

セッション2 – 大気モデル研究の現状と課題

Session 2 –

Present state of Air Quality Modeling research and the issues

1. 大気質シミュレーションモデルの役割と重要性

1. Role and Importance of Air Quality Simulation Model

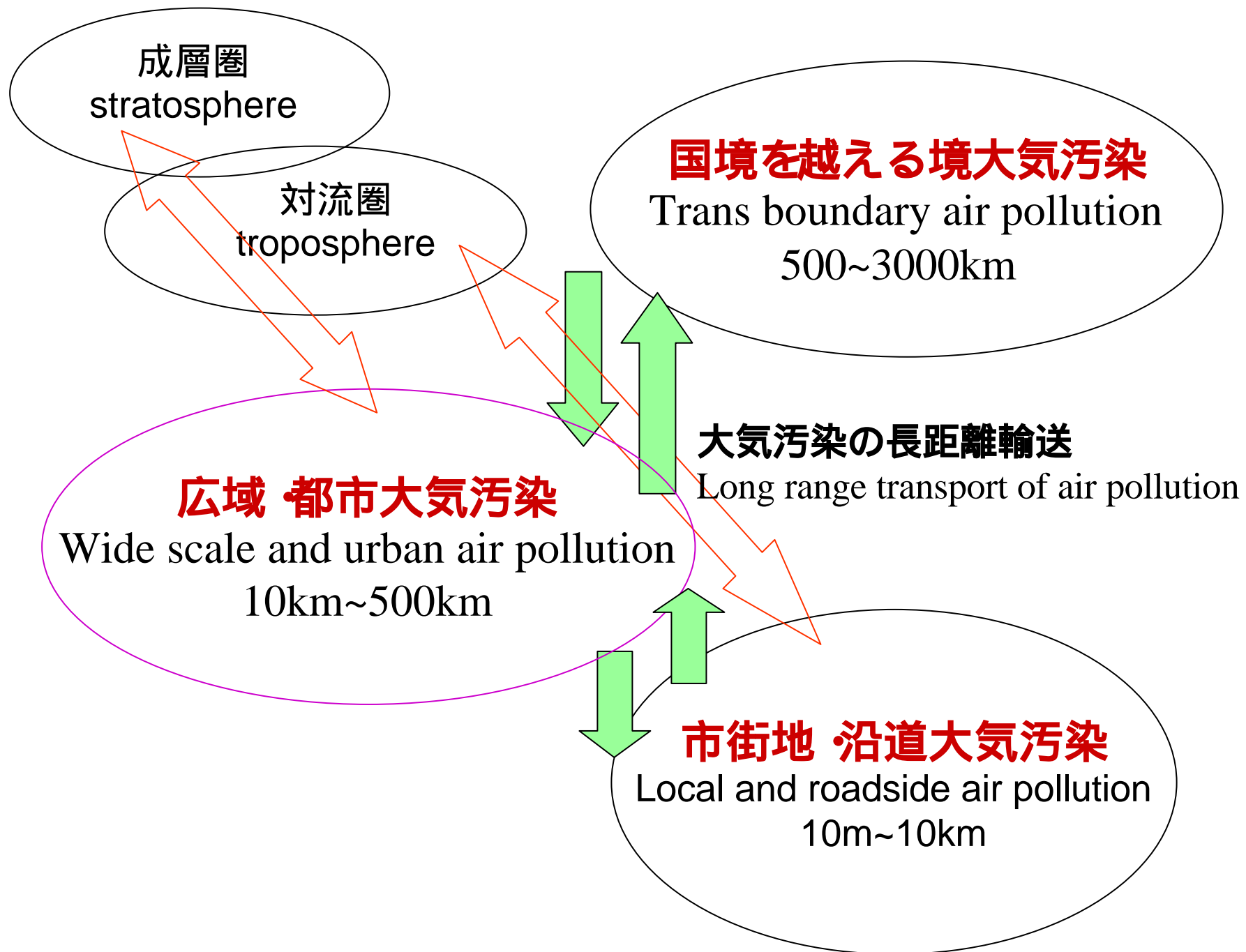
若松 伸司

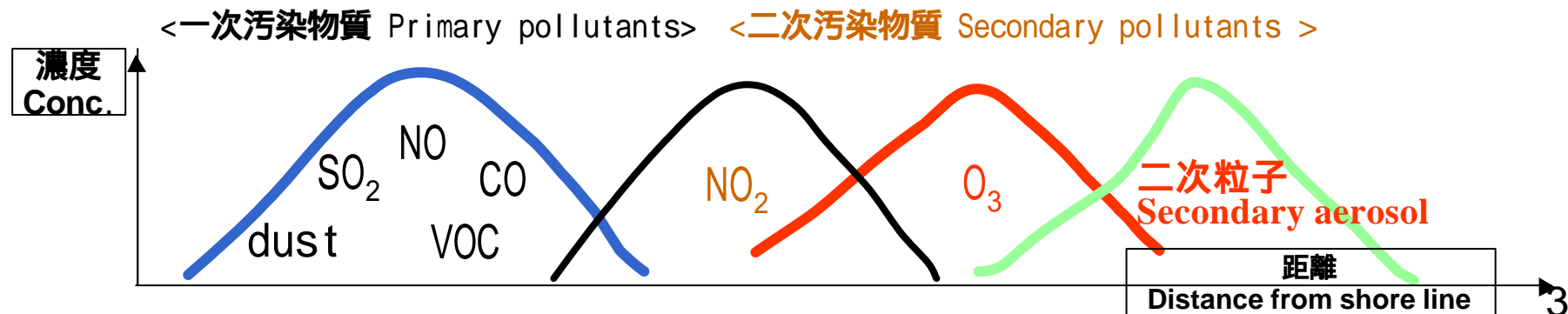
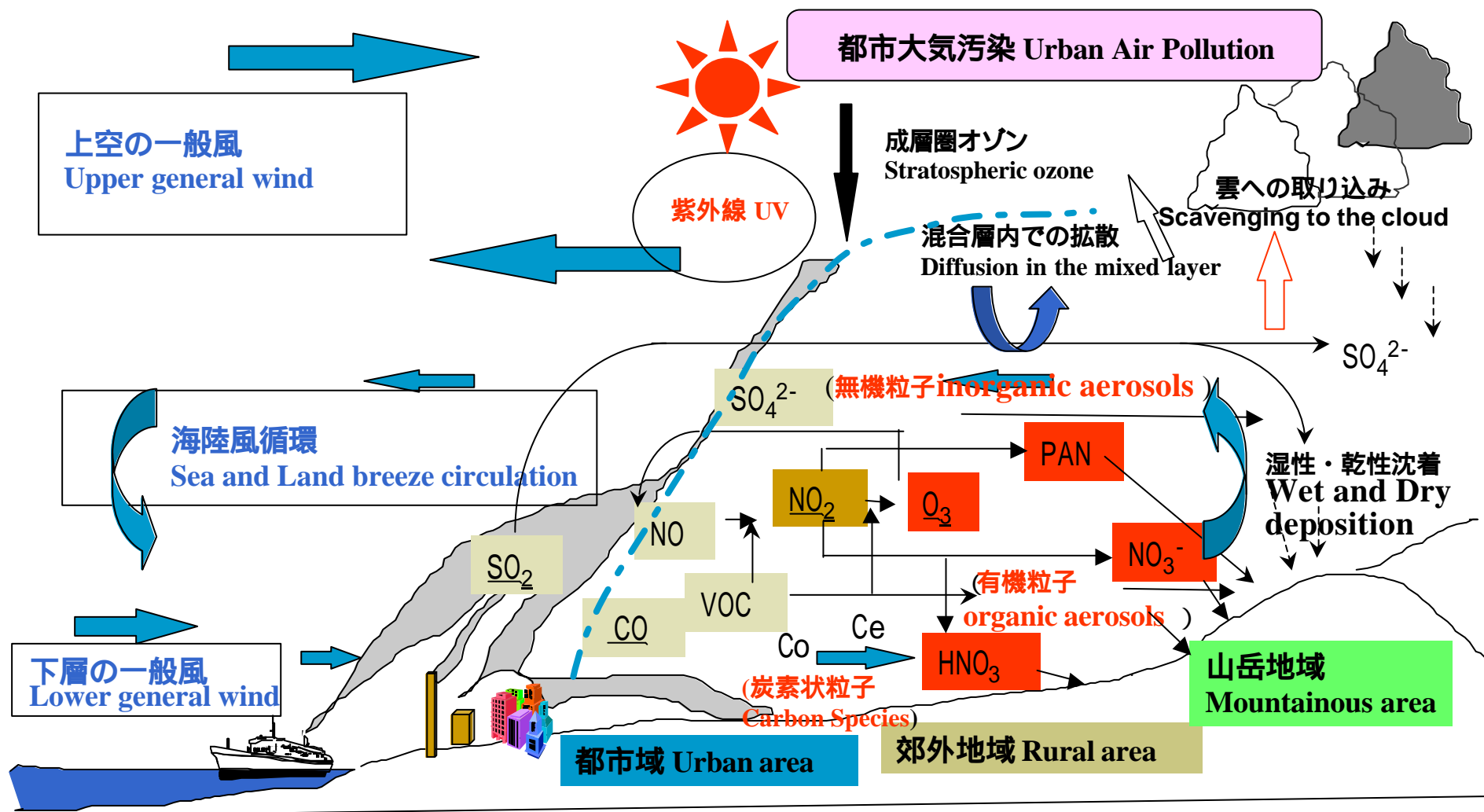
Shinji Wakamatsu

国立環境研究所PM2.5・DEP研究プロジェクトリーダー

Leader of PM 2.5 DEP Research Project

National Institute for Environmental Studies





大都市からやって来た大気汚染による影響の可能性もある

Air pollution from large city may cause the forest to die.



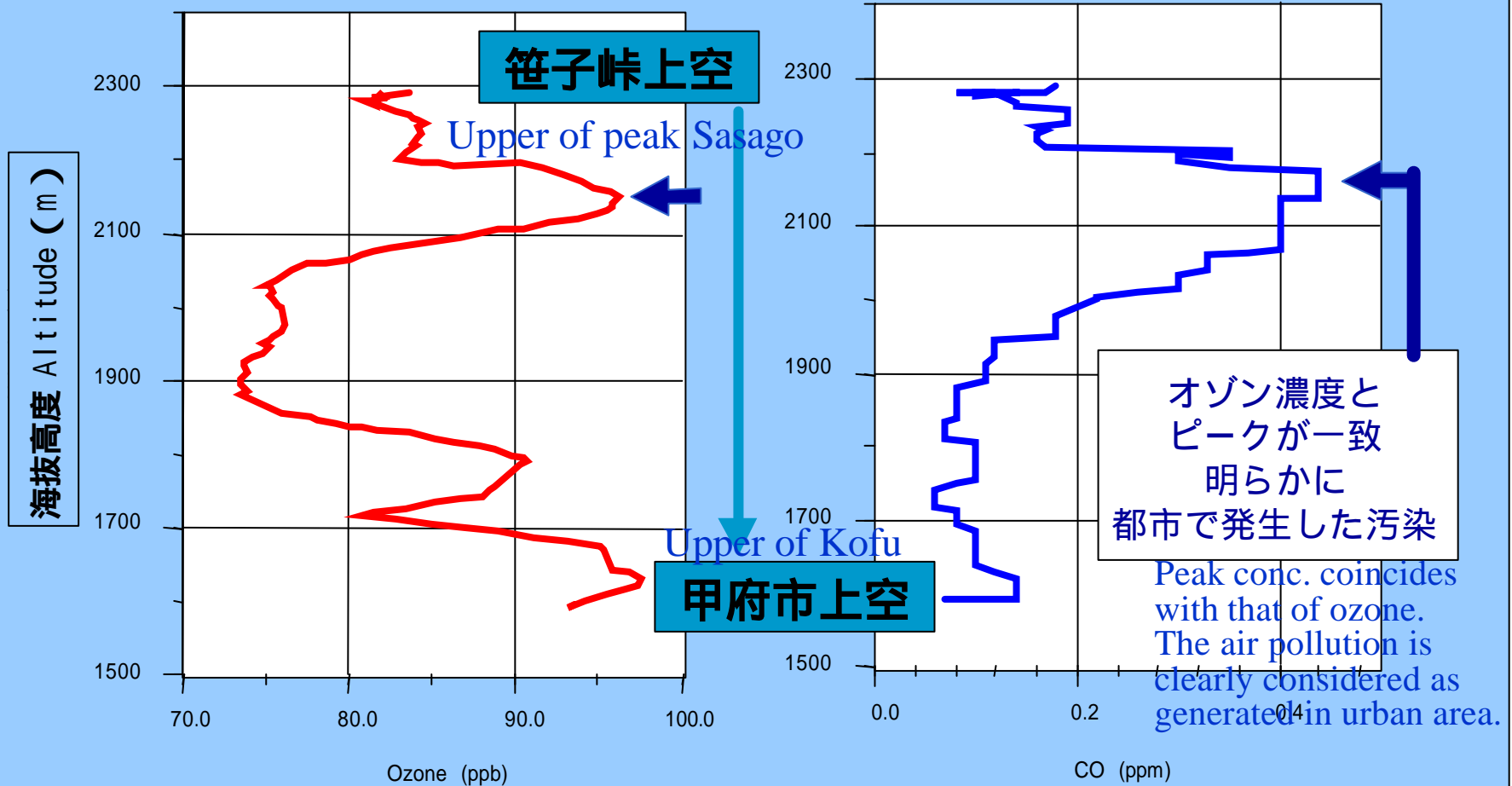
日光前白根山頂上近くの稜線上の枯れたダケカンバ林

Died forest located on ridge line near the top of Mt. Shirane in Nikko

高度 Altitude=2200m

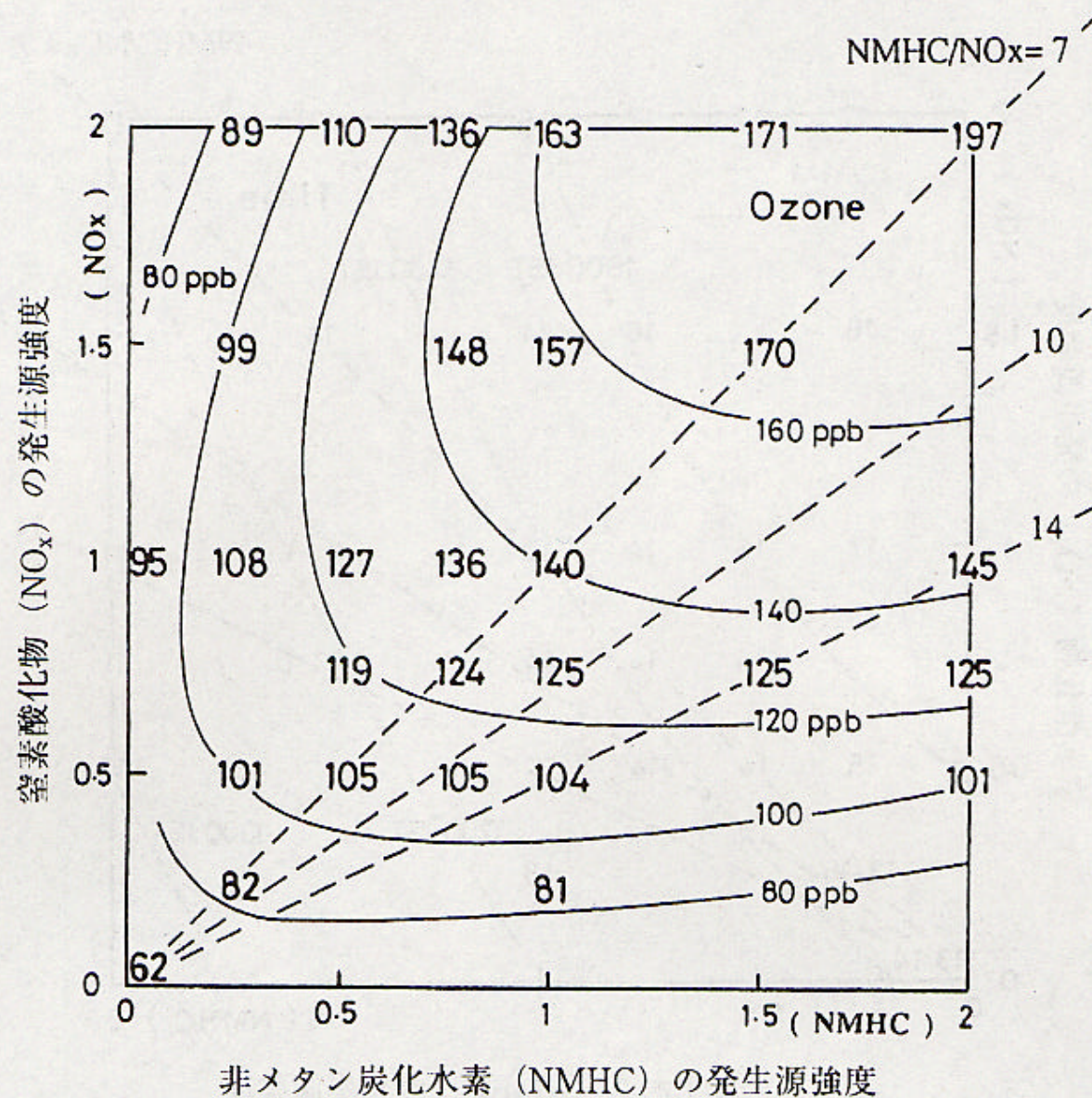
オゾン O_3 (ppb)

一酸化炭素 CO (ppm)



3 dimensional distribution of air pollutants by aerial observation July, 31, 1995 3:00-4:00 p.m.
航空機観測による大気汚染の立体分布 1995年7月31日 午後3-4時
山梨県 笹子峠上空 (2300m) --> 甲府市上空 (1600m)

Emission of NO_x



Emission of NMHC

大気質計算の流れ Calculation of air quality

気象モデル Meteorological model

移流、拡散、
放射過程
地表面過程、
大規模凝結過程、
積雲対流
advection, diffusion,
radiation process,
land surface process,
condensation,
cumulus cloud

客観解析気象データ
Meteorological
objective analysis data

気象データ

Met. data

風、気温、気圧、
水蒸気量、
降水量、雲水量、
土壌水分量
wind, temperature,
pressure, water vapor,
precipitation,
cloud water, soil water

大気質モデル Air quality model

移流、拡散、
積雲対流輸送、
気相反応、液相反応、
エアロゾル反応、
乾性沈着、湿性沈着
advection, diffusion,
cumulus convection,
gas-/aqueous-phase
reaction, aerosol,
wet/dry depositions

発生量データ
emissions

地形データ、
地表面データ
topographical data,
land surface data

Models-3/CMAQとは？ What's Models-3/CMAQ?



米国環境保護庁(EPA)が1990年頃から開発を続けている
第三世代の大気質モデリングシステム(1998年に第一回リリース)
Third generation air quality modeling system developed by US/EPA

第三世代モデルの特徴:

Features of third generation models:

“One atmosphere” concept 包括的モデリング

複数の現象 :硫酸塩、硝酸塩、オゾン、PM、毒性物質、、、

multi purpose: [Sulfates, nitrates, ozone, PM, toxics, and so on.](#)

複数の物理化学過程 移流、拡散、各相反応、沈着、、、

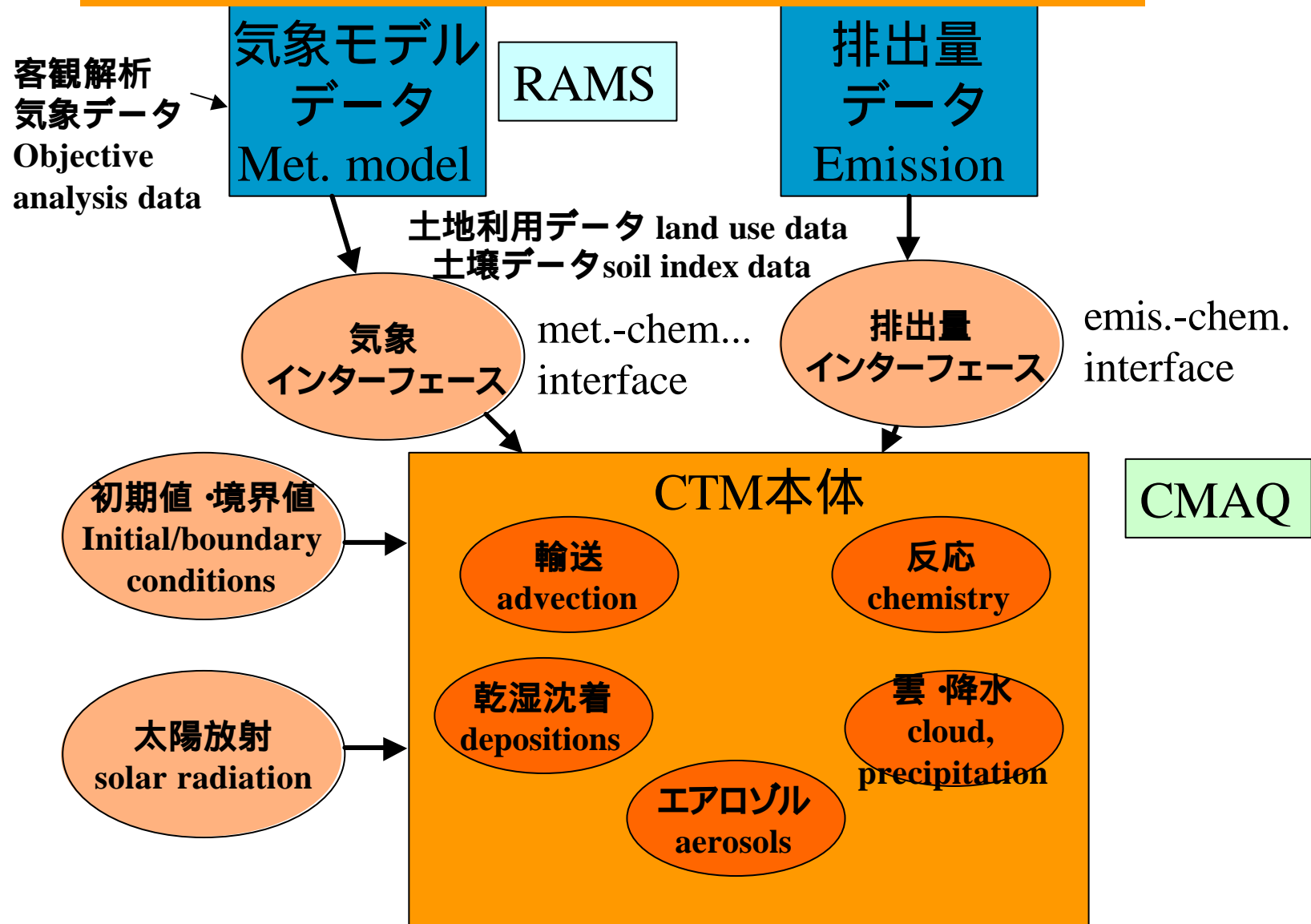
multi Physical chemistry process: [advection, diffusion, chemical reaction, dry deposition, and so on.](#)

複数の規模 :都市スケールから大陸スケールまで

multi scale: [Urban, Regional to continental scale](#)

大気質モデリングシステムの構成

Structure of air quality modeling system



CB-IV 気相反応種一覧

gas phase chemistry

Nitrogen Species

NO

NO2

HONO

NO3

N2O5

HNO3

PNA

Oxidants

O3

H2O2

Sulfur Species

SO2

SULF

Atomic Species

O

O1D

Odd Hydrogen Species

OH

HO2

Carbon oxides

CO

Carbonyls and phenols

FORM

ALD2

MGLY

CRES

Hydrocarbons

PAR

ETH

OLE

TOL

XYL

ISOP

Organic nitrogen

PAN

NTR

Organic Radicals

C2O3

ROR

CRO

Operators

XO2

XO2N

Products of organics

TO2

OPEN

ISPD

Ammonia

NH3

内が排出量を与える
必要のある物質
Substance required to
provide emission
inventory data

液相反応との
橋渡し用

For transfer to liquid
phase reaction

FACD

AACD

PACD

UMHP

エアロゾルとの
橋渡し用

For transfer to
aerosol simulation

SULAER

TOLAER

XYLAER

CSLAER

TERPAER

TERP

b

エアロゾルの扱い \ Aerosols

Aitken ($\sim 0.1 \mu\text{m}$)

Accumulation ($0.1 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$)

Coarse ($2.5 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$)

最大 3モードの

対数正規分布で

表現

Shown as
log-normal
distribution
maximum 3
modes

Sulfate

Ammonium

Nitrate

Primary organic

Anthropogenic secondary organic

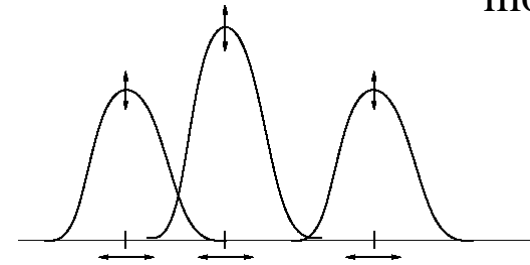
Biogenic secondary organic

Elemental carbon

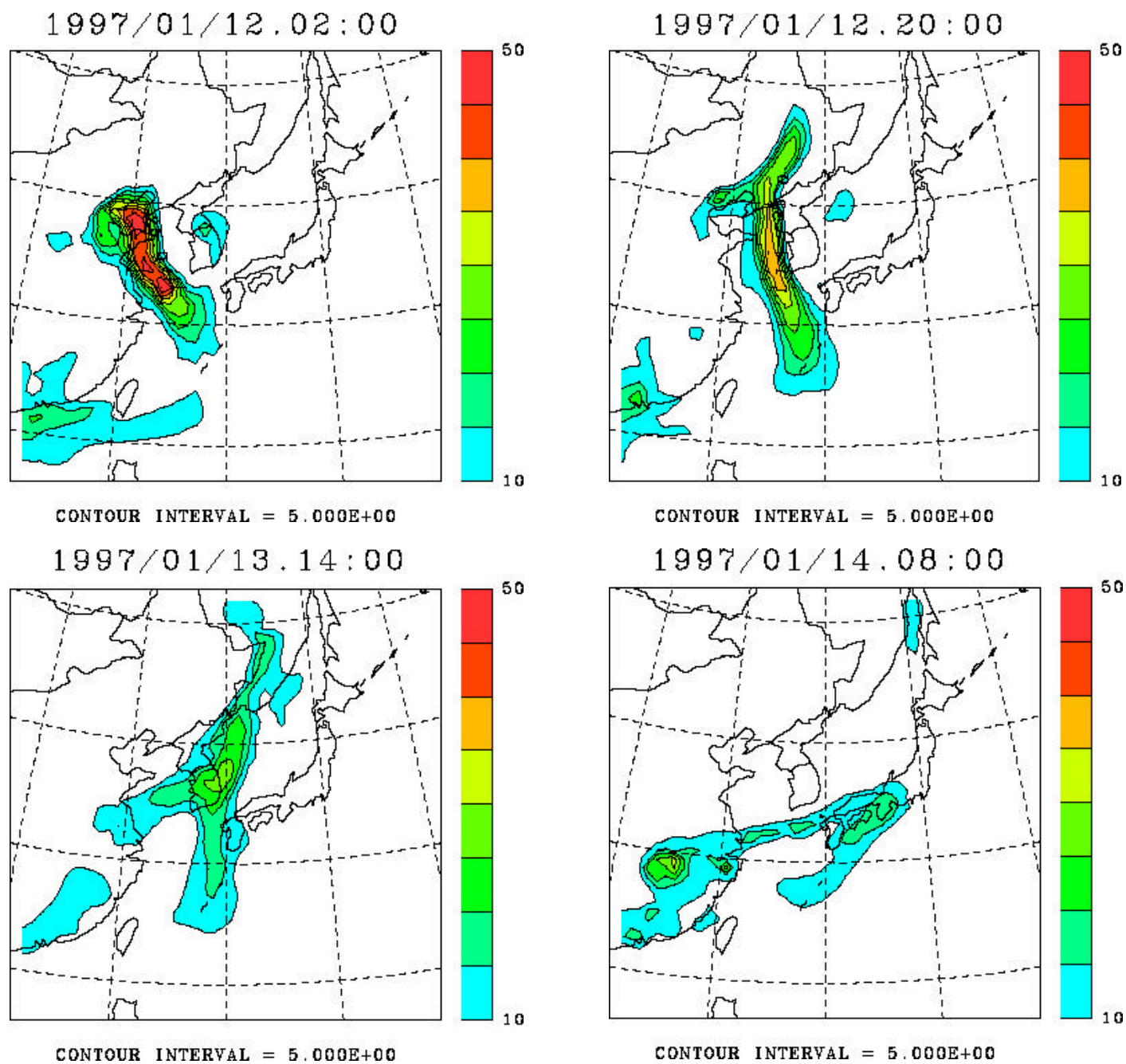
Unspecified anthropogenic

Sea salt

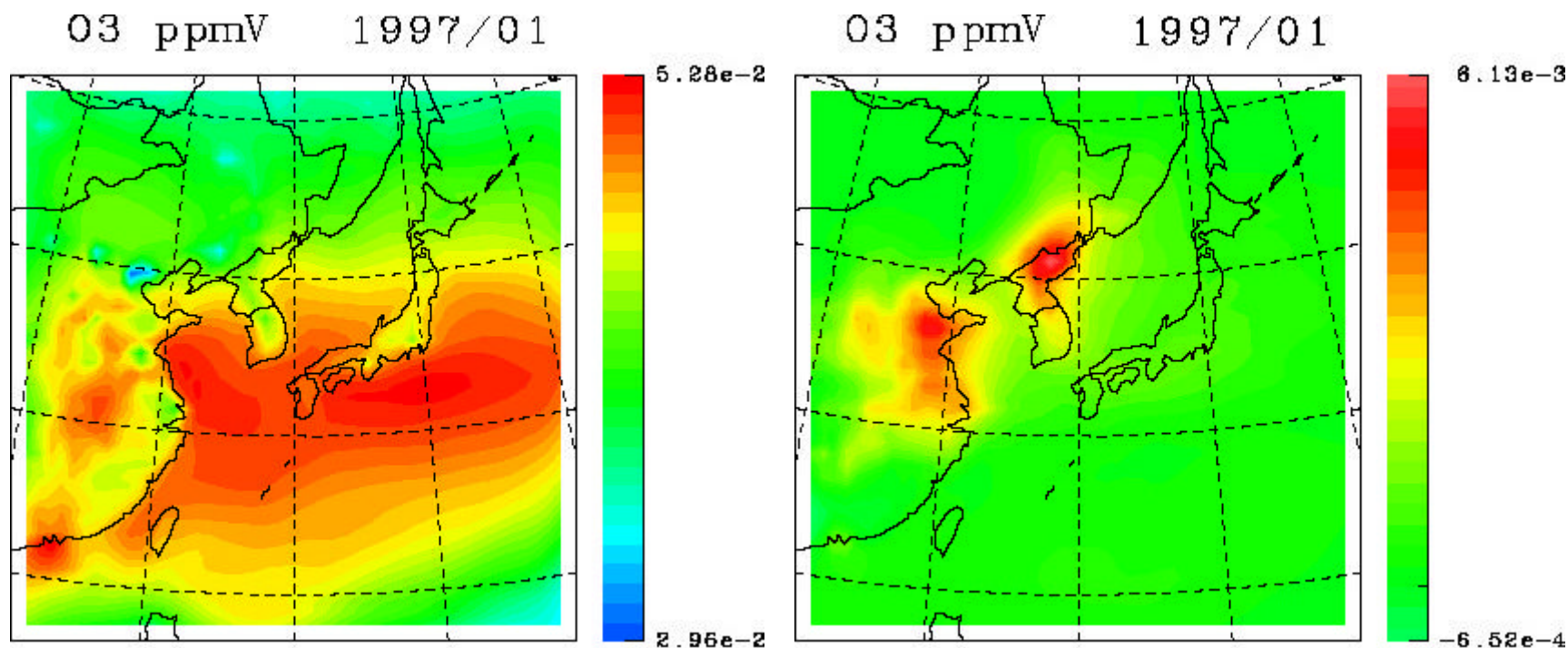
Soil



冬季の九州における硫酸エアロゾル高濃度の典型的輸送形態: Simulated results for sulfate aerosols



月平均オゾン濃度: Simulated monthly average ozone concentration



中国でのVOC排出量を用いた計算結果

VOC(100%)

Result using VOC emission
inventory data in China

中国でのVOC排出量を半分にした計算結果との差
(差の大きい所で5ppb程度)

VOC(100%) - VOC(50%)

Difference between result calculated with
50% reduced VOC emission inventory and
that of whole VOC data in China
(Max. difference is around 5ppb)

さらに広いスケールとして大陸方面からの大気汚染の流入の問題がある。

Air pollutant transportation from continental is considered as a wider scale problem.

国設松江測定局における
オキシダント年平均値の
経年変化

日本国内の活動の影響を
受けにくい場所での観測。

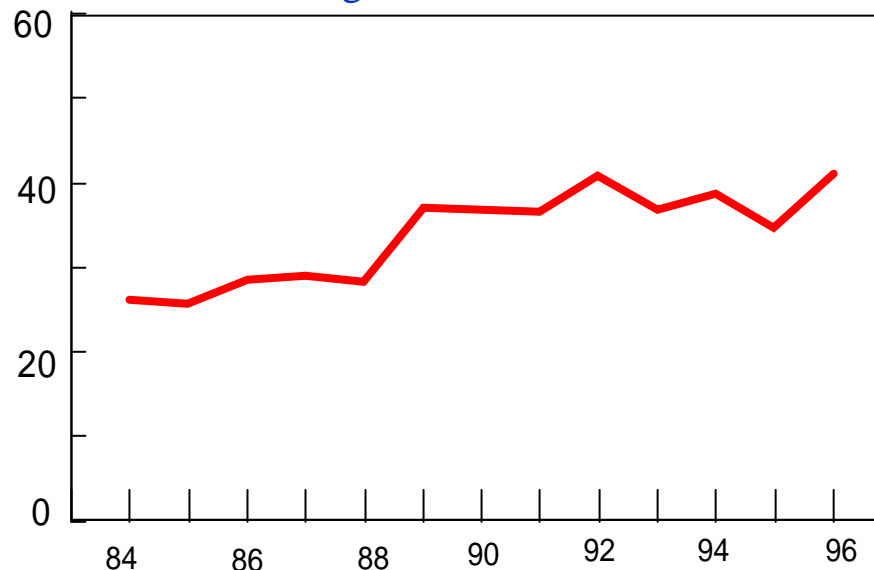
Oxidant annual average variation per year at
national monitoring station of Matsue.
Observation was held at the place of little
affected by anthropogenic activities in Japan.

このようなトレンドは
日本の他の地域においても
認められる。
これは光化学オゾンの
原因物質である窒素酸化物等の
発生量が大陸地域において
増大している為であると
考えられる。
粒子状物質にも影響。

This kind of trend is recognized at
other regions in Japan.
The trend is considered to occur due
to increase of NO_x emissions, an
causative substance of photochemical
ozone, in continental.
SPM emissions is also considered to
affect the trend.



オキシダント濃度の年平均値 Ox (ppb)
Annual average oxidant concentration



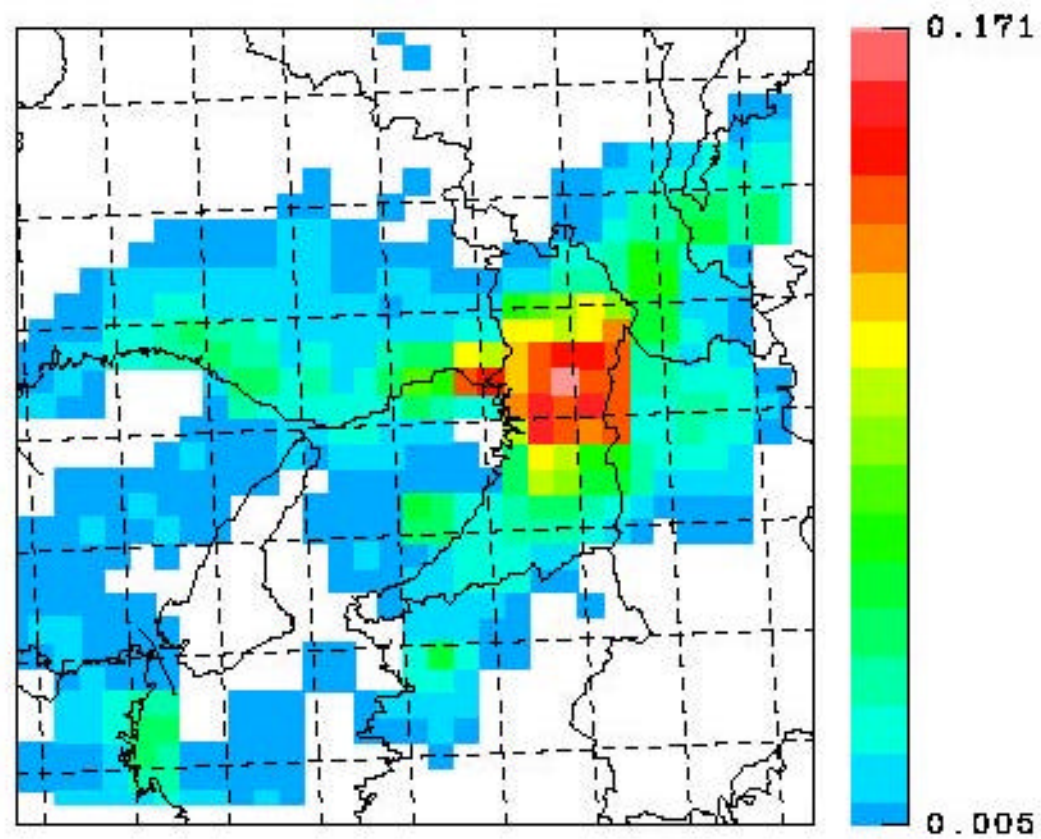
都市大気汚染に及ぼす
越境大気汚染の影響は
今後ますます深刻になる。

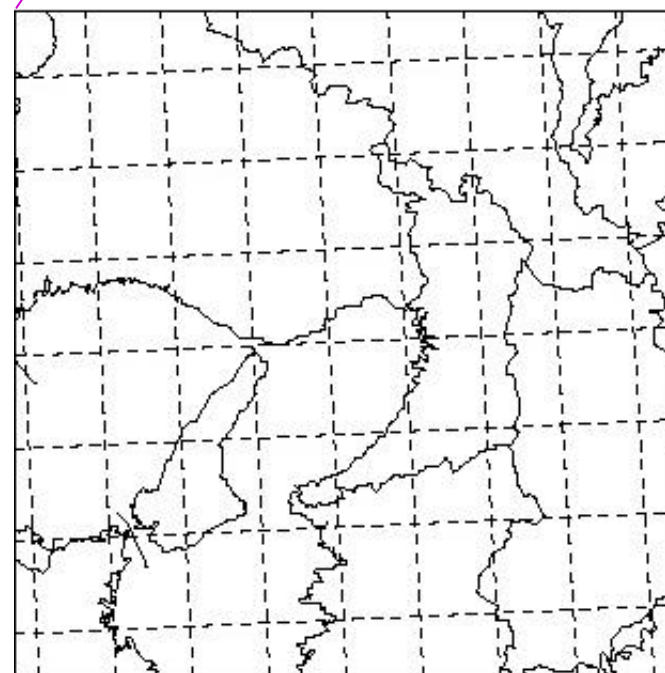
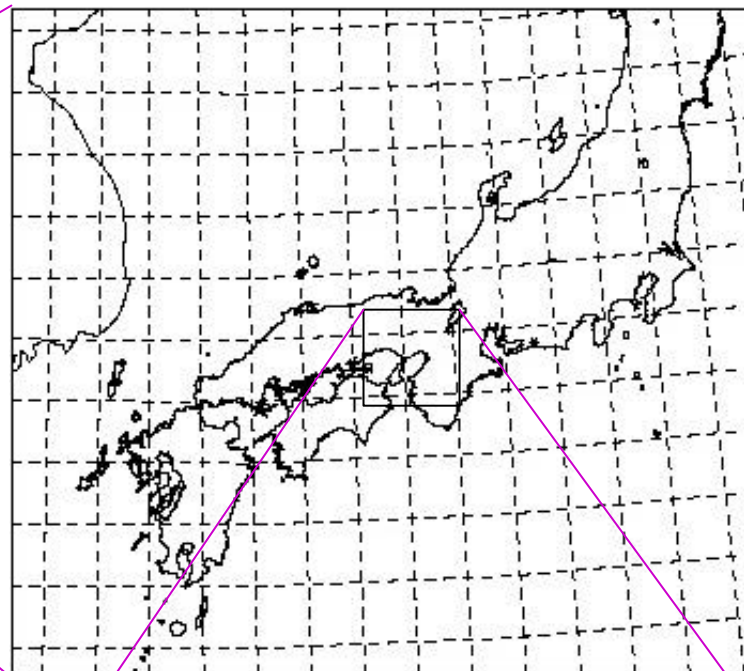
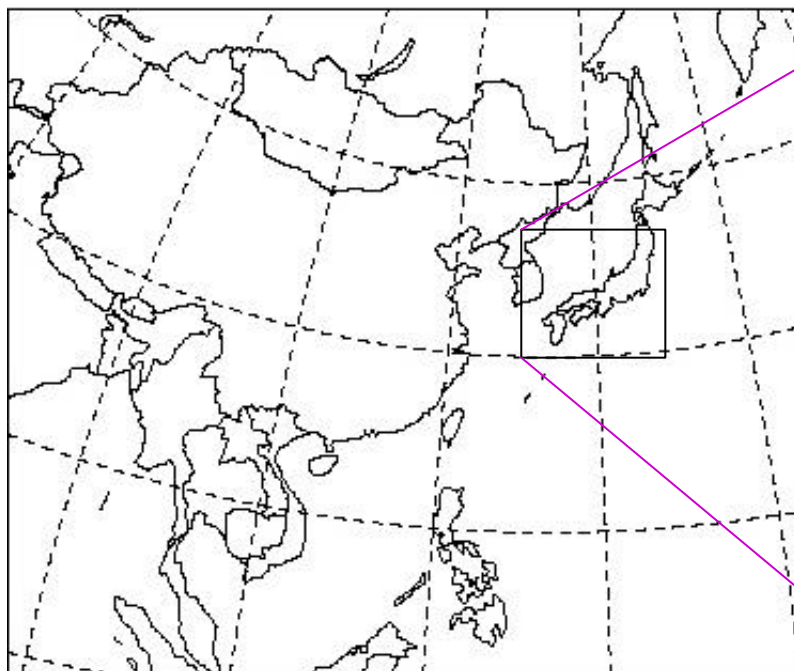
Air pollution transported over trans
boundary will affect more seriously on
urban air quality

島根県衛生公害研究所、国立環境研究所の解析結果

Results of Shimane institute of environment and NIES

Data for NO₂ mol/s NO₂
1998/01/01.12:00:00





東アジア域から関西域までの
3段階ネステイング (階層) 領域
Model domains for three-stage nesting

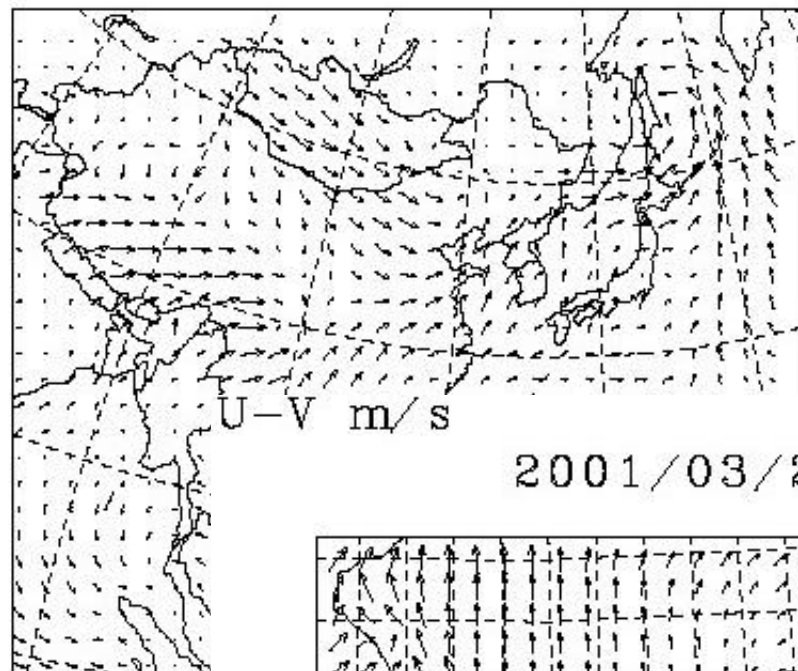
U-V m/s

UTC U-V m/s

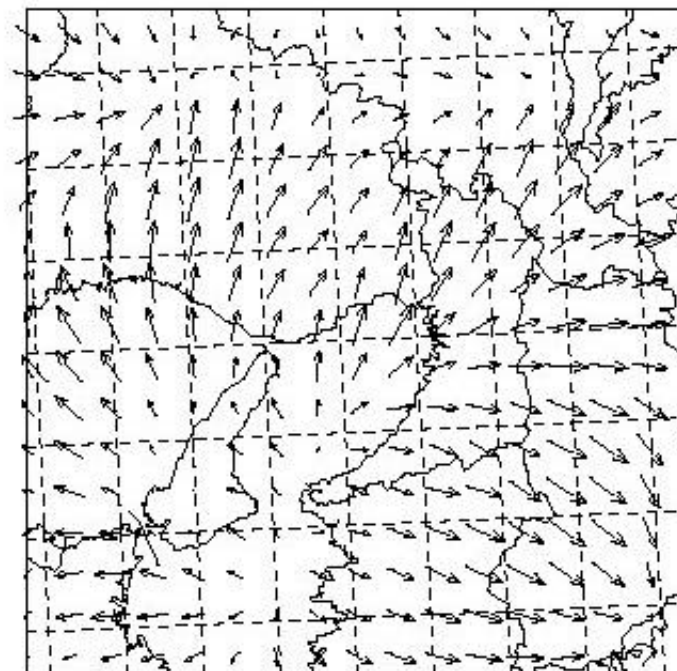
UTC

2001/03/21.05:00:00

2001/03/21.05:00:00

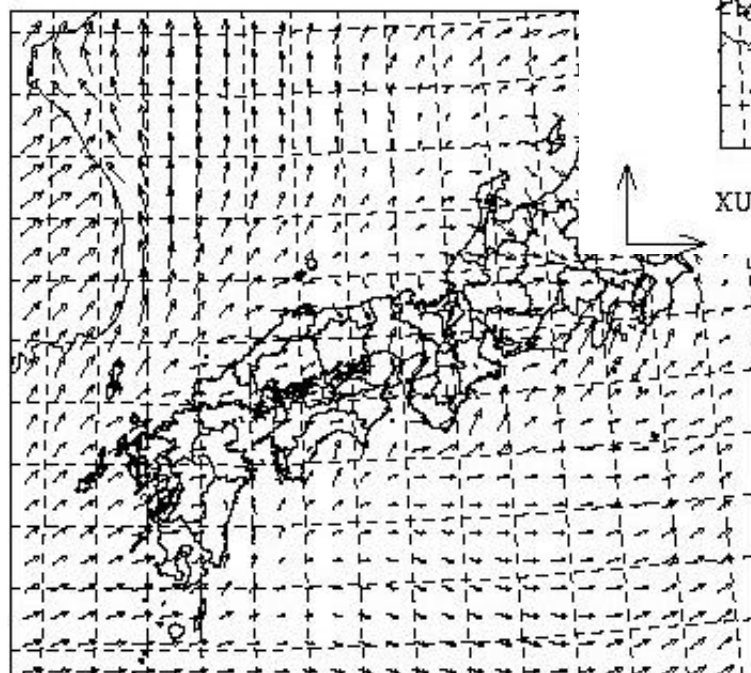


2001/03/21.



XUNIT =

XUNIT = 1.200E+01, YUNIT = 1.200E+01

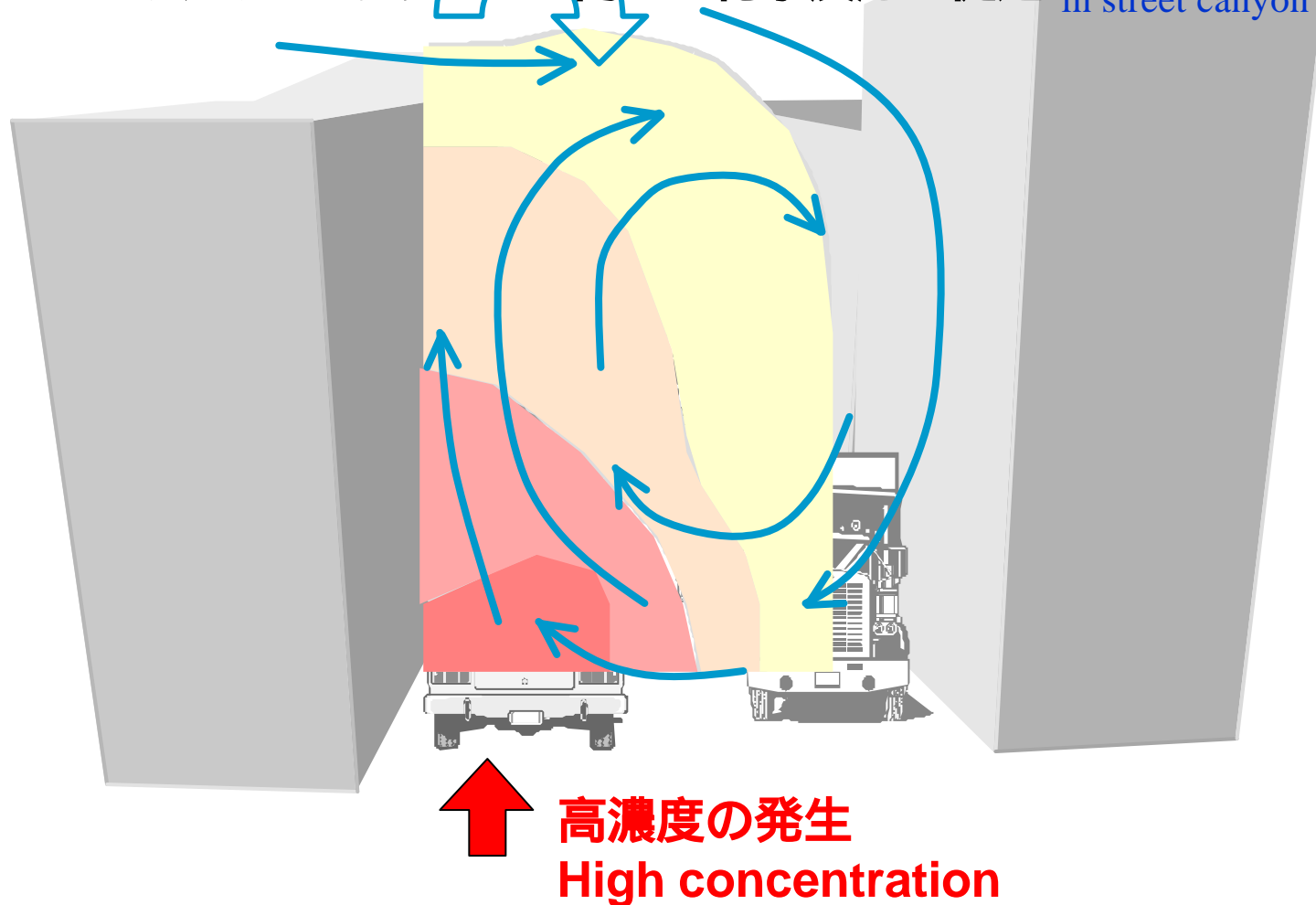


XUNIT = 2.000E+01, YUNIT = 2.000E+01

ビルに囲まれた道路空間 (street canyon) では渦状の空気の流れ(vortex)が出来、
大気汚染物の拡散をさまたげ、風上側の地上で高濃度が発生するが、
このような現象を計算機シミュレーションで再現することは大変、難しい
Vortex generated in street canyon interferes diffusion of air pollutants, and generates high
concentration area on the ground in windward. Such phenomenon is quite difficult to
reproduce with Simulation.

市街地上空からのオゾン等の取り込み
ストリートキャニオン内での化学反応の促進

Take in Ozone from upper air
Accelerate chemical reaction
in street canyon



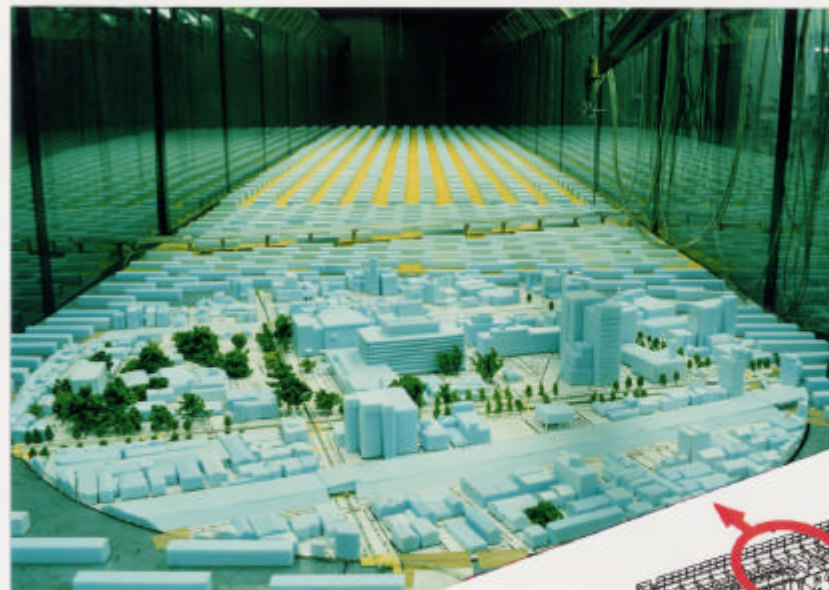
複雑な地形・気象条件を持つ市街地での大気汚染の挙動解明や
計算機を用いた都市環境濃度予測手法の確立などのために
風洞実験 (Wind tunnel study) が利用出来る。

Wind tunnel study is applicable to analysis of air pollution behavior in urban area with complicated building shape or meteorological conditions, and also to establishment of prediction method of urban air pollution concentration using computer

実際の発生源を
エタンガス C_2H_6
を用い再現し
濃度分布を
求める

Actual emission
source is reproduced
with C_2H_6 gas, and
measure the
concentration
distribution

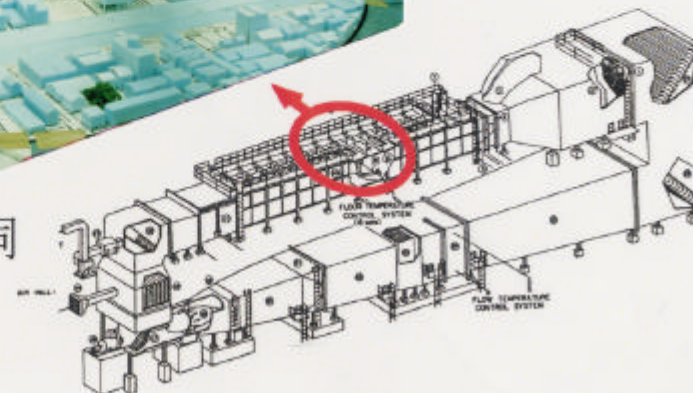
Large-scale temperature
stratification wind tunnel



風洞測定部に
設置した
市街地模型
(1/250)

Miniature of
urban area
settled in the
wind tunnel

大型温度成層風洞



国立環境研究所における大気拡散風洞を用いた市街地模型実験
Wind tunnel study in NIES

大気質シミュレーションモデル研究の今後の課題

The issues needed to be solved in the study of Air Quality Simulation Model

- (1) 大陸～地域～都市～街区～沿道～室内環境など異なる空間スケールの現象を統一的に把握評価出来るモデルシステムの構築。

Establishment of total model system for Continental, Regional, Urban, Street complex, Road side and Room environments.

- (2) 短時間 (数秒) から長期間 (年から生涯) までの広い時間範囲へのモデルの適用性評価。

Model application for short term and long term exposure.

- (3) 粒子状物質の予測手法の確立。重量濃度のみならず粒径別の粒子個数や化学組成の予測モデルの構築。

Model prediction not only for weights but also for number and chemical composition of aerosols.

- (4) 発生源情報の充実。

Continuous efforts for obtaining real and exact emission information including anthropogenic and biogenic sources.