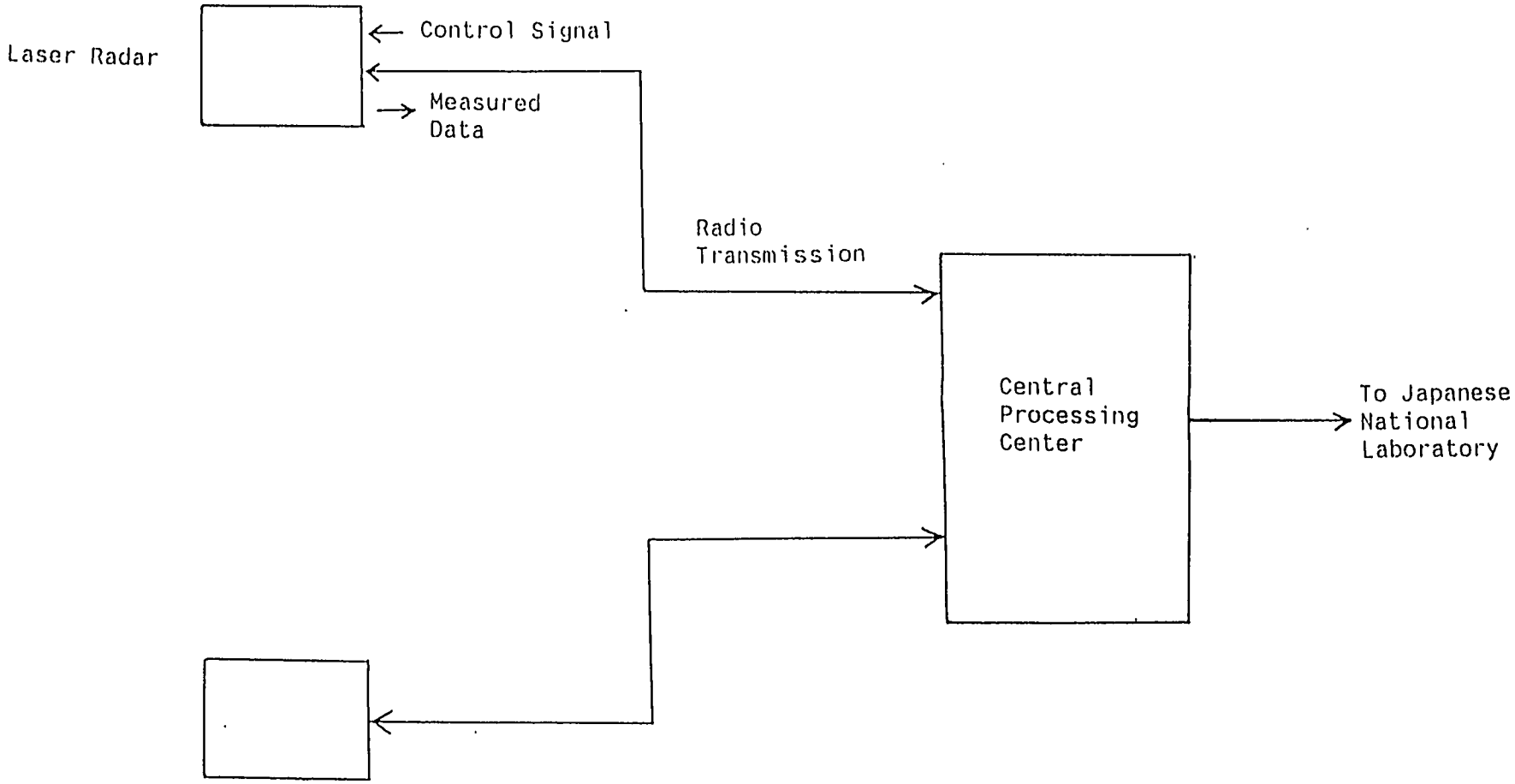



Fig. 2 Block Diagram of Environment Network System

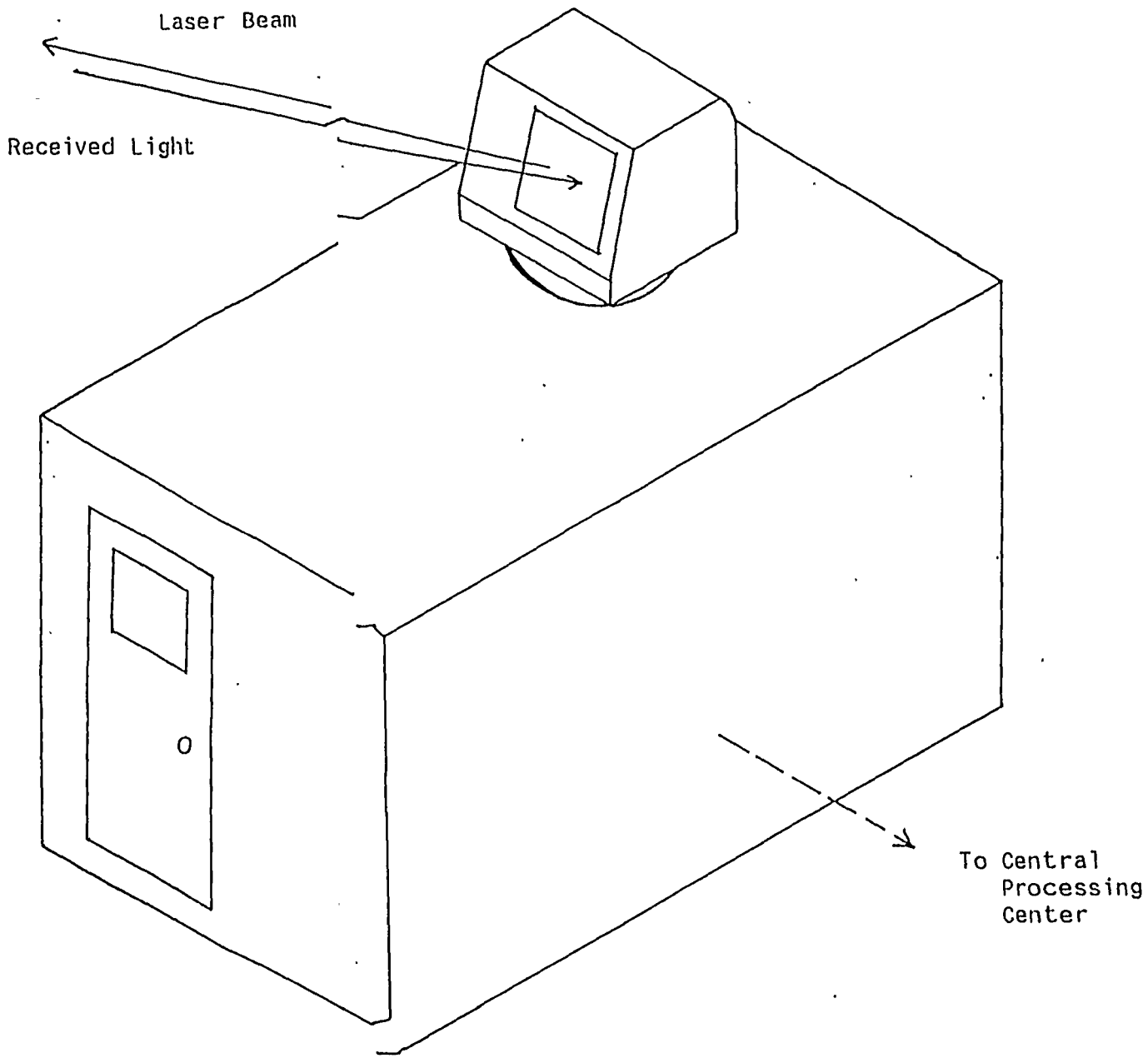



Fig. 3. Outside view of a Laser Radar Container

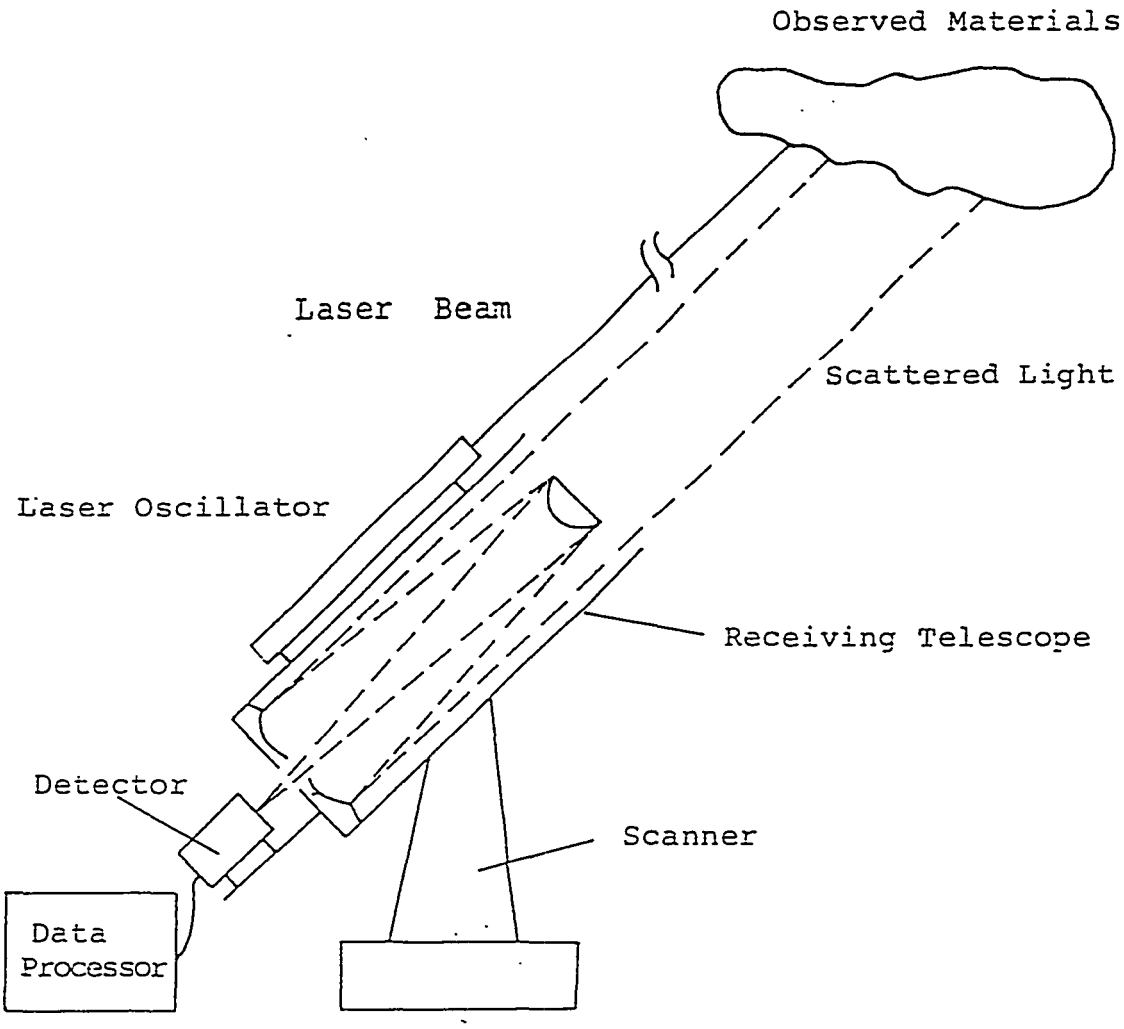
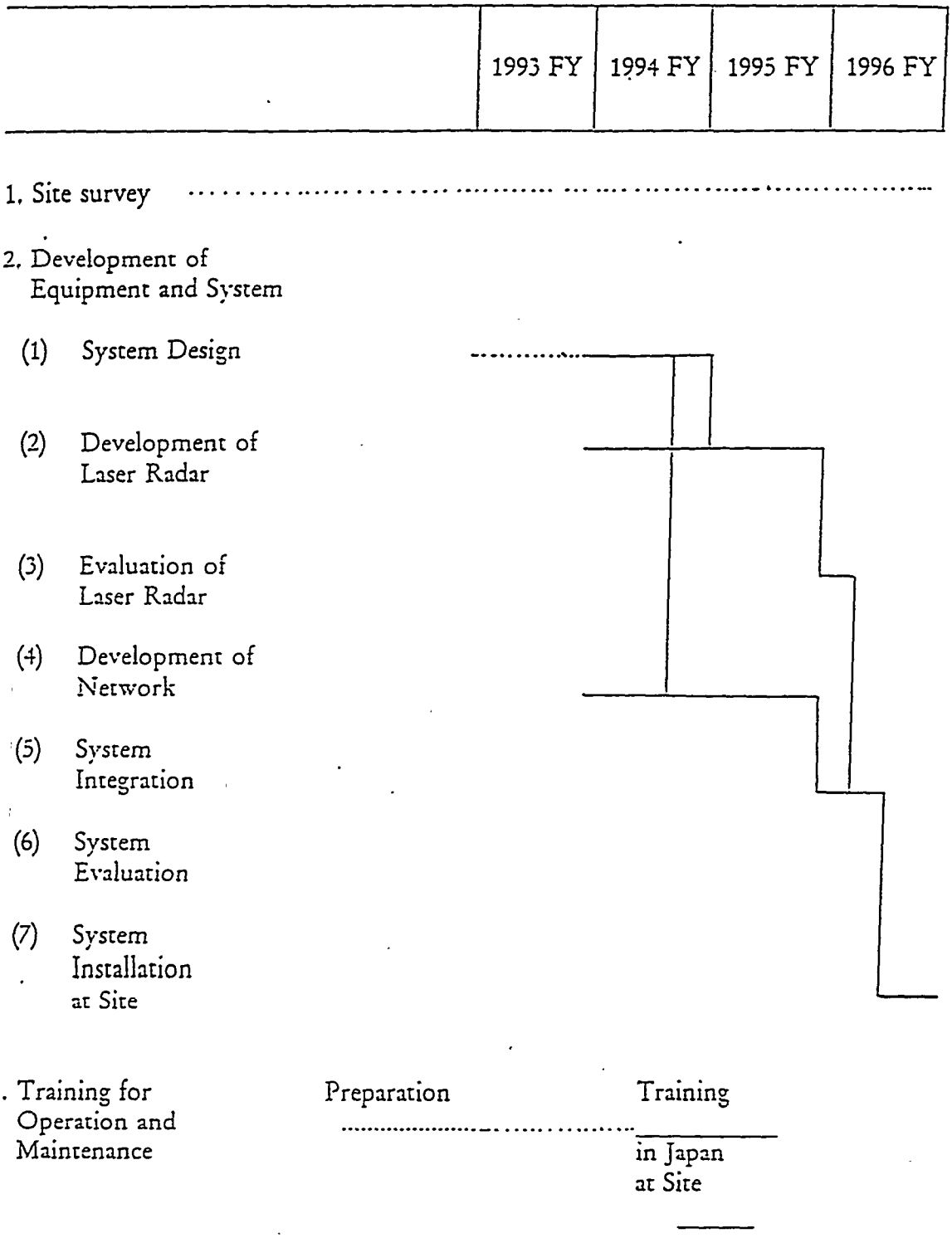



Fig. 4 Configuration of a Laser Radar System

By beaming a powerful directive laser at distant material and performing time-based or spectroscopic signal processing after the reflected scattered light is received by the telescope, the spatial distribution of the material's density (air pollution condition, volcanic ash spreading condition, etc.) can be observed and displayed. Telemetering systems applying laser light in this way are known as laser radars or lidars and comprise a laser transmitting section, receiving section, and signal processing and display section.

Fig 5. Planning of the Project



SCOPE OF WORK

| WORK ITEMS | PERFORMED BY | | RESPONSIBILITY | |
|---|---|---|---|---|
| | NEDO | LIPI | NEDO | LIPI |
| 1. Administration | | | | |
| (1) Project progress supervision | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (2) Arrange meeting with Indonesia organizations | - | 0 | - | 0 |
| (3) Assignment of Indonesian Personnel and providing their expenses including travel costs and acommodation and living costs | - | 0 | - | 0 |
| (4) Assignment of Japanese Personnel and providing their expenses including travel costs and acommodation and living costs | 0 | - | 0 | - |
| (5) Ensure the safety operation | <> | 0 | - | 0 |
| 2. Project Planning | | | | |
| (1) Request for collection of environmental Site information/data | 0 | - | 0 | - |
| (2) Collection of environmental Site information/data | - | 0 | - | 0 |
| (3) Analyze and evaluate environmental Site information/data | 0 | <> | 0 | - |
| (4) Site Survey | <> | 0 | - | 0 |
| (5) Survey report | - | 0 | - | 0 |
| (6) Installation planning | <> | 0 | - | 0 |
| 3. Design | | | | |
| (1) Laser radar system design concept | 0 | 0 | 0 | - |
| (2) Laser radar system design | 0 | - | 0 | - |
| (3) Civil engineering design | - | 0 | - | 0 |
| 4. Production and Site preparation | | | | |
| (1) Laser radar system specification, installation procedure and site test procedure | 0 | - | 0 | - |
| (2) Laser radar system manufacturing, factory acceptance test and submission of factory test results | 0 | - | 0 | - |
| (3) Operation and maintenance manual | 0 | <> | 0 | - |
| (4) Standard spare parts for laser radar | 0 | - | 0 | - |
| (5) Civil construction work | - | 0 | - | 0 |
| (6) Site space and facility including office space, office equipment and communication systems | - | 0 | - | 0 |
| (7) Utilities and comsumable, including electricity, telephone data line, water, etc. for operational use. | - | 0 | - | 0 |

| WORK ITEMS | PERFORMED BY | | RESPONSIBILITY | |
|---|---|---|---|---|
| | NEDO | LIPI | NEDO | LIPI |
| 5. Transportation | | | | |
| (1) Transportation and insurance from Japan to Jakarta port | 0 | - | 0 | - |
| (2) Exempt custom duties, conduct costum clearance and storage of consignments in warehouse | - | 0 | - | 0 |
| (3) Secure access road to site and provide inland transportation and insurance from Jakarta port to the Site | - | 0 | - | 0 |
| (4) Safeguard of the system until the completion of project | - | 0 | - | 0 |
| 6. Construction | | | | |
| (1) Civil engineering works | - | 0 | - | 0 |
| (2) Laser radar system installation work | - | 0 | - | 0 |
| (3) System assembly and test | 0 | 0 | 0 | - |
| 7. Operation and maintenance | | | | |
| (1) Operate the system and obtain the data | - | 0 | - | 0 |
| (2) Analyze and evaluate the obtained data | 0 | 0 | 0 | 0 |

Note 0 .... The party in charge
<> .... The party subordinately involved
_ .... The party not involved

# ＩＩ　国際研究協力委員会

## ＩＩ　国際研究協力委員会

委員会の目的

この委員会は新エネルギー・産業技術総合開発機構（ＮＥＤＯ）に付属機関として設置されており、ＮＥＤＯで行う国際研究協力プロジェクトについて関連産業情報、内外の協力機関等の専門的事項に関し、調査・審議を行うことにより、産業技術研究開発等業務の的確、かつ、円滑な推進に寄与することを目的としている。

### １．国際研究協力委員会委員名簿

（委　員）

| | | |
|---|---|---|
| 石川　洋一 | 日本貿易振興会（ＪＥＴＲＯ） | 機械技術部長 |
| 井上外志雄 | 東京大学工学部 | 教授 |
| 荻野　和彦 | 愛媛大学農学部 | 教授 |
| 小林　喬郎 | 福井大学工学部 | 教授 |
| 篠塚　徹 | 海外経済協力基金（ＯＥＣＦ） | 開発部長 |
| 杉浦　賢 | （財）機械振興協会 | 副会長 |
| 鳥居　泰彦 | 慶應義塾大学 | 塾長 |
| 三平　則夫 | アジア経済研究所 | 広報部長 |
| 山村　悦夫 | 北海道大学大学院　地球環境科学研究科 | 教授 |

（オブザーバー））

| | |
|---|---|
| 足立　芳寛 | 通商産業省通商政策局技術協力課長 |
| 岡野　克弥 | 通商産業省通商政策局経済協力課　課長補佐 |

## 2．平成５年度第１回国際研究協力委員会議事録

開催日時　：　平成５年９月１３日（月）　９：３０～１１：３０

場　　所　：　ＮＥＤＯ　２８階　特別会議室

出 席 者　：

［ 委　　員 ］石川、井上、小林、篠塚、杉浦、鳥居

［ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ］通産省技術協力課 足立課長、岡野課長補佐

［ 事務局　 ］伊藤理事、佐々木部長、蝦田室長、濱野課長、長田課長、越前谷主研
島田、松岡、滝川、星野

議事次第　：

１．開会
２．ＮＥＤＯ伊藤理事　挨拶
３．通産省　足立課長　挨拶
４．委員紹介
５．委員長選出および委員長による代理者の指名
６．議事
(1)研究協力補助事業の基本計画および平成５年度実施方針について
(2)その他
７．閉会

議事概要

１．議事次第にのっとり最初、伊藤理事から本委員会の趣旨と御参集への謝辞が述べられた。続いて
２．足立課長から通産省としてのご挨拶並びに本研究協力プロジェクトの目的、制度等についての紹介があった。
３．事務局（長田課長）から出席委員とオブザーバーの紹介及び本委員会の趣旨について説明がなされた。
４．事務局から鳥居委員を委員長に擁立したいとの申し出があり、出席全委員の賛成をもって承認された。
５．鳥居委員長から杉浦委員を委員長代理にしたいとの提案があり全委員により了承された。
６．鳥居委員長の要請により事務局から別紙”基本計画および平成５年度実施方針”の資料による全般的な説明があった。
７．鳥居委員長から各委員に自由な意見の発表が求められ,各委員からそれぞれの感想、質問が出された。いずれも本事業の各プロジェクトの内容、実施時期、見通し、問

題点等に係わるもので相互の理解に役立った。

8．途中、所要のため鳥居委員長退席(10:45)、杉浦委員長代理が議長となって議事を続けた。

9．杉浦議長から各プロジェクトの詳細については,それぞれ毎に設置される委員会等で検討を加えて頂きたいとの要望があった。

１０．事務局から次回委員会は平成６年２月頃に各プロジェクト毎の現地調査等について報告、審議して頂く予定との説明があった。

１１．杉浦委員長代理から平成５年度第１回委員会への各委員、オブザーバーのご出席のお礼と今後の事業推進への協力への要請があり、閉会となった。

以　上

## ３．　平成５年度第２回国際研究協力委員会議事録

開催日時　：　平成６年３月１７日（木）　１２：３０～１４：３０

場　　所　：　霞山会館（芙蓉の間）

出 席 者　：

［ 委　　員 ］鳥居委員長、篠塚、杉浦、三平

［ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ］通産省技術協力課岡野課長補佐、
光産業技術振興協会佐藤理事、金属鉱業事業団橋本専門調査員
ＪＢＡ岸本部長、産業環境管理協会小林次長、ＪＡＲＩ杉本研究主管

［ 事務局　］伊藤理事、濱野課長、長田課長、丸山総括主研、石谷
名取、松岡、滝川、

議事次第　：

１．開会
２．鳥居委員長挨拶
３．伊藤理事挨拶
４．議事
(1)研究補助事業の平成５年度実施状況について
・環境計測用レーザレーダの開発に関する研究協力
・バイオ利用による坑廃水処理技術に関する研究協力
・生物多様生保全と持続的利用等に関する研究協力
・環境技術総合研究協力
(2)その他
・第１回国際協力懇談会報告
５．通産省技協課岡野課長補佐挨拶
６．閉会

議事概要

・出席オブザーバー４氏の紹介の後、各主査よりプロジェクトの５年度実施状況およびＮＥＤＯと相手国カウンターパートとの合意議事録の締結状況の説明がなされた。

| | | |
|---|---|---|
| ・環境計測用レーザレーダ | （資料１） | 松岡主査 |
| ・バイオ利用による坑廃水処理 | （資料２） | 滝川主査 |
| ・生物多様生保全と利用 | （資料３） | 名取主査 |
| ・環境技術総合 | （資料４） | 丸山総括主研 |

以上の後、伊藤理事より相手国ごとに様々な問題があり、委託先やＮＥＤＯ担当者の苦労が紹介された。

・各委員より状況説明について質疑・意見が出された。

（篠塚委員）　インドネシア、タイ、中国とも環境対策に意欲的であり、もし要望があれば機器のセットインを検討してはと考える。

（三平委員）　インドネシアは財政赤字の累積が過大であり、当面経済運営がむつかしので、民間主導に頼らざるを得ない。
人材的には多分野で育ちつつある。

（杉浦委員）　自助努力を如何に根ずかせていくかが重要である。
日本に学びたいとの気持ちはあるが、日本人が過去にどんなに努力して来たかを、何らかの形でプログラムのなかにインプットする必要がある。

（委 員 長）　新社会資本として高度情報化社会のネットワーク作りの話が出ており、ＮＥＤＯについてもこの様な情報システムがあっても良いと考える。

・石谷主査より今年１月１１日開催された第１回国際協力懇談会（資料５）の概要について説明がなされた。

・岡野班長挨拶　実用化・産業化にどう持っていくか最大の目標であり相手国側に企業化（産業化）を興す様にしたい。途上国の自助努力が前提であり、現在なお連携性に欠ける事を自覚している。

・委員長より来年度も継続実施の依頼と閉会の挨拶があった。

次回委員会の開催日時、場所は別途事務局より連絡する事とした。

以　上

# ＩＩＩ　平成５年度の成果

## 1．はじめに

今日，局地的に多発する環境汚染は，酸性雨やオゾン層の破壊さらには地球の温暖化といった地球規模の環境問題に密接に関連していることが明らかになり，地球の将来と人類の存続に関わる重大な問題となってきた。地球環境の保全は，国際社会の共通の目標である。レーザ・レーダは，地球温暖化，オゾン密度の減少，酸性雨及び大気汚染等の観測に資するセンサーとして注目されている。

新エネルギー・産業技術総合開発機構から（財）光産業技術振興協会が受託した「環境計測用レーザ・レーダの開発に関する研究協力」事業は，通商産業省・研究協力推進事業の研究開発テーマの一つである。

この事業は，インドネシア国の都市部における大気汚染を観測するレーザ・レーダの研究開発をインドネシア国の技術者と共同で行い，当該国の環境行政に貢献することを目的とする。「ＯＤＡレーザ・レーダ開発委員会」は，この事業の実施計画内容の審議と，実施結果の評価を行い事業の円滑な推進を目的として設置されたものである。事業期間は，平成５年度から８年度までの４ヶ年計画で実施される予定であり，本年度は，その初年度に当たり，インドネシア国側との折衝及び現地調査等を行った。

１９９４（平成６）年　３月

ＯＤＡレーザ・レーダ開発委員会
委員長　小林喬郎

## 2．ＯＤＡレーザ・レーダ開発委員会

本委員会は、この事業を委託した（財）光産業技術振興協会に設置されたもので、この事業の実施計画内容の審議と，実施結果の評価を行い事業の円滑な推進を目的としている。

### 2．1　ＯＤＡレーザ・レーダ開発委員会委員名簿

１９９３（平成５）年度　ＯＤＡレーザ・レーダ開発委員会
委　員　名　簿

（敬称略・順不同）

| | | |
|---|---|---|
| 委員長 | 小林喬郎 | 福井大学　工学部　電子工学科　教授 |
| 委員 | 田中豊顕 | 運輸省気象研究所　気象衛星・観測システム　研究部　部長 |
| 委員 | 杉本伸夫 | 国立環境研究所　大気圏環境部　高層大気研究室　室長 |
| 委員 | 初田洋司雄 | 日本電気㈱　誘導光電事業部　レーザ技術専任部長 |
| 委員 | 若松伸司 | 国立環境研究所　地域環境研究グループ　都市大気保全研究チーム　総合研究官 |
| オブザーバー | 浅川浩二 | 通商産業省機械情報産業局　電子機器課 |
| アドバイザー | 松岡宣昭 | 新エネルギー・産業技術総合開発機構　産業技術研究開発部　主査 |
| 事務局 | 佐藤卓蔵 | （財）光産業技術振興協会　開発部 |
| 事務局 | 磯部康弘 | （財）光産業技術振興協会　開発部 |
| 事務局 | 伊藤俊夫 | （財）光産業技術振興協会　開発部 |

## 2．2　審議経過概要

本年度は，この委員会の立ち上げ年度として，２回の委員会を開催し，また，２回の現地調査を実施した。さらに，現地調査に先立ち，事前打ち合わせ会合も開催した。表２．３．１に本年度の活動線表を示す。

表２．３．１　１９９３（平成５）年度　活動線表

| | １９９３年　１２月 | １９９４年　１月 | ２月 | ３月 |
|---|---|---|---|---|
| 現地調査 | | 第１回 1/6～1/15 | 第２回 | 2/27～3/6 |
| 委員会 | | 第１回 1/25 ① | | 第２回 3/14 ② |

以下に本年度の審議経過の概要を記す。

### ２．３．１　第１回委員会（１９９４年１月２５日開催）

（１）委員長選出

小林喬郎委員が，委員長に選出された。

（２）本年度活動計画の審議

「レーザー・レーダーの開発・運用に関してアドバイス及び評価を行うこと等を目的とする」旨，協会事務局から説明があった。また，プロジェクトのアウトラインおよびスケジュールについて説明があった。

（３）現地調査報告

第１回委員会に先立つ１９９４年１／６～１／１５の間，第１回現地調査が行われた。調査団メンバーからジャカルタ市の地勢，気候，道路網，交通状況および設置場所の候補について報告があった。また，インドネシア側の受け入れ体制や「是非，何日か日本に滞在し，技術を学びたい」旨の要望があったこと等が紹介された。関連して，プロジェクトや委員会任務について幅広い見地から討議を行った。

### ２．３．２　第２回委員会（１９９４年３月１４日開催）

（１）第２回現地調査報告

１９９４年２／２７～３／６の間，第２回現地調査が行われた。調査団のメンバーから第２回の現地調査の訪問先及び打ち合わせ事項について報告を受けた。また，設置候補地及び大気・環境状況について報告を受けた。インドネシア側が，レーザー・レーダーによる観測をローカルなものとせず，「工業地帯」，「都市中心部」及び「住宅地」をカバーするようなものにしたい旨要望があったことも紹介された。

関連して，汚染メカニズムを第一に明らかにすべきとの意見や，本委員会及びレーザー・レーダー実機と環境ネットワークとの絡みにたいする指摘等があった。

（２）報告書の取りまとめについて

本年度の報告書の取りまとめ方について審議した。現地調査の報告を主体に，次年度以降の活動のため随時参照できるものとするべく，共同研究の進め方に対する提言やレーザー・レーダー技術の現状についても調査報告することとした。

（３）次年度活動方針

事務局から全体スケジュールの概略が説明された後，次年度にはインドネシア国研究者の受け入れおよびプロジェクトに対する具体的な協議を開始すること等が説明された。また，実機の設計・製造に一部着手することが説明された。

## 3. 現地調査報告

### 3．1 訪問先の紹介

#### 3．1．1 第1回現地調査

第1回現地調査を下記の要領で行い，インドネシアの環境状態の調査，及びレーザー・レーダーの設置場所の候補地の調査等を行った。

・調査期間：１９９４年1月６日～1月１５日

・調査団員：小林喬郎，初田洋司雄，佐藤卓蔵

なお，今回の調査には，新エネルギー・産業技術総合開発機構の松岡宣昭主査に同行して頂いた。

第1回現地調査の訪問先リストを以下に示す。

（1）インドネシア科学院

The Indonesian Institute of Sciences （ LIPI ）

Jl. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710

Samaun Samadikun, Chairman

Herudi Kartowisastro, Deputy Chairman for The Development of Scientific Infrastructure

（2）LIPI・標準計測研究開発センター

Research & Development Center for Calibration, Instrumentation and Metrology

Indonesian Institute of Sciences （ KIM-LIPI ）

Puspiptek Komplek, Serpong, Tangerang 15310

Bambang H. Hadiwiardjo, Director

Muharyan Syamsudin, Head of Applied Instrumentation Division

Ii Hidayat, Head of Instrumentation Analysis Laboratory

Dr. Sugiono, Head of Optics Instrumentation Laboratory

Yusrandihardja, Optics Instrumentation Laboratory

Margana K.

Farid R.

Diaz Santika

Masbach ( AP-LIPI )

Dr. Paulus ( Agency for Meteorology )

（3）インドネシア大学

University of Indonesia

Faculty of Graduate Studies, Graduate Program in Optoelectronics and Laser Applications

Salemba 4, Jakarta, P.O.Box/JATRA 13062

Dr. Jhon E. Batubara, Professor

Dr. Hamdani Zain

Dr. Hendrik Kurniawan

Anwar

T.W.Simbolon

Arfian Ahmad

（4）ジャカルタ市環境評価局

KPPL-DKI Jakarta

Jl. Casablanka Kav. 1, Kuningan, Jakarta 12950

H. M. Ali Rozi, Director

Dr. Rafdjon Rax, Head of Laboratory

Purwoto

Zaky

Erwin

Erni

Yulmiati

（5）LIPI・海洋学研究所

PPPO-LIPI

（6）環境省

The Office of The Minister for Environment, The Republic of Indonesia

Jl. Merdeka Barat No.15, Jakarta 10110

Dr. Rtm. Sutamihardja, Deputy Assistant Minister

（7）技術評価開発庁

Agency for The Assessment and Application of Technology ( BPPT )

BPPT Building 16th Floor, Jl. M.H. Thamrin 8

I. Firman Budisetia

（8）JETRO ジャカルタ　センター

JETRO Jakarta Center

Summitmas Tower 6th Floor, Jl. Jend. Sudirman Kav. 61-62, P.O.Box. 2140

Jakarta

Hirokazu Date, Director of Industrial Affairs

（9）日本大使館

Embassy of Japan

Jl. M.H. Thamrin 24, Jakarta

Tetsuo Omura, Second Secretary

### 3．1．2　第2回現地調査

第2回現地調査を以下の要領で行い，インドネシアの環境状態及びレーザー・レーダー設置場所の候補地等に関する調査を行った。

・調査期間：１９９４年2月２７日～3月６日

・調査団員：杉本伸夫，初田洋司雄，伊藤俊夫，高野　洸

第2回現地調査の訪問先リストを以下に示す。

（1） The Indonesian Institute of Sciences （ LIPI ）

Jl. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710

Herudi Kartowisastro, Deputy Chairman for The Development of Scientific Infrastructure

（2） Research & Development Center for Calibration, Instrumentation and Metrology

Indonesian Institute of Sciences （ KIM-LIPI ）

Puspiptek Komplek, Serpong, Tangerang 15310

Ii Hidayat, Head of Instrumentation Analysis Laboratory

Yusrandihardja, Optics Instrumentation Laboratory

Harihadi

Budisusatio

Santososugondo

Masbach ( AP-LIPI )

Dr. Anwar ( University of Indonesia )

（3） University of Indonesia

Faculty of Graduate Studies, Graduate Program in Optoelectronics and Laser Applications

Salemba 4, Jakarta, P.O.Box/JATRA 13062

Dr. Hamdani Zain

Dr. Hendrik Kurniawan

Dr. Anwar

大学院生　５名

（4） KPPL-DKI Jakarta（ジャカルタ市立環境評価局）

Jl. Casablanka Kav. 1, Kuningan, Jakarta 12950

H. M. Ali Rozi, Director

Purwoto

Ii Hidayat(KIM-LIPI)

Yusrandihardja(KIM-LIPI)

（5） The Office of The Minister for Environment, The Republic of Indonesia

Jl. Merdeka Barat No.15, Jakarta 10110

Dr. Rtm. Sutamihardja

（6） The Agency for Meteorology and Geophysics

Dr. Paulus

### ３．２　ジャカルタの地勢と気候

#### ３．２．１　ジャカルタの地勢

インドネシア共和国は，面積１９０万平方ｋｍ，人口は世界第４位の１億８千万人の大国であるが，人口の６０％は，面積わずか１２万６千平方ｋｍのジャワ島に集中している。国民の８８％はイスラム教徒であり，公用語としてインドネシア語が使用されている。

ジャカルタはインドネシア共和国の首都であり，最大の自治体である省と同格のジャカルタ特別市となっている。この特別市は中央ジャカルタ市，北ジャカルタ市，東ジャカルタ市，南ジャカルタ市，西ジャカルタ市の５市で構成されている。ジャカルタはジャワ島の西北に位置し，北側はジャワ海に面していて，土地はほぼ平坦であり，市内に丘陵や山はなく，北が低く，南に行くにつれて高くなっている。

ジャカルタの人口は約８３０万人で，昼間は周辺からの流入により，１０００万人近くになるが，鉄道網は発達しておらず，交通は道路網に頼っている。幹線道路は片側５車線は有り，立体交差や一方通行が行われているが，朝夕の混雑は相当なものである。中心街は南北２０ｋｍ，東西１５ｋｍ程度であり，幹線道路沿いには１０階建て以上の高層ビルが増えて来ている。

#### ３．２．２　ジャカルタの気候

ジャカルタの気候について，気象庁（ＢＭＧ；Badan Meteorologi dan Geofisika）のＤＲ．Ｐａｕｌｕｓの講義をセルポンのＫＩＭ－ＬＩＰＩで1月１１日（火）に受け，また，気象庁本庁で３月５日（土）に教えを受けた。以下はＤＲ．Ｐａｕｌｕｓの話を要約したものである。

○インドネシアは降雨の型により３種の気候帯に分かれる。

１）季節風降雨型；南スマトラ，ジャワ，バリ，南東カリマンタン，南セレベス西部など

２）局地降雨型　；モルッカ島中部，南セレベス東部

３）赤道型　　；北スマトラ，西・東カリマンタン，北セレベス，北モルッカなど

ジャカルタは１）の季節風降雨型の地域に属し，西風の吹く１２月から３月は雨期であり，東風の吹く６月から９月は乾期となる。ジャカルタでの降雨は年間２，０００ｍｍ程度であるが，インドネシア全域では１，０００ｍｍ から７，０００ｍｍまで地域により変化がある。ジャカルタの気温は平均では２６°Ｃであるが最高では３８°Ｃにまでなる。

○ジャカルタ付近は赤道域のため，台風やサイクロンが来ることはないが，積乱雲の発達に伴う竜巻が発生することがあり，風速は５０ｋｎｏｔ（時速９３ｋｍ，秒速２６ｍ）に達する。

○ジャカルタでの１日の風の吹き方について，下記のような説明が有った。

・ジャカルタは北側が海に面しているので，海風と陸風との影響を受け，また季節風の作用もあり，乾期と雨期とそれらの中間の季節により１日での風の吹き方が異なる。

| | | | |
|---|---|---|---|
| 雨　期 | １２月－３月 | 昼間 | 北西風 |
| | | 夜間 | 南西風 |
| 乾　期 | ６月－９月 | 昼間 | 北東風 |
| | | 夜間 | 南西風 |

中間期　　４月～５月　　風が少ない
　　１０月～１１月　　風が少ない

・中間期には風が弱く，大気境界層が発生しやすくなり，大気汚染が問題となる。その他の季節には風が有り，大気が移動するので，汚染は激しくはならない。大気境界層の観測は，スカルノ・ハッタ空港におけるラシオゾンデによる観測，および５地点での地上観測を行っている。

○ジャカルタの大気汚染については，自動車等による道路付近の汚染の他に，ジャカルタ特別市の東西の郊外には工場地帯が有り，汚染が発生している。また，中心部ではヒートアイランドが発生している。

○地震については，ジャカルタでは激しい地震が発生する事はない。ジャワ島の南側のインド洋では，プレートの沈み込み地帯が有り，地震が発生しているが，ジャカルタ付近ではプレートの境界面は，地下数百ｋｍの深部に有るため，地震が発生しても，地表では激しく揺れる事は無い。

○レーザー・レーダーについての希望としては，レーザー・レーダーによる観測を，工場地帯，都市の中心部，住宅地の３つの領域をカバーするようにしたい。また，大気環境計測レーザー・レーダーが，ジャカルタで有効に動作するのであれば，インドネシアの他の都市にも設置する話が出ている。

表３．２．１にジャカルタの気候の表を，図３．２．１にクライモグラフを，図３．２．２に周辺の地勢を示す。

表３．１．１　ジャカルタの気候

ＢＭＧ資料による（１９８０～９２年平均）

| | 雨期 | | | | | 乾期 | | | | | | 雨期 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 年平均 |
| 気　温 | 26.4 | 26.6 | 27.2 | 27.7 | 27.9 | 27.8 | 27.6 | 27.4 | 27.7 | 27.8 | 27.6 | 26.9 | 27.4℃ |
| 降　雨 | 391 | 254 | 192 | 151 | 137 | 73 | 58 | 91 | 53 | 100 | 117 | 255 | 1872mm |
| 降雨日数 | 25 | 22 | 18 | 17 | 13 | 9 | 8 | 7 | 8 | 12 | 16 | 20 | 175日 |
| 最大風速 | 18 (9.3) | 20 (10.3) | 20 (10.3) | 18 (9.3) | 25 (12.9) | 20 (10.3) | 20 (10.3) | 18 (9.3) | 20 (10.3) | 20 (10.3) | 20 (10.3) | 18knot (9.3m/s) | —— |

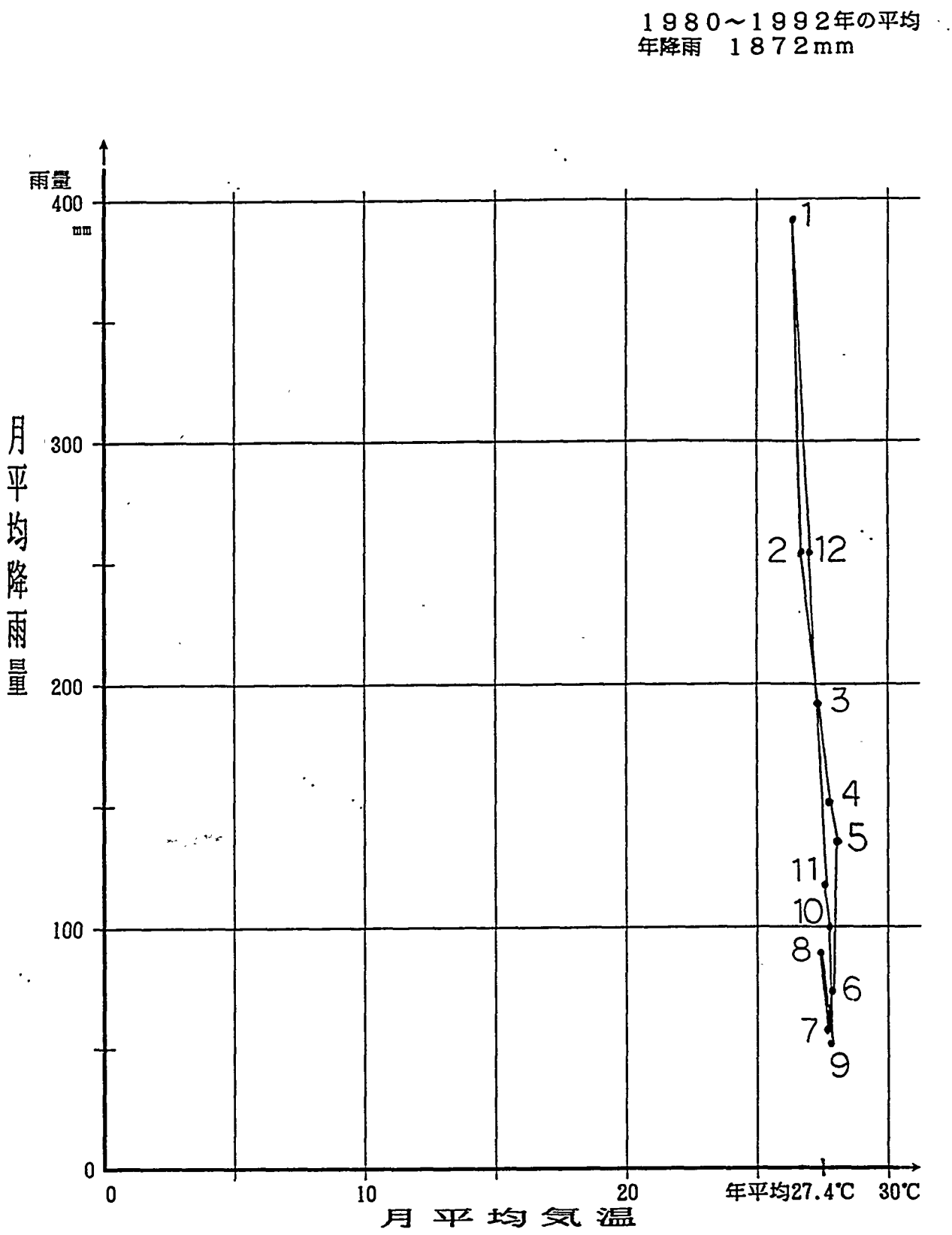



図3.2.1 ジャカルタのクライモグラフ

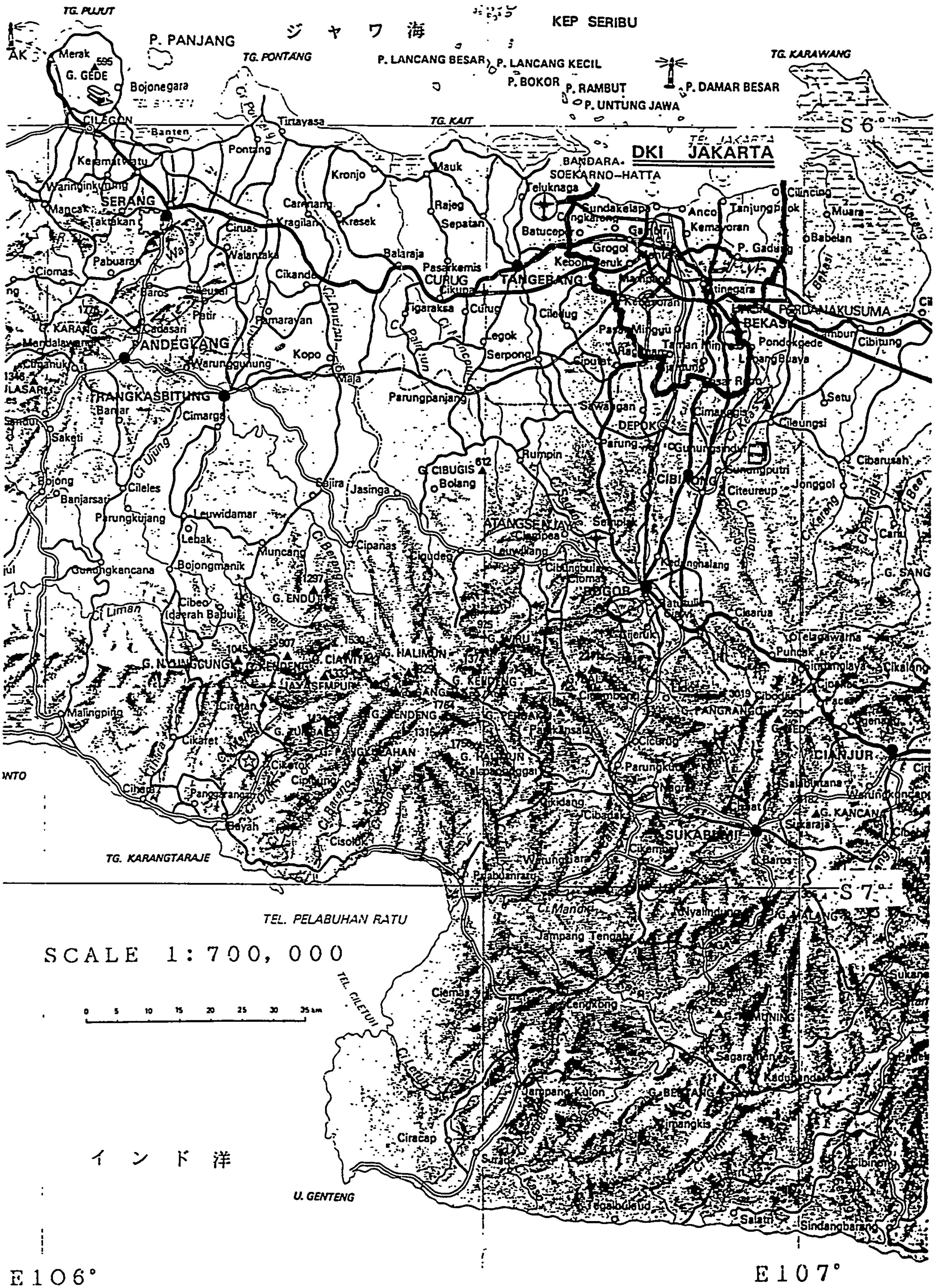



図3．2．2　ジャカルタ周辺の地勢図

## ３．３　インドネシアの環境状況

1994年1月12日14:00にインドネシア環境省副大臣Dr. Rtm. Surtamihardja氏を訪問し，インドネシアの環境状態をうかがった。環境省は，政府直轄であり，環境のほかに資源問題も扱っている。

- インドネシアでは，Air Pollution（大気汚染）のほかに，Water Pollution，Sea Pollutionの問題がある。

- Water Pollutionのデータは多いが，大気汚染のデータは少ない。

- 気象，気候の変化と，大気汚染の係わりは研究課題である。

- 大気汚染は，人口が集中しているジャワ島のジャカルタ市とかバンドン市などの大都市で問題となっている。つなみに，国の人口１．８億人の３分の２が，ジャワ島に集中している。

- 酸性雨の問題も大きい。ジャカルタ市周辺では，pHが4.5ということである。その要因は，工場，車のほかに，ゴミ（の焼却によるガス，ダスト）が挙げられる。

- 火山，山火事による環境への影響も大きい。特に，ボルネオ島で山火事による熱帯林の焼失が相次いでいる。これは，地下の石炭の発火が原因となっている。年に100,000haの熱帯林が，山火事によって焼失している。

- インドネシアのエネルギー資源としては，石油は２０年位で無くなるが，石炭は１００年位は有る。

- 健康Taxというものを提唱している。ガソリン700Rp/litterに対し，Tax100Rpではどうか。

## ３．４　ジャカルタ市の環境・大気状況

1994年1月12日(10:40-13:30)に，KPPL-DKI Jakarta（ジャカルタ市環境評価局）を訪問し，ジャカルタ市の環境状態について説明を受けた。

面会人は，Ali Rozi所長，Rafdjon Rax室長，Purwato氏，他２名であった。KPPLの全職員数は，59人である。

（１）　KPPLの任務は，次の事項である。

ジャカルタ市の環境データの収集，プログラムの評価，社会分析，結果の記録，報告書作成，プログラム企画など。

（２）　具体的な環境改善の取組みとして，１００万本の植樹，人口の密集地域の整理，アパート化，１３本の河川の排水対策，大気のモニタリングなどを行っている。

（３）　大気モニタリング局は市内１０ヶ所であり，ＳＯ2，ＳＯ，ＮＯ2，ＮＯ，H2S，ＮH3のガス成分と Total SPM の粉塵量を計測している。これらは全て湿式測定局である。

さらに，２ヶ所の乾式測定局があり，また，２ヶ所の新しいシステムを建設中であり，近い内に１４局となる予定である。測定システムはHoriba製で，DKK（電気化学計測器㈱）社がシステム化したものである（JICA援助）。

（４）　大気データの概要

最近の状況及び許容レベルは，以下の通りである。

表３．４．１　　大気のモニタリング・データの例

| 種　類 | 最小値 | 最大値 | 許容値 | 目標値 |
|---|---|---|---|---|
| ＮＯx | 3 ppb | 118 ppb | 50 ppb/24hr | 20 ppb/24hr |
| ＳＯ2 | 0 | 23 ppb | 100 ppb/1hr | 50 ppb/1hr |
| ＣＯ | <10 ppm | | 20 ppm | 10 ppm |
| ＴＳＰ(TSP) | | 555 $\mu g/m^3$ | 260 $\mu g/m^3$ | 200 $\mu g/m^3$ |

大気データの特色を以下に示す。

①ＳＯ2成分が少ないこと。

②ＮＯxが多いこと，これは車の排気ガスが要因である。

③ＴＳＰ（ダスト）が多いのは，道路表面と自動車が原因である。

（5） 自動車の状況

市内には200万台の車（人口800万人）が有り，年15%の増加率で急激に増えている。車の種類として，個人及び会社の車が60%，公用車（バス等）が30%，バイク約10%の比率である。ガソリンは有鉛（Pb）であり，無鉛化を検討中，車の排気ガス検査は行っていないが，３年後に行う予定である。

（6） 大気状態の変化

図１は，1981-92年の12年間のTotal SPM(TSP)及びＮＯ2の平均値とトレンドを示したものである。いずれも，増加の傾向にあることが分かる。

（7） その他

・住宅地の３ヶ所の局では，ＮＯxとＳＰＭは少ない。

・ＳＯ2は，家庭と中小工場，及び北ジャカルタの発電所（70 MW）が排出源と考えられる。

・公害の状況は，大学や健康省で調査しているが，発表されていない。

・交通整理の警官は，３時間で交代することになっている。

（8） 結び

レーザー・レーダーのデータをKPPLでも利用して，市の環境改善に役立てることを大いに期待しているとのAli所長の言葉が印象的であった。

## ３．５　サイト・サーベイ

第１回の現地調査の時に主としてＫＩＭ－ＬＩＰＩの紹介により４ヶ所の，また第２回の現地調査の時にはＬＩＰＩからの紹介により，ジャカルタ特別市環境・評価局（ＫＰＰＬ）の推薦で，３ヶ所のレーザー・レーダー設置の候補地のサーベイを行った。これらの概略について述べる。

### ３．５．１　第１回現地調査時のサイト・サーベイ

○ＫＩＭ－ＬＩＰＩ

調査月日　　１９９４年1月１１日（火）
場　　所　　セルポン（ｓｅｒｐｏｎｇ）科学技術センター

・ＫＩＭ－ＬＩＰＩの構内と，ＬＩＰＩ応用物理研究所構内と，総合管理事務所前の広場の３個所設置場所として紹介された。いずれも平地であり設置は容易であるが，セルポン科学技術センターはジャカルタの中心から約３０ｋｍも離れていて，空気も良く，大気汚染の計測に向いているとは言えない。むしろ熱帯地域の高層気象現象の観測に，最適のサイトと言うことができる。

○インドネシア大学

調査月日　　１９９４年1月１３日（木）
場　　所　　インドネシア大学　Enviromental Study Building 屋上

・インドネシア大学オプトエレクトロニクス・レーザ応用施設のヘンドリック博士に案内されて，見学した。6階建のビルの屋上であり，周囲に壁も無く，中心街に近い所に位置していて，付近に高層の建築が少ないので立地条件は良い。しかし誰でも入る事のできる所にあり，保安上は多少問題がある。また設置する場合の許可をどうするかは，もっと調査する必要がある。

○ＬＩＰＩ　海洋開発センター（ＰＰＰＯ）

調査月日　　１９９４年1月１３日（木）
場　　所　　海洋開発センター屋上

・ＫＩＭ－ＬＩＰＩのヒダヤ氏に案内されて訪問し，屋上を見学した。場所はジャカルタ特別市の北端にあり，海洋に近く，中心街や主要道路からはずれている。３階建の建物はかなり老朽化していていて，レーザー・レーダーを設置する場合には，大幅な改造が必要である。

○ＬＩＰＩ本部

調査月日　　１９９４年1月１４日（金）
場　　所　　ＬＩＰＩ本部研究棟（１１階建）および本部棟（８階建）屋上

・楕円形の建物である研究棟の屋上は周囲を高い壁にかこまれているが，周辺の見通しは良く，中心街に近く，主要道路が付近を数本通っていて，比較的に立地条件は良い。ただ，設置に当たっては

１１階建の屋上のため，地上から約４０ｍと高所に有り，作業に困難が予想されるため，更に調査の必要が有る。また５０～１００ｃｍ程度の台をレーザー・レーダーに用意する必要がある。

・８階建の建物である本部棟は北東方向を大幅に研究棟に遮られていて，設置場所としてはあまり適当ではない。

### ３．５．２　第２回現地調査時のサイト・サーベイ

○ジャカルタ特別市環境・評価局（ＫＰＰＬ；Kantor Pengkajian Perkotaan dan Lingkungan）

調査月日　　１９９４年3月1日（火）

場　　所　　ＫＰＰＬ本部屋上

・レーザー・レーダーの設置場所の候補として，ＫＰＰＬ側から本部の４階建の建物の屋上を提案されて見学した。建物の高さは４階のため比較的に低く２０ｍぐらいであり，建築後まだ新しい。設置の時には柱を中心として補強台を設け，30～50㎝程度高くする必要がある。周囲は南西側はビル群に少々遮られているが，中心街に近くて主要幹線道路も付近に多数有る。屋上まで電力線が来ているので，電力供給は可能と考えられる。

○東ジャカルタ市役所

調査月日　　１９９４年3月2日（水）

場　　所　　東ジャカルタ市役所屋上

・ジャカルタ特別市の東端に位置していて，中心街からは約15㎞と大幅にはずれている。現在の建物は８階建であり，約３５ｍの高さが有り，周囲に２．５ｍ程度の高い壁がめぐらされている。従って，設置する場合には，高さ５０㎝程度の設置台を置く必要がある。

付近に高層建築物は無く，見通しは良い。西方約３㎞と北方約１０㎞に工場地帯が有るが，付近に幹線道路は無い。

なお，東ジャカルタ市役所は増築を予定中であり，周辺に４階建の部分が２～３年中に建築される事になっている。

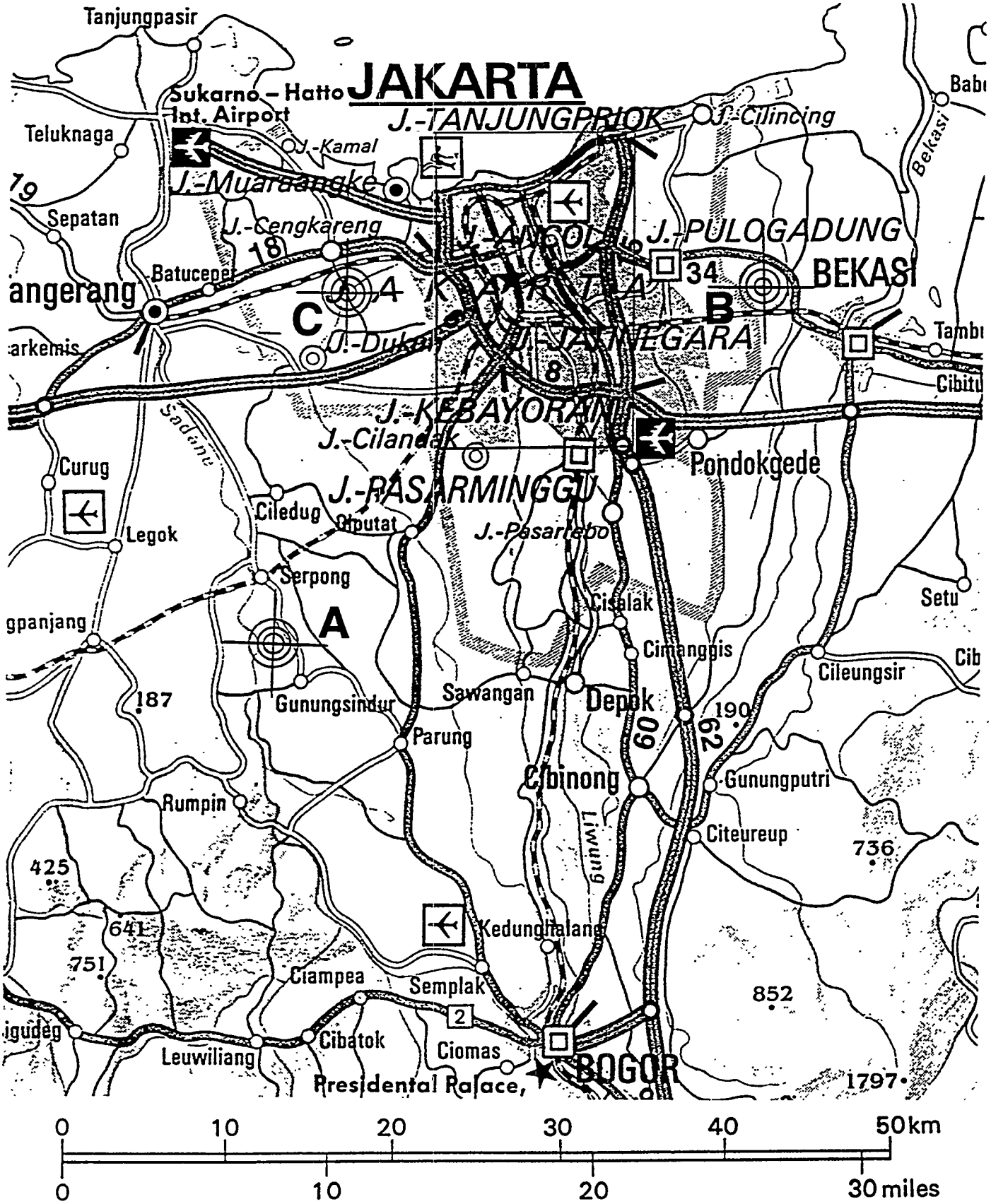
○西ジャカルタ市 Kanbangan付近

調査月日　　１９９４年3月4日（金）

場　　所　　下水処理場予定地

・中程度の川にかかる橋の付近の公有地で，現在，下水処理場が建設中であり，その構内を候補地として案内された。レーザー・レーダーの地上設置が可能であるが，低湿地のため，土地造成が必要である。

付近に高層建築物は無く，近くに工場団地は有るが，田園地帯の真中である。スカルノ・ハッタ国際空港まで約６㎞と近い。今のところでは建設中のためもあって，管理状況が十分とは言えない状態にある。



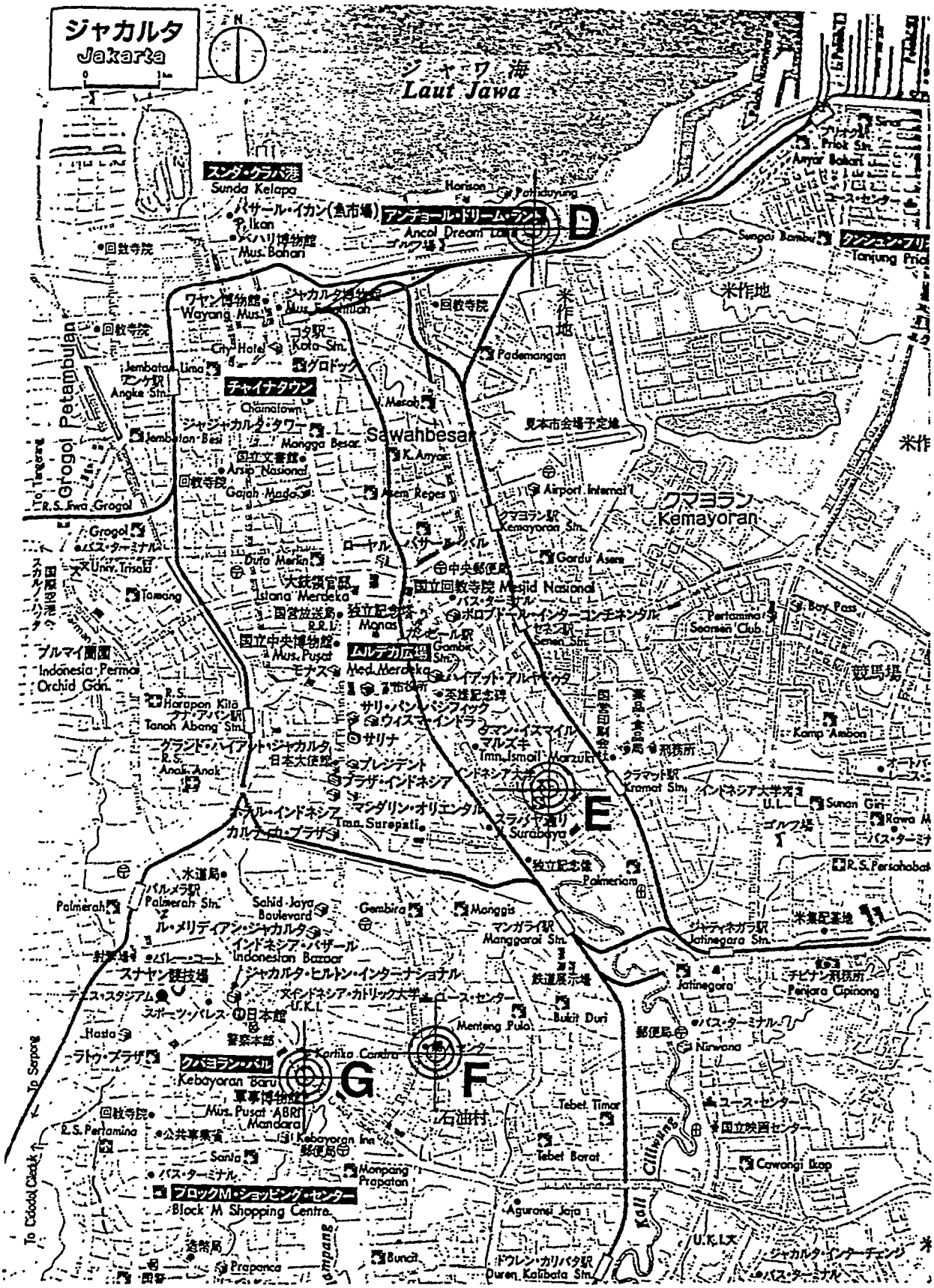

SCALE 1:325,000

A；セルポン科学技術センター

B；東ジャカルタ市役所

C；西ジャカルタ市Kanbangan付近　下水処理場予定地

図3．5．1　サイトサーベイ（1）




SCALE 1:75,000

D; LIPI 海洋開発センター（PPPO）

E; インドネシア大学

F; ジャカルタ特別市環境・評価局（KPPL）

G; LIPI本部

図3．5．2 サイトサーベイ（2）

## ３．６　インドネシア側の研究開発体制

### ３．６．１　ＮＥＤＯ－ＬＩＰＩ研究協力プロジェクトに対する体制

ＮＥＤＯ－ＬＩＰＩ国際研究協力プロジェクトに対するインドネシア側の研究開発体制としては，以下に示す７研究機関が参加する予定である。

RESEARCH TEAM (TENTATIVELY) WILL BE COMPOSED OF PERSONS FROM THE FOLLOWING INSTITUTION:

（１）　インドネシア科学院
LIPI (INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES)

（ａ）　LIPI-標準計測研究開発センター
PUSLITBANG KIM (R&D CENTER FOR CALIBRATION INSTRUMENTATION AND METROLOGY)

- MR. MUHARYAN SYAMSUDIN
- MR. II HYDAYAT
- MR. MARGANA KUSUMADINATA
- MR. YUSRAN DIHARJA
- MR. SUGIONO
- MR. --
- MR. --

（ｂ）　LIPI-応用物理研究開発センター
PUSLITBANG FT (R&D CENTER FOR APPLIED PHYSICS)

- MR. --

（２）　インドネシア大学
UNIVERSITY OF INDONESIA

- DR. HAMDANI
- DR. HENDRIK
- MR. ANWAR

（3） 環境省

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP (STATE MINISTRY FOR ENVIRONMENT)

- DR. SUTAMIHARDJA

（4） ジャカルタ市環境評価局

KPPL-DKI (THE OFFICE FOR THE ASSESMENT OF URBAN AND ENVIRONMENT OF JAKARTA)

- MR. PURWANTO
- MR. RAFJOHN

（5） 気象庁

BMG (THE AGENCY FOR METEOROLOGY AND GEOPHISICS)

- DR. PAULUS

（6） 宇宙航空研究所

LAPAN (NATIONAL INSTITUTE FOR OUTERSPACE AND AIRONAUTICS)

- MR. --

### 3．6．2　インドネシア国内の研究開発プロジェクトに対する体制

インドネシアにおいては，研究開発省のハビビ大臣の下に，研究評議会(NRC)が設置されており，省庁間研究プロジェクト(IRP)に関する審議を行っている。その研究開発体制は，図3．6．1のようになっている。

省庁間研究プロジェクトのエレクトロニクス部門では，「フォトニック・スイッチング・プロジェクト」，「マイクロ・オプティクス・プロジェクト」が既に実行されており，来年度の新規プロジェクトとして「レーザー・レーダー・プロジェクト」がＬＩＰＩとＵＩ（インドネシア大学）を中核として提案されている。

「レーザー・レーダー・プロジェクト」は，1994年度から始まるインドネシア国内の新規プロジェクトであり，NEDO-LIPI 国際研究協力プロジェクトとは独立したものである。

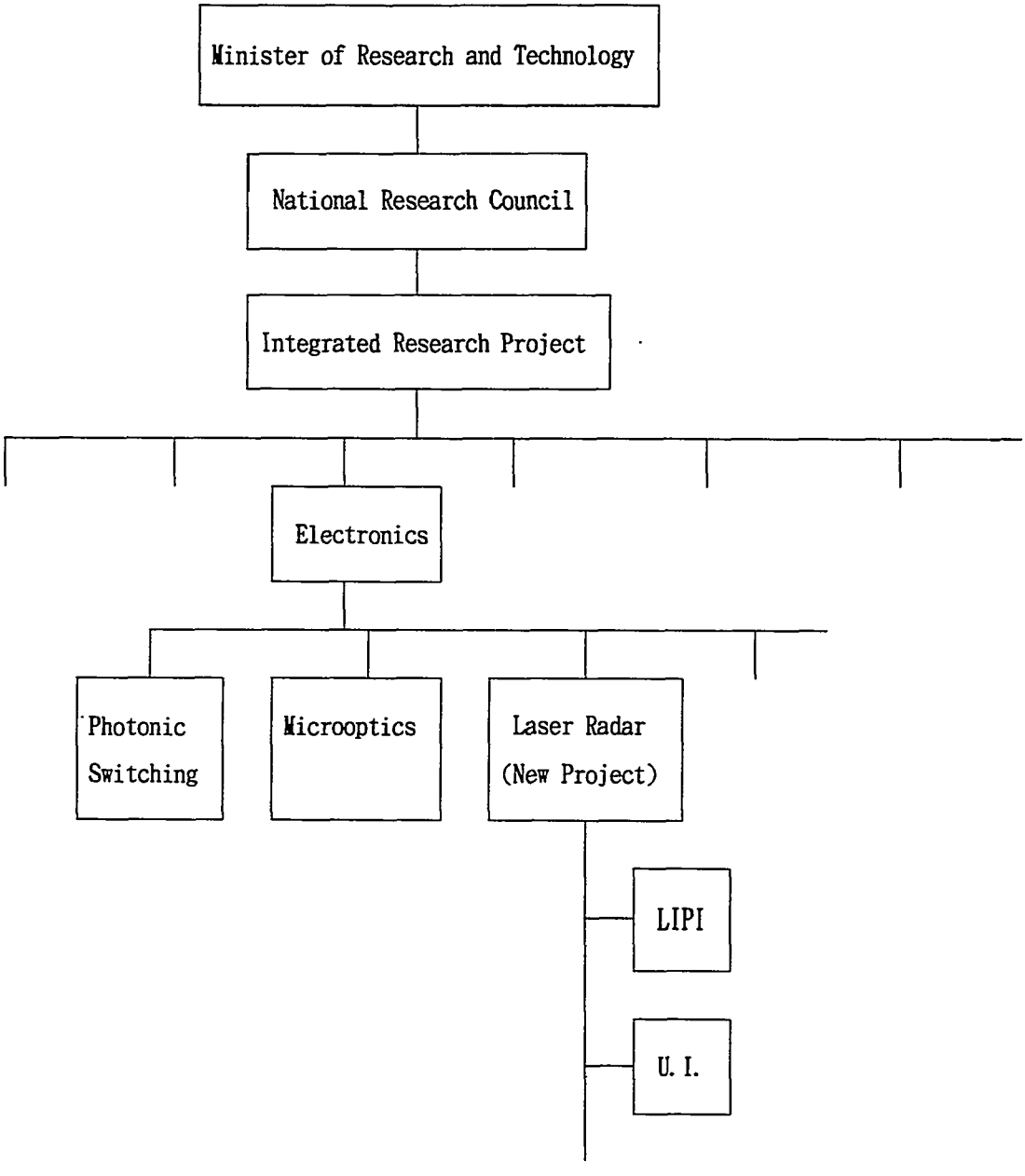



図3．6．1　インドネシア国研究開発省研究評議会の研究開発体制

## 4．共同研究の進め方

### 4．1　共同研究の目的

#### 4．1．1　新たな国際貢献へ向けて

近年，大都市へ人工や産業が集中し，化石燃料の大量消費や廃棄物の放出などによって大気や水，土壌などの汚染による環境問題が多発している。また，これらは局地的な問題に留まらず，酸性雨やオゾン層の破壊，地球の温暖化などの地球規模の環境問題にも密接に関連していることが明らかになり，地球の将来と人類の存続に関わる重大な問題となってきた。

これらの環境問題に有効に対処するため，地球環境をかけがえのない資源としてとらえ，その保全を図ることが国際社会の共通の目標となってきた。そのためには，公害防止対策技術が必要であるが，それに加えて，広範囲に分散した汚染源からの汚染情報を正確にとらえて解析評価し，複雑な因果関係を解明することがきわめて重要であり，それによって長期的視野に立脚した科学的予測や行政施策が可能になる。

そこで本共同研究は，従来の大気環境計測システム技術では困難であった大都市域における大気汚染情報を立体的に捉える新しいレーザー・レーダー・ネットワーク・システムをインドネシアの首都ジャカルタ市に構築し，大気汚染のメカニズムを解明する研究を日本とインドネシア両方の科学技術者が共同に行うことを目的としている。これによって”地球環境問題への基本的アプローチ”が与えられることになり，近い将来必要とされる”環境情報の地球的ネットワーク化”へも寄与できる。また，本研究によって環境問題についての国際間の共通理解のための”ソフトウェア”ができることとなり，従来の経済的貢献をさらに発展させた「知的・学術的な国際貢献」となることが大いに期待される。

#### 4．1．2　ハード面からソフト面の重点化へ

従来のＯＤＡプロジェクトは物を供与することが中心で経済的貢献に留まり，その有効利用が大きく問われてきた経緯がある。これに対し本研究は国際共同研究であり，知的・学術的貢献を目的としているため，次のような条件が必要である。

［１］環境モニタリング・システムとしての有用性の実証

大気汚染情報の収集，汚染メカニズムの解析と高精度の予測を可能にするためにはシステムのハードウェアの開発に加えて，現地での長期間の動作実験と研究が必要であり，それにより得られる研究成果，すなわちソフトウェアの蓄積が必要である。

［２］技術的・科学的成果の共有と評価

国際共同研究を有効に進めるため，システム開発の技術的成果及び観測研究により得られる科学的成果を平等に共有し，また公表することが必要となる。また他の第三国の研究者等による本研究の評価も必要であろう。

［３］人間の交流と育成

本国際共同研究を推進するためには両国の研究者の交流，すなわち緊密な研究打合せと研究発表会を持つこと，さらに若手研究者の育成のため大学や国立研究所における教育支援が不可欠であり，そのための体勢と予算処置が必要である。

## ４．２　レーザー・レーダーを用いた環境測定

### ４．２．１　大気汚染測定のためのレーザー・レーダーの有効性

大気汚染現象を正しく把握するためには発生源から排出された汚染物質が大気中において物理的，化学的な変化を受け濃度や組成を変えて行くメカニズムを立体的に測定する必要がある。一般に移流，拡散の程度はその地域の気象条件によって大きく左右されるため気温や風の垂直分布並びに乱流強度等に関しての情報も同時に必要である。

大気汚染の立体分布情報の把握はカイツーン観測（けい留気球），タワー観測，航空機観測等により行われる。これらの方法を用いて大気汚染物質濃度や気象要素の垂直分布を測定することは大気汚染研究をすすめるためには極めて重要である。しかしこの様な観測を定常的に実施することは技術的にも財政的にも極めて困難である。一方気象に関してもパイロットバルーンやカイツーン，ラジオゾンデ等を用いた上空における気象要素の観測をルーチン的に実施することはかなり困難なことといえる。

ここで問題なのは上述の様な直接観測の実施にあたっては航空法上の制約があることである。例えばカイツーン観測は300m以下，航空機観測は300m以上の高度でのみ可能で，地域によっては更に制限が加えられる。一方この様な観測には多くの人手が必要であり，極めて専門的な知識と技術を要し，気象条件によっては実施出来ない場合も生じるためリスクも大きい。

これに対してレーザー・レーダーによる方法は地上付近から高高度までを短時間に連続的に観測することが出来るため気象や大気汚染の情報を定常的に得るための方法としては極めて有効であると考えられる。しかしレーザー・レーダーによる計測結果はどの様な場合にも直接的な観測結果を用いて検証されなければならない。

### ４．２．２　レーザー・レーダーによる観測項目

大気汚染の時間・空間分布の動態に最も大きな影響を及ぼす気象要因としては①混合層や境界層の高さ，②各高度におけるx，y，z方向の風の変動成分と平均値，③気温の垂直分布があげられる。これらの気象パラメーターの時間変化を複数の地点において同時に観測することにより，拡散係数や安定度などの立体分布を得ることが出来る。

①，②に関してはミィー散乱レーザー・レーダー・システム，③に関してはラマン散乱レーザー・レーダー・システムを用いて，同時観測を行うことが必要である。

大気汚染要素としてはエアロゾル濃度，ガス状成分としては$NO_2$，NO，$O_3$，$SO_2$濃度のデータが一般的には必要である。更に大気中における反応過程を把握するためにはHOラジカル，$RO_2$ラジカル，VOC（炭化水素成分）の濃度も必要となる。これらの大気汚染物質の環境大気中における関連性並びに大気汚染物質の発生，反応，輸送および拡散の概念図を図４．２．１に示す。またＮＯの酸化プロセスにおけるラジカルの役割を図４．２．２に示す。ＮＯの酸化プロセスにおいては$O_3$による酸化が中心となるが，大気中にＶＯＣが存在する場合には$RO_2$ラジカルによる$NO_2$への酸化プロセスがあるため$O_3$濃度は更に上昇する。$O_3$は$NO_2$の光分解により生成するが，その程度は紫外線強度により異なる。

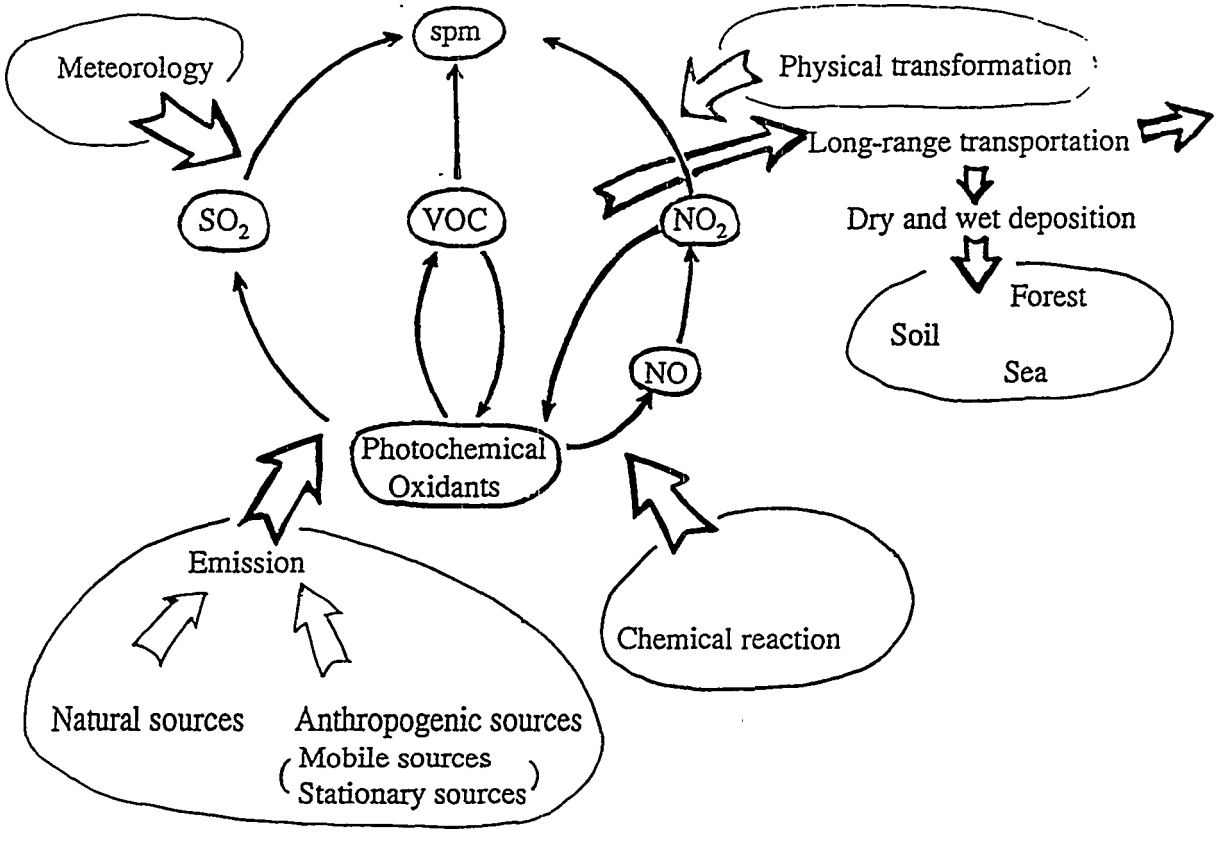



図４．２．１　環境大気中における大気汚染物質の関連性

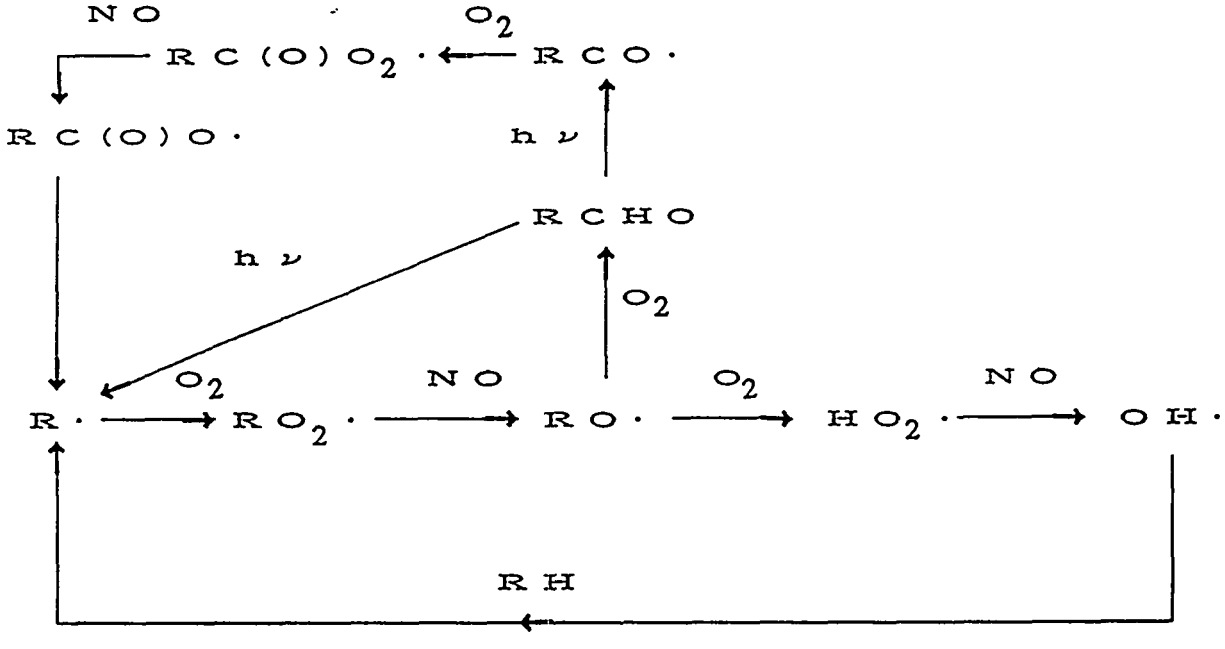



図４．２．２　ラジカルによるＮＯの酸化プロセス

これらの物質の変動パターンおよび空間分布は発生源や気象条件によって異なるが，大気汚染生成機構解明の目的のためには測定の時間分解能は５から１０分以内，垂直方向には１０ｍ程度の空間分解能が要求される。ガス状大気汚染物質の測定にはダイアル・システムが必要である。

レーザー・レーダーによる観測を実施するときには観測地点における地上観測（風向，風速，日射量，UV，放射収支，気温，気圧，湿度）が必須である。風向，風速，気温の変動量の測定は超音波風速温度測定シス

テム，湿度の変動量の測定にはラインマンアルファー・システム等が用いられる。これと同時に地上において大気汚染物質濃度の測定を行うことが要求される。

### 4．2．3　レーザー・レーダーを用いた観測フレーム

レーザー・レーダーを用いて大気汚染と気象の立体分布測定を行う場合のフレームワークを幾つかの観測目的に従って以下に示す。

#### （1）　海風の侵入に伴う混合層の形成と大気汚染物質の混合・反応過程の観測

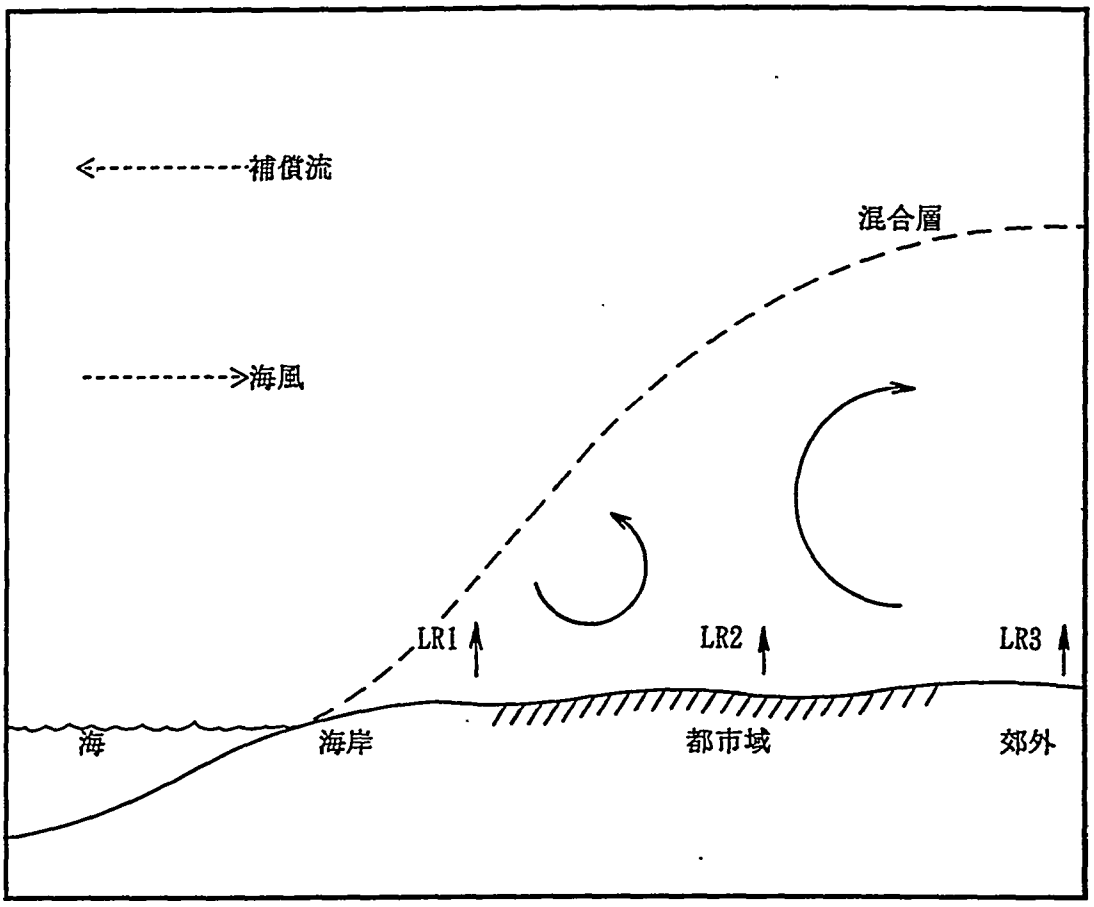



図4．2．3　海風の侵入に伴う混合層の形成と大気汚染物質の混合・反応過程の観測

3台以上の可搬型レーザー・レーダー（LR1～LR3･･･）を海岸から内陸に一列に並べて配置し垂直方向の観測を同時に実施することにより混合層の形成過程と大気汚染物質分布の関連性を把握する。

この観測システムを用いて夜間における陸風吹走下での重力流と汚染物質濃度の立体分布の関連性把握も行う。またLR1～LR3･･･のレーザー・レーダーの観測を同時に行いその結果を内挿する事により垂直断面分布の時刻変化を解析する。

（２）　都市域における風循環と大気汚染濃度分布の観測

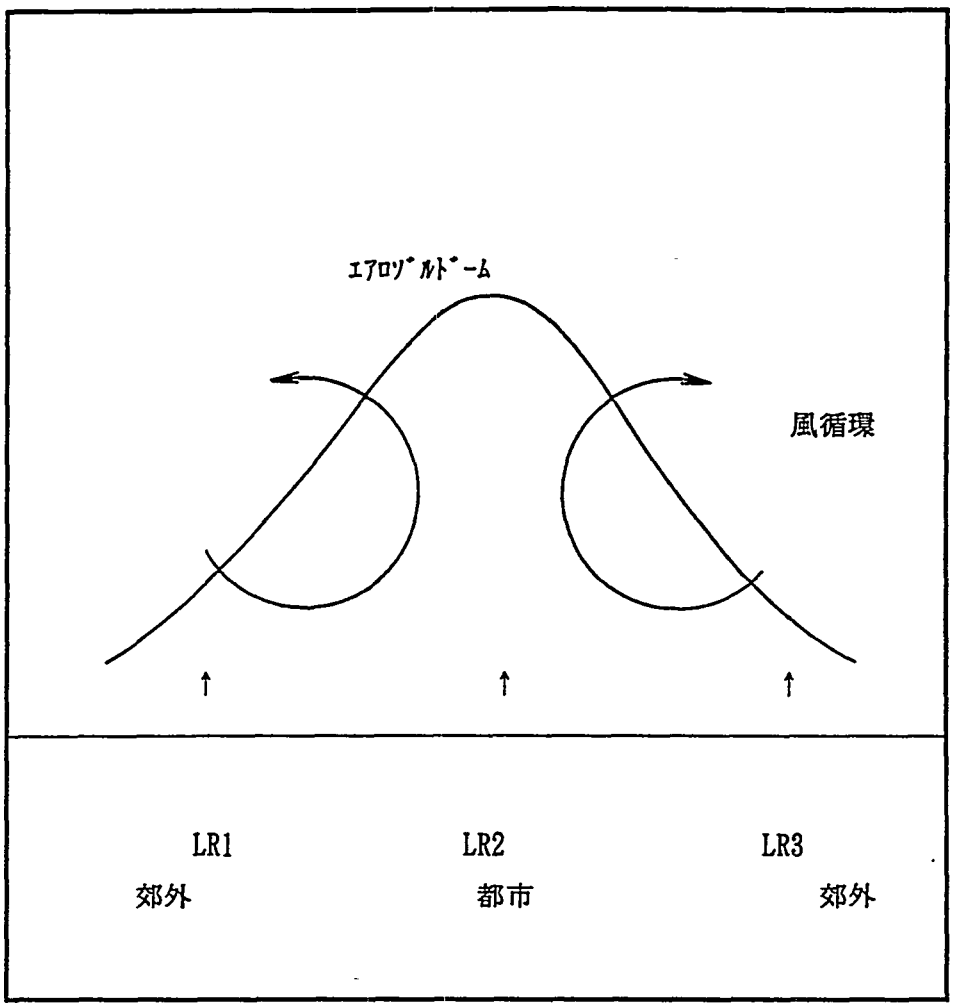



図４．２．４　都市域における風循環と大気汚染濃度分布の観測

３台以上の可搬型レーザー・レーダー・システム（LR1, LR2, LR3･･･）を都市中心、及びその周辺地域に配置して上空における気温分布，エアロゾル分布，風の分布を調べることにより都市風循環，都市境界層，ヒートアイランド，クールアイランド，ダストドーム，等の形成・消滅過程を解明する。

（3） 都市域における大気汚染物質の立体分布挙動の観測

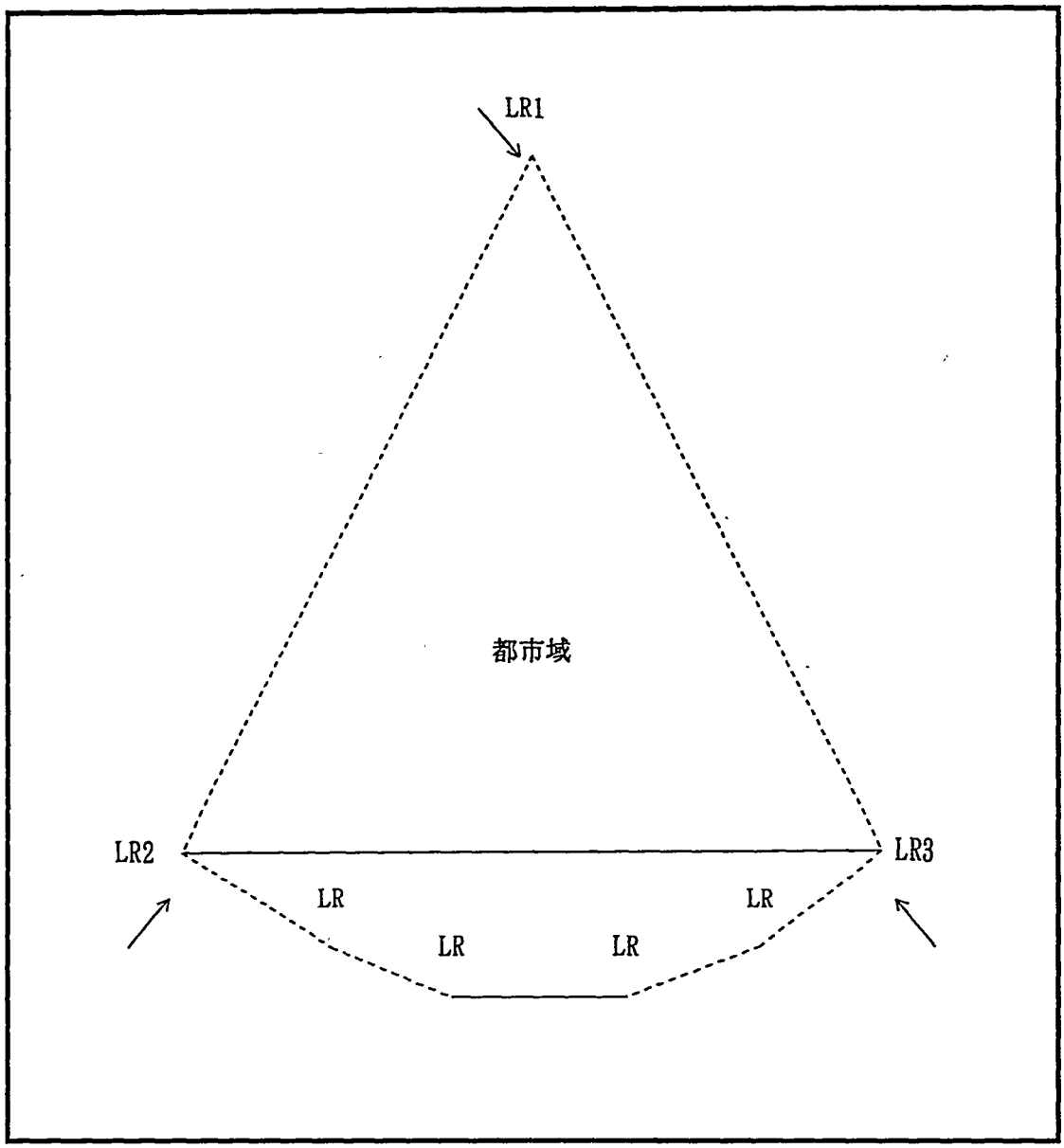



図４．２．５　都市域における大気汚染物質の立体分布挙動の観測

３台以上の可搬型レーザー・レーダー・システム（LR1, LR2, LR3･･･）を都市を囲む様に配置しそれぞれの測定地点における気温と風成分の立体分布の測定結果を積分して都市風の発散・収束量を求め大気汚染物質濃度との関連性を把握する。一方エアロゾル層の都市域上空における面的な変化を気象との関連で解析し，都市大気汚染強度との関連性を求める。

LR1～LR3･･･の観測を同時に行いその結果を内挿処理することにより都市上空の高さごとの水平面分布の解析を行う。

この様なレーザー・レーダー観測システムは，都市域における大気汚染の生成機構解明並びに大気汚染予測，大気汚染予報，大気汚染削減シナリオの検討等を行う上で極めて有効な観測システムであると考えられる。

都市大気汚染はその地域の気候条件，気象特性，地形，発生源の特徴，都市の形態，生活パターン等によりそれぞれ大きく異なりまた土地利用の変化や交通システム，産業立地等の時代的変化にも左右される。このため調査の対象となる現象をダイナミックに把握するためのレーザー・レーダー・システムは出来るだけ可搬型のものとすることが必要である。複数の可搬型のミー散乱レーザー・レーダー・システムを前述の（１）～（３）など目的に応じて適宜配置し観測目的に合わせて運用することが肝要である。観測項目としては４．２．２項にも示したようにエアロゾル層高度，風，気温の垂直分布並びに大気汚染物質濃度の垂直分布を同時に同地点において測定する事が最も理想的である。これが無理の場合には（１）～（３）の観測において少なくとも１地点において気温と汚染物質を測定する事が必要であろう。この場合にはガス成分測定のためのＤＩＡＬについては都心部などの大気汚染高濃度地域に配置するのが一般的である。また都市中心地域において気温の垂直分布を測定することは大気拡散パラメーターの推定にあたっては極めて有効であるためレーザー・レーダーによる測定が困難な場合にはタワーによる観測や，カイツーンやゾンデによる観測をあわせて実施することが必要である。

レーザー・レーダー・システムを用いた観測を時刻を合わせてそれぞれ独立に実施し，観測終了後に総合的に解析することにより大気汚染物質の立体的な挙動を解明することができる。更に高度な利用方法としては，レーザー・レーダー・システムを用いてオンラインで大気汚染の予報を行う事も可能である。この場合には複数（最低３台以上）のレーザー・レーダー・システムを中央制御システムによりシンクロさせて運用し得られた情報をネットワーク・センターにおいてオンライン処理し，地上並びに上空における気象データーや大気汚染測定結果等を同時に解析処理することが必要である。

## 5.　システムの概要

### 5．1　レーザー・レーダー技術の現状

#### 5．1．1　ミー散乱レーザー・レーダーによる大気計測法

ミー散乱レーザー・レーダーは大気中に浮遊する粒子状物質（エアロゾル）によるミー散乱を測定するレーザー・レーダーである。ミー散乱とは，光の波長と同程度の大きさの球形粒子による散乱のことで，理論的な説明を与えたＭｉｅの名をとってミー散乱と呼ばれる。図５．１．１にミー散乱レーザー・レーダーの測定原理を示す。大気中にレーザーパルスを発射し，大気中のエアロゾルによって後方に散乱される光を受信望遠鏡で集め，光電子増倍管などの光検出器を用いて受信信号を時間の関数として記録する。時間応答波形は図１中に示すような波形となるが，パルスを発射した時間からの時間遅れ，すなわち図の横軸はは距離に対応し，そのときの受信信号強度はその距離のエアロゾルの散乱の大きさ，すなわちエアロゾル濃度に比例する。ミー散乱レーザー・レーダーではレーザー光に沿ったエアロゾルの濃度分布が得られるが，測定方向を掃引すれば２次元的，３次元的な分布を得ることができる。

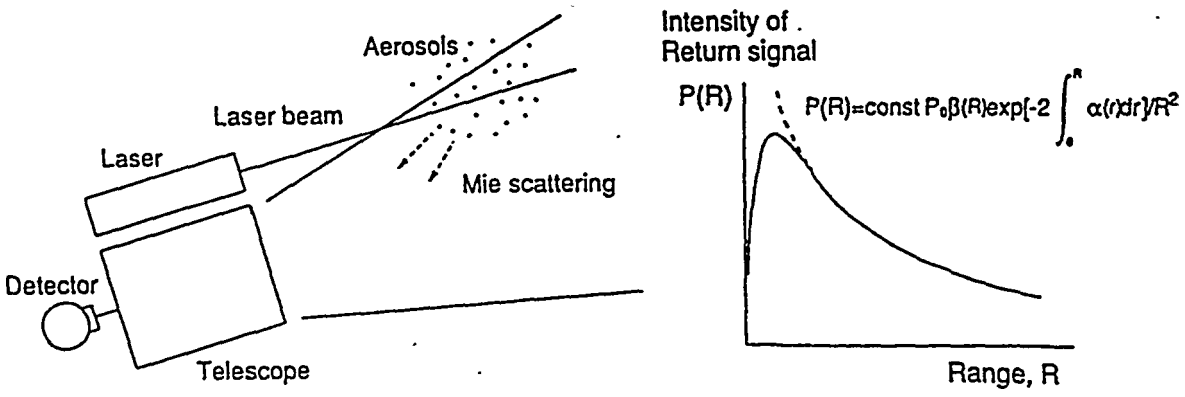



図５．１．１　ミー散乱レーザー・レーダーの測定原理

ミー散乱レーザー・レーダーで測定されるのは光学的に見たエアロゾルの濃度分布であるが，エアロゾル分布をトレーサー的に利用して大気の構造を可視化して観測することができる。例えば，大気境界層の中では通常エアロゾル濃度が高いため，エアロゾル分布を測定することによって大気境界層の構造を可視化することができる。これによって，大気混合層の発達や海風の吹き込みに伴う変化，夜間の接地逆転，ヒートアイランドなど大気汚染現象と密接に関係する大気境界層の構造を観測することが可能となる。これは大気汚染の把握や予測に極めて有効な情報である。

大気境界層の観測に用いられるミー散乱レーザー・レーダーには掃引機能を持つものと鉛直方向のみを測定する小型の装置がある。掃引機能を持つレーザー・レーダーでは２次元的，３次元的な測定が可能であるが，都市域の大気の観測などでは２０－３０ｋｍの領域をカヴァーする必要があるため装置は必然的に大型となる。これに対して掃引機能を持たない装置ではエアロゾルの鉛直分布のみに限られるが，大気境界層の高度を監視するような目的では十分である。また，後に述べるように掃引機能の無い小型のレーザー・レーダーのネットワークによって都市大気の動態を大きなスケールで観測することも可能となる。

図５．１．２は掃引型の大型のミー散乱レーザー・レーダーの一例（国立環境研究所大型レーザー・レーダー）である1)。この装置はＹＡＧレーザーの第二高調波を用いている。

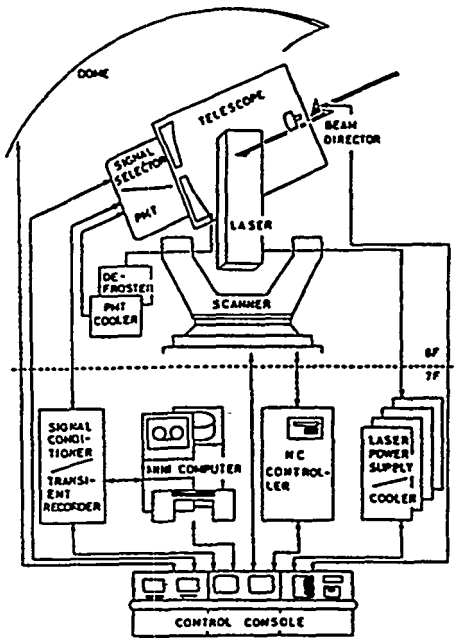



図５．１．２　掃引型システムの例（国立環境研究所大型レーザー・レーダー）

図５．１．３は国立環境研究所大型レーザー・レーダーにより観測された大気境界層構造の一例である2)。図は大気の鉛直断面で，エアロゾルの濃度が濃淡で表示されている。この図では朝方に大気混合層が発達する様子がとらえられている。図中に見られる構造は対流のセルである。

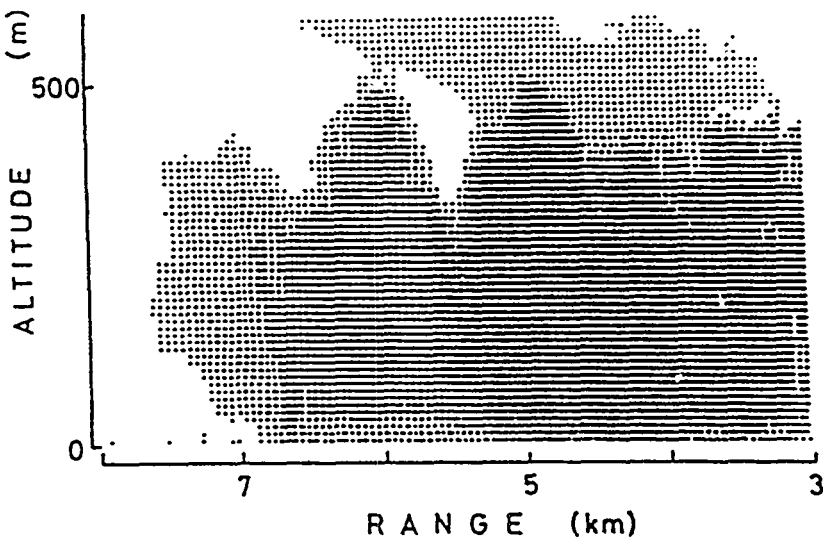



図５．１．３　掃引型レーザー・レーダーで測定された大気境界層構造

図５．１．４および図５．１．５は国立環境研究所大型レーザー・レーダーで観測された海風前線の構造である3)。図５．１．４は海風前線の鉛直断面である。図５．１．５は海風前線の位置を時間を追って複数の水平方向の掃引により測定し，その時間変化を地図上に示したものである。図５．１．５は，午後に海風が内陸に吹き込む様子を明瞭に示している。また，海風前線の通過に伴って大気境界層の構造が大きく変化することが図５．１．４よりわかる。

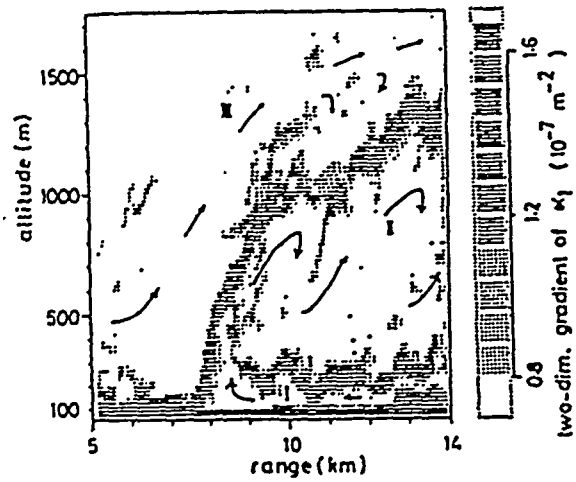



図５．１．４　掃引型レーザー・レーダーで測定された海風前線の構造

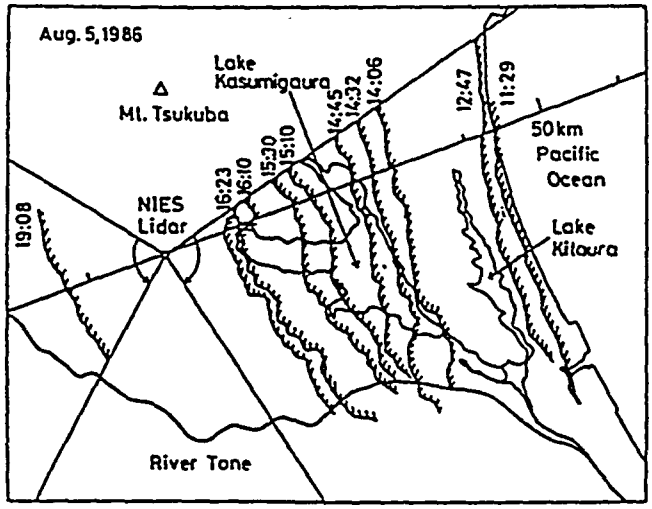
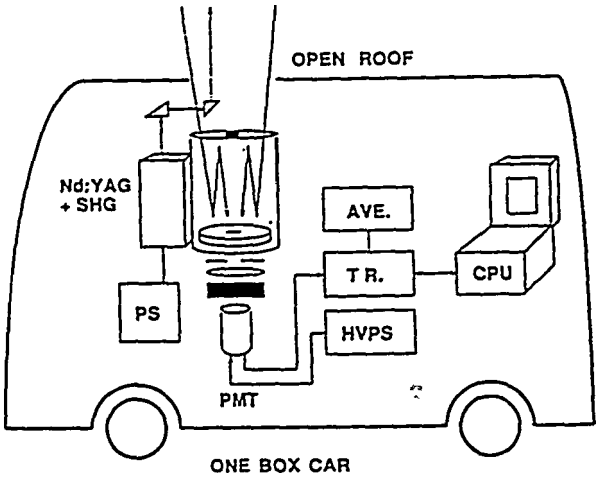



図５．１．５　水平掃引により時間を追って観測した海風前線の移動

図５．１．６は掃引機能を持たない小型のミー散乱レーザー・レーダーの例である（国立環境研究所車載型レーザー・レーダー）。




Specification of laser radar system

| | | |
|---|---|---|
| Transmitter | Nd:YAG laser | |
| | Wavelength | 532 nm |
| | Energy | 100 mJ/pulse |
| | Pulse Width | 10 nsec |
| | Repetition | 10 Hz |
| Receiver | Cassegrainian Telescope | |
| | Diameter | 35 cm |
| | Field of View | 1 mrad. |
| Detector | Photomultiplier | |
| Acquisition System | Transient Recorder<br>10 bits 50 ns/word<br>(Range resolution 7.5 m)<br>Personal Computer | |

図５．１．６　掃引機能のない小型ミー散乱レーザー・レーダーの例
（国立環境研究所車載型レーザー・レーダー）

図５．１．７および図５．１．８はこの装置による観測の例である。図５．１．７はエアロゾル濃度の鉛直分布の日変化を３日間にわたって観測したものである。低層のエアロゾル濃度の高い部分から，午前の混合層の発達の様子を見ることができる。また，午後には境界層の構造が大きく変化することが見られる。図５．１．８は図５．１．７の分布の濃度の鉛直方向の変化を抽出し，濃度の減少の大きい高度を抽出して図に示したものである。図５．１．８ではエアロゾル分布の構造をより明瞭に見ることができる。午前の混合層の発達の他，上空に層状の構造が見られる。また，夜間にもこのような構造が残っていることがわかる。

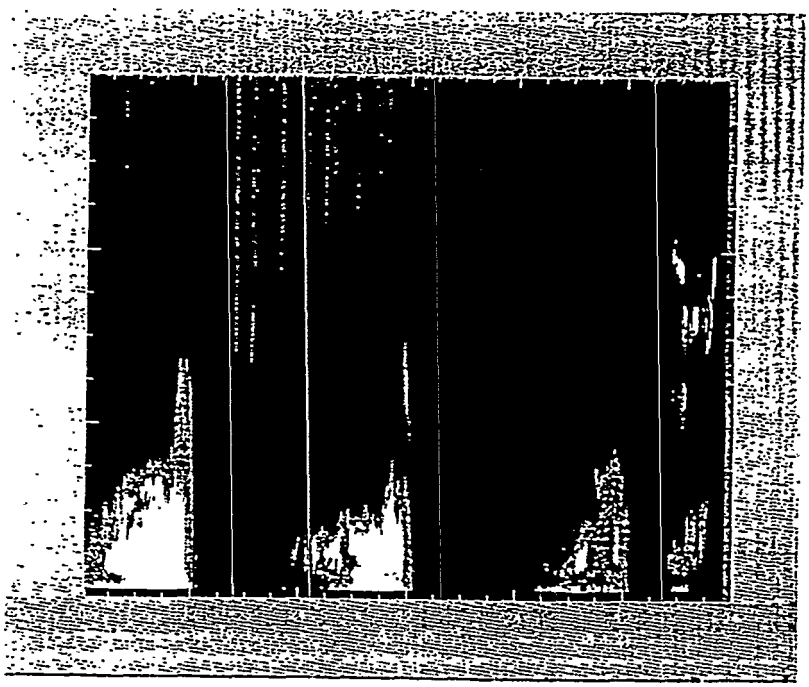


図５．１．７　エアロゾルの鉛直分布の日変化

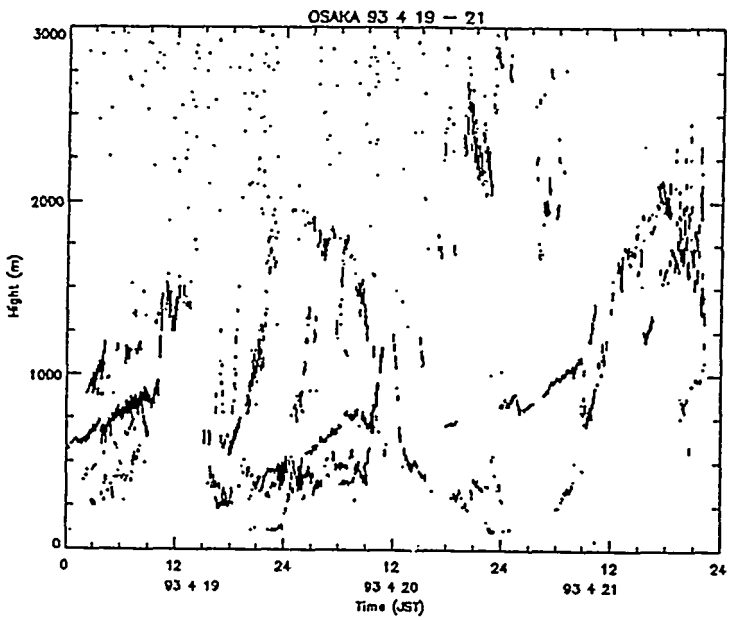



図５．１．８　図５．１．７のデータにおいてエアロゾル濃度の鉛直方向の勾配の大きい高度を抽出して表示したもの。境界層の構造が強調されて明瞭に見られる。

ミー散乱レーザー・レーダーの応用手法として時間相関法による風向風速の測定がある。これは，ミー散乱レーザー・レーダー測定を鉛直よりやや傾いた複数の方向で行い，それぞれのビームを横切るエアロゾル分布構造の移動の時間相関を解析することによって水平風速の高度分布を求めるものである。図５．１．９に国立環境研究所で製作した実験装置のブロック図を示す4)。この装置では６方向で測定を行っている。図５．１．１０はこの装置で得られた風向風速の鉛直分布の一例を示す4)。エアロゾル濃度の高い大気境界層内では風向風速が得られており，大気境界層の観測に有効であると考えられる。

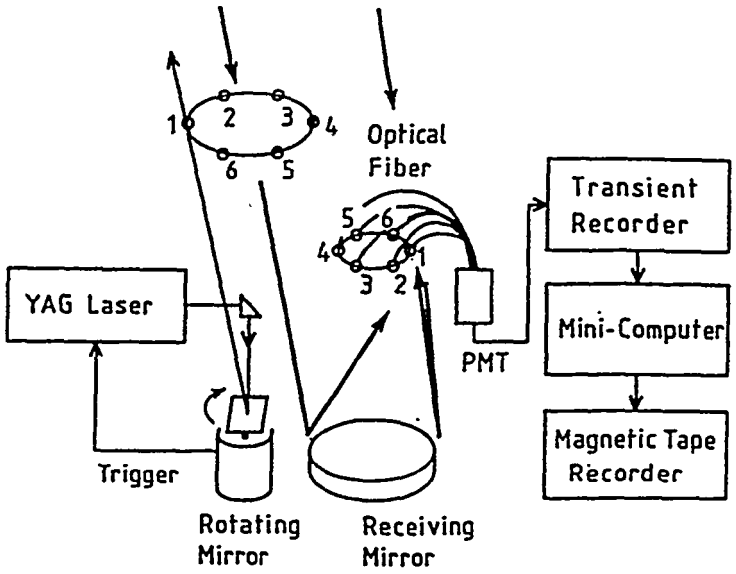



図５．１．９　時間相関法レーザー・レーダーの例（国立環境研究所）

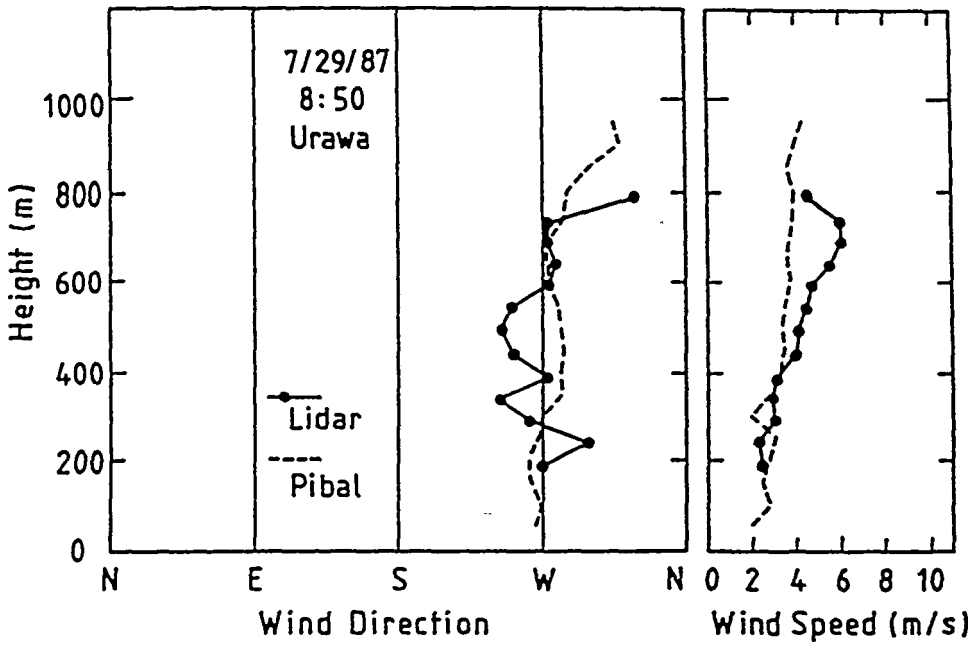



図５．１．１０　時間相関法で得られた風向風速の鉛直分布の例

文献

1) H. Shimizu, Y. Sasano, H. Nakane, N. Sugimoto, I. Matsui, and N. Takeuchi: Appl. Opt. **24**, 617 (1985).

2) Y. Sasano, H. Shimizu, and N. Takeuchi: Appl. Opt. **21**, 3166 (1982).

3) H. Nakane and Y. Sasano: J. Meteoril. Soc. Japan **64**, 787 (1986).

4) I. Matsui, N. Sugimoto, Y. Sasano and H. Shimizu, Jpn. J. Appl. Phys. **29**, 441 (1990).

## 5．1．2　ＤＩＡＬによる$NO_2$とＮＯの計測法

（１）計測法

大気中のガス成分の定量的な遠隔計測法として差分吸収ライダー（DIAL:Differential Absorption Lidar）がある。この計測法は，エアロゾル等の吸収断面積の大きい波長$\lambda_{on}$と隣接した吸収の小さい波長（参照波長）$\lambda_{off}$の２波長で受信信号を求め，その強度比から分子密度の空間分布を求めるものである[1]。

図5.1.11に$NO_2$の吸収係数の波長変化の測定例を示す。吸収係数$\alpha = N\sigma$（N：密度，$\sigma$：吸収断面積）で表され，単位は[$ppm^{-1}\cdot m^{-1}$]が用いられる。この図より明らかなように$NO_2$の測定には$\sigma_{on}$と$\sigma_{off}$の差の大きい４５０ｎｍ付近が従来，用いられてきた。しかしながら近年，目に対するレーザー光の安全性が重要視されており，この観点から，今後は４００ｎｍ以下の紫外域光が４００ｎｍ以上の可視域光の約$10^4$倍以上の大出力パルス光に対して安全であるため，[2]この領域の光を用いる必要がある。すなわち，$NO_2$に対して３７０～３９０ｎｍ付近が最適であり，これらの紫外域波長を用いると通常の数１０ｍＪ程度のビーム出力でもアイセーフとすることが可能になる。

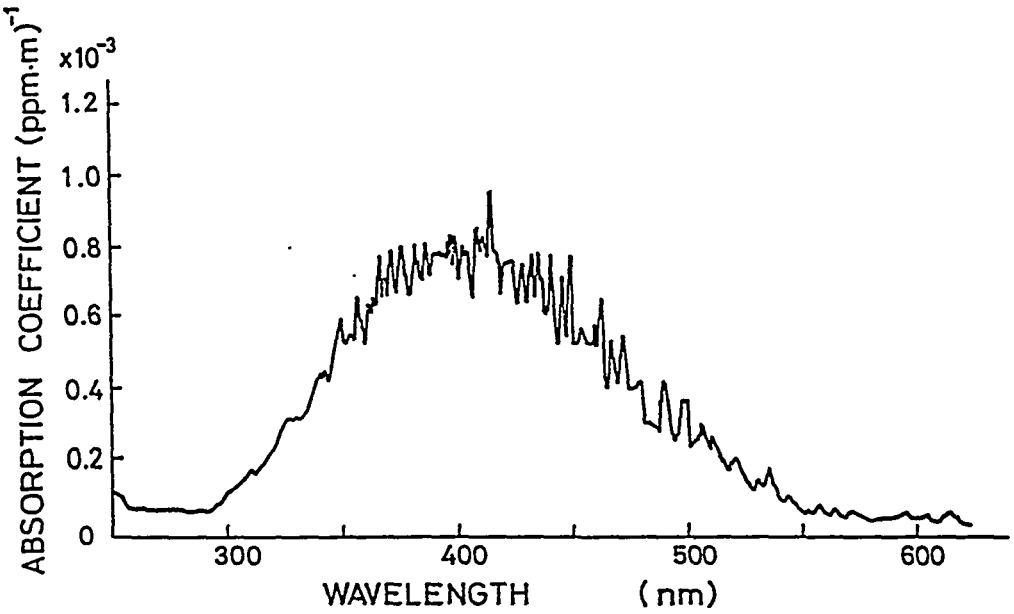



図5.1.11　ＮＯ２の吸収係数の波長変化

（２）$NO_2$のＤＩＡＬシステム

次に，$NO_2$を中心としたＤＡＩＬシステムの実例を示し，それらの特性をまとめて示す。

図5.1.12にスウェーデンのルント工科大学で開発した$NO_2$と$SO_2$の密度分布測定のための車載型ＤＩＡＬのシステム構成を示す[3]。野外実験のためにこの観測車の後方にディーゼル発電機（電力２０kVA）を連結しており，比較的大型のシステム構成（計測車体積6　2.3　2.1$m^3$）となっている。レーザーにはＮｄ：ＹＡＧ励起の色素レーザーで出力は$NO_2$波長では５ｍＪ（PRF:10Hz）$SO_2$波長では３ｍＪである。また，受信鏡の直径は４０ｃｍで，石英窓付の平面鏡で送受信光の角度を掃引する構成となっている。

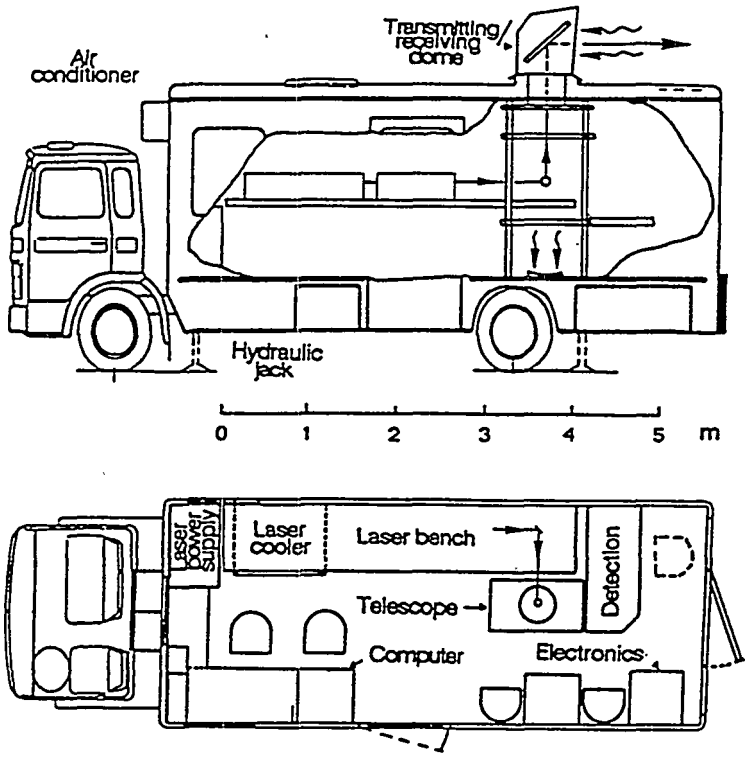



図5.1.12　車載型ＤＩＡＬの構成図

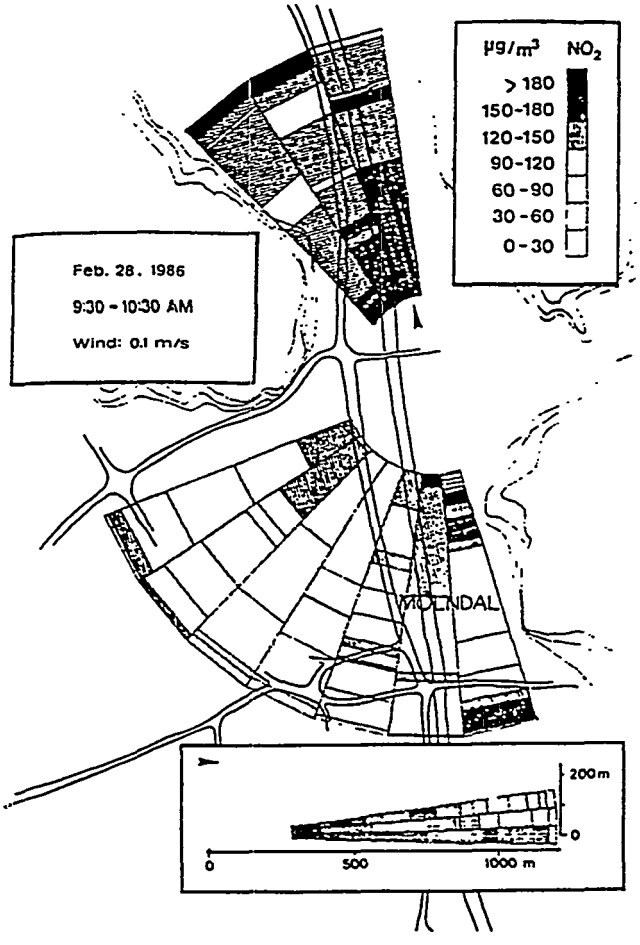



図5.1.13　$NO_2$密度のマッピング例

（上図：水平方向，下図：垂直方向）

図5.1.13に逆転層が生じている場合の$NO_2$重量密度（単位：[$\mu g/m^3$]）の水平方向（上図）と垂直方向（下図）のマッピングの例を示す。計測時間は1時間をあり，約半径1．2kmの領域内での測定が可能となっている。これらの一連の観測により逆転層の開始と生長，消滅などの過程が立体的に観測されている。

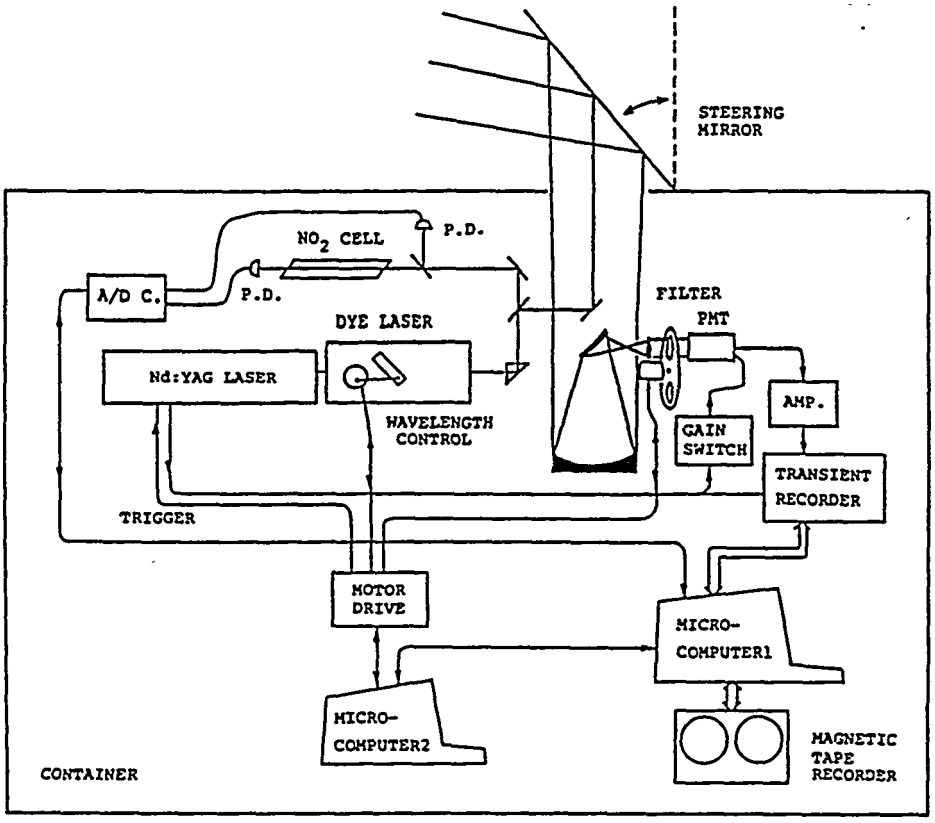



図5.1.14　$NO_2$DIALのシステム構成

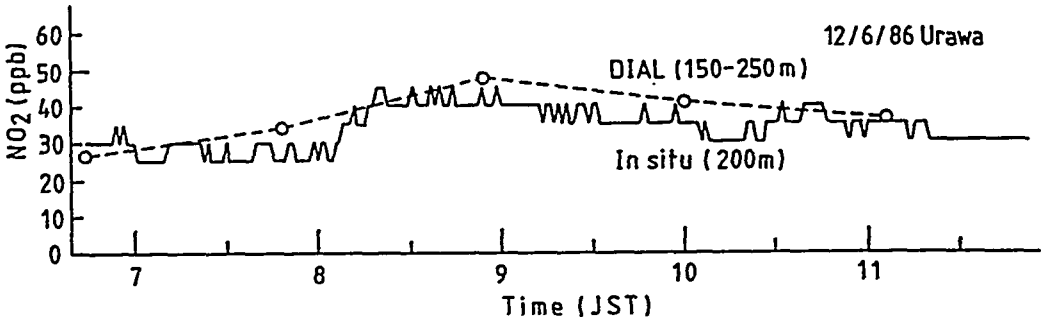



図5.1.15　$NO_2$密度のDIALと$NO_x$計のデータの比較[5)]

また国立環境研（NIES）で$NO_2$専用のDIALのブロック図を図5.1.14に示す[5)]。Nd：YAG励起の色素レーザー（出力10mJ）の2波長を交互に切り替えて用いている。図5.1.15にNIESのDIALシステムによる高度200mでの$NO_2$密度と$NO_x$計による測定を比較した結果を示す。

次に，現在までに開発された主なＮＯ₂のＤＩＡＬシステムの特性のうち，測定感度はＤＡＩＬの場合には密度Ｎと距離分解能Ｌの積として，２～１０[ppb・km]である。すなわち，検出可能密度Ｎを小さくして高感度とするとライダーの空間分解距離Ｌが大となり，距離分解能を犠牲にしなければならないことが分かる。

ＮＯ₂のＤＩＡＬに用いるレーザーとしては次のものが挙げられる。

① 放電管励起色素レーザー

② Ｎｄ：ＹＡＧ第３高調波（３５５ｎｍ）励起の色素レーザー

③ Ｎｄ：ＹＡＧ第２高調波（５３２ｎｍ）励起のＴｉ：サファイア（またはアレキサンドライト）レーザーの第２高調波

④ Ｎｄ：ＹＡＧの高調波励起によるＢＢＯ結晶を用いたＯＰＯ（光パラメトリック発振器）

①，②の色素レーザーが従来のシステムの主流であったが，色素の寿命や出力の安定性が低いことから，次第に③，④の固体化の方向が多くなっている。

（３）ＮＯのＤＩＡＬシステム

また，ＮＯ₂の生成に深く関与しているＮＯ分子のＤＩＡＬの実験も行われている。スイスのローザンヌ大学のグループは図5.1.20 に示すシステムを用いて[8]，エキシマ励起の色素レーザーのＢＢＯ結晶によるＳＨＧにより波長２２７ｎｍ付近の短紫外域光（出力５ｍＪ）を得ている。

図5.1.16 にＮＯ とＮＯ₂ の同時測定による密度分布の測定結果を示す。２２７ｎｍのＵＶ光の大気減衰が大きいため測定距離は数１００ｍに制限されている。

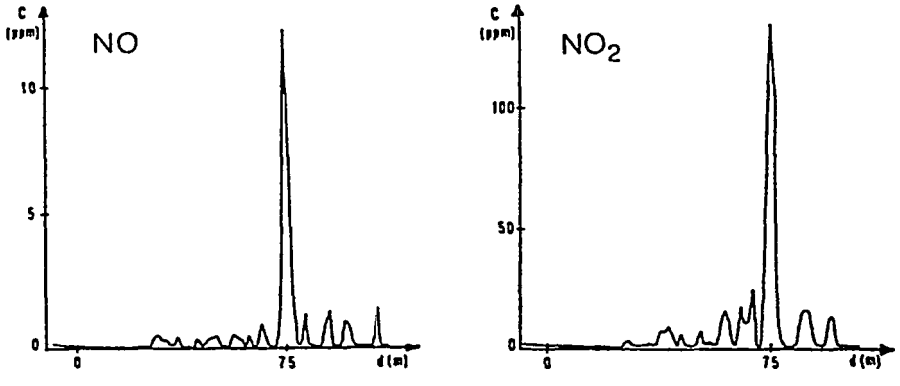



図5.1.16　ＤＡＩＬによるＮＯとＮＯ₂密度分布の測定例[8]

参考文献


１）小林；日本リモートセンシング学会誌，５，１７　（１９８５）

２）日本工業規格ＪＩＳ，レーザ製品の安全基準C6802-1991

３）H. Edner, K. Fredriksson et al.;Appl. Opt., 26, 4330 (1987)

４）K. Fredriksson and H. M. Hertz;Appl. Opt., 23, 1403 (1984)

5）杉本，松井，笹野，清水，竹内：レーザー研究；１５，３９　（１９８７）
6）J.G.Hawley:Laser Focus,March,60(1981)
7）W.Michaelis and C.Weitkamp, F.Z.Anal.Chem.,317,286 (1984)
8）H.J.Kolsch, P.Rairoux, J.P.Wolf and L.Woste;Appl.Opt., 28, 2052 (1989)

5.1.3　DIALによる$O_3$，$SO_2$の計測法

(1)計測法

$O_3$のDIAL（差分吸収法ライダー，Differential Absorption Lidar）による計測法としては，赤外域の$CO_2$レーザーを用いたのものと紫外域のレーザーを用いたものが開発されてきたが，$CO_2$レーザーの場合はエアロゾルによる散乱が大きい境界層に測定が限られるために最近はもっぱら後者の方を利用したものが多い。

図5.1.17に紫外域の$O_3$と$SO_2$の吸収断面積$\sigma$の波長依存性を示す[1]。$SO_2$は$NO_2$と同じく$\sigma$はバンド構造を示すので，吸収用のレーザー波長$\lambda_{on}$と参照用のレーザー波長$\lambda_{off}$をすぐ隣りの山と谷に選べるので大気分子やエアロゾルによる散乱$\beta$や消散$\alpha$の２波長$\lambda_{on}$，$\lambda_{off}$による違いを無視でき，２つの高度の２波長の受信信号のみから$SO_2$の濃度を測定することが可能である。

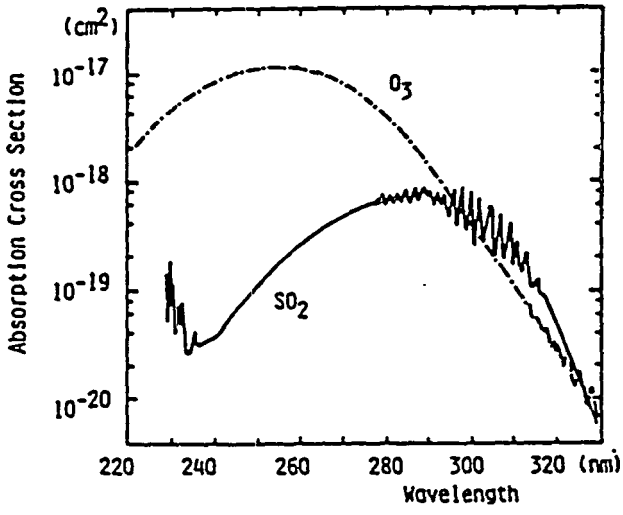



図5.1.17　紫外領域における$O_3$と$SO_2$の吸収断面積の波長依存性[1]

$O_3$の$\sigma$の方はそのようなバンド構造を示さないので２波長の差$\triangle\lambda=\lambda_{on}-\lambda_{off}$をある程度離さないと２波長による吸収の差がなくなり測定が困難である。しかし$\triangle\lambda$を離しすぎると大気分子やエアロゾルによる$\beta$や$\alpha$の項が無視できなくなる。大気分子による$\beta$や$\alpha$はモデルや気象ゾンデの測定から計算で求めることができるが，エアロゾルによる$\beta$や$\alpha$は，さまざまなタイプのエアロゾルが大気中には存在するので計算で求めるのは一般には困難である。最近では$\lambda_{off}$のレーザーの大気からの散乱と$N_2$からラマン散乱の信号から，エアロゾルの$\beta$と$\alpha$の分布を求めて補正を行う方法が考えられている。いづれにしてもエアロゾルが多くてしかも不均一な空間分布を示すような境界層を含む下層大気での$O_3$の計測には$\lambda_{on}$と$\lambda_{off}$のビーム伝播方向などを同軸にするなどの注意深い設計が必要である。

(2)オゾン・ライダー・システム

紫外域でのオゾン・ライダーとしては

(a)色素レーザーの第２高調波を利用したもの[2]

(b)KrFなどのエキシマ・レーザーとそれを励起源として，高圧のセルに封入した$H_2$や$D_2$などの誘導ラマン散乱（SRS）を利用したもの[3),4)]

(c)Nd:YAGレーザーの第４高調波（FHG）と$H_2$，$D_2$，HDなどのSRSとの組み合わせによるもの[5)]

(d)Nd:YAGレーザー励起Ti:サファイア・レーザーの第３高調波（THG）を利用したもの

(e)Nd:YAGレーザーとKTP，BBOなどの非線形結晶を用いて光パラメトリック発振（OPO）を行い，その高調波を利用したもの

等が考えられる。

XeClエキシマー・レーザーなどを用いた方法は繰り返しや出力が大きくとれるので，下層大気から成層圏上部45 km付近までオゾンを計測することができるので最近では広く用いられるようになってきている。

一方高度15 km付近から以下の下層大気の$O_3$計測には(b)と(c)の方法が用いられている。(3)のライダー・システムの例としてフランスのCNRSのシステムを図5.1.18に示す。波長266，289，299，355nmのレーザー出力はそれぞれ15，10，7，10mJである[5)]。

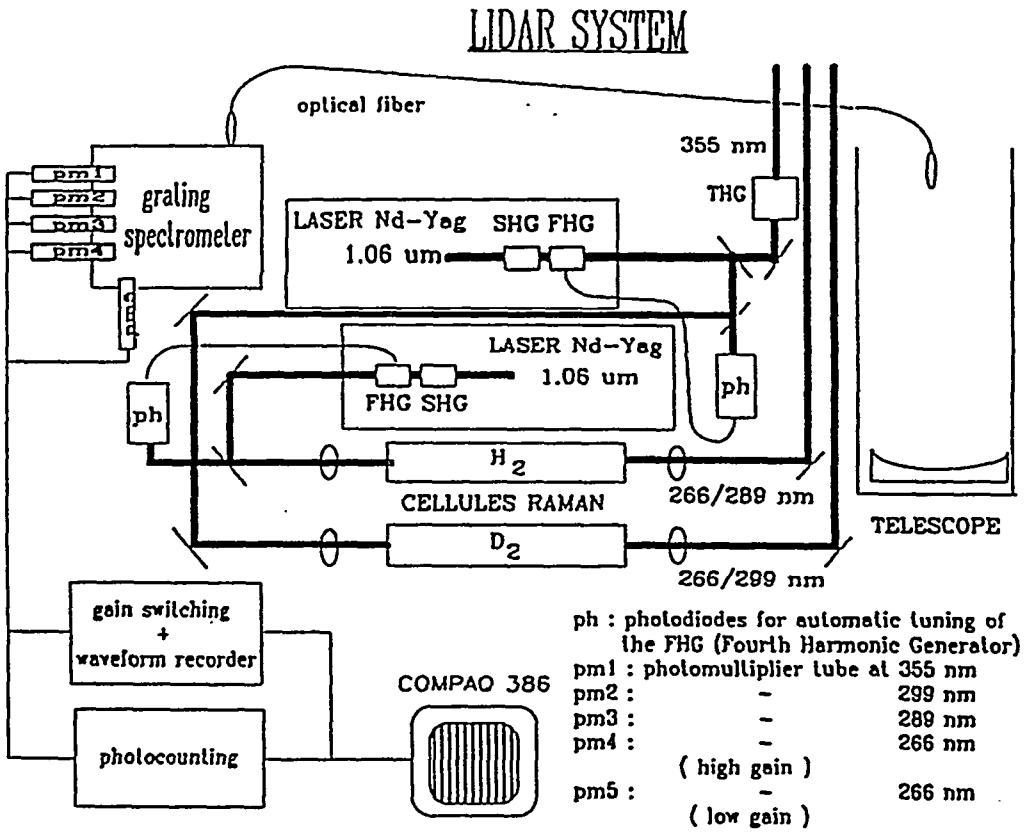



図5.1.18　Nd:YAGレーザーとSRSをベースにしたオゾン・ライダー[5)]

ヨーロッパでは対流圏オゾン・ライダー観測比較実験（Troposheric Ozone Lidar Intercomparison Experiment, TROLIX'91）が行われ，その結果が報告されている。図5.1.19にその１例を示す[6]。図のドイツのマックスプランク研究所（MPI）のDIALはKrFエキシマー・レーザーとそのSRSを利用したもの，スウェーデンのLITのものはNd:YAGレーザー励起色素レーザーの高調波を利用したDIALである。全体はよく一致していると言える。

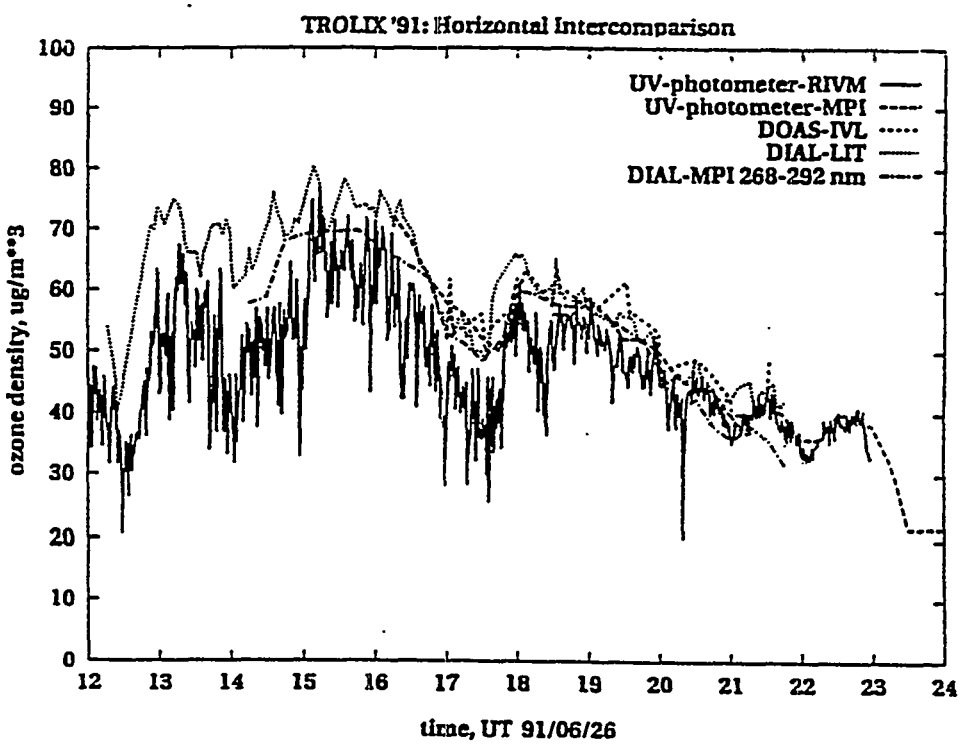



図5.1.19　対流圏オゾンのライダー観測比較[6]

(3)　$SO_2$ライダー・システム

$SO_2$の観測には$\lambda_{on}$と$\lambda_{off}$用に波長可変のレーザーを利用したDIALが必要である。その例として色素レーザーを用いたシステムと観測例を図5.1.20と図5.1.21に示す[7]。

今後はTi:サファイア・レーザーやOPOを利用したオール・ソリッドステートのDIALが開発されるもの考えられる。これらを用いると，$O_3$，$SO_2$，$NO_2$，NOなどの観測が可能となろう。

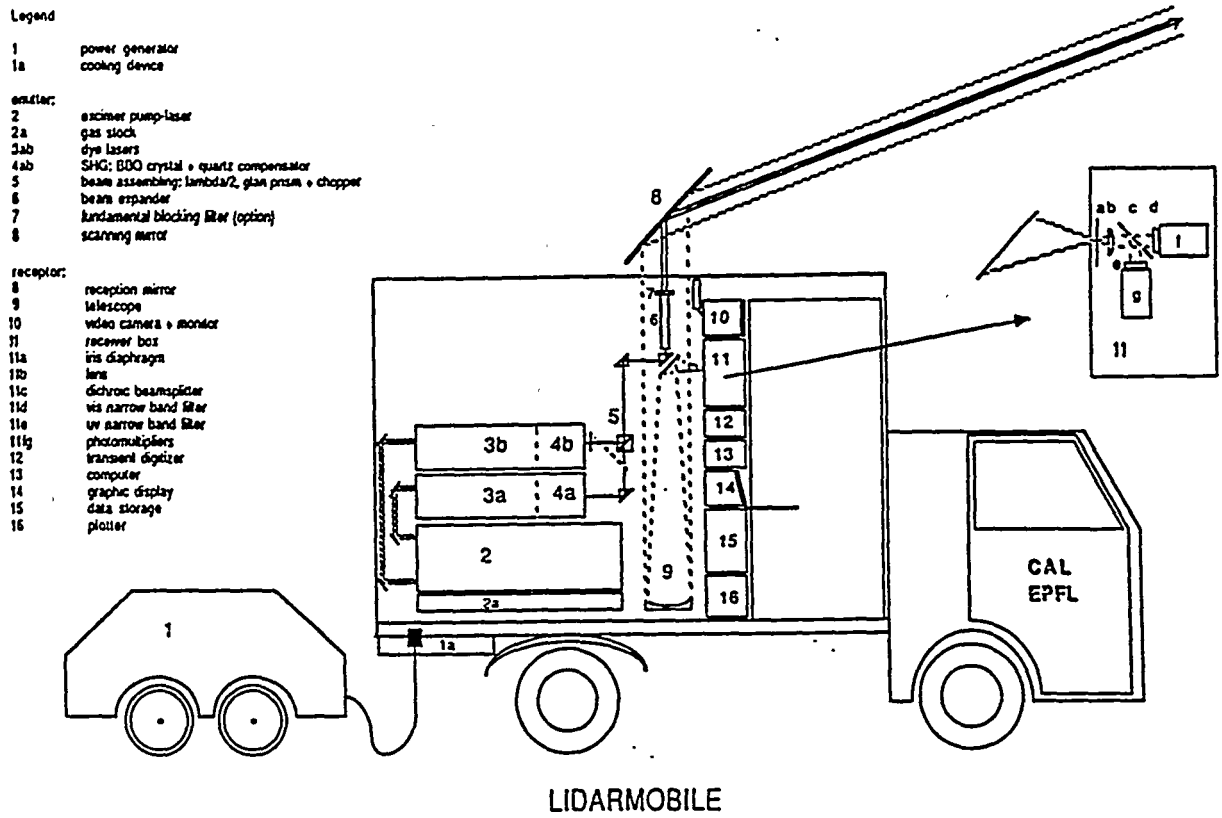



図5.1.20　$SO_2$観測用可搬型ライダー[7)]

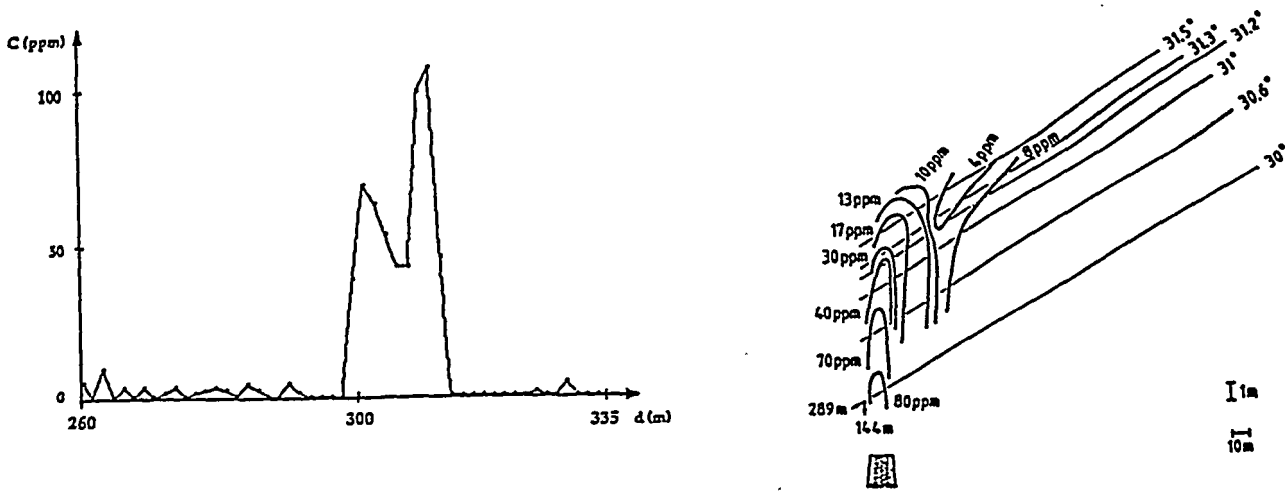



図5.1.21　$SO_2$の分布の観測例[7)]

## 参考文献


1) O. Uchino, M. Maeda and M. Hirono, Application of Excima Lasers to Laser-radar observations of the upper atmosphere, IEEE Quantum Electron., QE-15, 1094(1979).

2) E. V. Browell, Differential Absorption Lidar Sensing of Ozone, Proc. IEEE, 77, 419(1989).

3) O. Uchino, M. Tokunaga, M. Maeda and Y. Miyazoe, Differential-absorption-lidar measurement of tropospheric ozone with excimer-Raman hybrid laser, Opt. Lett., 8, 347(1983).

4) 杉本，笹野，中根，林田，松井，湊；成層圏および対流圏オゾン鉛直分布の測定を目的とする多波長オゾンレーザーレーダーの製作，応用物理，58，1385(1989)。

5) G. Ancellet, A. Papayasis, J. Pelon and G. Megie, DIAL tropospheric ozone measurement using a Nd:YAG laser and the Raman shifting technique, J. Atmos. Ocean Tech., 6, 832(1989).

6) Bosenberg et al., Tropospheric ozone lidar intercomparison experiment, TROLIX'91, Field Report, pp.1-239(1993).

7) M. Beniston, J. P. Wolf, M. Beniston-Rebetez, H. J. K⊠lsch, P. Rairoux and L. W⊠ste, Use of lidar measurements and numerical models in air pollution research, J. Geophys. Res., 95, 9879 (1990).

## 5．2　システム案

レーザー・レーダー・システムはジャカルタの大気環境計測に使用されるので，現地での共同研究を前提としたものでなければならない。現地でレーザー・レーダーを運用しようとする場合は下記の点に留意する必要がある。

・現地の気候に適するものであること

ジャカルタの気温は一年を通じ，日平均で２６°Ｃ以上で，湿度は常に７５％以上はあり，高温・多湿の土地である。また雨量も年に２，０００ｍｍ程度はあって，それに対する配慮も必要である。光学機器や情報機器の使用に当っては，高温・多湿は大敵であり，外囲条件から，何等かの方法で保護する事が必須の条件である。従って，建築物の中に収納するよりも，耐環境性のシェルター内に収納する方法が望ましい。また，シェルター内は空調機により，レーザー・レーダーに都合の良い温度・湿度の空間を作り出すべきである。レーザー・レーダーの操作・調整・保守のためには，人間がシェルター内に立入る必要があるため，人間にとっても快適な空間である事が必要である。

・現地での運用が容易に行えるものであること

共同研究を円滑に行うためには，レーザー・レーダーが操作しやすく，また保守・点検・修理が容易である事が必要である。このためには，まず，レーザーに近年の進歩が著しい固体レーザーを使用する事が望ましい。他のレーザーでは，高電圧が必要であったり，毒物を扱う必要があったりするが，固体レーザーは，それらのレーザーに比べると取扱は容易である。

また，光学機器は塵埃により性能の低下が極めて起こり易いものであるから，上記のシェルター内はクリーンルーム化しておく事が望ましい。これは，レーザー・レーダーを構成するレーザー以外の種々の機器の信頼性の向上にも役立つ。

次に，現地のインフラストラクチャーに合わせたものでなければならない。電力については，停電はあまり頻繁にジャカルタ市内で起っているわけではないが，停電後にレーザー・レーダーが自動的に復帰して，動作を継続できる事が望ましい。また，電圧や周波数の変動や，瞬断に対する対策も必要である。通信については，電話は普及しているが，まだ一般家庭にまで入っている状況にはない。今後も使用できる通信回線について，良く調査する必要があるが，当面は専用電話回線が使用できる事を前提にする。

・安全性に留意したものであること。

共同研究に従事する研究者は，レーザー・レーダーの専門家ばかりとは限らないので，レーザー光，高電圧などレーザー・レーダーに内在する危険性に対して，安全に運用できるようにする必要がある。とくにレーザー光の目に対する安全性については，レーザー光の外部放出時の対策が必要である。

以上の検討により，下記の事項を条件にしてシステム案を検討する。

1）　固体レーザーの使用

2）　シェルターへの収納　－空調付でクリーンルーム化をはかる。

3）　通信線として電話回線を使用

4）　電力事情への配慮

5）　レーザーのアイセーフ性への配慮

### 5．2．1　レーザー・レーダー

レーザー・レーダーとしては，方式から見ると各種なものが有るが，本共同研究では，都市部の大気汚染をレーザー・レーダーで観測できるようにするのが目的であり，実用レベルに近いところにある。下記の２種類のレーザー・レーダーが開発対象とされている。

1）ミー散乱レーザー・レーダー；エアロゾル分布の測定を行い，大気境界層の構造を計測する。

2）差分吸収レーザー・レーダー；$NO_2$，$SO_2$などの測定を行う。

#### （1）　ミー散乱レーザー・レーダー

ミー散乱レーザー・レーダーを大気汚染観測に実用的に用いる場合，下記の２方式が考えられる。使用するレーザーとしてはＮｄ：ＹＡＧレーザーが，現在のところでは最適である。

1）スキャナー方式

2）直上計測方式

##### （a）　スキャナー方式ミー散乱レーザー・レーダー

レーザー光を発射・受信する窓口に，３次元的に空間を走査する事のできるスキャナーを設けて，エアロゾル等の３次元的な分布を計測し，大気境界層の構造を１台で広範囲に対して測定するものである。中出力のレーザーを用いても，計測の有効距離はかなり大きく，１０㎞程度に取れるので，１台で広域をカバーする事が可能なため有用なレーザー・レーダーである。また３次元的なエアロゾルの分布が取れるので，各高度における水平分布や，逆に，任意の垂直面での分布も計測表示が可能であり，研究用に適した方式である。

ただし，３次元空間を順次走査してデータを得るため，測定を短時間で行う事はできず，リアルタイム性にやや欠ける所がある。また，走査系を必要とするため，シェルターはスキャナーとその駆動装置を収納する事が必要となり，大型となる。また，レーザー・ビームが周辺のあらゆる所を目掛けて発射されるので，外部の人間の目に入らないように対策を立てる必要があり，あらかじめ建物や地上を目掛けて発射されぬようにレーザー・レーダーの制御装置を設定する外に，目に安全な波長とエネルギーのレーザー光を計測用のレーザー光の発射の直前に放出して，航空機などが光路上に存在しない事を確認するといった手段が必要である。

##### （b）　直上計測方式ミー散乱レーザー・レーダー

レーザー光を垂直にのみ発射する方式のもので，エアロゾルの垂直分布を計測する。この方式のレーザー・レーダーは，機器を簡易なものにして小型・軽量化を行い，測定対象の大都市域内に複数台設置する事により，それらの間でネットワークを組んで，広域の大気境界層の計測をリアルタイムで連続的に行いうる所に特長がある。

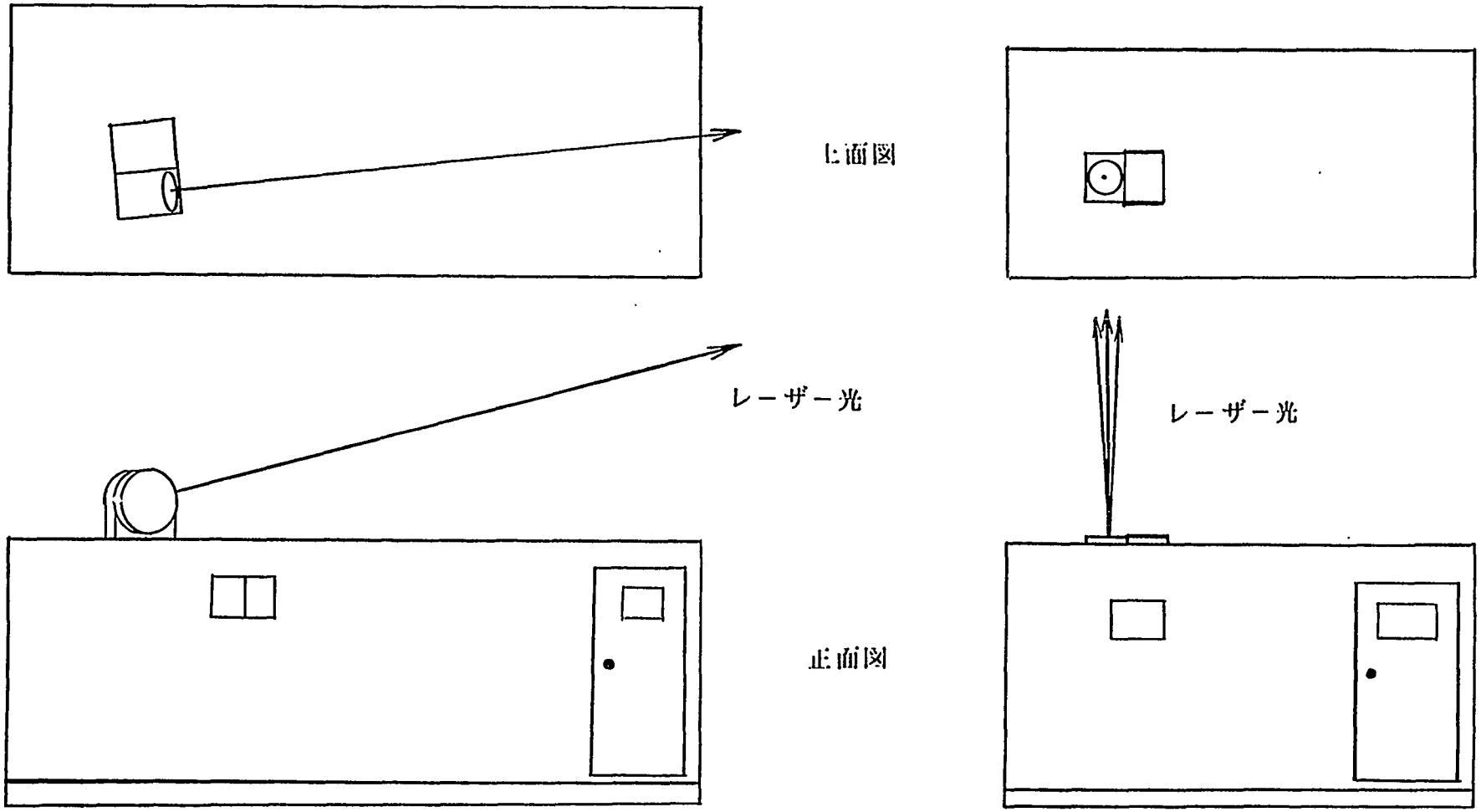
また，レーザー光と受光視野との合致させた線を垂直軸を中心として微少な角度を付けて回転させながら計測を行うことにより，エアロゾルの垂直軸周辺での分布を測定して，時間をずらせて相関処理を行う

事により，上空の風向・風速の鉛直分布を測定できる可能性があり，大気境界層のデータと風向・風速のデータを組み合わせると大気汚染の予知に重要な情報を提供できると考えられる。

以上，２方式のミー散乱レーザー・レーダーの外観の一例を図５．２．１に示す。同図の中のａ）はスキャナー方式であり，ｂ）は直上計測方式である。また，ミー散乱レーザー・レーダーの構成の一例を示すブロックダイアグラムを図５．２．２に，２方式の特性を表５．２．１に示す。

表５．２．１　ミー散乱レーザー・レーダーの諸元例

| 項　　目 | スキャナー方式 | 直上計測方式 |
|---|---|---|
| レーザー波長 | ５３２ｎｍ | 同　左 |
| レーザー出力 | ４０～２００ｍＪ／パルス程度 | １０～５０ｍＪ／パルス程度 |
| レーザーパルス繰り返し | １０～２０Ｈｚ | 同　左 |
| レーザーパルス幅 | １～２０ｎｓ | 同　左 |
| 受信口径 | ２００ｍｍ以上 | 同　左 |
| 光検出器 | ホトマルチプライアー | 同　左 |
| スキャナー | 有　り | 無　し |
| 光ローテーター | 無　し | 風向・風速計測用には必要 |
| 備　考 | ・スキャナーにより，上空の全方向の計測を行う。<br>・シェルターに収容する。 | ・シェルターに収容する。<br>・風向・風速計測を目的としたものには光ローテーターを設け，出射レーザー光の方向を鉛直軸から微少角傾けて回転しながら計測する。 |




a）　スキャナー方式

b）直上計測方式

図5．2．1　ミー散乱レーザー・レーダー外観図（例）

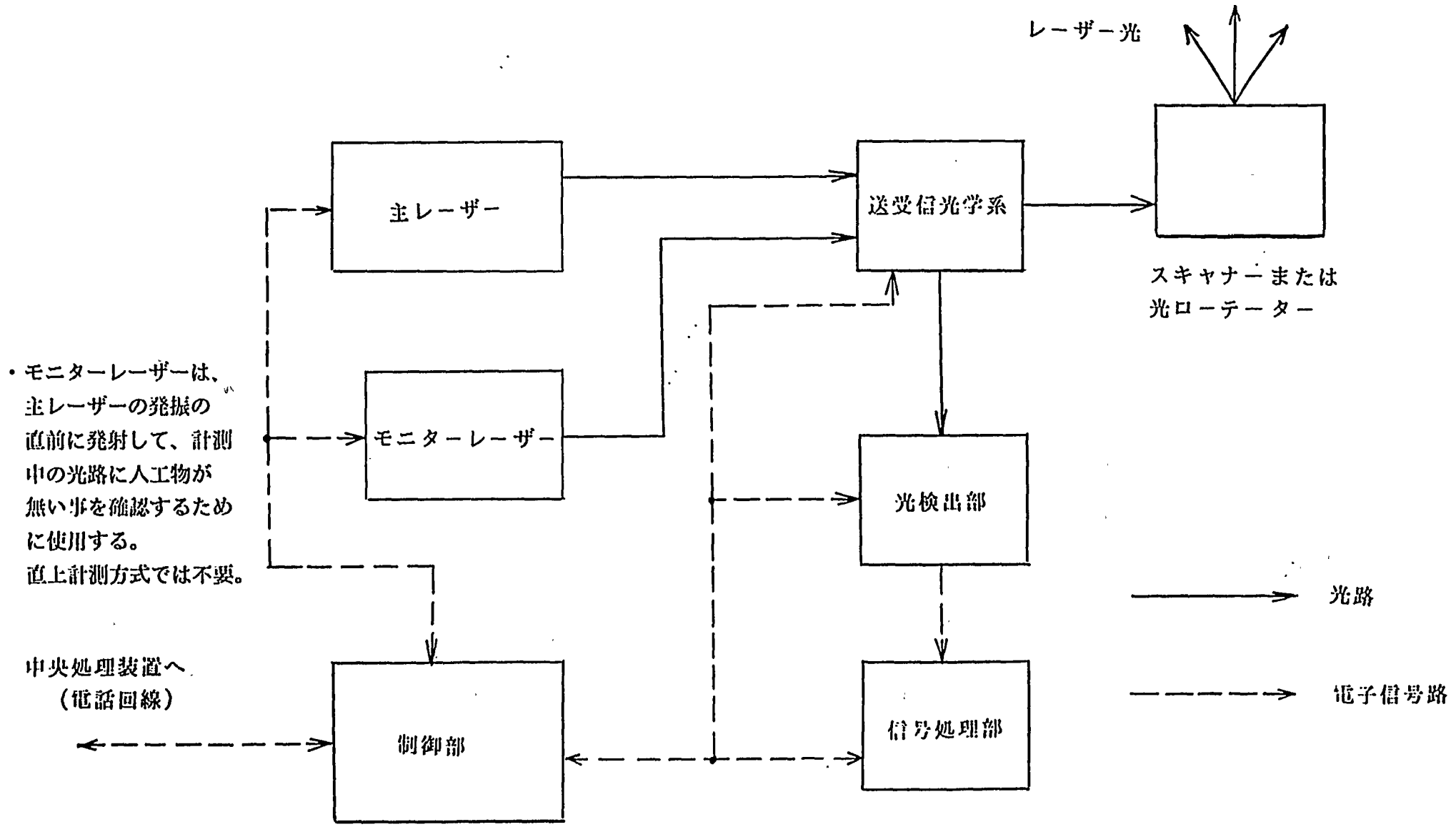



図５．２．２　ミー散乱レーザー・レーダーのブロックダイアグラム例

（２）　差分吸収レーザー・レーダー

差分吸収レーザー・レーダーは，基本的な動作原理は，ミー散乱レーザー・レーダーと同一であるが，使用するレーザーの波長に特徴が有り，計測を行う汚染気体の吸収波長に一致したレーザー光と，その近くの波長のレーザー光とを時間を近接させて発射する所が異なっている。近年まで，この分野においては，種々の波長をパルス・レーザー光としてかなりのエネルギーで出せる，ダイ・レーザーが使用されていたが，波長可変パルス・レーザーの分野において，最近において進展があり，Ｔｉ：サファイア・レーザー，光パラメトリック発振器，アレキサンドライト・レーザー等の固体レーザーで，しかもレーザー光の質の高いものが商用機として市場に出て来ていて，従来よりは差分吸収レーザー・レーダーを信頼性高く製作できる環境になっている。

差分吸収レーザー・レーダーの計測目標大気汚染物質としては，現地の状況や，レーザー発振波長から見て，第１目標として$NO_2$と$SO_2$とを考え，またこれらの計測値，とくに$NO_2$の計測値を補足する物質として有用な$O_3$を第２目標と考える。

差分吸収レーザー・レーダーの計測に有効な距離は，汚染物濃度や視程などの計測条件が比較的良い場合でも２～３㎞程度であるから，スキャナーを用いて，レーザー・レーダーの周辺全体を計測できるようにするべきである。スキャナーを用いて，周辺全体にレーザー光を放出するため，建物や航空機等の人工物にレーザー光を照射して，中に居る人間の眼球に損傷を与えないようにしなければならず，モニター・レーザーを用いて，計測用の主レーザー光の発射の直前に，人間の眼球に安全な波長およびエネルギ・レベルのレーザー光を発射して，人工物の有無を確認するといった方法をなどをレーザー・レーダーに組み込む必要がある。

差分吸収レーザー・レーダーに使用する主レーザーの波長としては，検出目標となる気体により，下記のような値を必要とする。

・$NO_2$　：４４０～４５０nm
・$SO_2$　：２９８～３０５nm
・$O_3$　　：２８０～３５０nm

$NO_2$と$SO_2$の測定においては，レーザー光のスペクトルとしては線幅が０．０２nm程度で，しかも波長の設定精度や安全度も同程度のものが必要であるが，$O_3$の測定においては１nm程の線幅および設定精度・安全度のレーザーで良い。

本プロジェクトの実行に当たっては，差分吸収レーザー・レーダーの主レーザー及びモニター・レーザーのレーザー系の開発が再重要課題であり，先ず，この点から始めるべきである。

差分吸収レーザー・レーダーも基本的には，ミー散乱レーザー・レーダーであるから，前項（１）で示したミー散乱レーザー・レーダーのスキャナー方式のものと同等の作動が可能である。
従って，差分吸収レーザー・レーダーとしての機能の他にミー散乱レーザー・レーダーとして機能をも兼ねるようにするべきである。

差分吸収レーザー・レーダーの計測に有効な距離が割合に小であるため，これをトレーラーに載せたり，またバスに組み込んだりして，計測を移動して行うという方法も考えられるが，現在のところでは，この方式のレーザー・レーダー自体が開発中のものであるため，とりあえず，シェルターに収容した地上設置型の実現を目標としたい。

差分吸収レーザー・レーダーの外観の一例を図５．２．３に，ブロックダイアグラム例を図５．２．４に

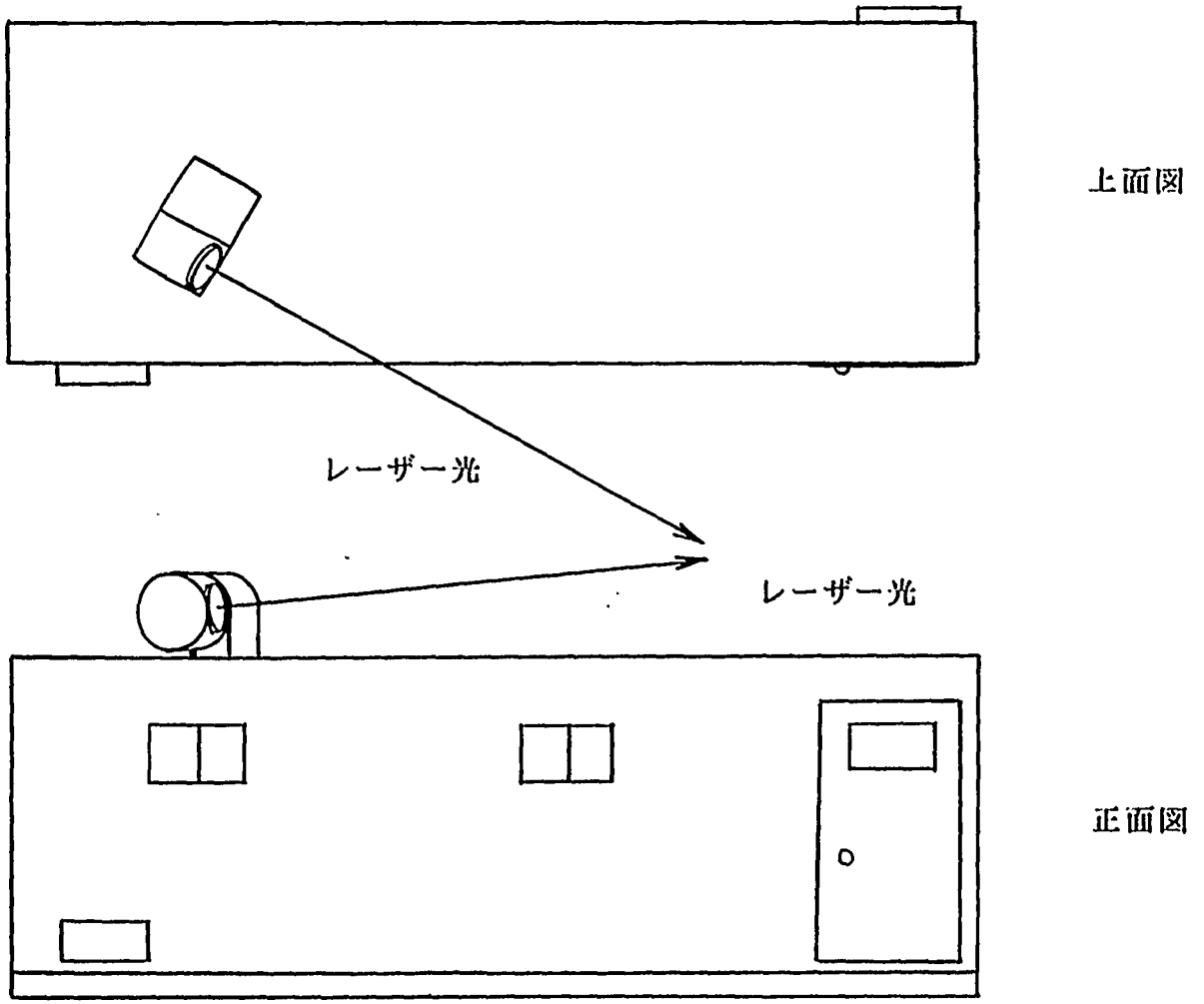



図５．２．３　差分吸収レーザー・レーダー外観図（例）

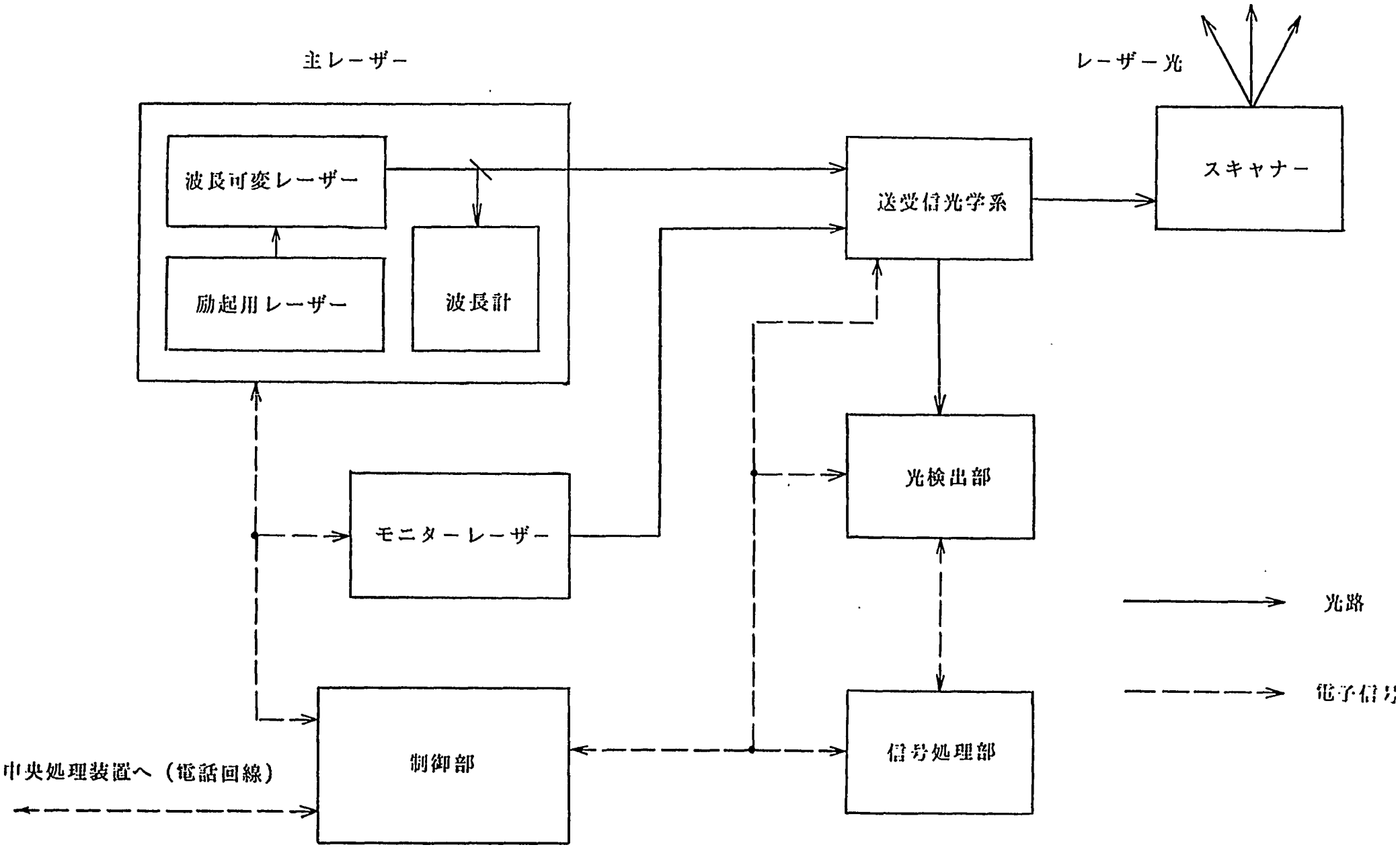



図5．2．4　差分吸収レーザー・レーダーのブロックダイアグラム

表５．２．２　差分吸収レーザー・レーダーの諸元例

| 項　　目 | 仕　様　値（案） |
|---|---|
| レーザー波長 | 1)　３００ｎｍ　近傍　　；$SO_2$用<br>2)　４５０ｎｍ　近傍　　；$NO_2$用<br>3)　２８０ｎｍ，３５０ｎｍ；（$O_2$用）<br>4)　５３２ｎｍ；ミー散乱計測用 |
| レーザー発振線幅 | 上記1)，2)項の波長では，０．０２ｎｍ程度 |
| レーザー出力 | ３～２０ｍＪ／パルス程度 |
| レーザーパルスくり返し | ＯＮ波長とＯＦＦ波長のパルスを合わせて１０～２０Ｈｚ程度 |
| レーザーパルス幅 | １～２０ｎｓ以上 |
| 受信口径 | ２００ｍｍ以上 |
| 光検出器 | ホトマルチプライアー |
| スキャナー | 有り |
| 備　考 | ・シェルターに収容する。<br>・$O_3$の計測の必要性については更に調査する必要がある。 |

，その諸元の例を表５．２．２に示す。

### ５．２．２　ネットワーク

本プロジェクトのレーザー・レーダー・システムにおいては，ジャカルタ市内の複数の場所にレーザー・レーダーを配置して計測を行う計画であり，都市全体の環境状況を把握するために，一個所にデータを集めることが必要となる。これを伝送線と，中央処理装置とを用いて行う。伝送線としてはできるだけ高速のディジタル回線が望ましいが，最低でも電話回線の専用線であることが必要である。また，中央処理装置は収集したデーターを，並行に実施されているプロジェクトである「アジア環境情報ネットワーク」のレーザー・レーダー・システム用端局であるワークステーションに送り込み，処理をすることが考えられる。

伝送線の使用法を，専用電話回線を用いた場合について，図５．２．５に示す。この例ではレーザー・レーダーが２台の場合を示した。

### ５．２．３　システム例

レーザー・レーダーとネットワークにより，レーザー・レーダー・システムを組んだ案を二例示す。ただし，レーザー・レーダーは各々が単独でも動作できることが望ましい。

・第１案

・レーザー・レーダーとして，スキャナー方式ミー散乱レーザー１台と差分吸収レーザー・レーダー１台とを組み込んだ場合である。差分吸収レーザー・レーダーは都市の中で，$NO_2$や$SO_2$の汚染が問題となっている地域の近くに設置する事が望ましい。２台のレーザー・レーダーの間隔は１０㎞以上有って，都市域のできるだけ広い範囲をカバーできる方がよい。図５．２．６にブロックダイアグラムを示す。

・第２案

・レーザー・レーダーとして，直上計測方式のミー散乱レーザー・レーダー２台と，差分吸収レーザー・レーダー１台とを組み込んだ場合であり，直上計測方式のミー散乱レーザー・レーダーの中の１台には，風向・風速計測機能を付けるものを考えた。３台は都市域全体をカバーできるように，５～１０㎞程度は離して配置する事が望ましい。

風向・風速計測用のミー散乱レーザー・レーダーは高速処理を必要とするデータが大量に発生するので中央処理装置の近傍に設置する必要がある。また，差分吸収レーザー・レーダーは，他の２台の直上計測方式のミー散乱レーザー・レーダーが動作する時には，３台目の直上計測方式ミー散乱レーザー・レーダーとして動作する必要がある。図５．２．７にブロックダイアグラムを示す。

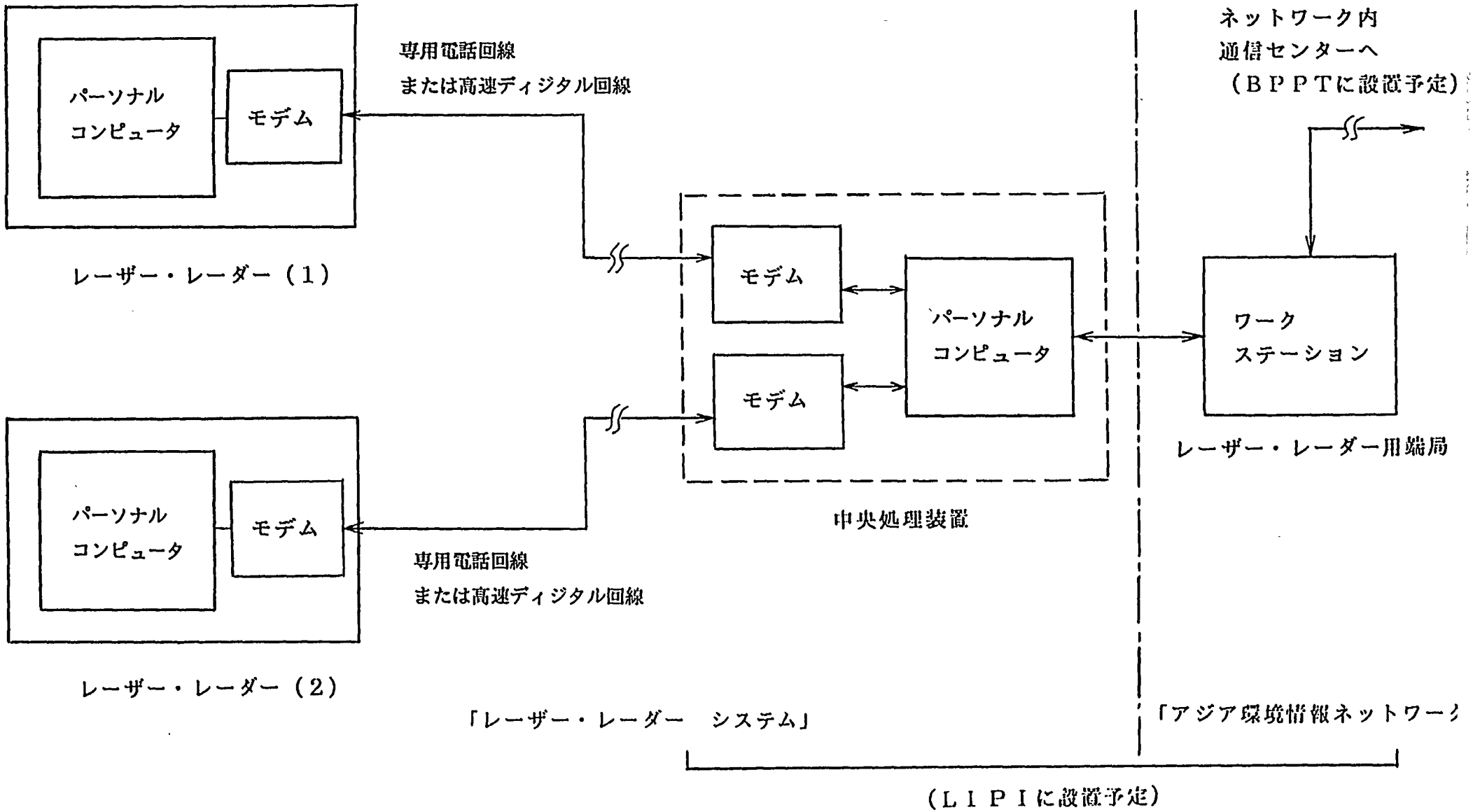



図５．２．５　レーザー・レーダー　システム用ネットワークの例

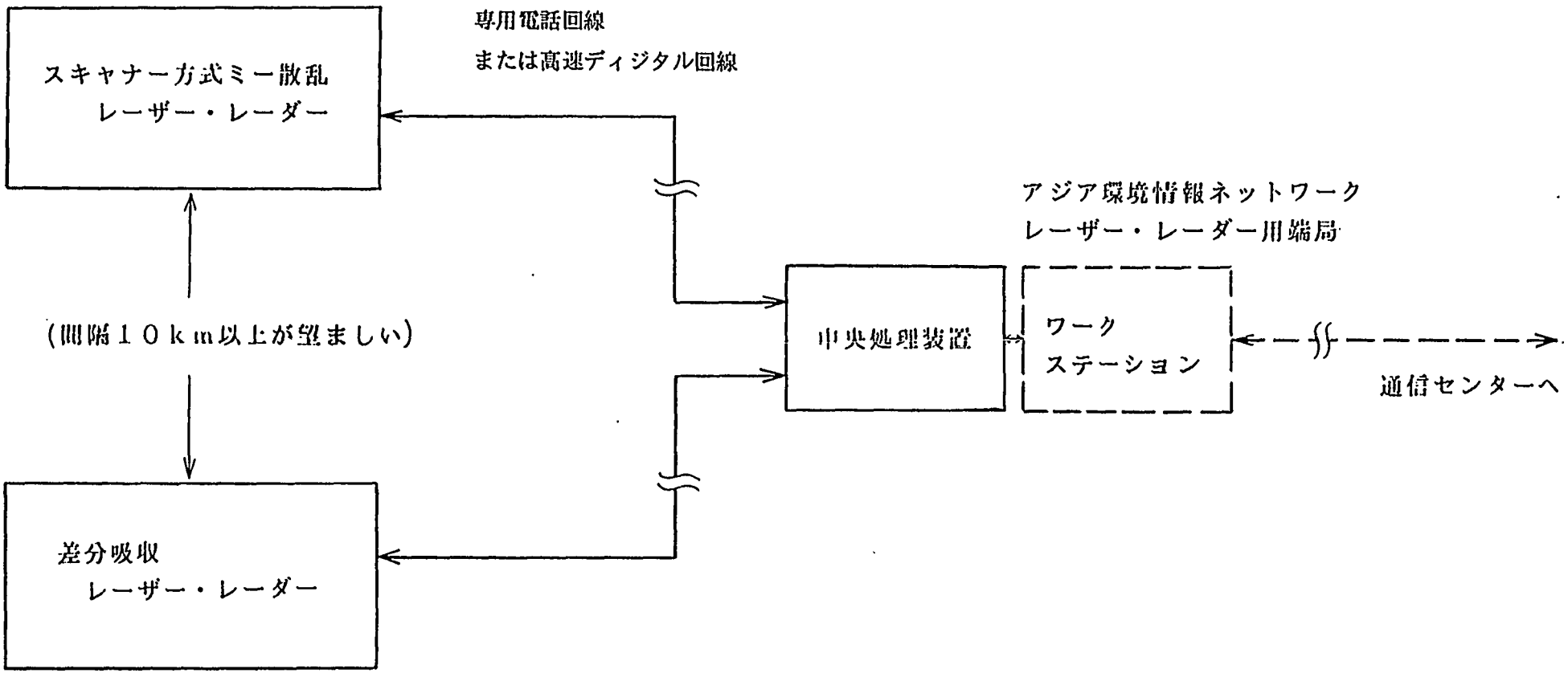



図５．２．６　レーザー・レーダー　システム　第１案

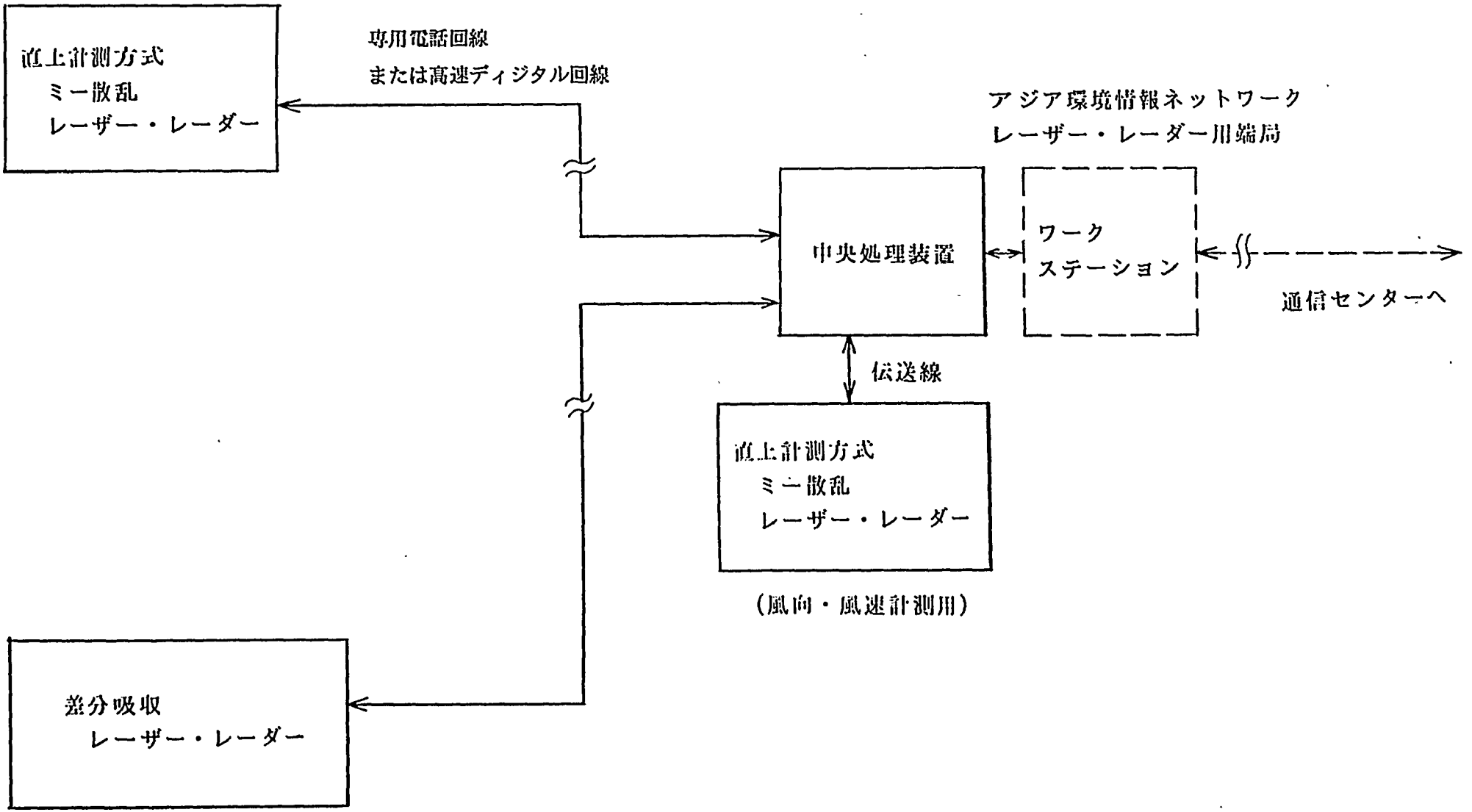



図5．2．7　レーザー・レーダー　システム　第2案

## 6．次年度以降の計画

「環境計測用レーザー・レーダーの開発に関する研究協力」プロジェクトの事業スケジュールを表6．1．1に示す。初年度である平成5年度においては，相手国研究機関と折衝を行い研究協力に関する協議を行うとともに，インドネシアの環境状態及びレーザレーダの設置場所の候補地の現地調査を実施した。

平成6年度及び平成7年度は，現地調査，インドネシアからの研究者受入れ等を行い，インドネシア国研究者と本プロジェクトに関する具体的な協議を行うとともに，環境計測用レーザー・レーダーの開発及び環境ネットワークの開発を行うこととする。

最終年度の平成8年度は，現地に開発したシステムを設置し，システムの評価試験を行うこととする。

表６．１．１　「環境計測用レーザー・レーダーの研究開発に関する研究協力」事業スケジュール
全体計画（平成５年度～平成８年度）

| | 平成５年度 | 平成６年度 | 平成７年度 | 平成８年度 |
|---|---|---|---|---|
| １．国内研究（含研究者受入） | | → | → | → |
| ２．現地調査 | → | → | → | → |
| ３．機器・システムの開発 | | | | 輸送・据付・調整 |
| (1)ﾚｰｻﾞｰ･ﾚｰﾀﾞｰ開発・改良 | | | | |
| a)差分吸収ﾚｰｻﾞｰ･ﾚｰﾀﾞｰ開発・改良 | | → | → | → |
| b)ミー散乱ﾚｰｻﾞｰ･ﾚｰﾀﾞｰ開発・改良 | | | → | → |
| | | | | 輸送・据付・調整 |
| (2)ネットワーク開発・改良 | | → | → | → |
| (3)機器・システム評価 | | | | → |
| ４．メンテナンス指導 | | | | → |
| ５．報告書作成 | → | → | → | → |
| 事業費（百万円） | １７ | ２９４ | ３００（予定） | ２００（予定） |

## 7．おわりに

「ＯＤＡレーザ・レーダ開発委員会」の本年度における活動は，委員会を２回開催し，現地調査を２回実施することができた。委員会審議は，現地調査の報告と，委員会任務について踏み込んだ討議を行った。結果的には，装置・システムについて，時間的に可能な限り適切な指針を与えるということで合意があった。

現地調査では，現地（ジャカルタ市）の地勢と気候，環境・大気状況及び設置候補地の調査を行った。日本と比較してインドネシア国はその気象・環境状況が大幅に異なることが指摘され，汚染データの事前取得等が提案されている。

以上，本年度の活動を要約すれば，システムに対する提案・審議がなされ，設置場所について候補地を上げることができた。

このプロジェクトは，従来とは異なり「ハード面からソフト面の重点化」といったことが重要なテーマになると考える。すなわち，インドネシア国側としても真の研究協力及び技術移転等を望んでおり，このプロジェクトが単なる経済的貢献にとどまることなく「知的・学術的な国際貢献」となることを期待するものである。さらに，プロジェクト終了後における観測データの有効利用及び人的交流等についても，次年度以降着実な審議を積み重ねる必要がある。

１９９４（平成６）年　３月

ＯＤＡレーザ・レーダ開発委員会
委員長　小林喬郎

本報告書の内容を公表する際はあらかじめ
新エネルギー・産業技術総合開発機構
産業技術研究開発部の許可を受けて下さい。

電話　03－3987－9357