第二期 IIAE 定期セミナー

第 2 回

2018 年 10 月 16 日

14：00～16：00

【地球と地域の大気環境と最近の話題】

［大気汚染物質］

若松　伸司

一般財団法人大気環境総合センター

第二期IIAEセミナー第二回　2018/10/16　14：00～16：00

大気汚染物質

愛媛大学名誉教授　IIAE理事

若松伸司

１、はじめに（発生源・化学反応・気象）
２、大気汚染物質の環境基準
３、大気汚染の化学（ラジカルの役割を中心として）
４、大気汚染の気象学（局地気象を中心として）
５、大気汚染の立体分布と広域大気汚染
６、大気汚染のトレンドと対策
７、まとめ　地域大気と地球環境

大気汚染物質濃度の経年変化や地域分布の特徴を、
大気化学（ラジカル類の役割など）、
気象（局地気象や地球温暖化の影響など）、
並びに発生源（大気汚染規制、税制、経済活動など）
との関連で把握する。

この中で、大気汚染の立体分布や広域大気汚染の実態も明らかにし、環境基準の見直し等も含めた今後の研究課題を展望する。

１、はじめに（発生源・化学反応・気象）
２、大気汚染物質
３、大気汚染の化学（ラジカルの役割を中心として）
４、大気汚染の気象学（局地気象を中心として）
５、大気汚染の立体分布と広域大気汚染
６、大気汚染のトレンドと対策
７、まとめ　環境基準、地域大気と地球環境

- １、はじめに（発生源・化学反応・気象）
- ２、大気汚染物質の環境基準
- ３、大気汚染の化学（ラジカルの役割を中心として）
- ４、大気汚染の気象学（局地気象を中心として）
- ５、大気汚染の立体分布と広域大気汚染
- ６、大気汚染のトレンドと対策
- ７、まとめ　地域大気と地球環境

空気と人の命

成人は１分間に約１６回、一回に約５００ccの空気を呼吸。
５００ＣＣｘ１６回ｘ６０分ｘ２４時間＝１１５２０００００cc/日

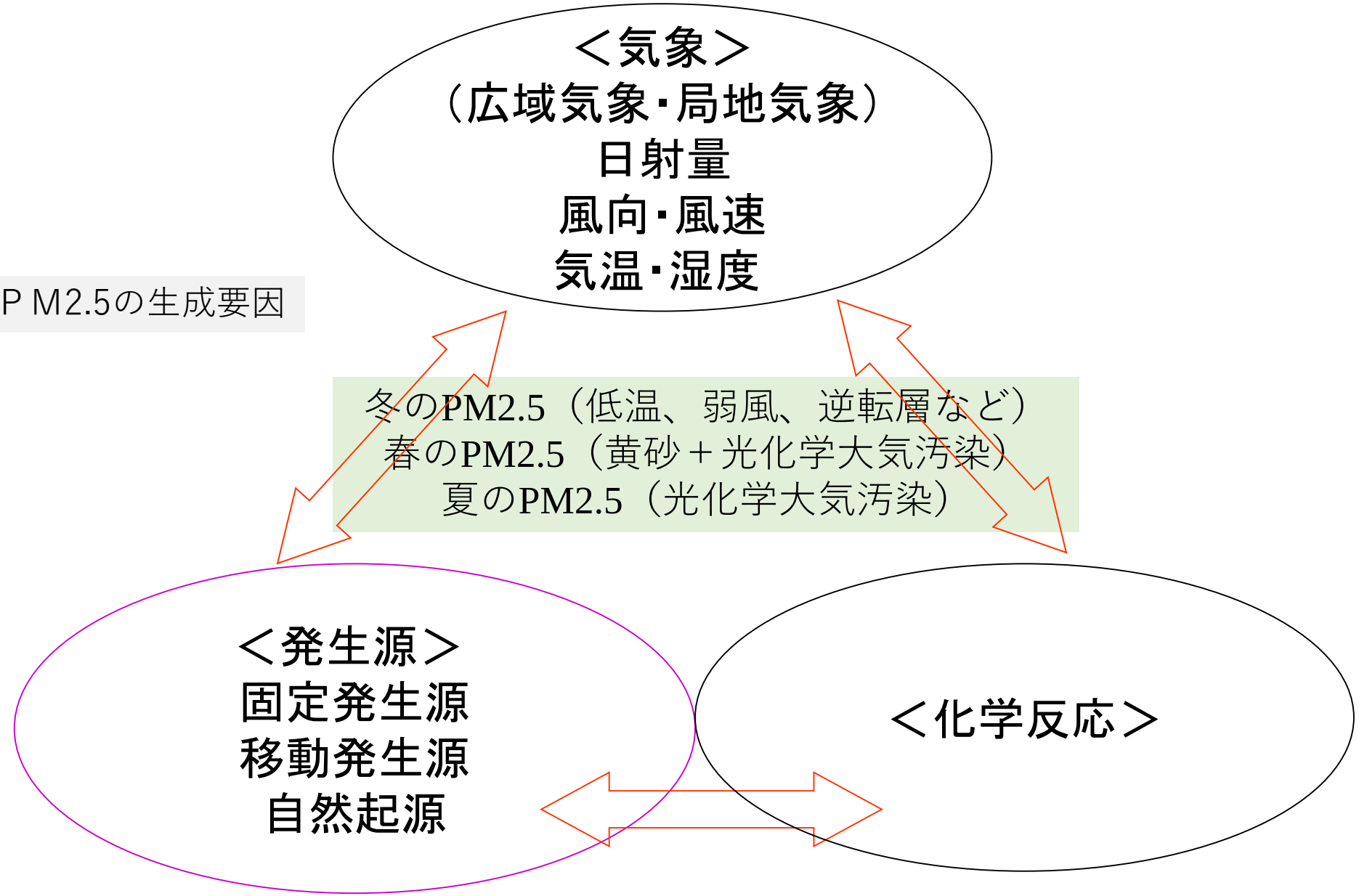
１１．５２立方メートルｘ１．２kg/立方メートル（２０℃、一気圧）
＝１３．８kg/日

・食物は一日約１kg、水は一日約２kg。

・人は食物無しで約５週間、
　　水無しで約５日、生きるが、空気無しでは、５分間も生存出来ない。

最近、空気の組成が変化して来ているが、
　この事が、地球や地域の環境に、
　　どのような、問題を引き起こしているのだろうか？

例としてＰM2.5の生成要因



- １、はじめに（発生源・化学反応・気象）
- **２、大気汚染物質の環境基準**
- ３、大気汚染の化学（ラジカルの役割を中心として）
- ４、大気汚染の気象学（局地気象を中心として）
- ５、大気汚染の立体分布と広域大気汚染
- ６、大気汚染のトレンドと対策
- ７、まとめ　地域大気と地球環境

1. 大気汚染に係る環境基準（伝統5物質）

物質	環境上の条件	設定年	主な健康影響
二酸化硫黄（SO_2）	1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ、1時間値が0.1ppm以下であること。	S48.5.	気管支炎、ぜんそく等呼吸器疾患の増加 （四日市喘息などの原因となったことで知られる）
一酸化炭素（CO）	1時間値の1日平均値が10ppm 以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20ppm 以下であること。	S45.2.	血中のヘモグロビンと結合、酸素運搬機能を阻害
浮遊粒子状物質（SPM）	1時間値の1日平均値が0.10mg/m³以下であり、かつ、1時間値が0.20mg/m³以下であること。	S47.1.	・短期的影響：病弱者、老人の死亡増加 ・長期的影響：慢性気管支炎の増加、学童の呼吸機能低下
二酸化窒素（NO_2）	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下であること。	S48.5. (S53.7.改)	・長期的影響：慢性呼吸器疾患、持続性せき・たんの増加 ・短期的影響：急性呼吸器疾患の増加
光化学オキシダント（Ox）	1時間値が0.06ppm以下であること。	S48.5.	・眼及び呼吸器の刺激症状等の急性影響

2. 有害大気汚染物質（ベンゼン等）に係る環境基準

物質	環境上の条件	設定年	主な健康影響
ベンゼン	1年平均値が0.003mg/m³以下であること。	H9.2.	発がん性（急性骨髄白血病）など
トリクロロエチレン	1年平均値が0.2mg/m³以下であること。	H9.2.	神経系への影響など。発がん性も疑われる。
テトラクロロエチレン	1年平均値が0.2mg/m³以下であること。	H9.2.	神経系への影響、腎障害など。発がん性も疑われる。
ジクロロメタン	1年平均値が0.15mg/m³以下であること。	H13.4.	中枢神経系に対して麻酔作用。

3. ダイオキシン類（大気）*［ダイオキシン類対策特別措置法に基づく環境基準］*

物質	環境上の条件	設定年	主な健康影響
ダイオキシン類	1年平均値が0.6pg-TEQ/m³以下であること。	H11.12.	肝がん等の発がん性、子宮内膜症等の生殖毒性、催奇形性、免疫毒性等 （吸入曝露固有の影響ではない）

4. 微小粒子状物質に係る環境基準（平成21年9月9日告示）

物質	環境上の条件	設定年	主な健康影響
微小粒子状物質（$PM_{2.5}$）	1年平均値が15μg/m³以下であり、かつ、1日平均値が35μg/m³以下であること。	H21.9.	肺がん、呼吸器系への影響に加え、循環器系への影響も懸念

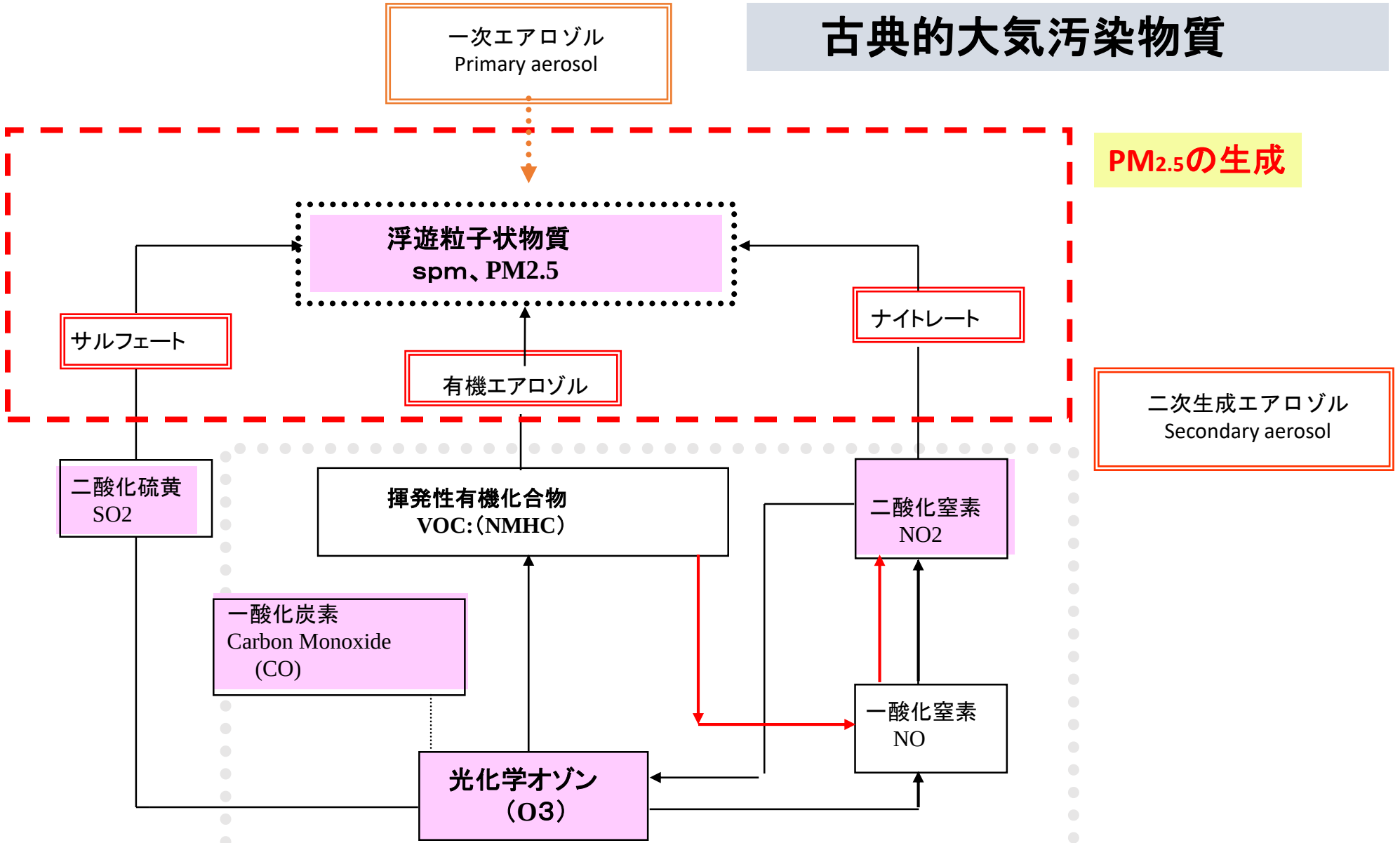
伝統５物質（古典的大気汚染物質）の環境基準の制定と改定

- CO　（1970）
- SO_2　（1973）
- NO_2　（1973,1978改定）
- OX　（1973）
- SPM　（1972）

（2006）VOCs 規制
OX と SPM対策の為に固定発生源の対策

- $PM_{2.5}$（2009）

古典的大気汚染物質


一次エアロゾル
Primary aerosol
PM2.5の生成
浮遊粒子状物質
spm、PM2.5
サルフェート
ナイトレート
有機エアロゾル
二次生成エアロゾル
Secondary aerosol
二酸化硫黄
SO2
揮発性有機化合物
VOC:（NMHC）
二酸化窒素
NO2
一酸化炭素
Carbon Monoxide
(CO)
一酸化窒素
NO
光化学オゾン
（O3）
光化学オゾンの生成

9

- １、はじめに（発生源・化学反応・気象）
- ２、大気汚染物質の環境基準
- **３、大気汚染の化学（ラジカルの役割を中心として）**
- ４、大気汚染の気象学（局地気象を中心として）
- ５、大気汚染の立体分布と広域大気汚染
- ６、大気汚染のトレンドと対策
- ７、まとめ　地域大気と地球環境

地球大気組成と分布

今の地球の大気組成は、２０億年前に海に生命が生まれ、光合成によりO_2（酸素）が出来、
濃度を高めて行ったことに始まる。
生成された酸素が、上空に達しオゾン層が形成され、紫外線を吸収。

Atmosphere　大気
地球を１平方メートルとするなら、大気の層は１ミリメートル！！
人は、大気の海の底に生きている。

Air　空気
地球上においては、高度が同じであれば水蒸気を除く成分はほぼ同じ
酸素21%、窒素78%、他に アルゴン Ar、二酸化炭素 CO_2などで99.9%

Stratospheric ozone and Photochemical ozone

- **Good ozone**：**15～45km from the surface. Cut the harmful UV.**
- **Bad ozone**：**Up to 2~3 km from the surface.Ozone produced through human activity**

Atmospheric Environment Vol 23, No. 8, pp. 1815 1826, 1989.
Printed in Great Britain.

0004-6981/89 $3.00 + 0.00
© 1989 Pergamon Press plc

OBSERVATIONAL STUDY OF STRATOSPHERIC OZONE INTRUSIONS INTO THE LOWER TROPOSPHERE

SHINJI WAKAMATSU, ITSUSHI UNO, HIROMASA UEDA and KIYOSHI UEHARA
National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

and

HIROKO TATEISHI
Nagasaki Prefectural Institute of Public Health Environmental Sciences, 1-9-5 Nameshi, Nagasaki-shi, Nagasaki 852, Japan

(*First received* 28 *July* 1988 *and received for publication* 21 *February* 1989)

Abstract—To clarify the dynamic behavior of stratospheric ozone intrusion processes into the lower troposphere intensive field observations were made during the middle ten days of May 1986 covering the northern Kyushu district. The data were evaluated in conjunction with spectrophotometic total ozone data.

During the study the pattern of surface ozone concentration increase was similar to those for the increase in atmospheric pressure and the decrease in specific humidity. The vertical movement of locally observed ozone peaks was consistent with the movement of a northwesterly dry air zone. An ozone peak was often accompanied by a temperature inversion layer.

These observational results showed two major stratospheric ozone intrusion mechanism. At first stratospheric ozone was transported into the upper troposphere due to the descending flow near the cold front and then subsided to the surface under the subsequent high pressure system.

Key word index: Stratospheric ozone, vertical ozone profile, spectrophotometic total ozone, ozonesonde, jet stream.

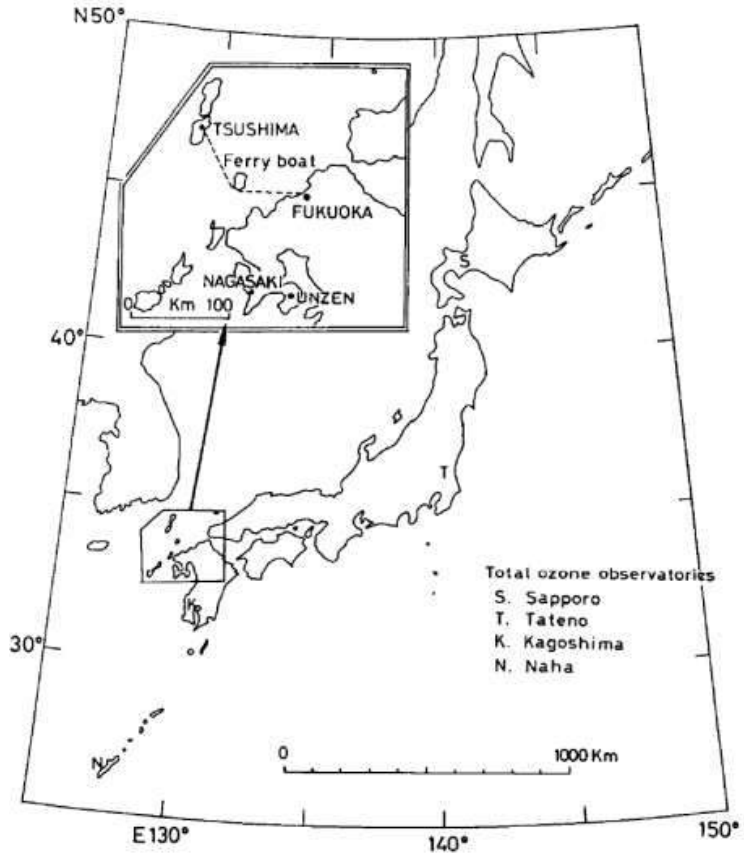


Fig. 1. Scheme of the field experiment and the location of total ozone observatories.

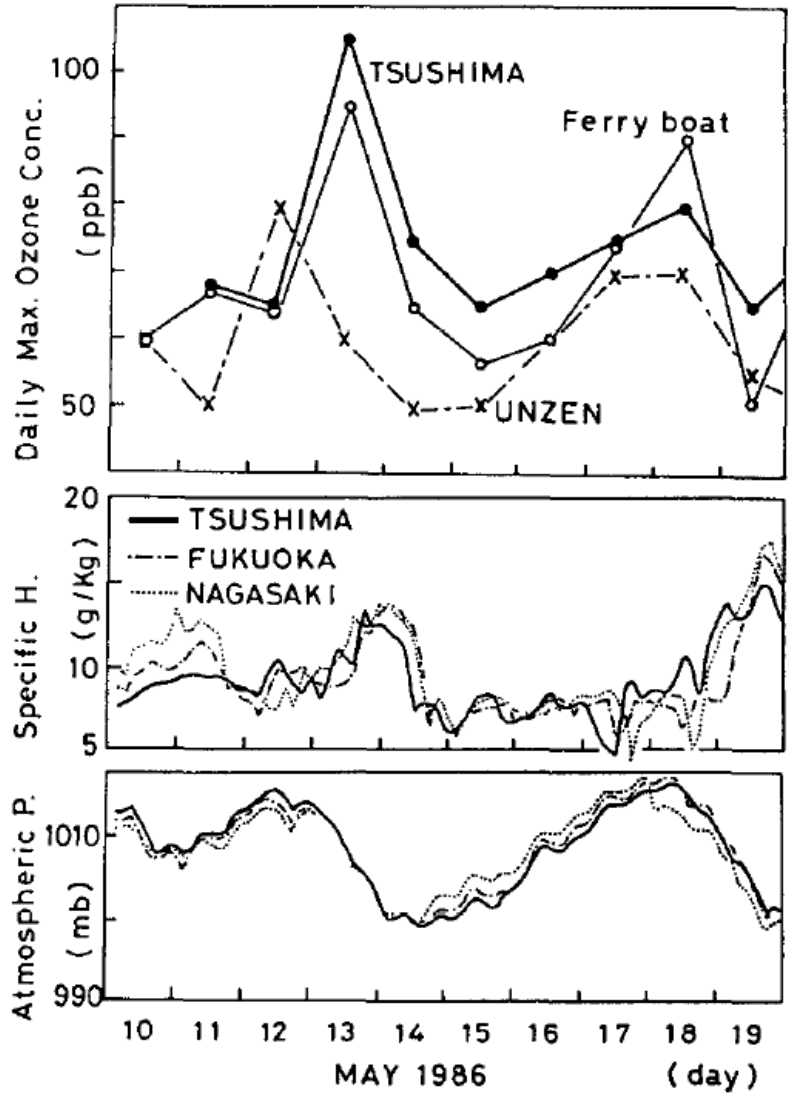


Fig. 2. Surface daily maximum ozone concentrations, specific humidity and atmospheric pressure. Observation points are shown in Fig. 1.

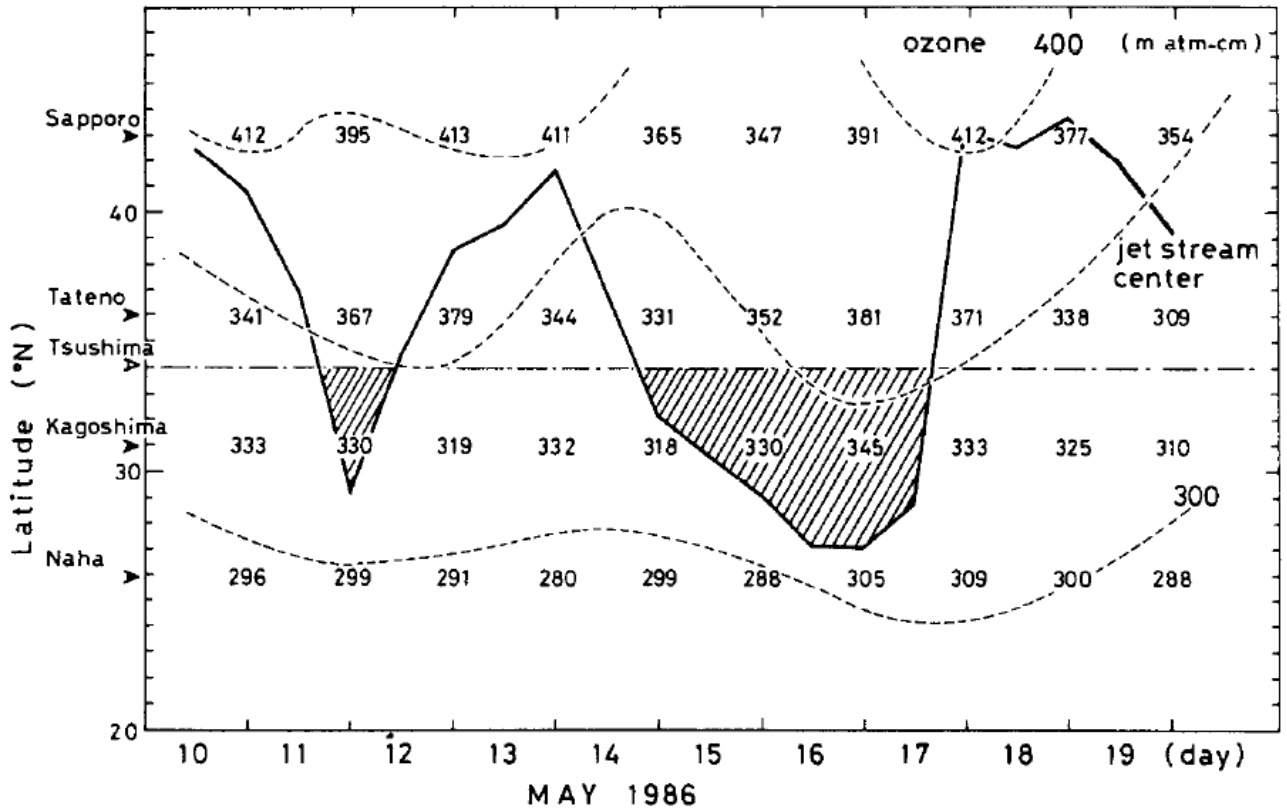


Fig. 6. Latitude–time section isopleth for total amount of ozone (m atm-cm). Solid line shows the movement of the jet stream center aloft along the latitude of E130°. Shaded portion shows that the jet stream center aloft along the latitude of E130° moved to the southern area from Tsushima.

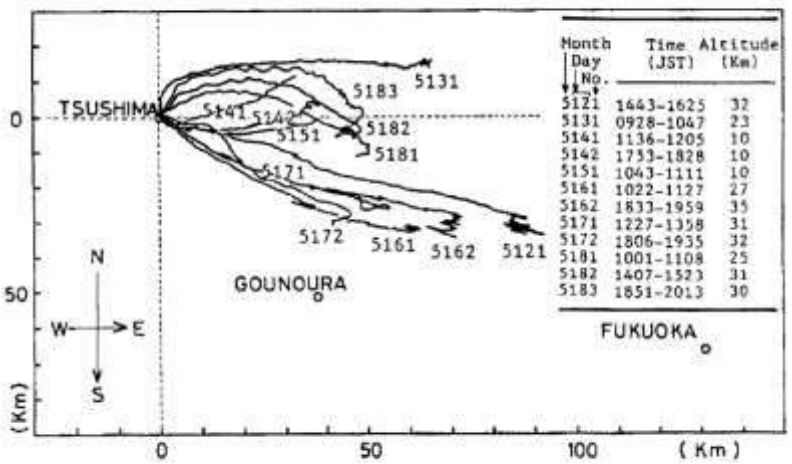


Fig. 3. Horizontal trajectory lines for 12 ozone soundings during 12–18 May at Tsushima.

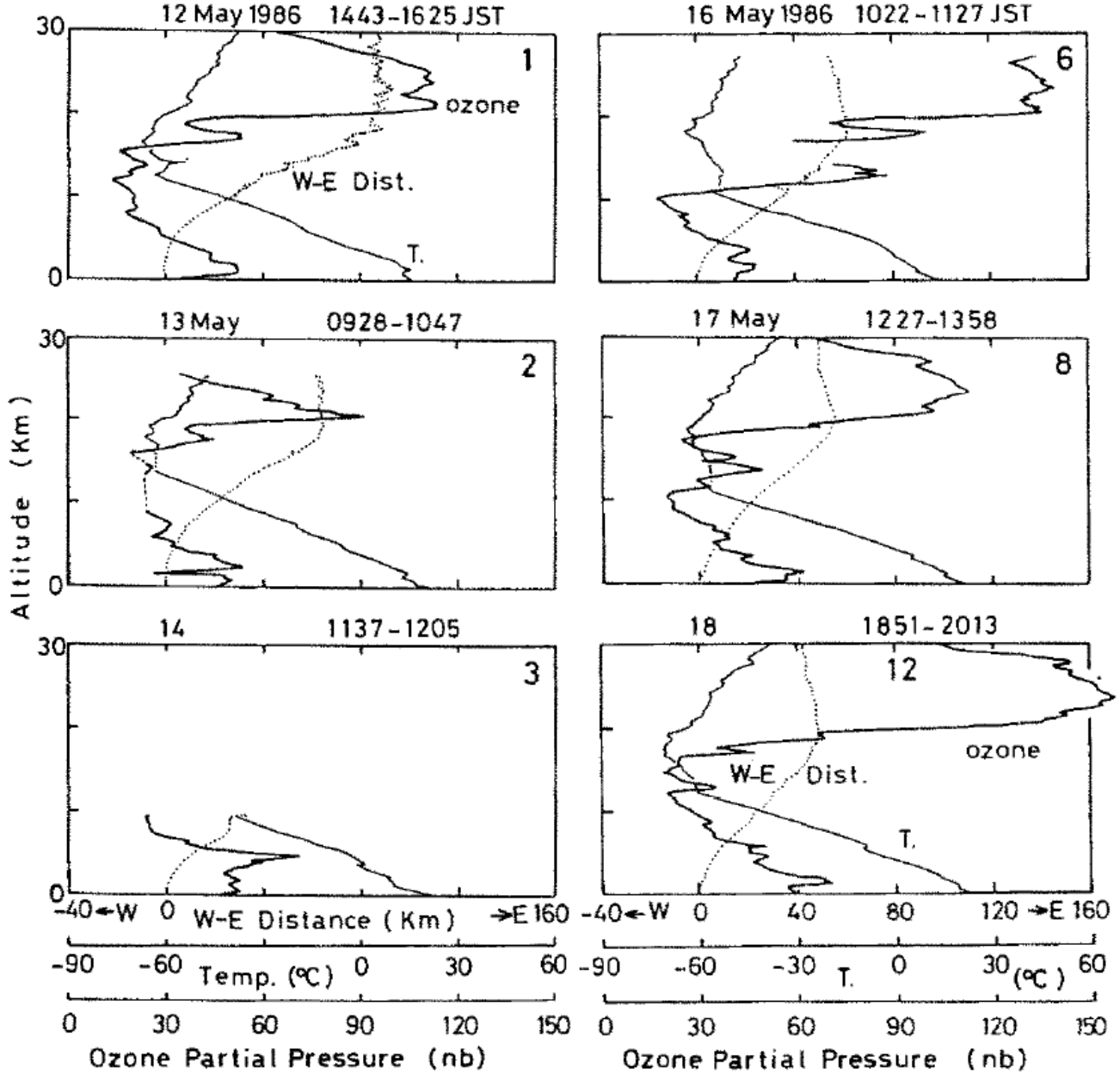


Fig. 4. Selected vertical profiles of ozone (nb) (solid line), temperature (°C) (thin solid line) measured by ozonesonde at Tsushima during 12–18 May 1986. Dotted line shows the distance from the release point along the west–east line. Trajectories are shown in Fig. 3.

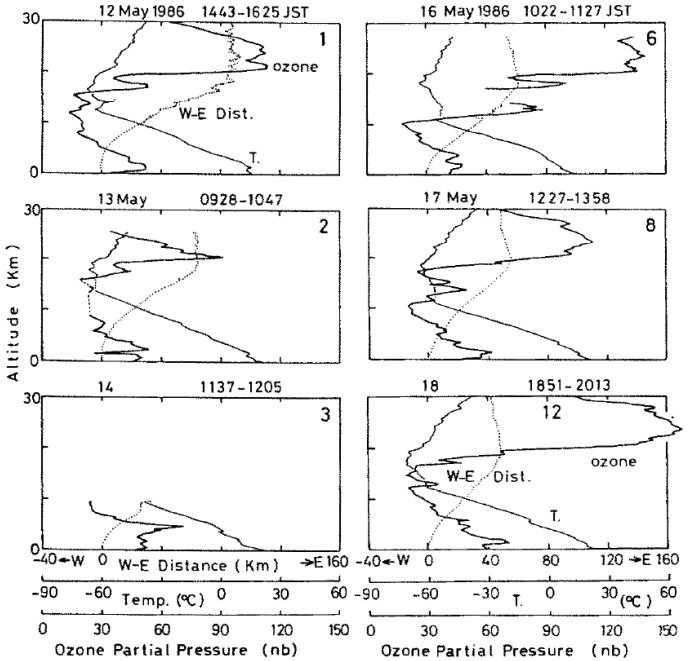
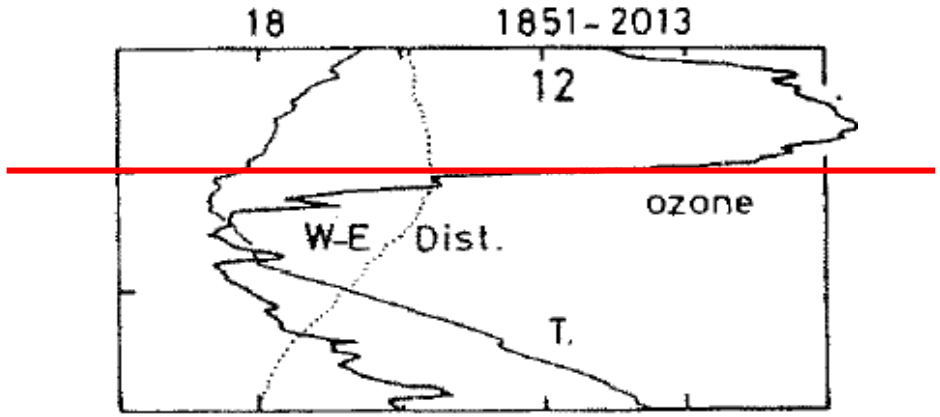


Fig. 4. Selected vertical profiles of ozone (nb) (solid line), temperature (°C) (thin solid line) measured by ozonesonde at Tsushima during 12–18 May 1986. Dotted line shows the distance from the release point along the west–east line. Trajectories are shown in Fig. 3.



Stratospheric ozone intrusions into lower troposphere

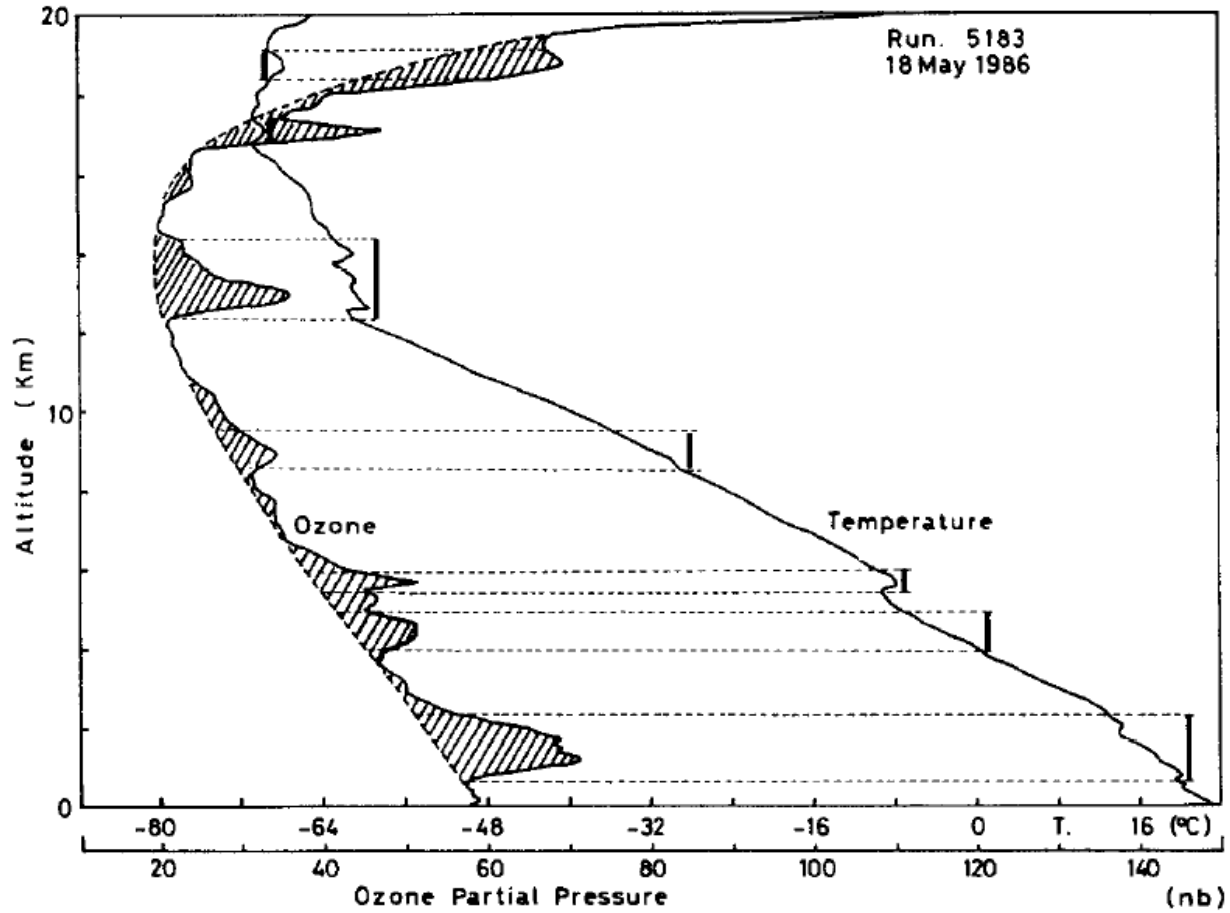


Fig. 10. Relationship between the local ozone peak (nb) and temperature (°C) inversion at Run 5183, 18 May 1986.

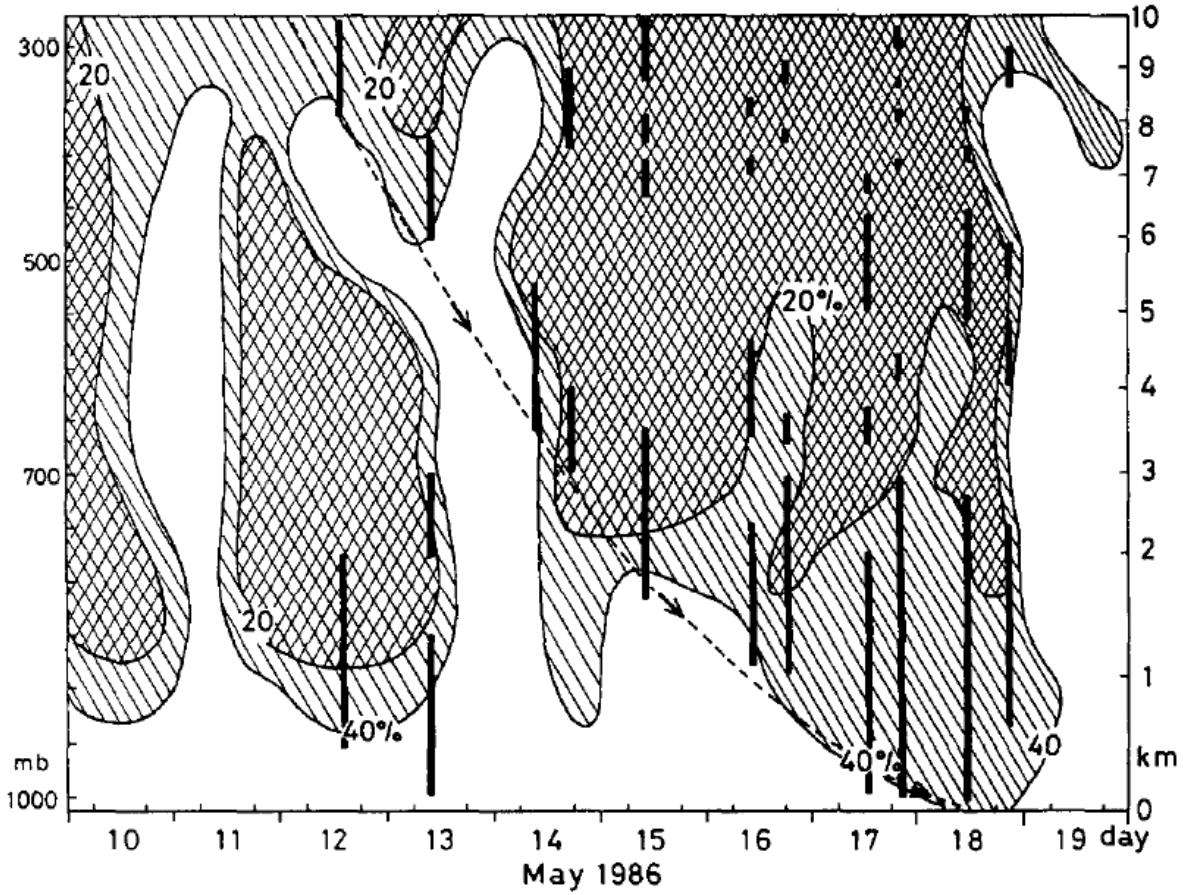


Fig. 13. Temporal change of the vertical distribution of peak ozone at Tsushima and isolines of r.h. at Fukuoka during 10–19 May 1986. Bars in the figure shows the local ozone peaks from Fig. 10, and the dotted line with an arrow indicates the estimated downward movement of upper air to the surface.

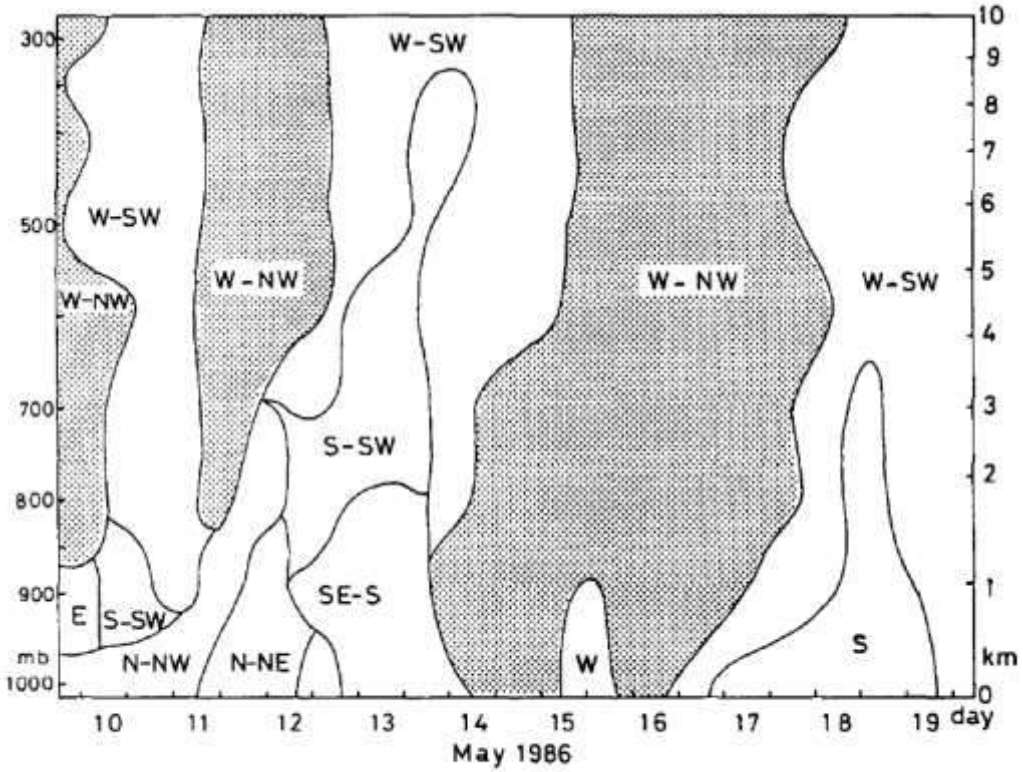


Fig. 14. Temporal change of the vertical profile of wind direction at Fukuoka Meteorological Observatory during 10–19 May 1986.

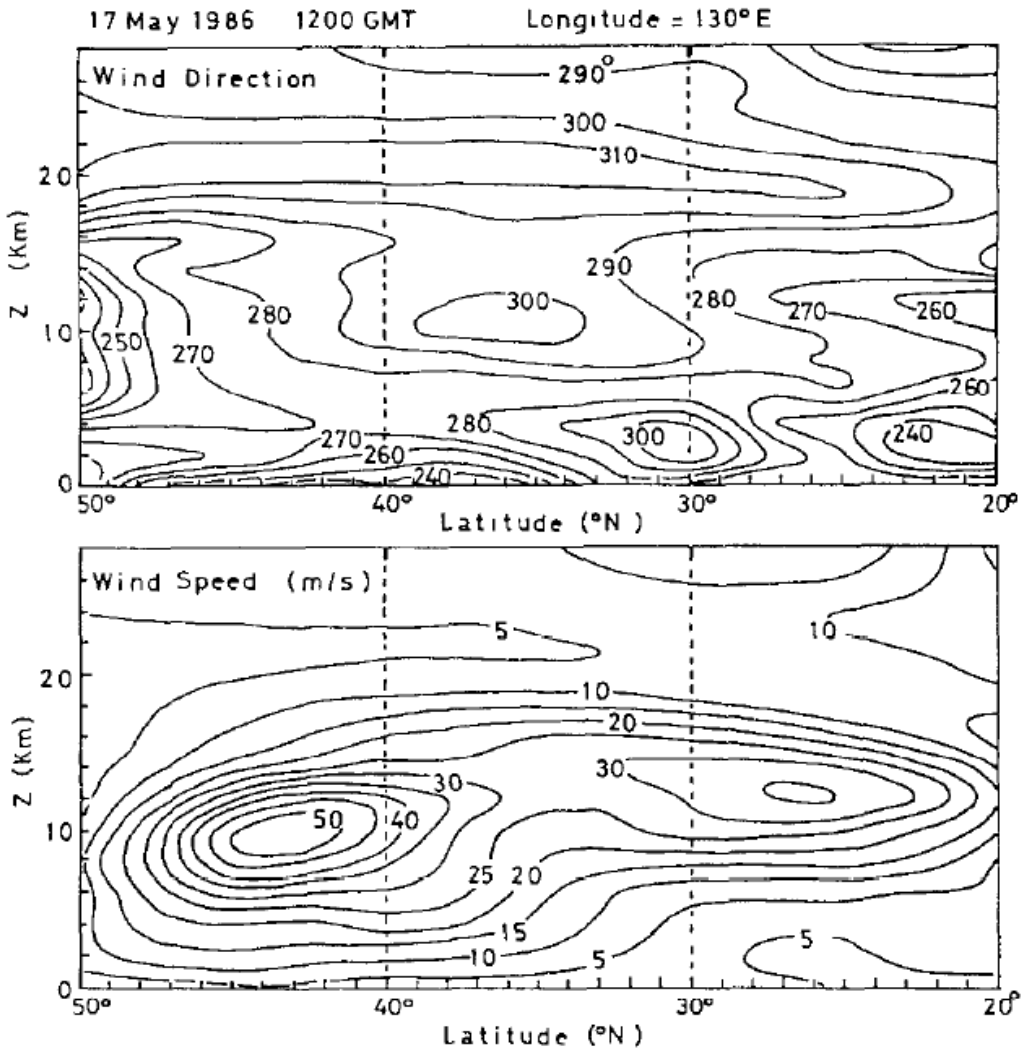


Fig. 9. Vertical distributions of wind direction and wind speed along the longitude 130° E.

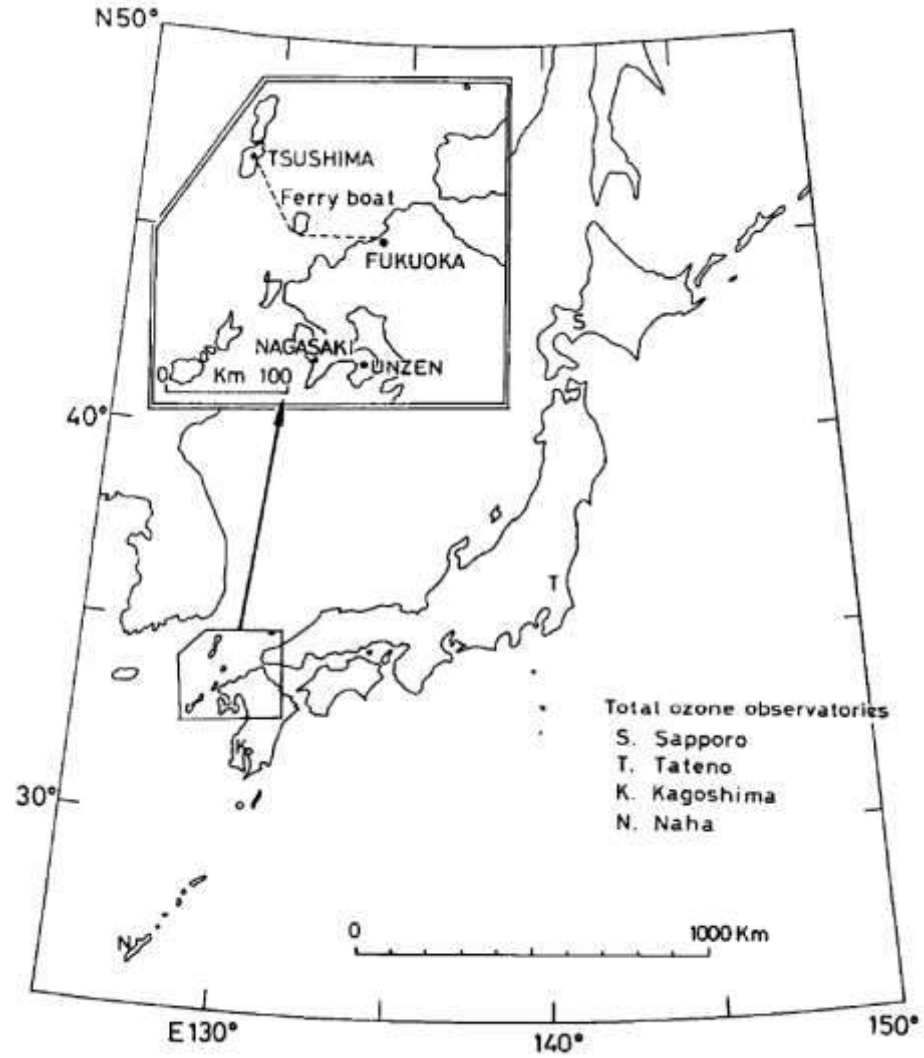


Fig. 1. Scheme of the field experiment and the location of total ozone observatories.

Table 1. Temporal variation of the point of maximum wind speed of the jet stream along the vertical cross section of longitude E130°

Day	GMT	Latitude (N)	Height (km)	Wind speed ($m\,s^{-1}$)
10 May 1986	000	42.5	9.5	60
	1200	40.8	10.0	50
11 May 1986	000	37.0	10.0	40
	1200	29.0	13.0	45
12 May 1986	000	34.3	12.0	45
	1200	38.5	11.0	45
13 May 1986	000	39.5	10.5	45
	1200	41.5	10.0	55
14 May 1986	000	37.0	10.0	45
	1200	32.0	12.5	50
15 May 1986	000	30.5	12.0	55
	1200	29.0	12.0	55
16 May 1986	000	27.0	13.0	45
	1200	27.0	11.0	40
17 May 1986	000	28.5	14.0	35
	1200	43.0	10.0	50
18 May 1986	000	42.5	10.0	65
	1200	43.5	10.0	65
19 May 1986	000	42.0	10.0	60
	1200	39.0	10.0	55

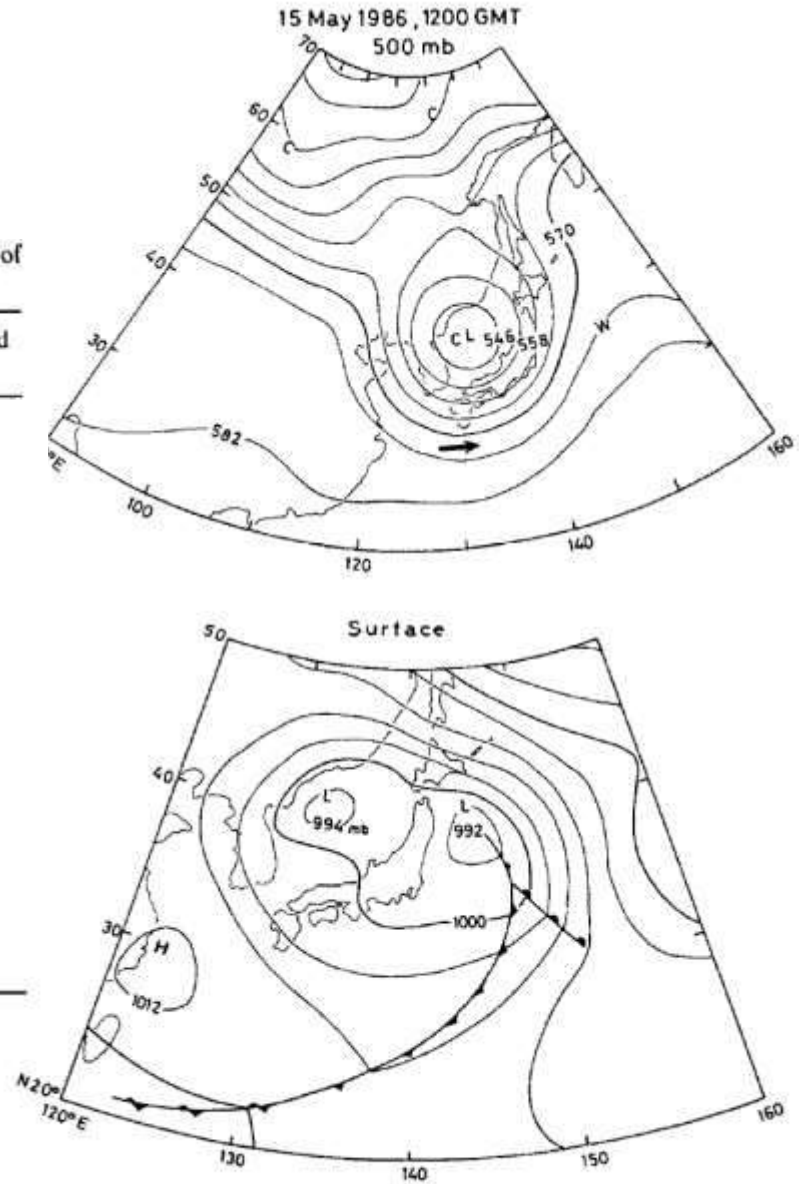


Fig. 8. 500 mb and surface weather map on 15 May 1986, 1200 GMT.

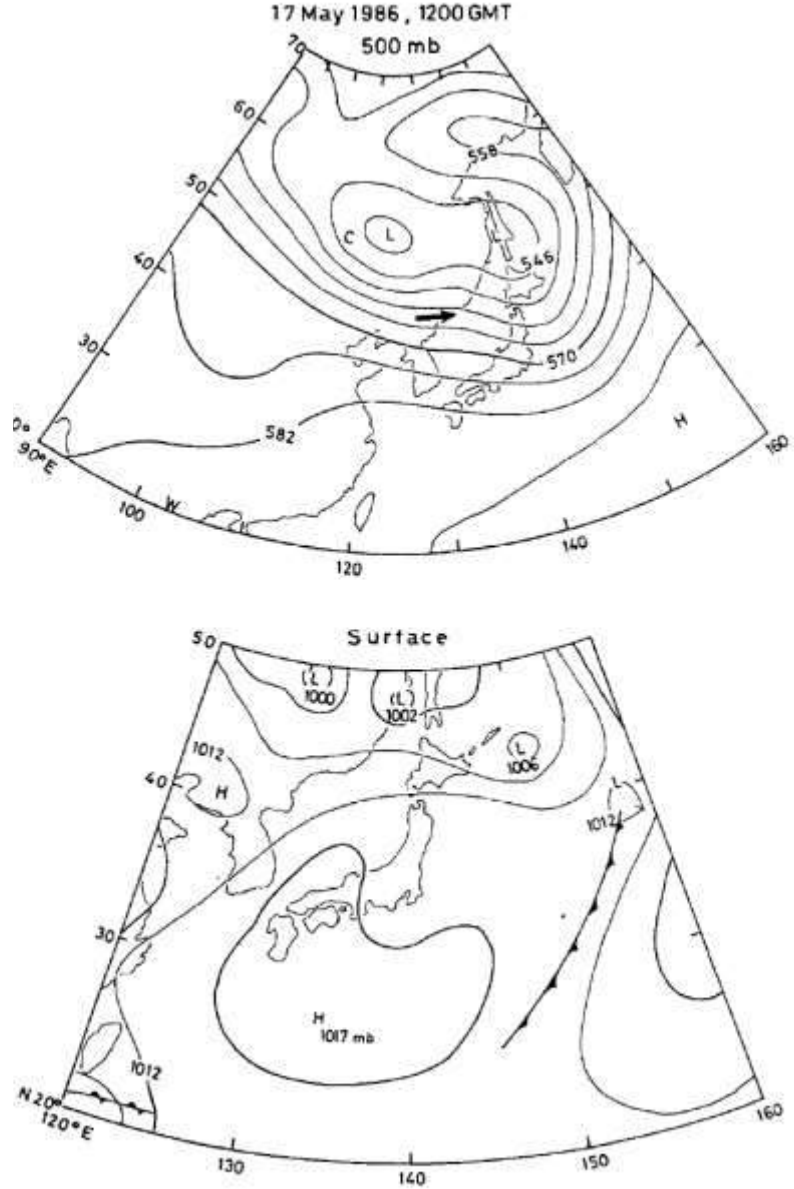


Fig. 12. 500 mb and surface weather map on 17 May 1986, 1200 GMT.

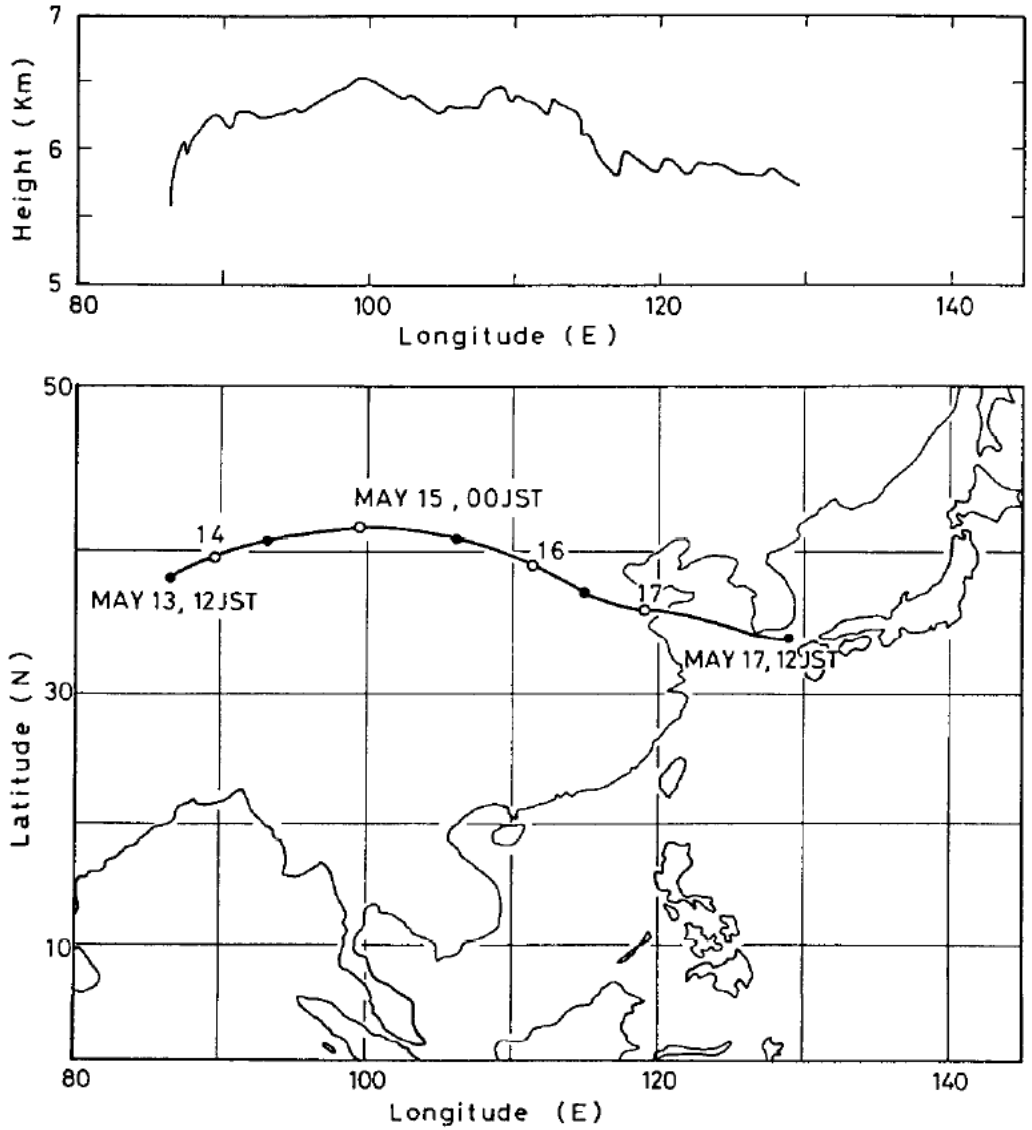


Fig. 11. Isentropic backward trajectory started on 17 May 1986, 1200 JST at Tsushima. Potential temperature, $\Theta = 320$ K.

Springtime Photochemical Air Pollution in Osaka: Model Analysis

SHINJI WAKAMATSU

National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Ibraki, Japan

TOSHIMASA OHARA

Institute of Behavioral Sciences, Ichigaya, Shinjuku, Tokyo, Japan

ITSUSHI UNO

National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Ibraki, Japan

(Manuscript received 5 November 1996, in final form 24 July 1997)

ABSTRACT

In the Osaka area, high concentrations of NO_2 are observed in spring. To understand the relative roles and amounts of transported background ozone, photochemical ozone, transported NO_2, and primary emitted NO_2 in controlling NO_2 formation in the Osaka area, a three-dimensional photochemical air pollution simulation model was applied based on the actual meteorological and emission conditions. Simulated results reveal that photochemical reactions play an important role in the formation of the springtime high concentrations of NO_2 in Osaka.

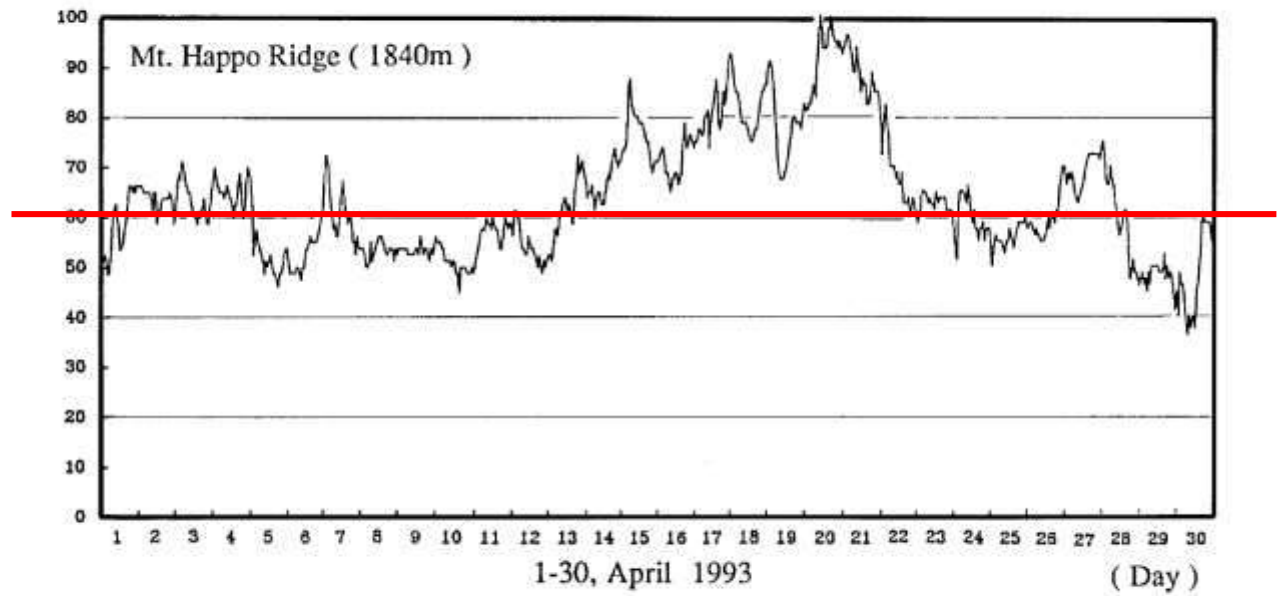


FIG. 4. Pressure-corrected ozone concentration in April 1993 observed at Mt. Happo Ridge in Nagano Prefecture, approximately 300 km northeast from Osaka. The monitoring station is located 1840 m above sea level. (Data provided through the courtesy of the Nagano Research Institute for Health and Pollution and the Global Environment Division of the National Institute for Environmental Studies.)

Ozone formation mechanism in the stratosphere

$$O_2 + h\nu \rightarrow 2O$$

$$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$$

$$O_3 + h\nu \rightarrow O + O_2$$

$$O + O_3 \rightarrow 2O_2$$

Ozone degradation process in the stratosphere

$$\mathrm{Cl} + \mathrm{O_3} \rightarrow \mathrm{ClO} + \mathrm{O_2}$$

$$\mathrm{Cl} + \mathrm{O_3} \rightarrow \mathrm{ClO} + \mathrm{O_2}$$

$$\mathrm{ClO} + \mathrm{ClO} + \mathrm{M} \leftrightarrow \mathrm{Cl_2O_2} + \mathrm{M}$$

$$\mathrm{Cl_2O_2} + h\nu \rightarrow \mathrm{Cl} + \mathrm{ClOO}$$

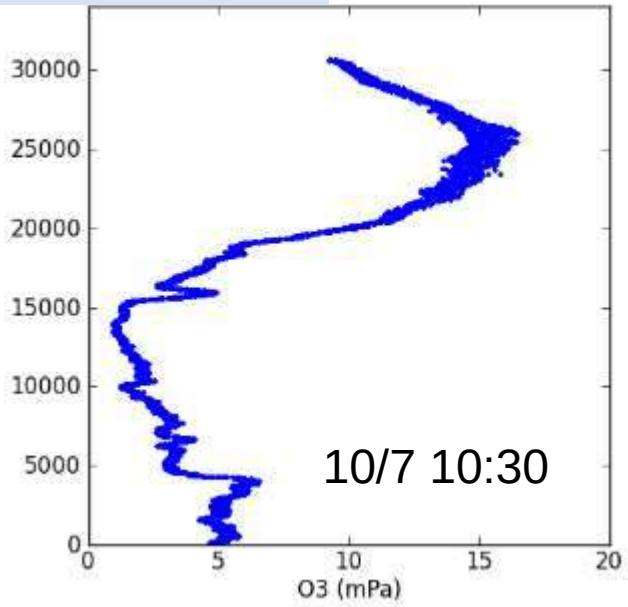
$$\mathrm{ClOO} + \mathrm{M} \rightarrow \mathrm{Cl} + \mathrm{O_2} + \mathrm{M}$$

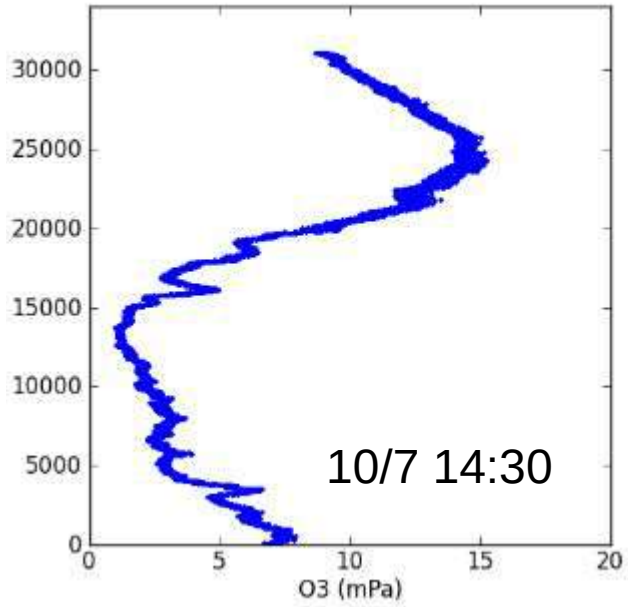
+

net: $\boxed{2\mathrm{O_3} + h\nu \rightarrow 3\mathrm{O_2}}$

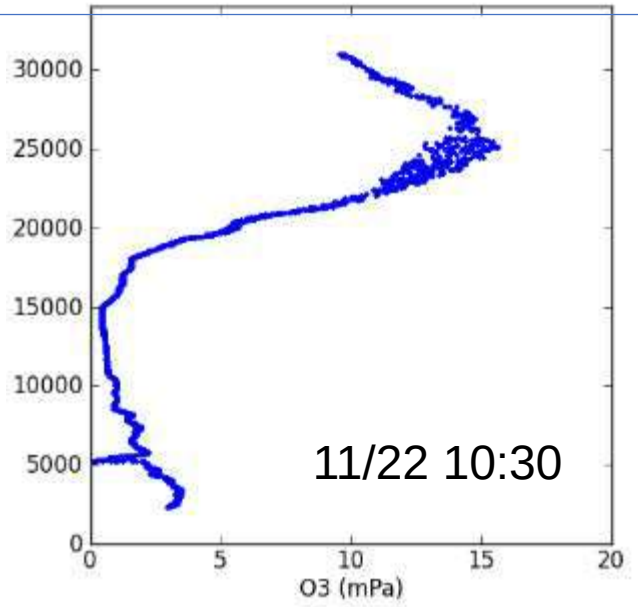
2011,October and November

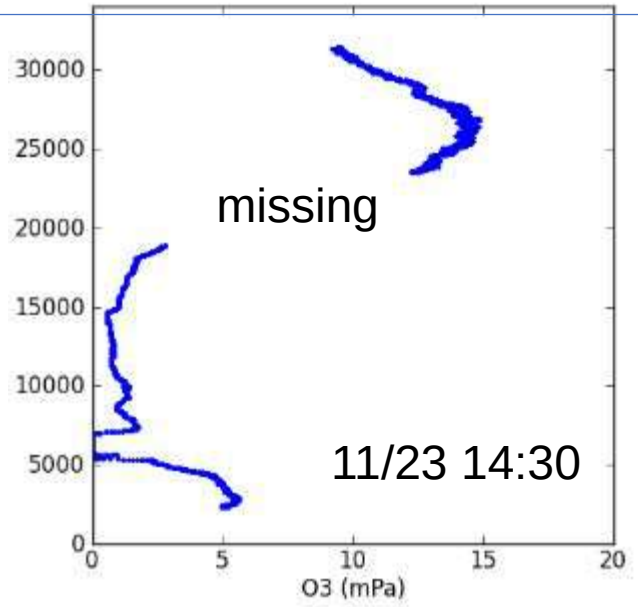
Japan
(Kanagawa
Prefecture)





Mexico
(Mexico City :DF)





対流圏におけるオゾン生成機構

$$NO_2 \xrightarrow{k_1} NO+O \qquad \text{--------(1)}$$

$$O+O_2+M \xrightarrow{k_2} O_3+M \qquad \text{--------(2)}$$

$$NO+O_3 \xrightarrow{k_3} NO_2+O_2 \qquad \text{-----(3)}$$

From (1),(3)　$d[NO_2]/dt=-k_1[NO_2]+k_3[NO][O_3]$　(4)

光化学定常状態の時、　$d[NO_2]/dt=0$　(5)

$-k_1[NO_2]+k_3[NO][O_3]=0$　(6)

$[O_3]=k_1[NO_2]/k_3[NO]$　(7)

25

VOCs->RO_2・

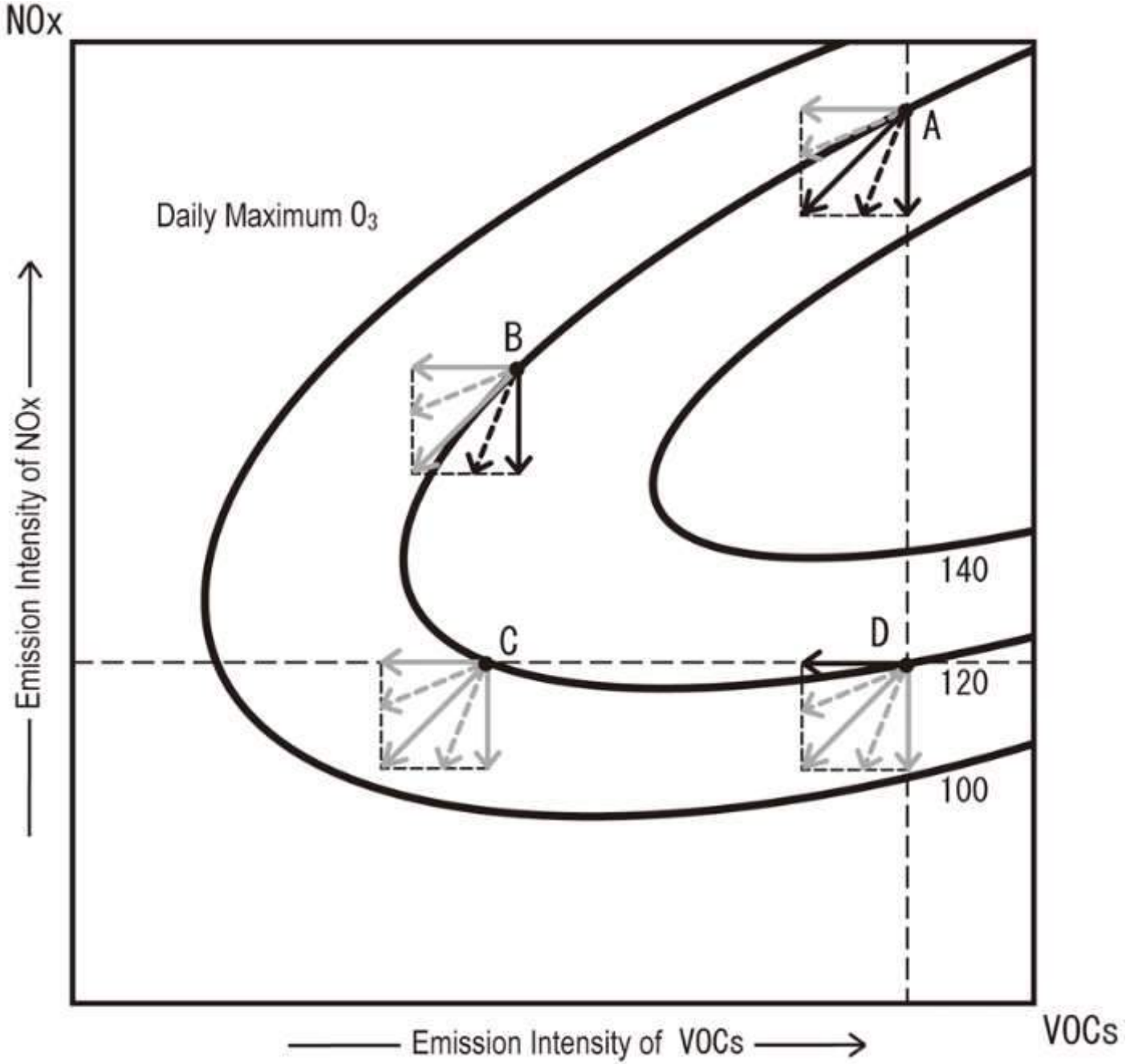
R: C_2H_5 , H ,など

NO＋RO_2・→NO_2+RO・

$$NO_2 \xrightarrow{k_1} NO + O \qquad (1)$$

$$O + O_2 + M \xrightarrow{k_2} O_3 + M \qquad (2)$$

26


NOx
Daily Maximum 0_3
A
B
C
D
140
120
100
Emission Intensity of NOx
Emission Intensity of VOCs
VOCs

VOCによるNOの酸化プロセス（$NO->NO_2$）
エタン（C_2H_6を例として）

・OH
(OHラジカル)

C_2H_6 ＋ ・OH -> C_2H_5・ ＋H_2O
R・ （Rラジカル）

R・ ＋O_2 -＞ RO_2・
（RO_2ラジカル）

RO_2・ ＋NO -＞ RO・ ＋NO_2
（ROラジカル）

RO・＋O_2 -＞ HO_2・ ＋CH_3CHO

~~HO・＋O_2 -＞ HO_2・ ＋CH_3CHO~~

HO_2・＋NO -＞ ・OH ＋ NO_2

CH_3CHO ＋ h ν （紫外線のエネルギー） ->CH_3・＋HCO・
HCO・ ＋O_2->HO_2・ ＋CO
HO_2・＋NO -＞ HO・＋ NO_2

ラジカルの生成

・**OH**ラジカルのソース

O_3＋ｈ ν（紫外線のエネルギー）->O_2+O

O＋H_2O-> **2・OH**

H_2O_2＋ｈ ν（紫外線のエネルギー）-> **2・OH**

HNO_2＋ｈ ν（紫外線のエネルギー）->NO＋**・OH**

ラジカルの生成

HO_2・, Rラジカルのソース

HCHO ＋ｈ ν（紫外線のエネルギー）->HCO・＋H

HCO・ ＋O_2->HO_2・＋CO

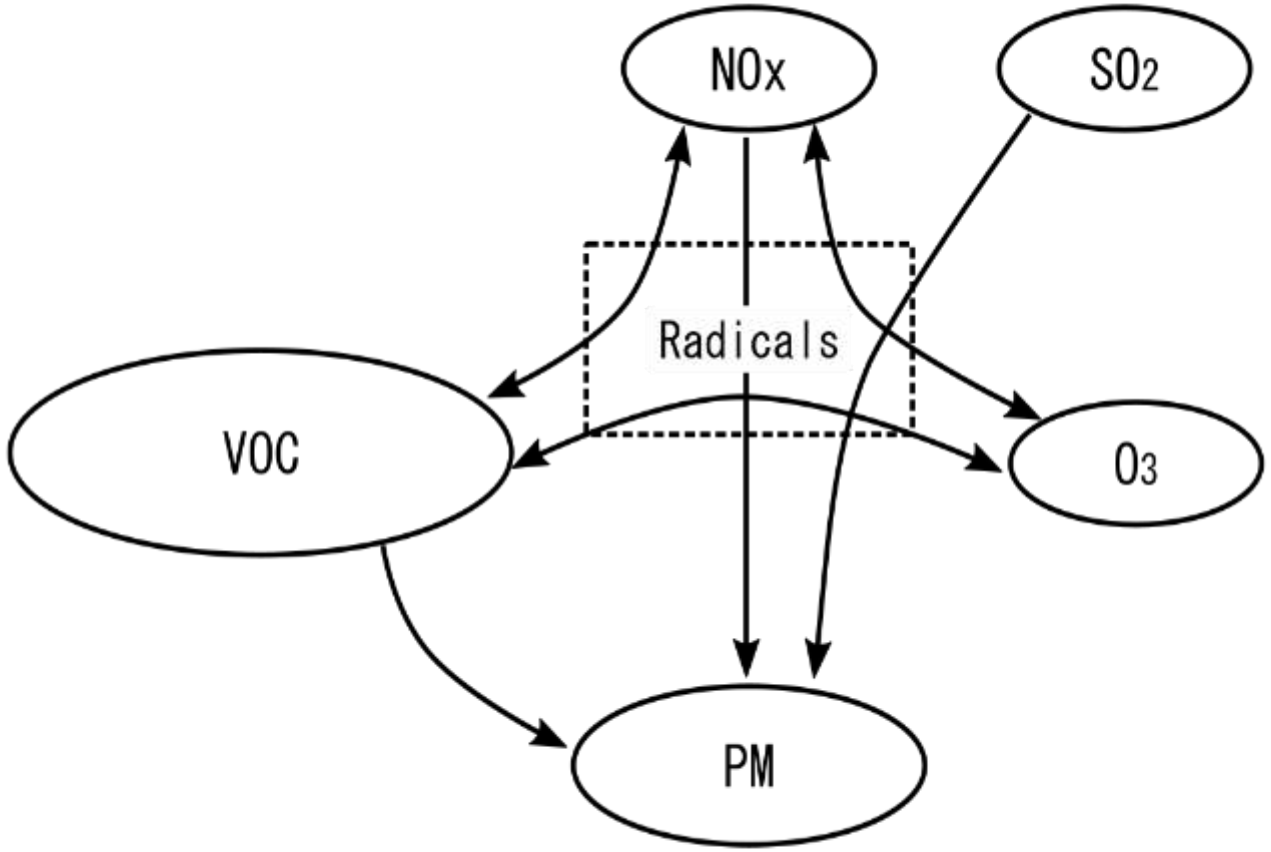
H+O_2->HO_2・

----------→ HCHO-> **2 HO_2・**＋CO

CH_3CHO ＋ｈ ν（紫外線のエネルギー） ->CH_3・+HCO・

HCO・＋O_2->HO_2・＋CO

----------→ HC_3CHO＋O_2->CH_3・＋CO＋**HO_2・**


NOx
SO2
Radicals
VOC
O3
PM

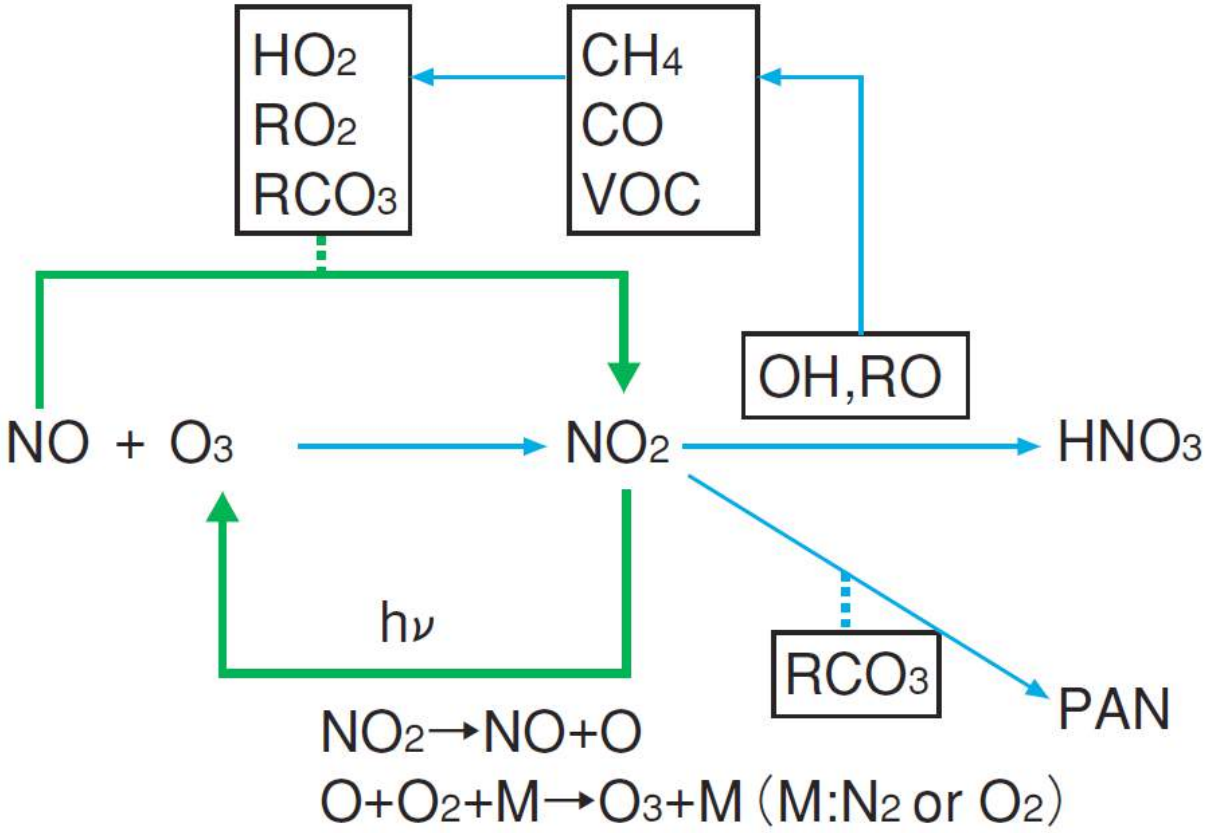


Figure 1-6.
Generation and transformation process of ozone and nitrogen compounds.
O3 is formed through the photolysis of NO2.
The production of NO2 is caused by O3 and peroxide radicals.
NO2, reacts again to become HNO3 and PAN.
Note: R indicates alkyl group, aryl group, etc. PAN indicates peroxyacetylnitrate.

acap.asia/publication/pdf/Ozone.pdf

アルカンのようなOHラジカルとのみ反応するVOCを$\mathrm{HC_1}$、$\mathrm{HC_2}$とすると、

$$\frac{d[\mathrm{HC_1}]}{dt} = -K_{\mathrm{OH_1}}[\mathrm{OH}][\mathrm{HC_1}]$$

$$\frac{d[\mathrm{HC_2}]}{dt} = -K_{\mathrm{OH_2}}[\mathrm{OH}][\mathrm{HC_2}]$$

$$\frac{d\dfrac{[\mathrm{HC_1}]}{[\mathrm{HC_2}]}}{dt} = -\frac{1}{[\mathrm{HC_2}]^2}\left(K_{\mathrm{OH_1}}[\mathrm{OH}][\mathrm{HC_1}][\mathrm{HC_2}] - K_{\mathrm{OH_2}}[\mathrm{OH}][\mathrm{HC_1}][\mathrm{HC_2}]\right)$$

$$= -[\mathrm{OH}]\left(K_{\mathrm{OH_1}}\frac{[\mathrm{HC_1}]}{[\mathrm{HC_2}]} - K_{\mathrm{OH_2}}\frac{[\mathrm{HC_1}]}{[\mathrm{HC_2}]}\right)$$

$$l_n\frac{[\mathrm{HC_1}]}{[\mathrm{HC_2}]} = -[\mathrm{OH}]\left(K_{\mathrm{OH_1}} - K_{\mathrm{OH_2}}\right)t + l_n\frac{[\mathrm{HC_1}]_0}{[\mathrm{HC_2}]_0}$$

国立公害研究所研究報告　第61号
Research Report from the National Institute for Environmental Studies, Japan, No. 61, 1984.

炭化水素 -窒素酸化物 -硫黄酸化物系光化学反応の研究

Studies on Photochemical Reactions of Hydrocarbon-Nitrogen-Sulfer Oxides System

環境大気中における光化学二次汚染物質生成機構の研究（フィールド研究 1）

Research on the Photochemical Secondary Pollutants Formation Mechanism in the Environmental Atmosphere (Part 1)

昭和55～57年度　特別研究報告（第３分冊）
Research Report in 1980—1982, Part 3

アルカンのようなOHラジカルとのみ反応するVOCをHC_1、HC_2とすると、

$$\frac{d[HC_1]}{dt} = -K_{OH_1}[OH][HC_1]$$

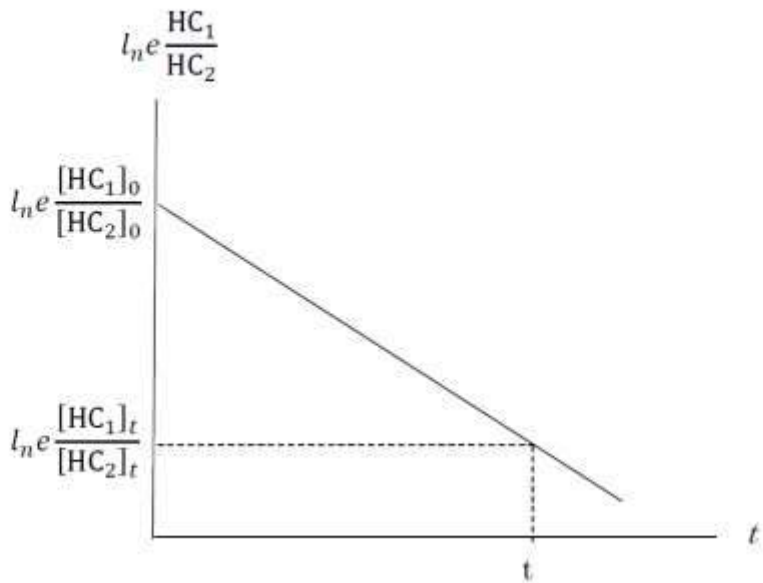
$$\frac{d[HC_2]}{dt} = -K_{OH_2}[OH][HC_2]$$

$$d\frac{[HC_1]}{[HC_2]} = -\frac{1}{[HC_2]^2}(K_{OH_1}[OH][HC_1][HC_2] - K_{OH_2}[OH][HC_1][HC_2])$$

$$= -[OH]\left(K_{OH_1}\frac{[HC_1]}{[HC_2]} - K_{OH_2}\frac{[HC_1]}{[HC_2]}\right)$$

積分して

$$l_n\frac{[HC_1]}{[HC_2]} = -[OH](K_{OH_1} - K_{OH_2})t + l_n\frac{[HC_1]_0}{[HC_2]_0}$$



図の傾きの$1/(K_{OH_1} - K_{OH_2})$が平均的なOHラジカル濃度となる。

又、初期濃度(発生源でのHC_1とHC_2の比率)が既知ならば、
移流時間tが$[HC_1]_t/[HC_2]_t$から推計出来る。

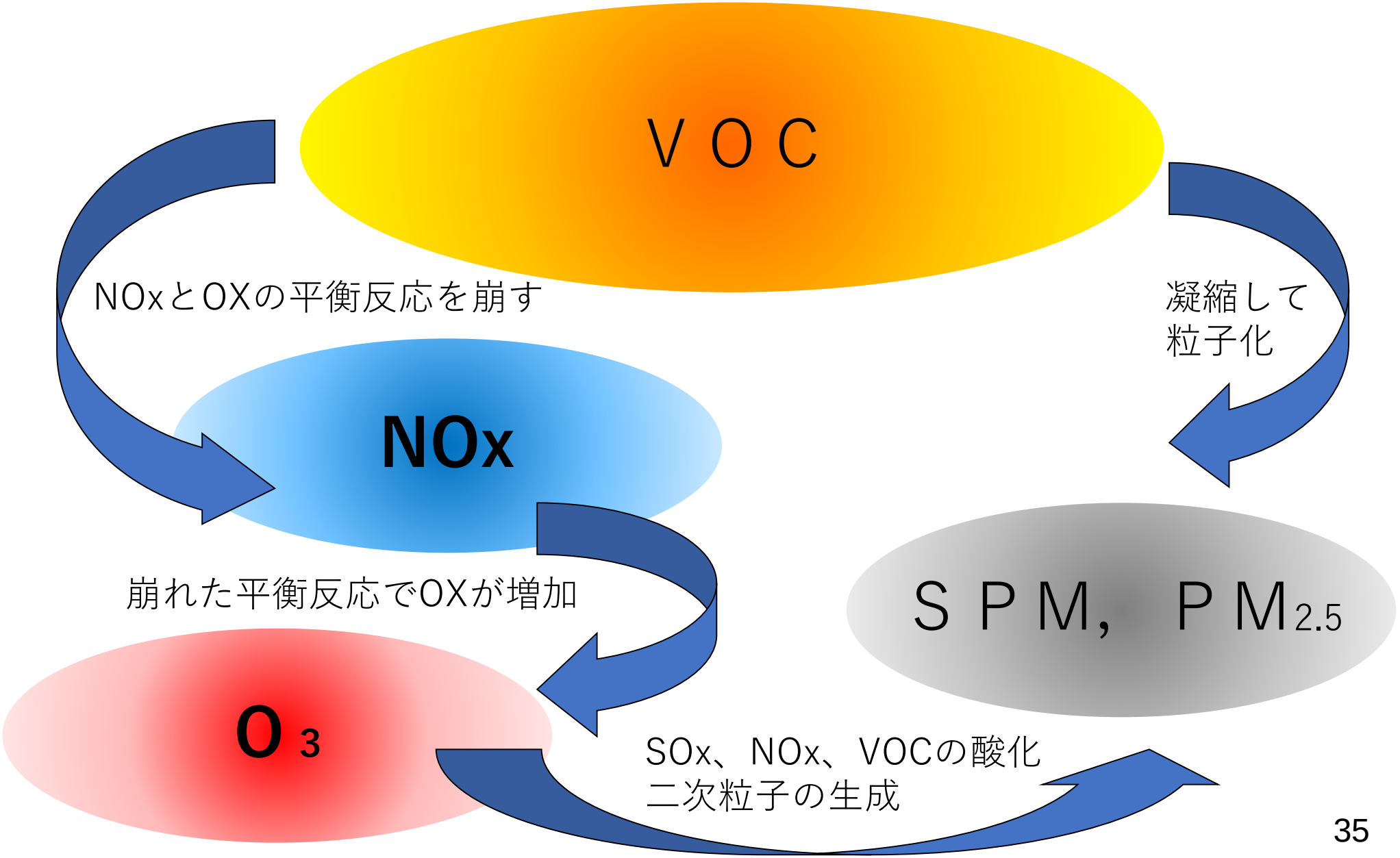
HCがO_3とも反応する反応性の高いHC_1、HC_2の組み合わせの場合には

$$l_n\frac{[HC_1]}{[HC_2]} = -\{[OH](K_{OH_1} - K_{OH_2}) + [O_3](K_{O_{3\cdot1}} - K_{O_{3\cdot2}})\}t + l_n\frac{[HC_1]_0}{[HC_2]_0}$$

となり、同様にOHラジカル濃度が求められる。夏季の光化学大気汚染発生時の日中のOHラジカル濃度は10^{-7}ppmのオーダーである。

OHラジカルは粒子形成にも大きく関る。
PM2.5成分の主要成分であるサルフェート(SO_4^{2-})はSO_2の酸化により生成する。

二次生成物質に対するVOCの役割



空気塊中でのSO_2とSO_4^{2-}濃度の時刻変化は

r：反応による変化、d：拡散による変化

$$\left(\frac{dSO_2}{dt}\right)_r = -K \cdot SO_2$$

$$\frac{dSO_2}{dt} = \left(\frac{dSO_2}{dt}\right)_d + \left(\frac{dSO_2}{dt}\right)_r$$

$$\frac{d(SO_2 + SO_4^{2-})}{dt} = \left(\frac{d(SO_2 + SO_4^{2-})}{dt}\right)_d$$

$$\left(\frac{1}{SO_2}\frac{dSO_2}{dt}\right)_d = \left(\frac{1}{SO_2 + SO_4^{2-}}\frac{d(SO_2 + SO_4^{2-})}{dt}\right)_d$$

$$\left(\frac{dSO_2}{dt}\right)_d = \left(\frac{SO_2}{SO_2 + SO_4^{2-}}\frac{d(SO_2 + SO_4^{2-})}{dt}\right)_d$$

$$\frac{dSO_2}{dt} - \left(\frac{dSO_2}{dt}\right)_r = \frac{SO_2}{SO_2 + SO_4^{2-}}\frac{d(SO_2 + SO_4^{2-})}{dt}$$

$$\left(\frac{dSO_2}{dt}\right)_r = \frac{dSO_2}{dt} - \frac{SO_2}{SO_2 + SO_4^{2-}}\frac{d(SO_2 + SO_4^{2-})}{dt} = -KSO_2$$

$$\frac{1}{SO_2}\frac{dSO_2}{dt} - \frac{1}{SO_2 + SO_4^{2-}}\frac{dSO_2 + SO_4^{2-}}{dt} = -K$$

$$l_n SO_2 - l_n(SO_2 + SO_4^{2-}) = -Kt + l_n SO_{2_0} - l_n\left(SO_{2_0} + SO_4^{2-}{}_0\right)$$

$$l_n \frac{SO_2}{SO_2 + SO_4^{2-}} = -Kt + l_n\left(\frac{SO_2}{SO_2 + SO_4^{2-}}\right)_0$$

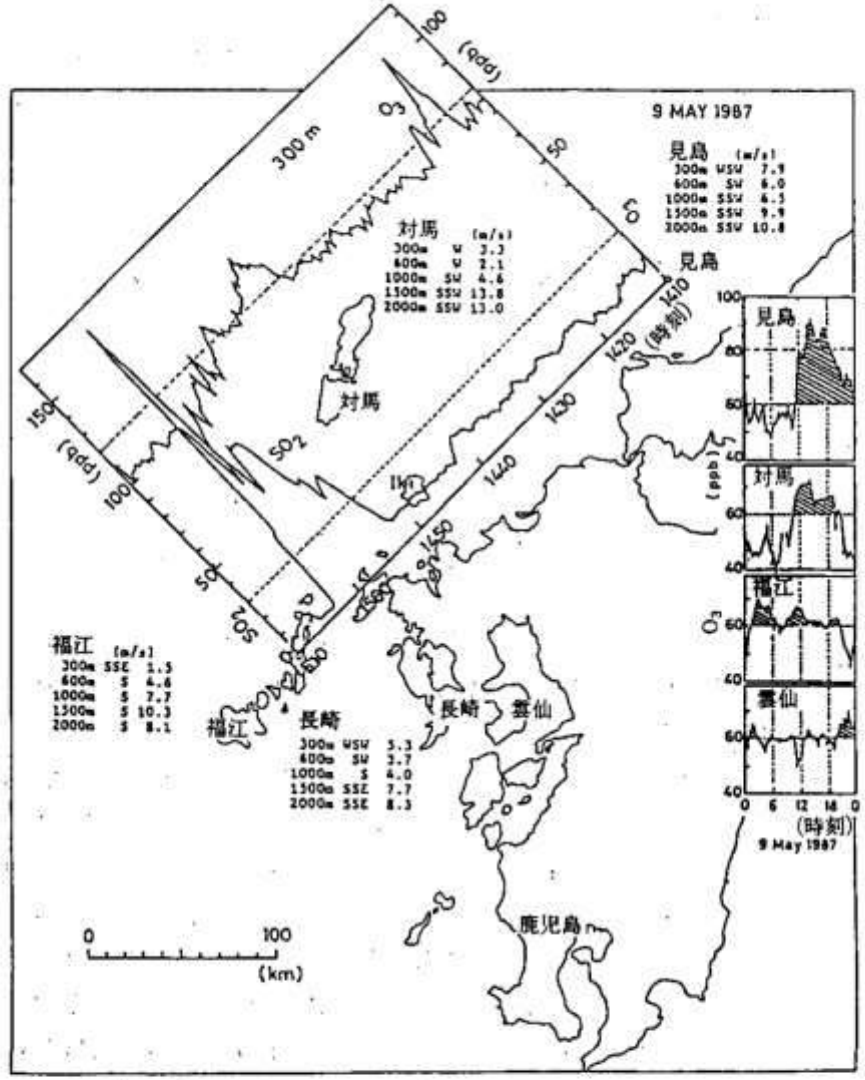


図15　1987年5月9日に見島，対馬，福江，雲仙野岳（1,142m）で観測したO_3の日変化及び海抜300mの高度での航空機観測によるO_3とSO_2の分布

航空機観測は5月9日，14時10分－15時10分に見島と五島列島の間で実施した。見島，対馬，長崎，福江で実施した15時の上空2,000mまでの風向風速も図中に示した。

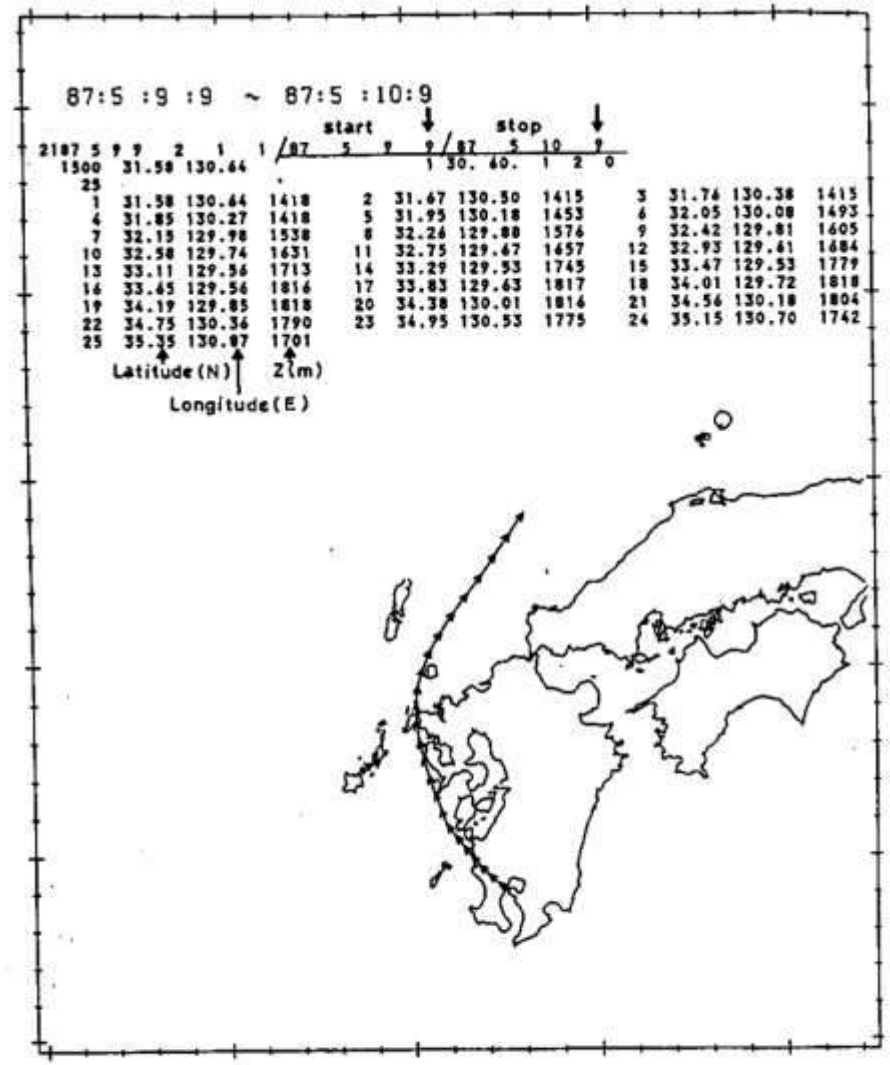


図16　1987年5月9日午前9時に桜島を出発した気流の等温位面流跡線

出発のときの高度は地上1,500mである。24時間にわたる流跡の緯度，経度及び高度も図中に示した。

雲物理過程を伴う列島規模大気汚染に関する研究

Study on Air Pollution Accompanied by Physical Process of Masses of Cloud Over Japanese Archipelago

昭和61年度～平成元年度
FY 1986～1989

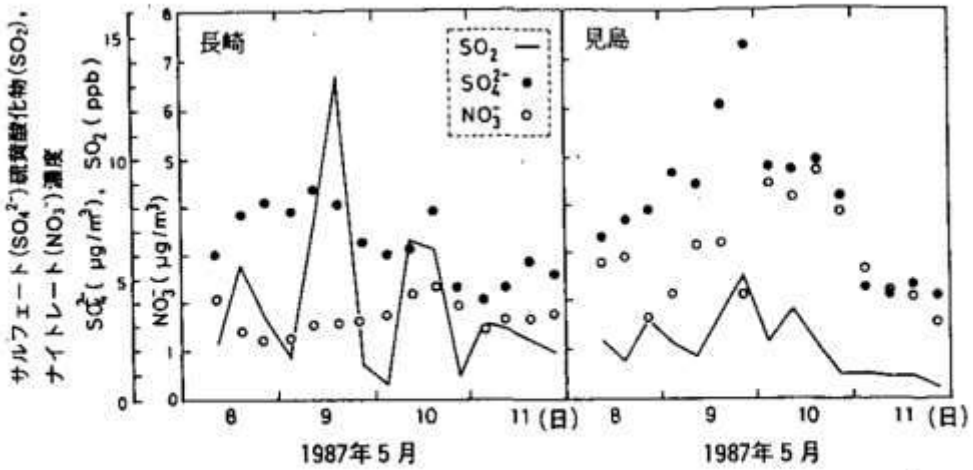


図22　1987年5月8～11日にかけての長崎市と見島におけるSO_2，SO_4^{2-}，NO_3^-の濃度の時刻変化

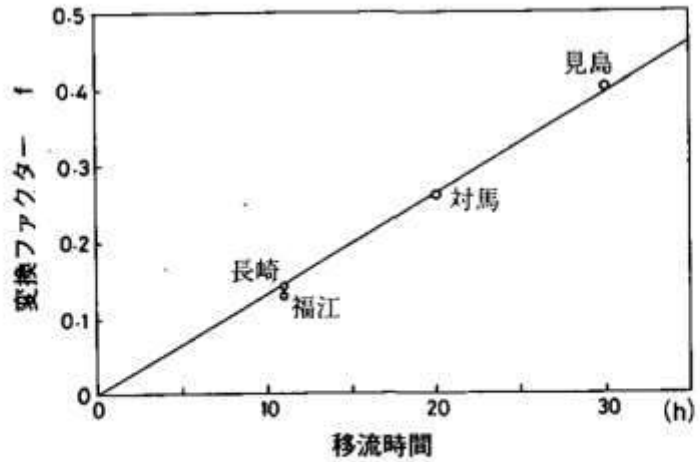


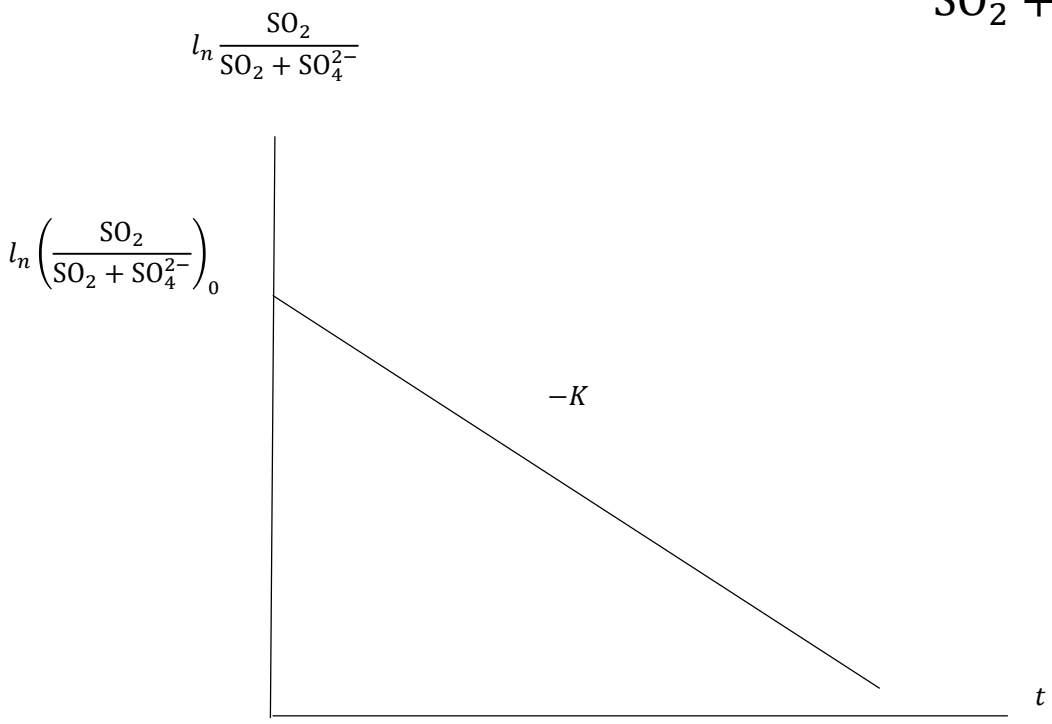
図23　火山からの煙の移流時間とサルフェートへの変換ファクター(f)の関係
f (=SO_4^{2-} (S) / (SO_2 (S) +SO_4^{2-} (S))，

(1) ～ (4) よりSO_2のSO_4^{2-}への変換率kは (5) 式で求められる。

$$k = \frac{d\left(\ln \frac{SO_2+SO_4^{2-}}{SO_2}\right)}{dt} \qquad (5)$$

1987年5月の観測における福江，長崎，対馬，見島でのSO_2とSO_4^{2-}の6時間平均の濃度変化を図22に示した。また図23にはこの観測データと図16に示した流跡線計算の結果を用いて得られた総硫黄量に対するSO_4^{2-}の硫黄量の割合を示した。その関係は直線的である。この値をもとにしてkを求めたところ約1.4 %/hの値が得られた。この値は2.1.3で述べた関東甲信地域の夏季の数値シミュレーション結果の約1/2の値であった。変換速度はそのときのOHラジカ

$$l_n \frac{SO_2}{SO_2 + SO_4^{2-}} = -Kt + l_n \left(\frac{SO_2}{SO_2 + SO_4^{2-}} \right)_0$$



$K \approx 1\sim3\ \% / hr$

- １、はじめに（発生源・化学反応・気象）
- ２、大気汚染物質の環境基準
- ３、大気汚染の化学（ラジカルの役割を中心として）
- **４、大気汚染の気象学（局地気象を中心として）**
- ５、大気汚染の立体分布と広域大気汚染
- ６、大気汚染のトレンドと対策
- ７、まとめ　地域大気と地球環境

Pergamon

Atmospheric Environment Vol. 30, No. 5, pp. 715–721, 1996
Copyright © 1996 Elsevier Science Ltd
Printed in Great Britain. All rights reserved
1352-2310/96 $15.00 + 0.00

1352-2310(95)00274-X

RECENT TRENDS IN PRECURSOR CONCENTRATIONS AND OXIDANT DISTRIBUTIONS IN THE TOKYO AND OSAKA AREAS

SHINJI WAKAMATSU*, TOSHIMASA OHARA† and ITSUSHI UNO*

*National Institute for Environmental Studies, Onogawa 16-2, Tsukuba 305, Japan; and †Institute of Behavioral Sciences, Honmuracho 2-9, Ichigaya, Shinjuku, Tokyo 162, Japan

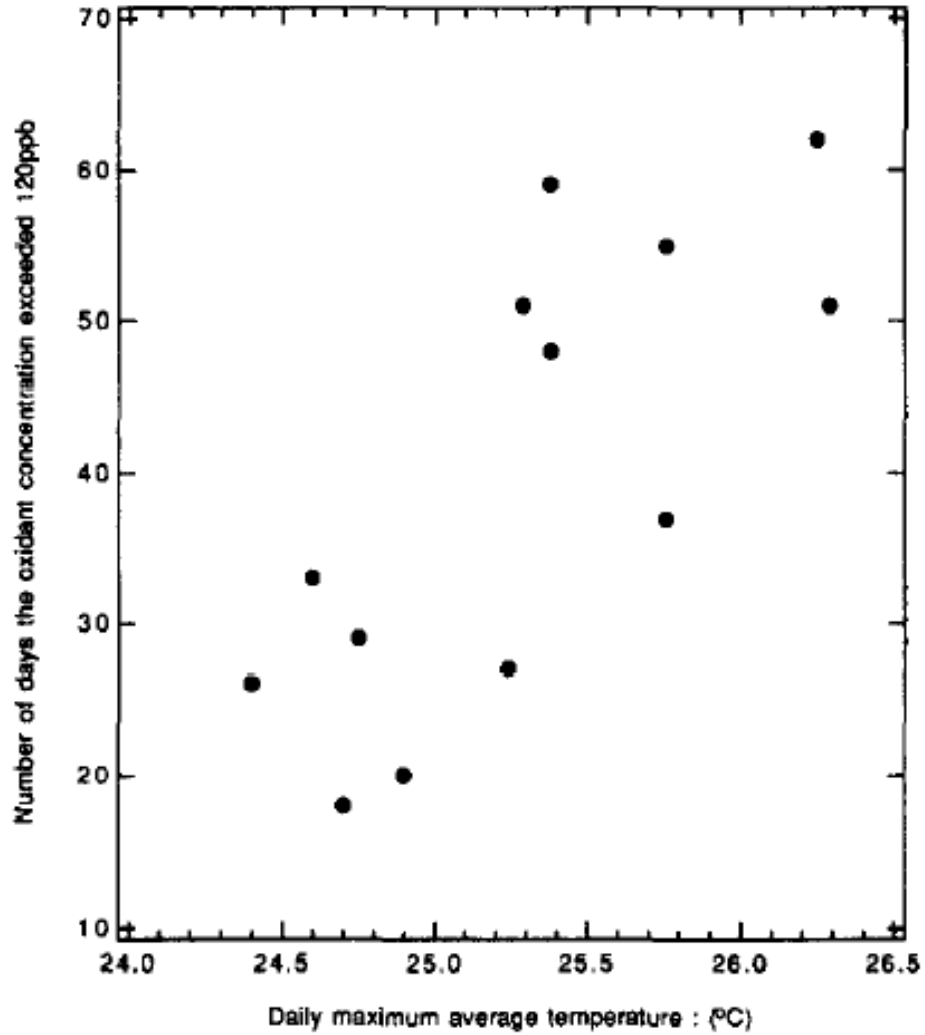
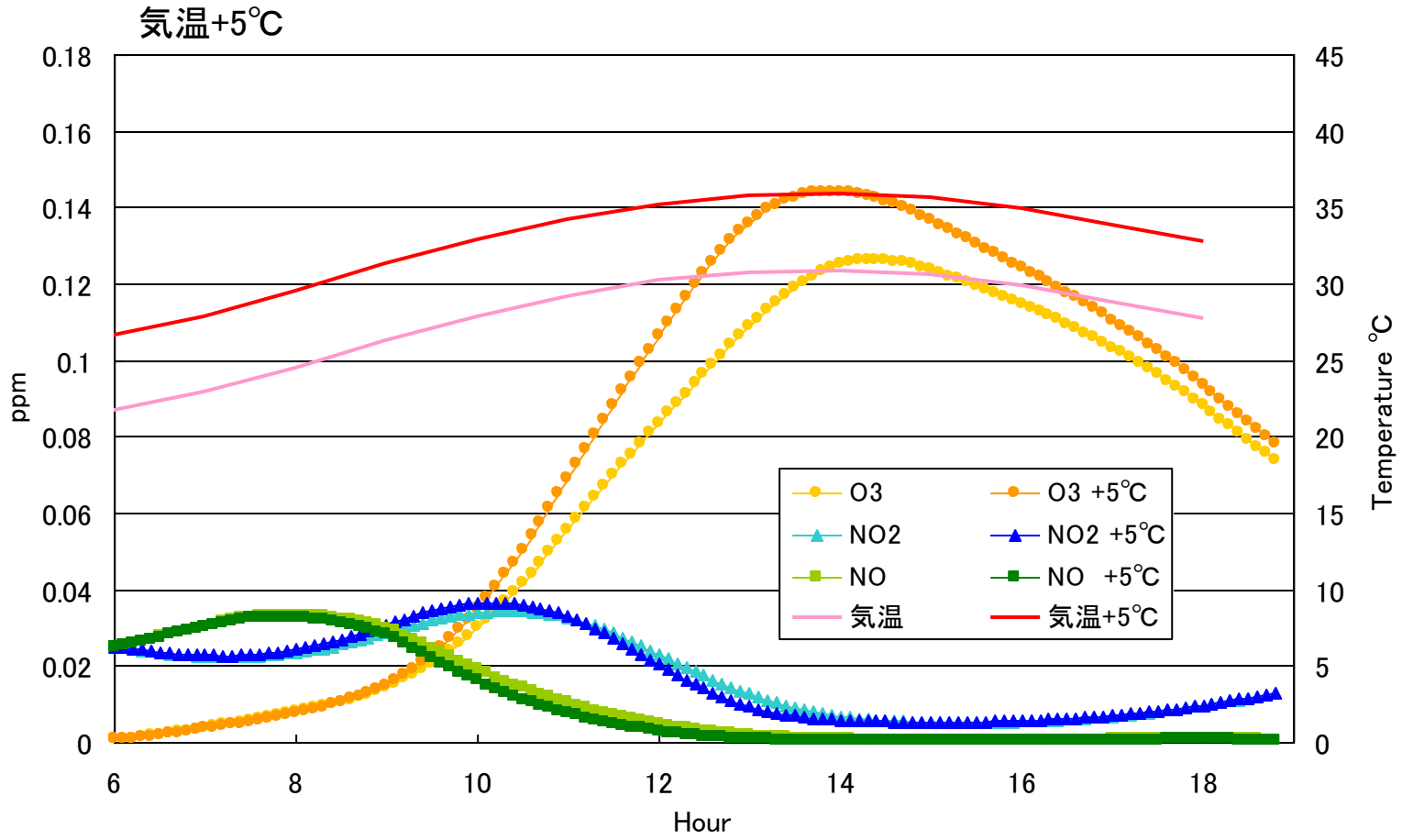
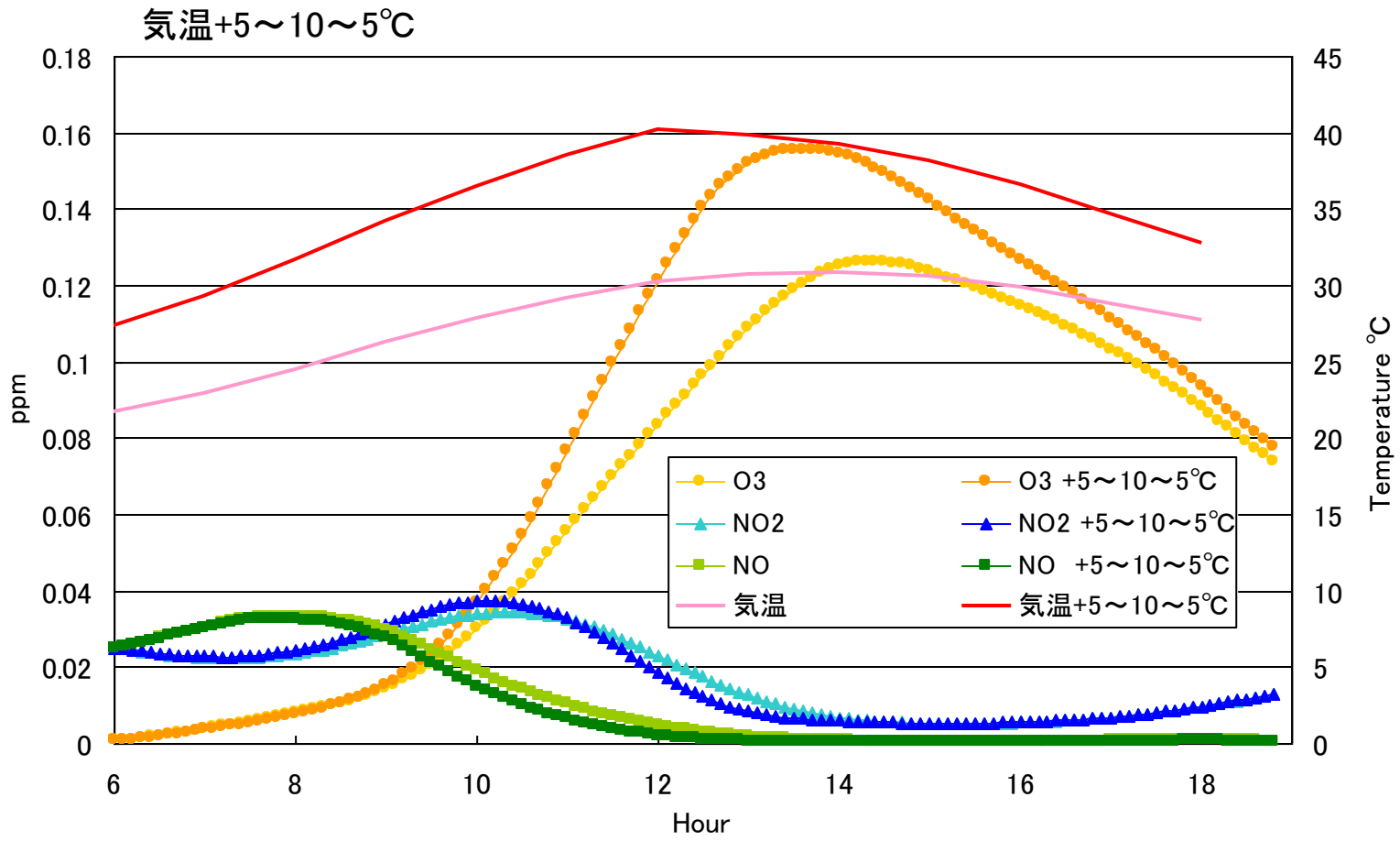
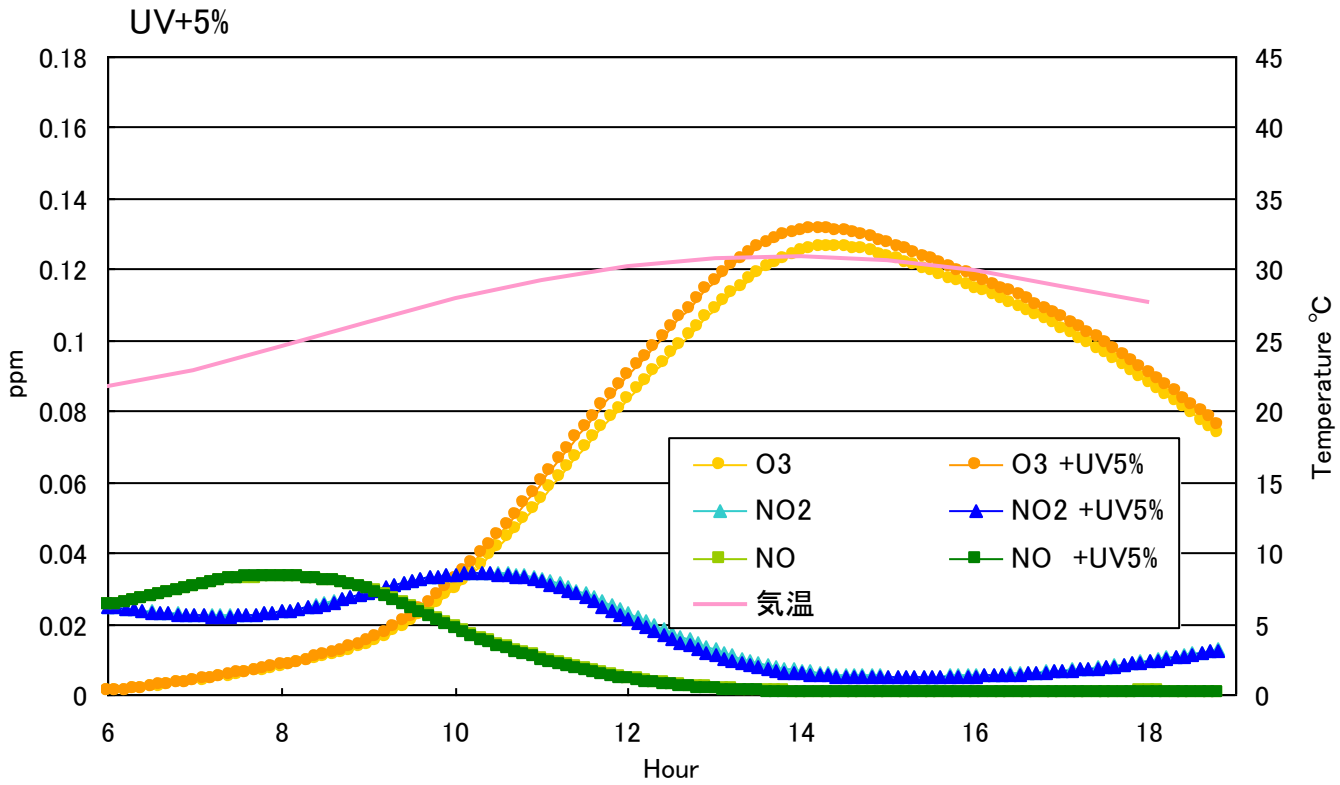
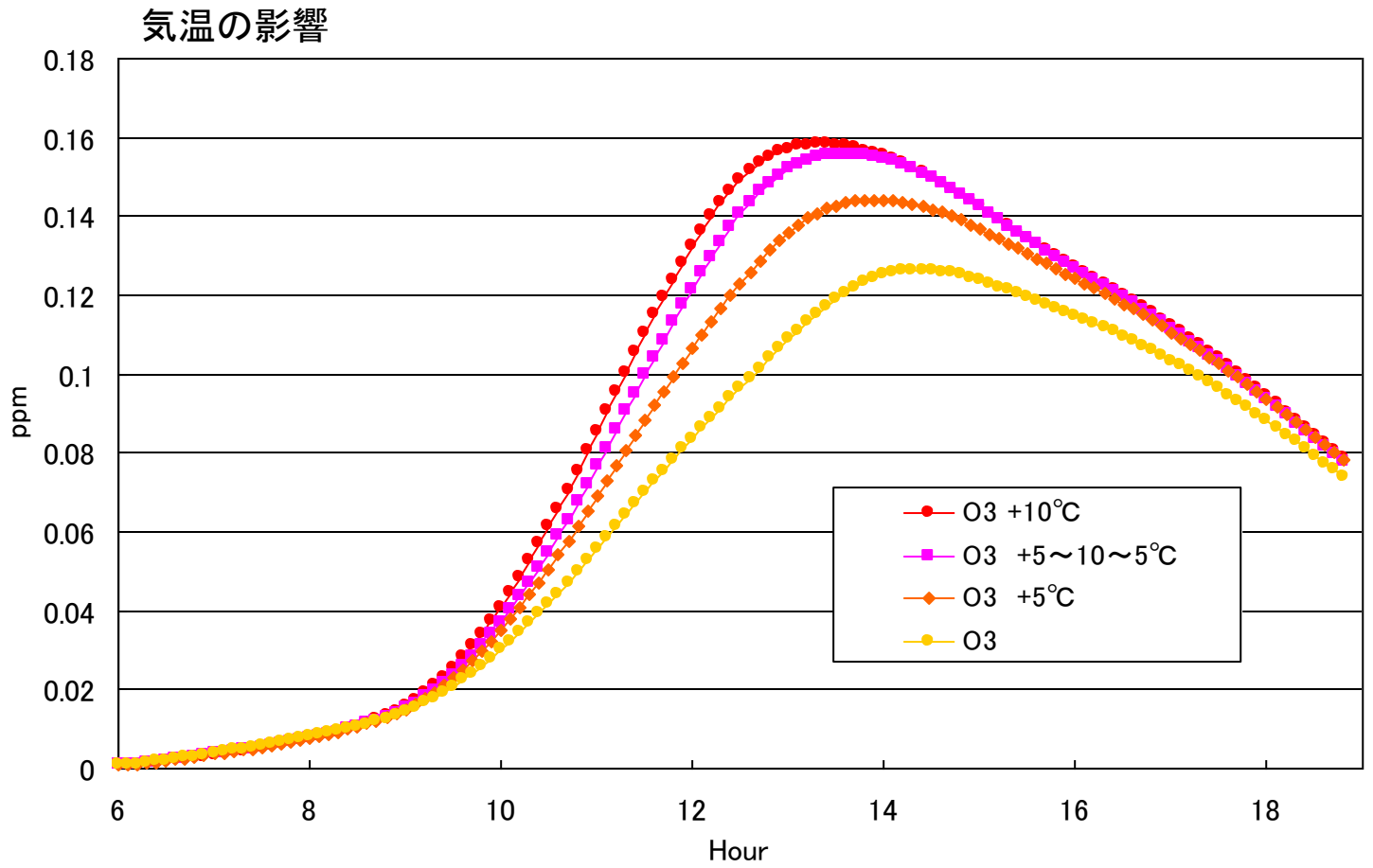


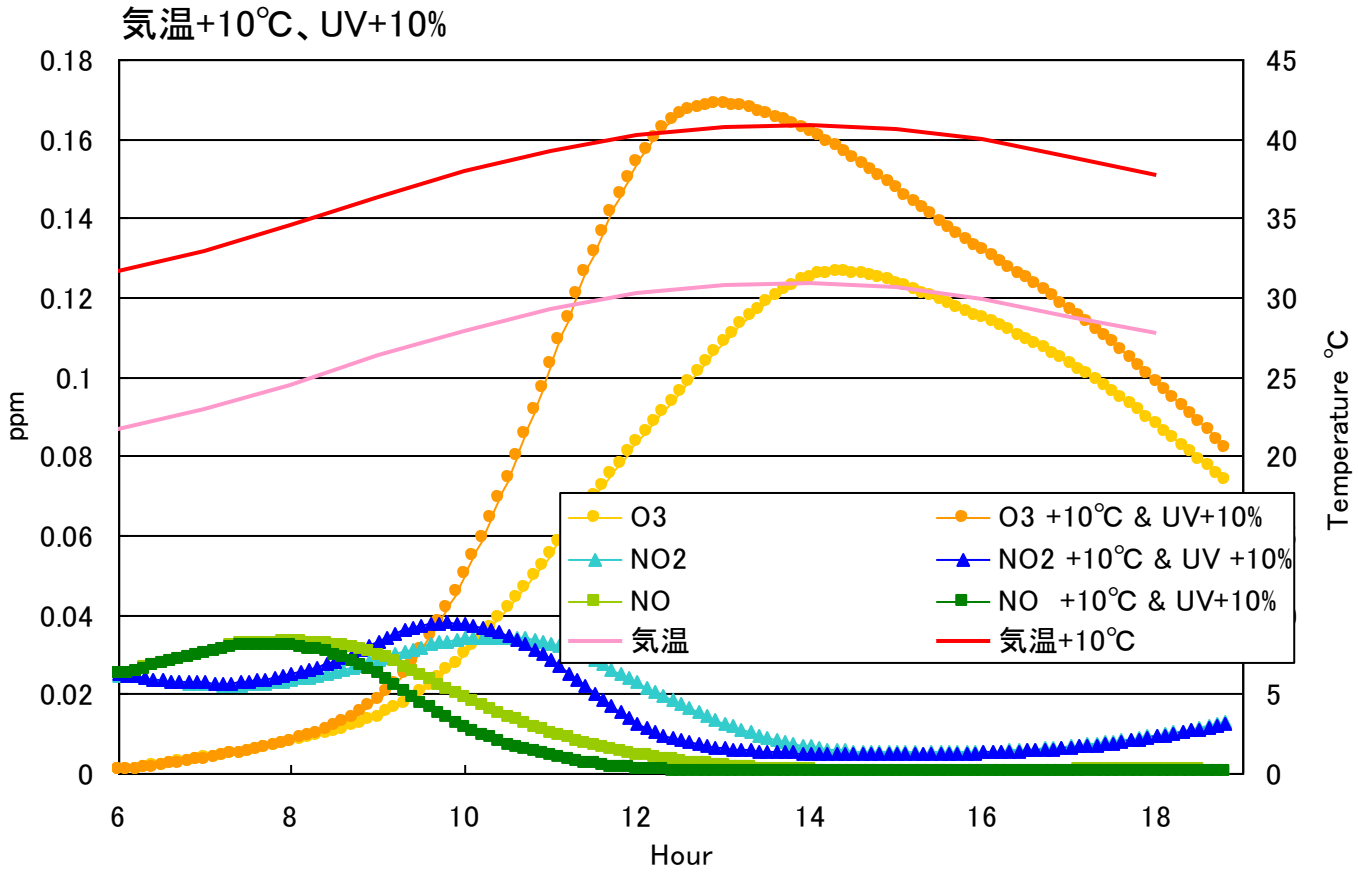
Fig. 3. Relationship between the number of days the daily maximum oxidant concentration exceeds 120 ppb and daily maximum average temperature during April–September in the Kanto area from 1978 to 1990.


気温+5℃
0.18
0.16
0.14
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
ppm
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Temperature ℃
6
8
10
12
14
16
18
Hour
O3
O3 +5℃
NO2
NO2 +5℃
NO
NO +5℃
気温
気温+5℃


気温+5～10～5℃
0.18
0.16
0.14
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
ppm
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Temperature ℃
6
8
10
12
14
16
18
Hour
O3
NO2
NO
気温
O3 +5～10～5℃
NO2 +5～10～5℃
NO +5～10～5℃
気温+5～10～5℃


UV+5%
0.18
0.16
0.14
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
ppm
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Temperature ℃
6
8
10
12
14
16
18
Hour
O3
O3 +UV5%
NO2
NO2 +UV5%
NO
NO +UV5%
気温


気温の影響
0.18
0.16
0.14
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
ppm
6
8
10
12
14
16
18
Hour
O3 +10℃
O3 +5～10～5℃
O3 +5℃
O3


気温+10℃、UV+10%
0.18
0.16
0.14
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
ppm
45
40
35
30
25
20
5
0
Temperature ℃
6
8
10
12
14
16
18
Hour
O3
NO2
NO
気温
O3 +10℃ & UV+10%
NO2 +10℃ & UV +10%
NO +10℃ & UV+10%
気温+10℃

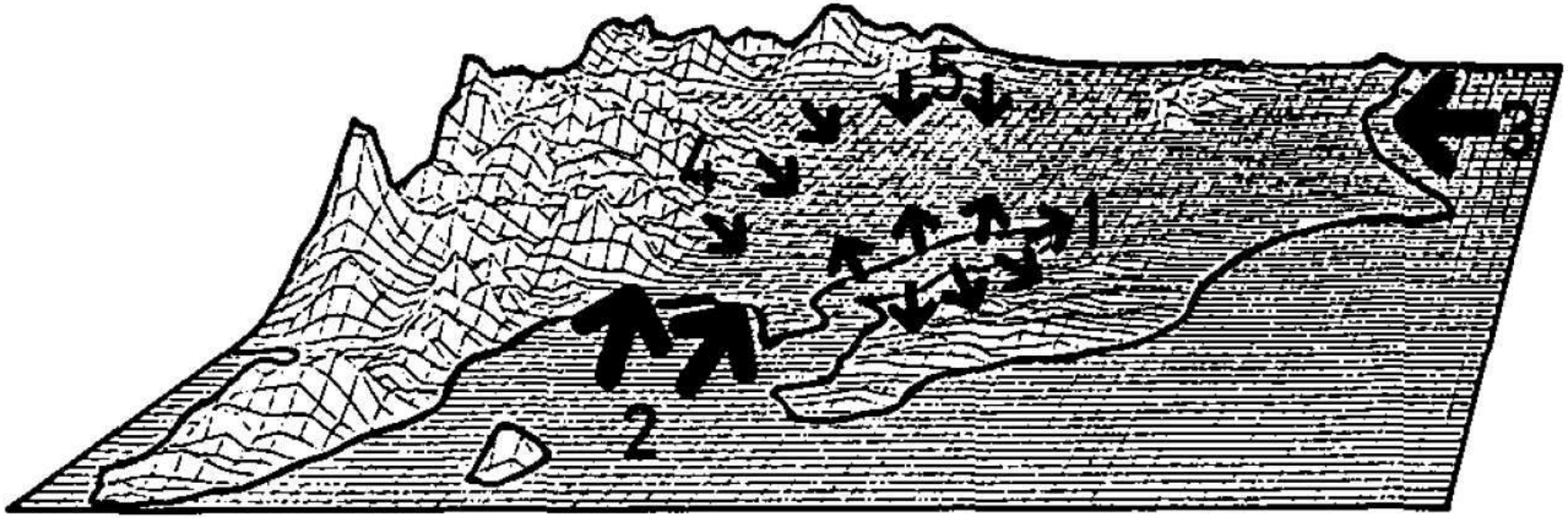


図　2　首都圏地域の地型と局地風系パターン

図中の数字は，以下の局地風に対応する。

1．東京湾海陸風

2．相模湾海風と夏季における季節風

3．鹿島方面からの東風

4．西部山岳地域からの山谷風

5．北部山岳地域からの山谷風

若松伸司 (1975):神奈川県の海風と大気汚染（1）、*日本気象学会誌、天気*、22巻2号,33-37.

神奈川県の海風と大気汚染（1）*

若　松　伸　司**

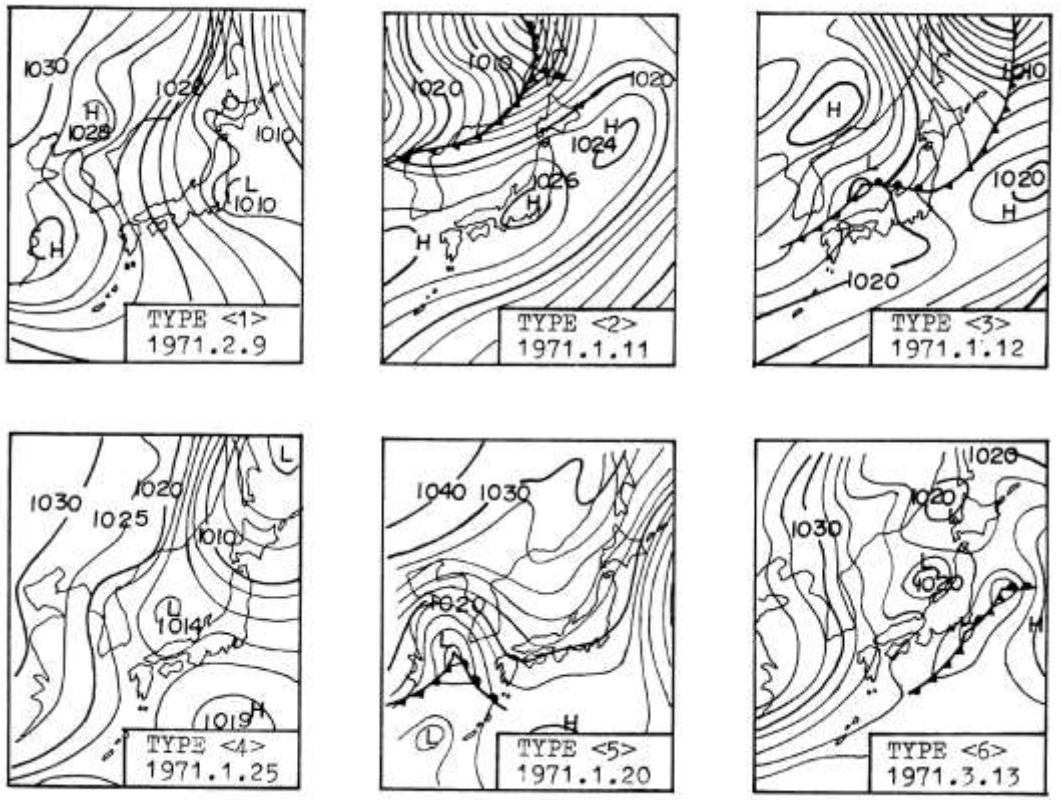
要　旨

横浜，川崎臨海地区における冬季の大気汚染と海風との関連について述べる．

1. はじめに

多重排煙源からの，広域にわたる環境汚染を管理する手法として，数学的汚染モデルを用いた汚染予測の手法があり，工場地帯新設の際の環境濃度の評価や，既存の汚染地区における汚染物排出量の規制のためによく利用されている．しかしながらこれらのモデルは，多くの制約を含んでいるため対象とする地域の特徴を十分に把握しておかなければ，誤った結果を導く事にもなりかねない．

数学的な汚染モデルでは，個々の排煙点，もしくは，排煙面から排出された煙の，空間的，時間的分布を，拡散や，移流の式で近似し，個々の煙源からの煙の濃度



第1図　高濃度が発生しやすい気圧配置

* Sea breeze and Air Pollution in Kanagawa Prefecture. part

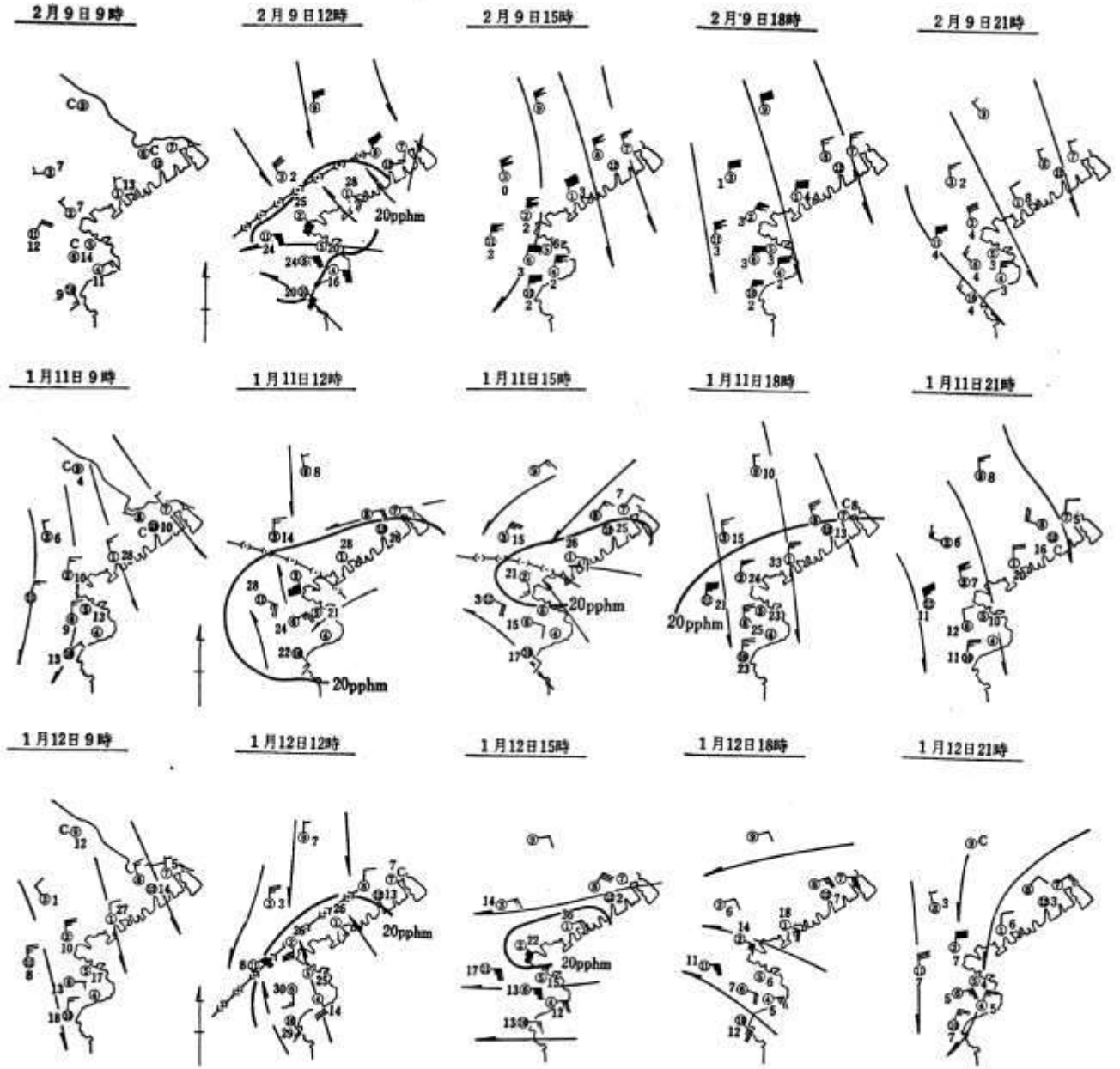
** S. Wakamatsu, 神奈川県公害センター

——1974年4月3日受理——

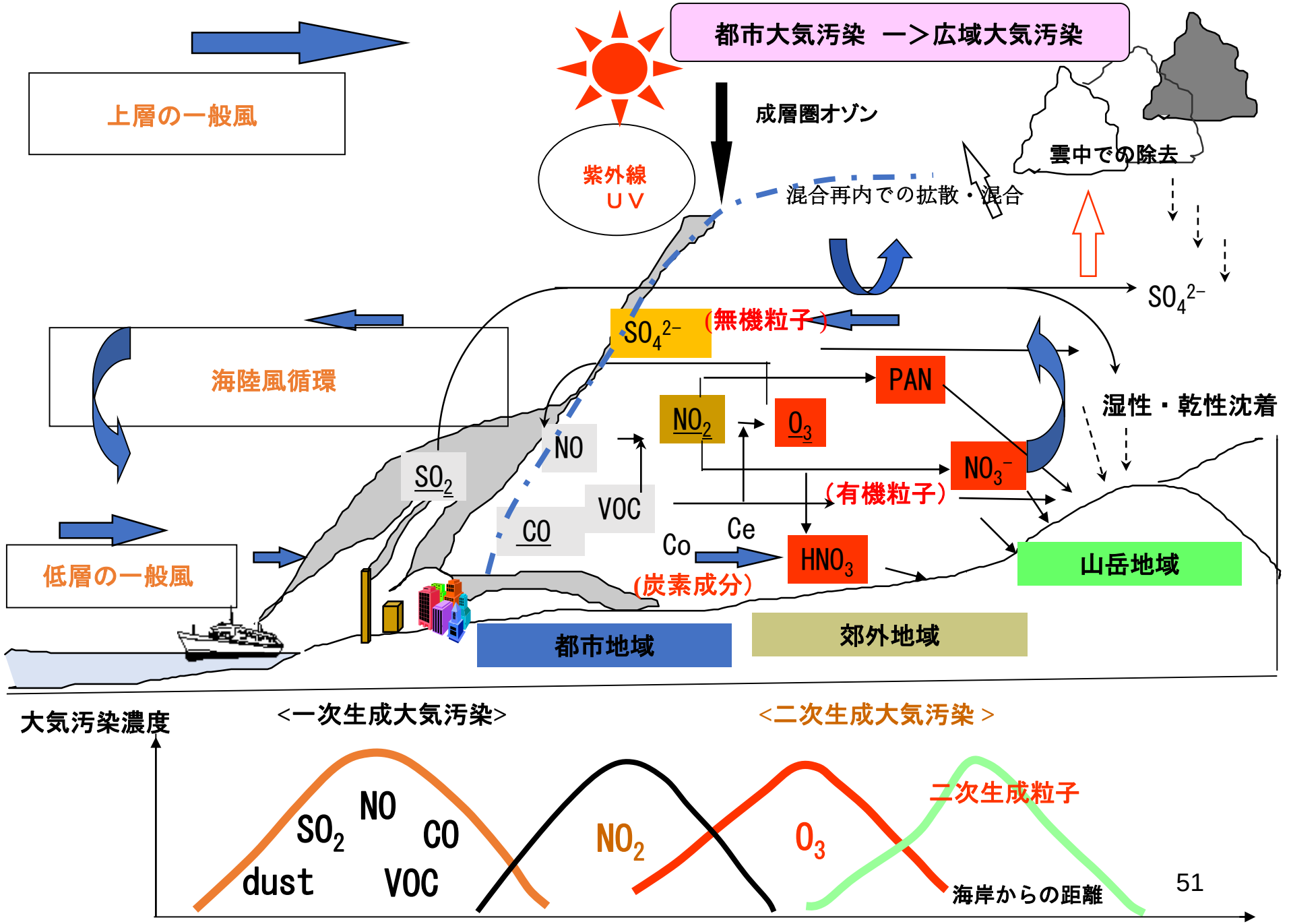
1975年2月

第1表　高汚染日の海陸風及び局地不連続線

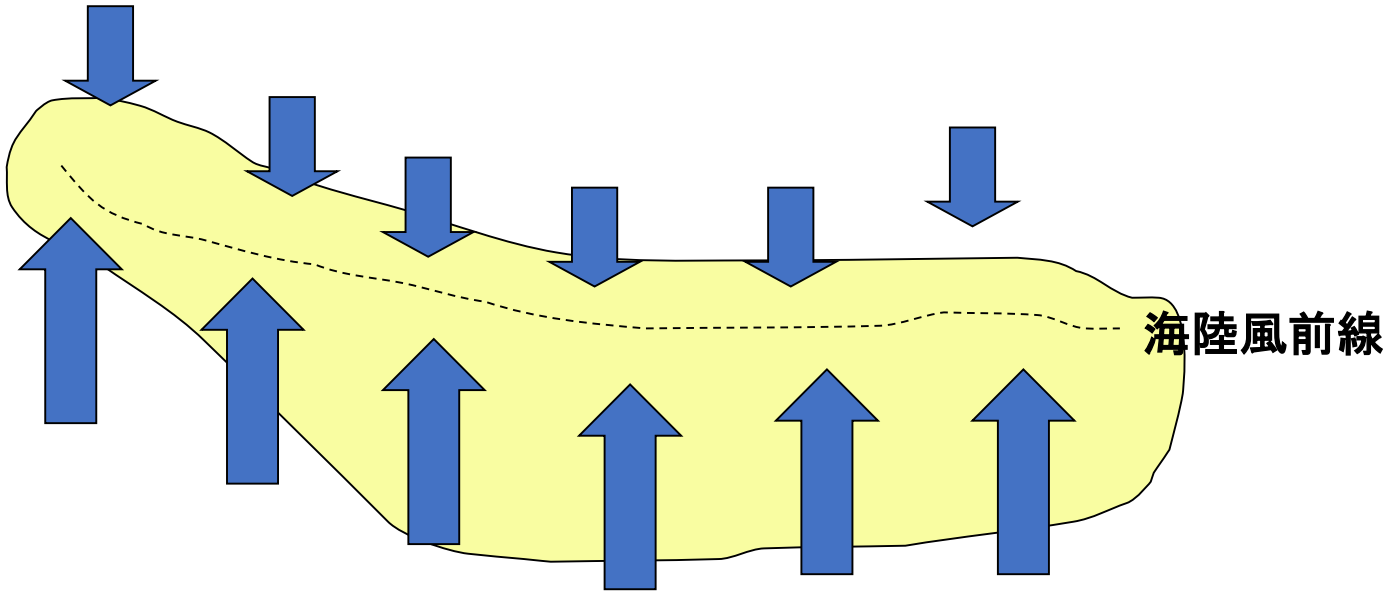
年	月	日	気圧配置のタイプ	海陸風（あり○ なし×）	局地不連続線（なし×）	出現時刻（時）	年	月	日	気圧配置のタイプ	海陸風（あり○ なし×）	局地不連続線（なし×）	出現時刻（時）
1970	12	2	Type 4	○	×	—	1971	2	5	Type 1	○	F_A	12
	〃	5	1	○	×	—		〃	9	1	○	F_A	9, 12
	〃	6	1	○	×	—		〃	21	3	○	×	—
	〃	7	1	○	×	—		〃	22	6	○	×	—
	〃	10	2	○	F_A	15		3	2	1	○	F_A	12
	〃	15	1	○	F_A	9		〃	9	1	○	×	—
	〃	16	2	○	F_A	9		〃	12	1	○	×	—
	〃	17	3	×	F_A, F_L	9, 15		〃	13	6	○	F_A	15
	〃	18	6	×	×	—		〃	16	4	○	F_A	10
	〃	22	3	○	×	—		〃	18	2	○	×	—
	〃	24	1	○	F_A	12		〃	19	4	○	F_A	10
1971	1	7	1	○	F_B	18		〃	20	4	○	F_A	9, 10
	〃	11	2	○	F_A, F_B	12, 15		12	2	2	○	×	—
	〃	12	3	×	F_F	21		〃	17	2	○	×	—
	〃	13	3	×	F_L	15, 18		〃	18	3	○	F_A	10
	〃	15	2	○	×	—	1972	1	19	4	○	F_A	12
	〃	20	5	○	F_A	15		〃	20	6	○	F_A, F_B	9, 15
	〃	22	6	×	×	—		〃	23	4	○	F_A, F_B	9, 15
	〃	25	4	○	F_A	9, 12		2	16	4	○	×	—
	〃	27	1	○	F_A	12		3	17	3	○	×	—
	〃	31	1	○	F_A	9		12	5	2	○	F_A	11
	2	2	1	○	F_A	12		〃	6	3	○	F_B	12



第2図　地上流線と濃度分布 TYPE (1)～(3)


都市大気汚染　ー＞広域大気汚染
上層の一般風
成層圏オゾン
紫外線
ＵＶ
雲中での除去
混合再内での拡散・混合
SO_4^{2-}
SO_4^{2-}（無機粒子）
海陸風循環
PAN
NO_2
O_3
湿性・乾性沈着
NO
SO_2
NO_3^-
（有機粒子）
VOC
CO
Co
Ce
HNO_3
低層の一般風
山岳地域
（炭素成分）
都市地域
郊外地域
大気汚染濃度
<一次生成大気汚染>
<二次生成大気汚染 >
SO_2
NO
CO
dust
VOC
NO_2
O_3
二次生成粒子
海岸からの距離

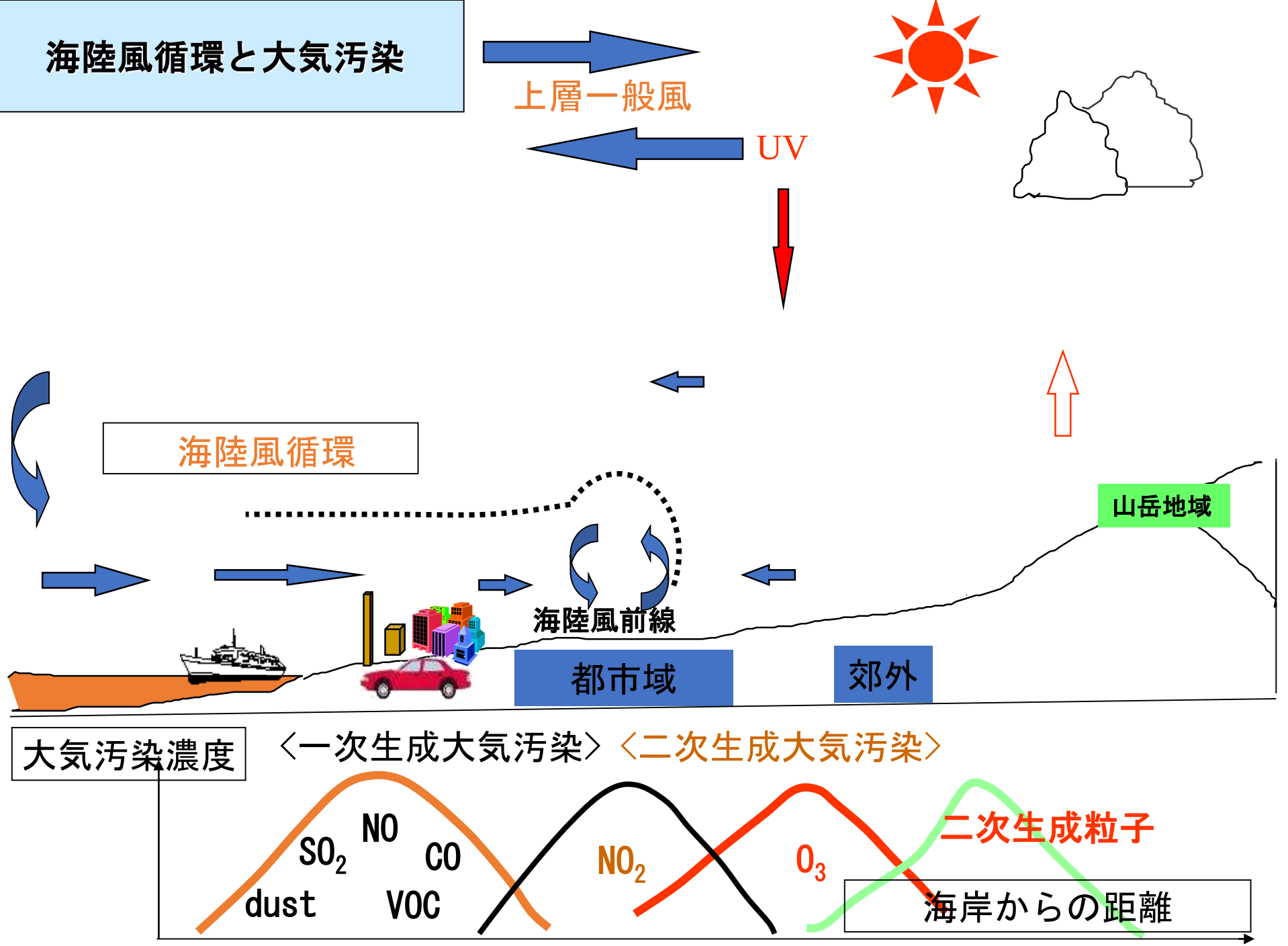
平野側



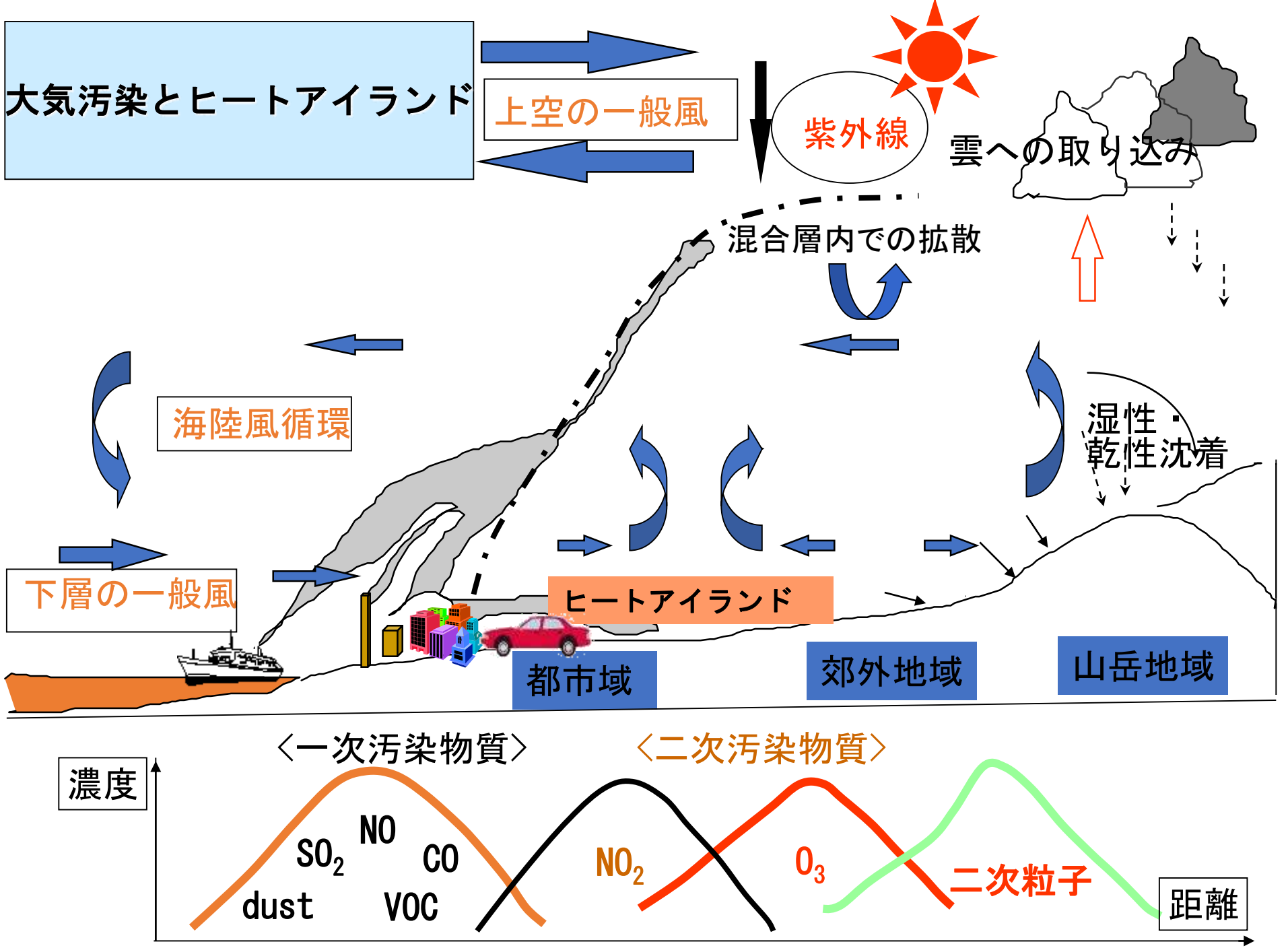
高濃度大気汚染発生地域

海側

海陸風循環と大気汚染


上層一般風
UV
海陸風循環
山岳地域
海陸風前線
都市域
郊外
大気汚染濃度
〈一次生成大気汚染〉〈二次生成大気汚染〉
SO2
NO
CO
dust
VOC
NO2
O3
二次生成粒子
海岸からの距離

大気汚染とヒートアイランド



2000年8月4日　15時　の観測結果

高度300mでの航空機観測結果	気温 ℃	O3 ppb	NOx ppb	0.3ミクロン以上の粒子個数 オーダー
①**横浜**（N35°　35．0′、E139°　36′）	30	60	20	10000
東京湾沿岸海水温（放射温度）　28°　C				
②**和光**（N35°　48．5′、E139°　36′）	33	180	40	100000
③**桶川**（N35°　59．0′、E139°　36′）	34	150	30	100000
④**鹿島**	30	50	10	10000
鹿島沿岸海水温（放射温度）　22°　C				
⑤**鹿島海上**	27	40	1	1000
横須賀海上　海水温26°　C				

地表面放射温度は横須賀で30°　ー＞東京で40～45°　C

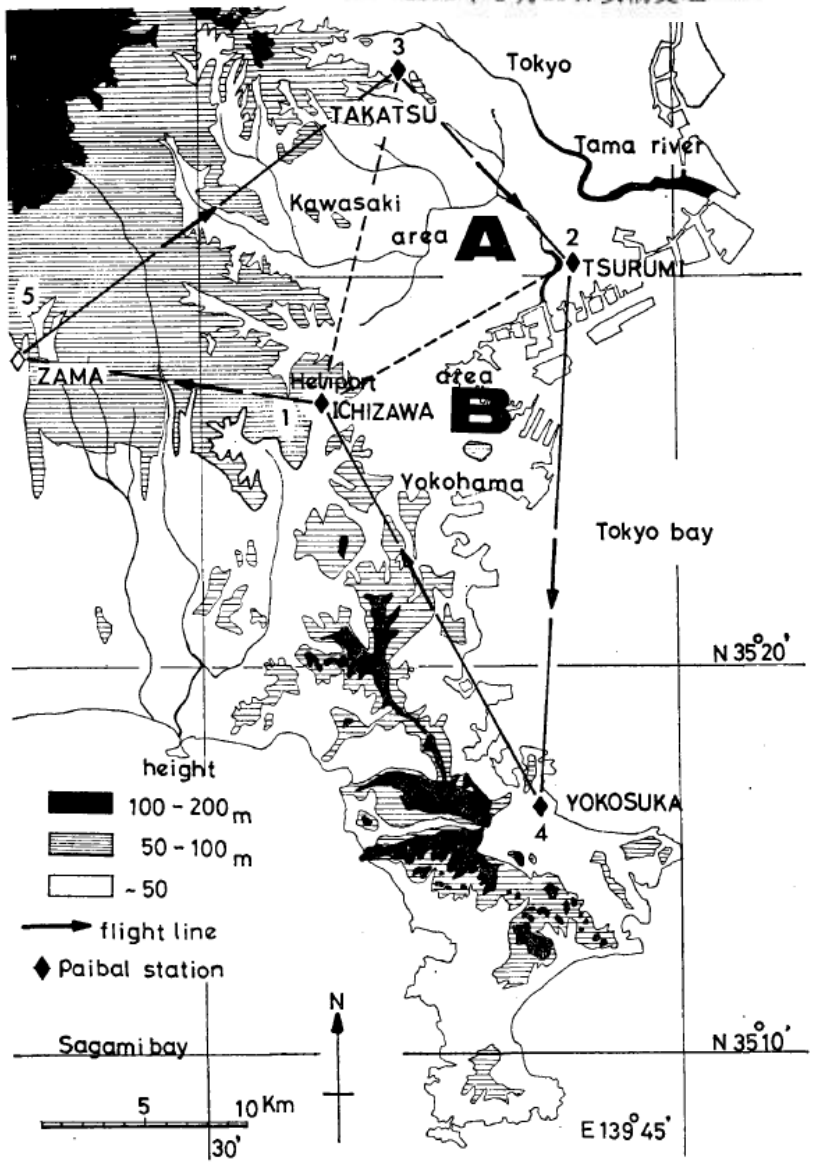
12：30～17：20の間、関東地域の茨城、千葉、東京、埼玉において光化学大気汚染注意報発令

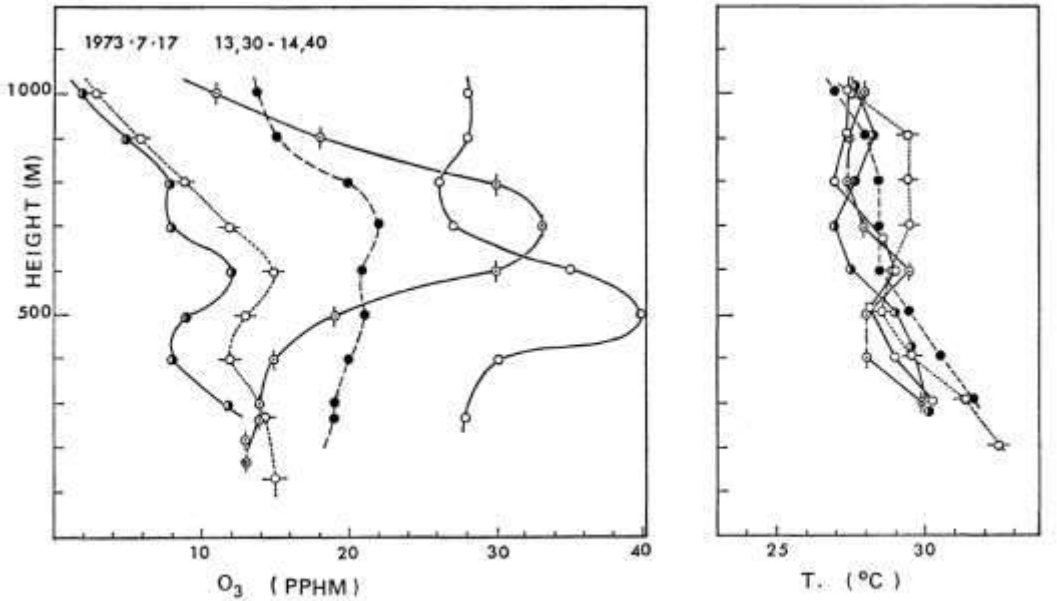
夜（21時～23時）の航空機観測では、内陸でオゾンが高濃度。
水平分布観測高度300～600m, 120ppb
垂直には1400mまで130ppb

- １、はじめに（発生源・化学反応・気象）
- ２、大気汚染物質の環境基準
- ３、大気汚染の化学（ラジカルの役割を中心として）
- ４、大気汚染の気象学（局地気象を中心として）
- **５、大気汚染の立体分布と広域大気汚染**
- ６、大気汚染のトレンドと対策
- ７、まとめ　地域大気と地球環境

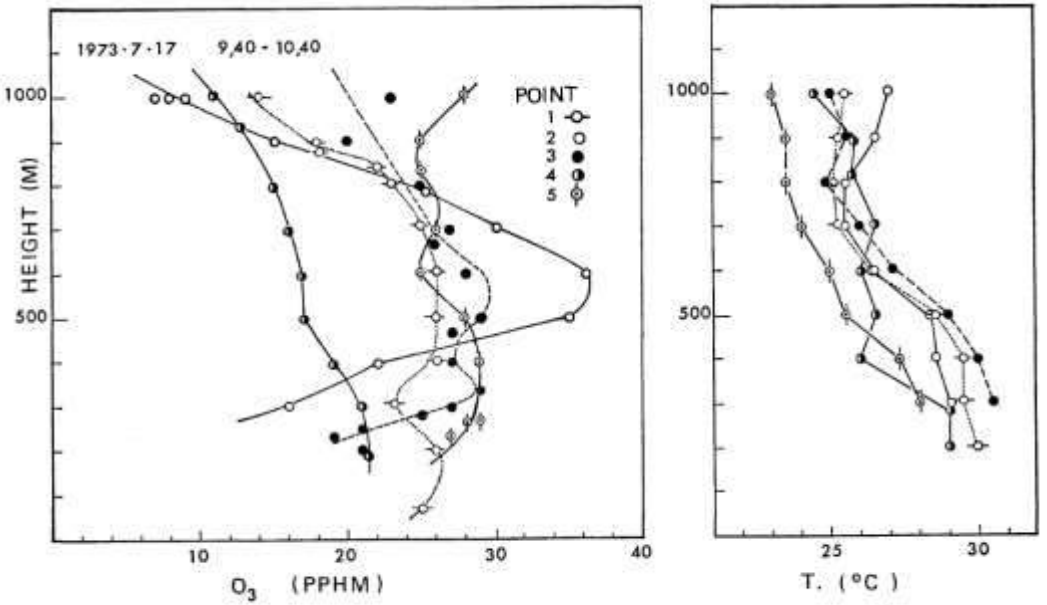
若松伸司 (1975):接地境界層内部でのオゾンの鉛直分布、*日本気象学会誌、天気*、22巻9号,38-44.

S. Wakamatsu, 神奈川県公害センター
——1975年1月20日原稿受理——
——1975年6月10日改稿受理——

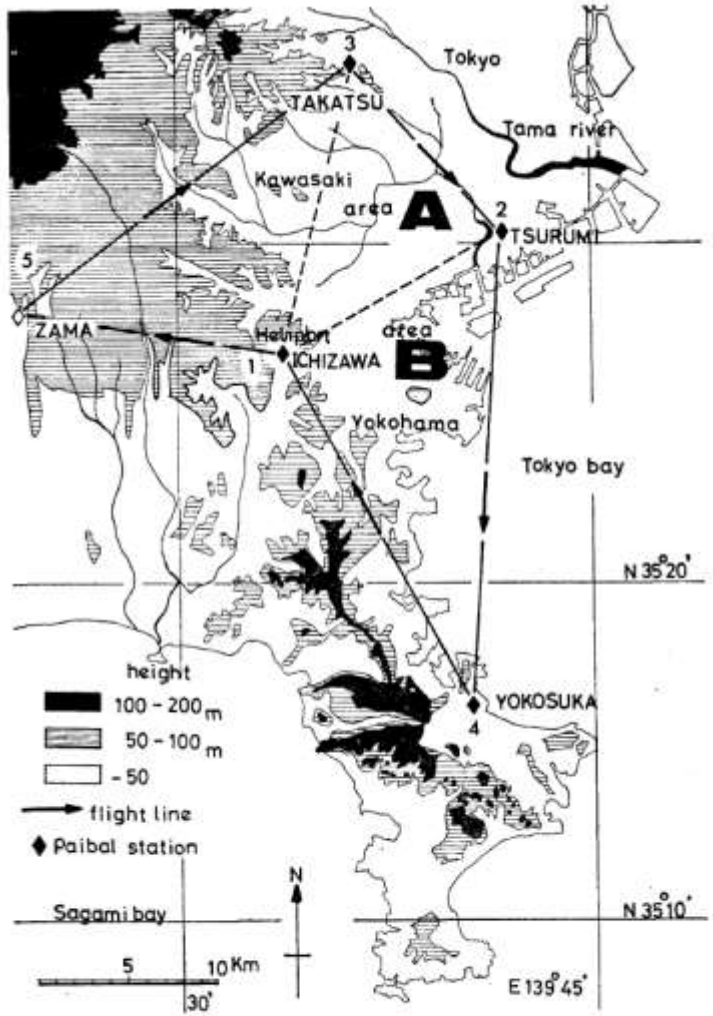




第5図 オゾンと気温の立体分布.(1～5の地点はそれぞれ市沢, 鶴見, 高津, 横須賀, 座間上空

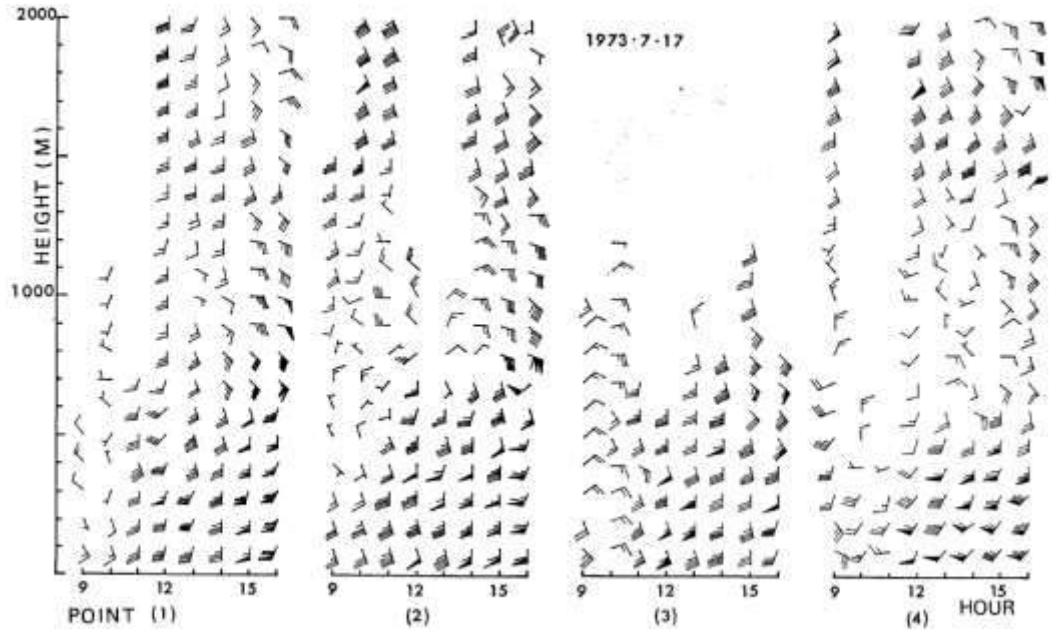


第6図 オゾンと気温の立体分布.(地点の記号は第5図と同じである.)

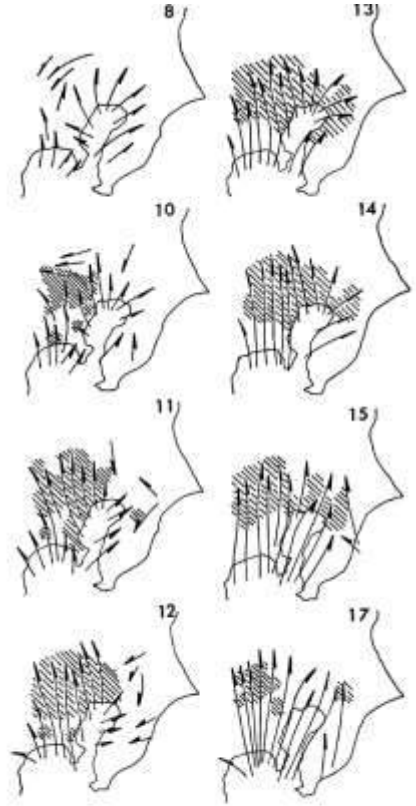


第1図　ヘリコプター飛行コースと地形（1～4の地点においてパイバルの観測を行なった．A，Bは発散量の計算領域である．）

接地境界層内部でのオゾンの鉛直分布



第3図　1973年7月17日の地点1～4におけるパイバル観測による上空の風の時刻変化．地点位置は第1図に示してある．



第2図　1973年7月17日の関東南部における地上風系とオキシダント濃度の時刻変化．斜線部分は10ppm 以上のオキシダント濃度（1時間平均値）発生地域である．なお図中の数字は時刻を示す．

第1表　1973年7月17日の area A における高度別水平発散量$\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)$の時刻変化．単位は$\times 10^{-4}$/sec.

Altitude (m) \ Hour (J.S.T)	9	10	11	12	13	14	15	16
100	1.11	−2.00	−1.80	−1.29	−2.63	0.47	−1.62	−4.57
200	−0.03	−2.02	−1.38	−0.86	0.24	−0.94	−1.08	−2.18
300	−1.48	−1.10	−0.85	−1.07	0.45	−0.81	−3.01	−0.41
400	−1.22	−3.57	−1.01	0.79	3.46	0.98	−1.48	−0.39
500	−0.28	−1.40	−0.56	−0.11	−0.66	2.22	−0.67	2.37
600		0.63	−0.50	0.46	1.46	3.08	−2.06	−1.76
700		0.54	0.47		0.69	1.75	−0.01	8.76
800		0.91			−0.45	3.28	−0.99	−6.67
900		0.40			−1.64		2.36	
1000		0.88					0.85	

第2表　1973年7月17日の area B における高度別水平発散量$\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)$の時刻変化．単位は$\times 10^{-4}$/sec.

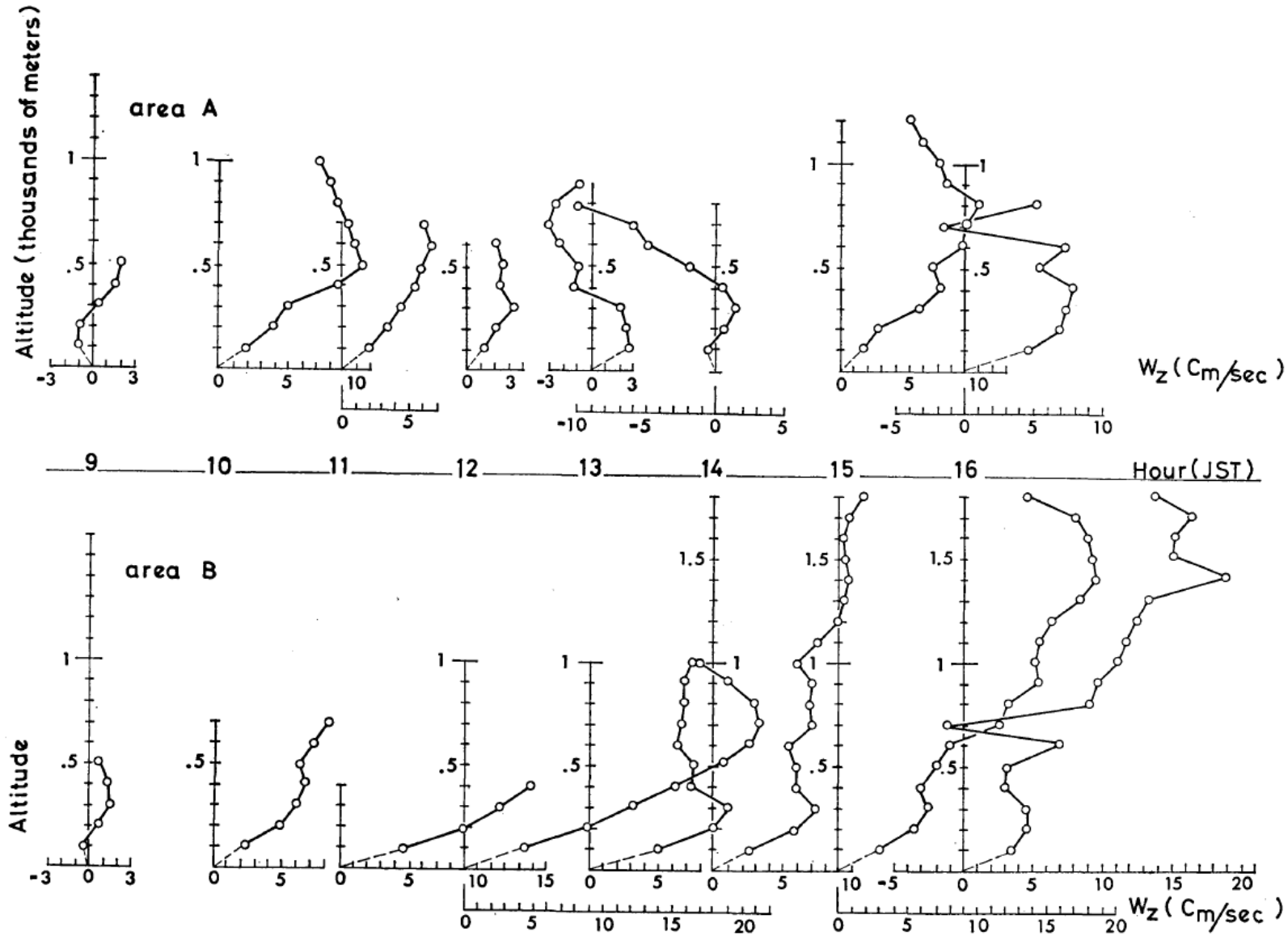
Altitude (m) \ Hour (J.S.T)	9	10	11	12	13	14	15	16
100	0.28	−2.34	−4.52	−4.41	−5.06	−2.57	−3.01	−3.51
200	−0.97	−2.45	−4.36	−4.55	−3.98	−3.27	−2.46	−1.00
300	−0.89	−1.09	−2.56	−3.19	−1.87	−1.61	−0.91	0.04
400	0.29	−0.58	−2.08	−3.00	3.67	1.46	0.54	1.66
500	0.59	0.50		−3.03	−0.15	0.12	−0.18	−0.18
600		−1.12		−2.07	1.28	0.68	−0.86	−3.93
700		−1.02		−0.37	−0.12	−1.76	−0.86	8.16
800				0.78	−0.20	0.40	−3.47	−10.09
900				2.15	0.16	−1.05	−0.43	−0.71
1000				2.48	−0.72	−2.25	−2.06	−1.15
1100						−1.53	0.28	−0.64
1200						−1.47	−0.22	−0.61
1300						−1.17	−0.68	−0.63
1400						−0.35	−1.88	−5.35
1500						1.29	−0.97	3.87
1600						0.37	0.43	0.02
1700						−0.55	0.43	−1.25
1800						−0.35	1.12	2.80
1900						−0.26	3.60	2.21
2000						−0.53	0.56	2.41

$$Q=\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}$$

(u, v はそれぞれ x, y 方向の風の水平成分.)

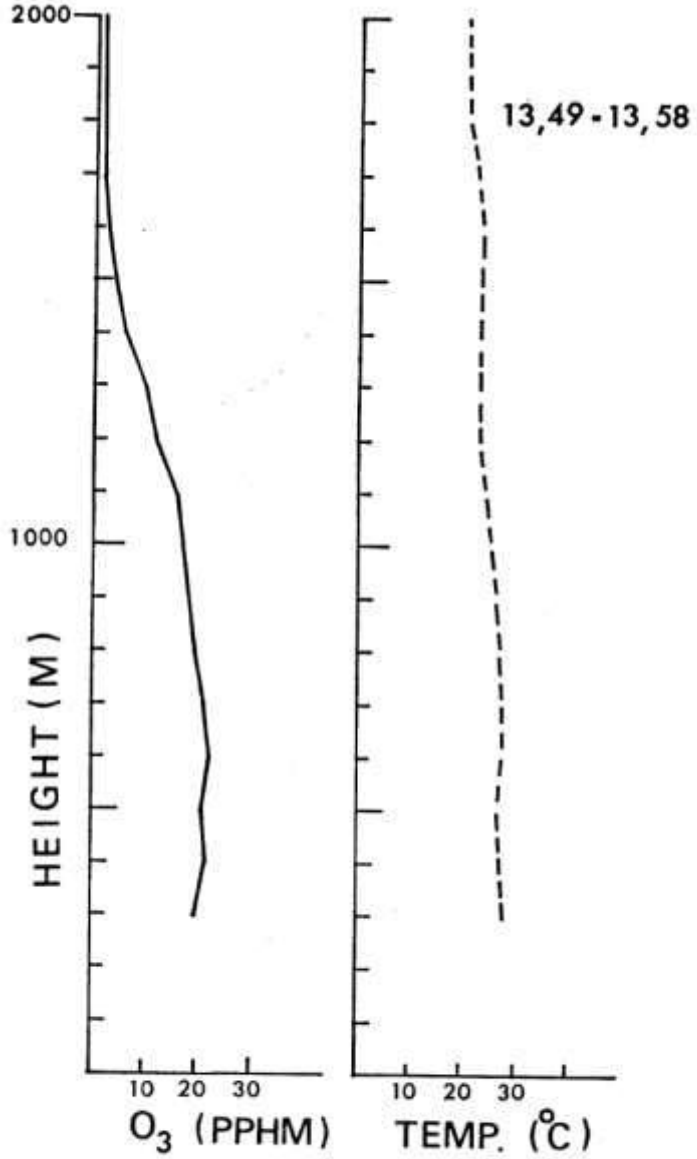
$$W_z=-\frac{1}{\rho_h}\int_0^h \rho_z\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)dz$$

(z と ρ_z は高度と，z での空気の密度).

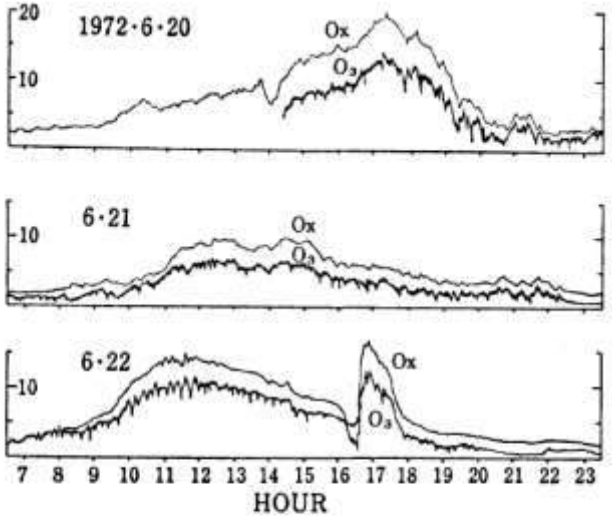


第4図　1973年7月17日の area A, B における垂直流（W_z）の時刻変化

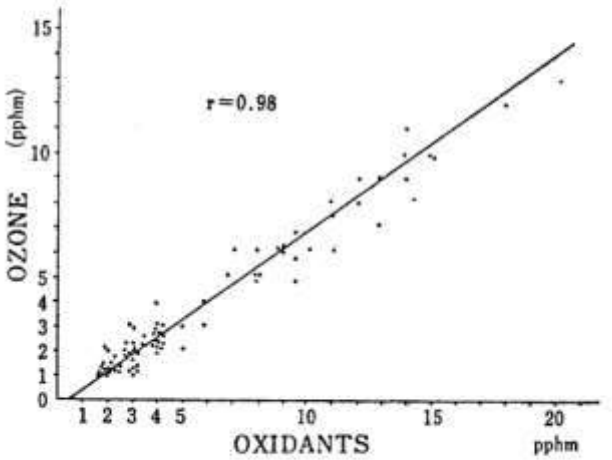
若松伸司 (1975):オゾンの平面分布と気流の観測、*日本気象学会誌、天気*、22巻8号,60−65.



第７図　1973年８月28日における座間市上空での高度２km までのオゾンと気温の鉛直分布．観測時刻は13時49分から13時58分である．



第６図　オゾンとオキシダント濃度の経時変化（座間市役所での観測例）



第７図　オゾンとオキシダントの濃度相関図（座間市役所での観測例）

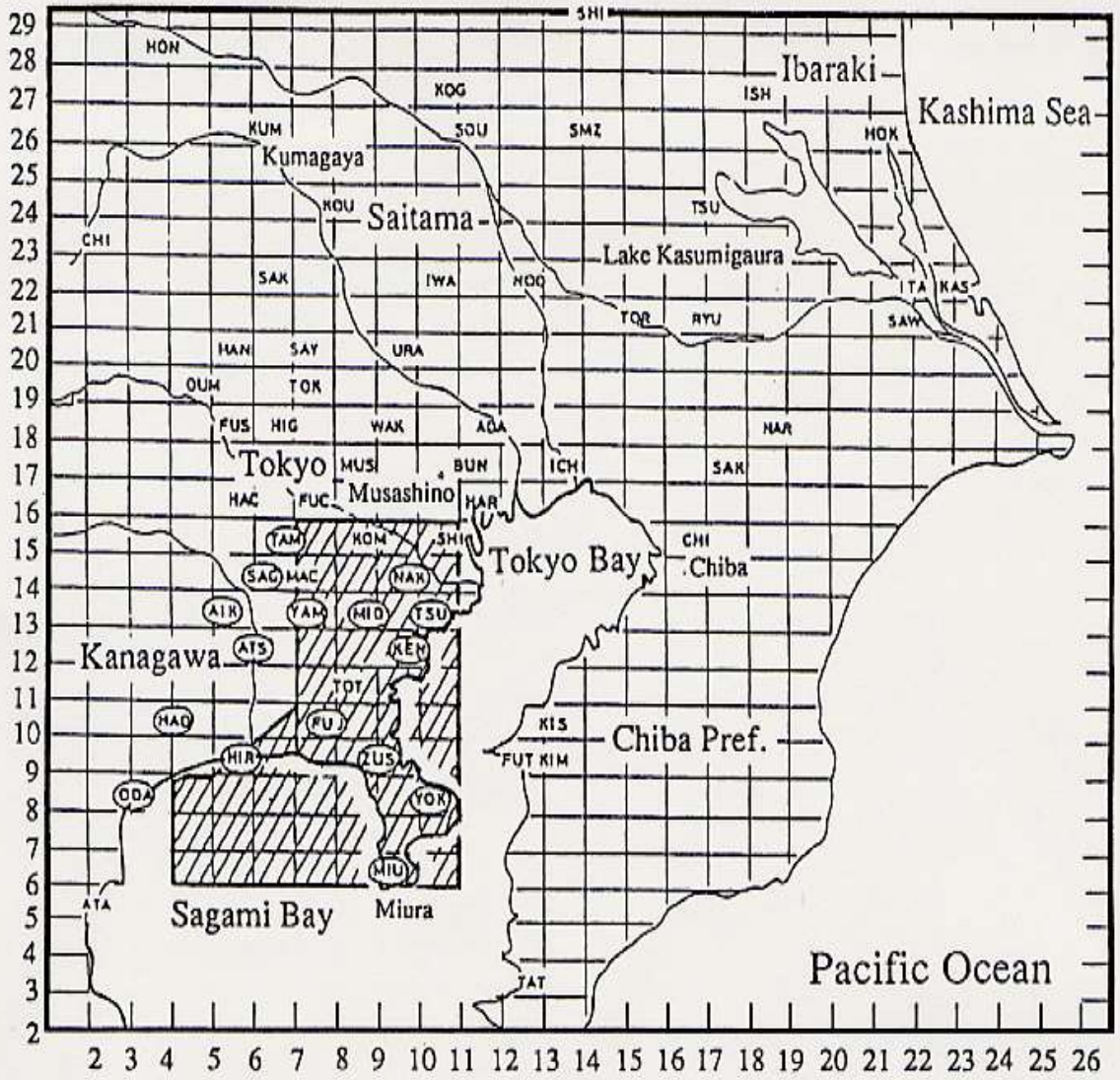
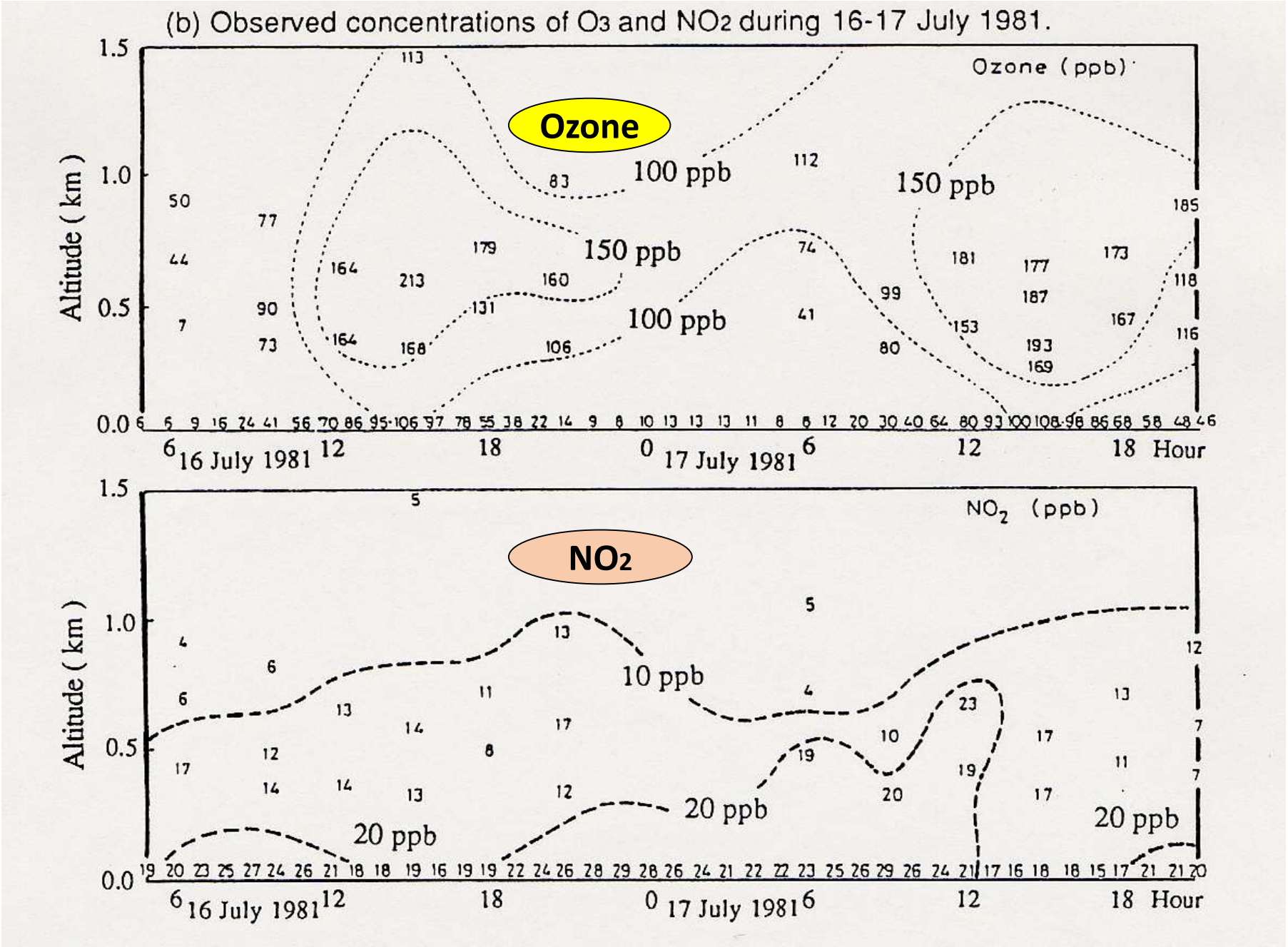
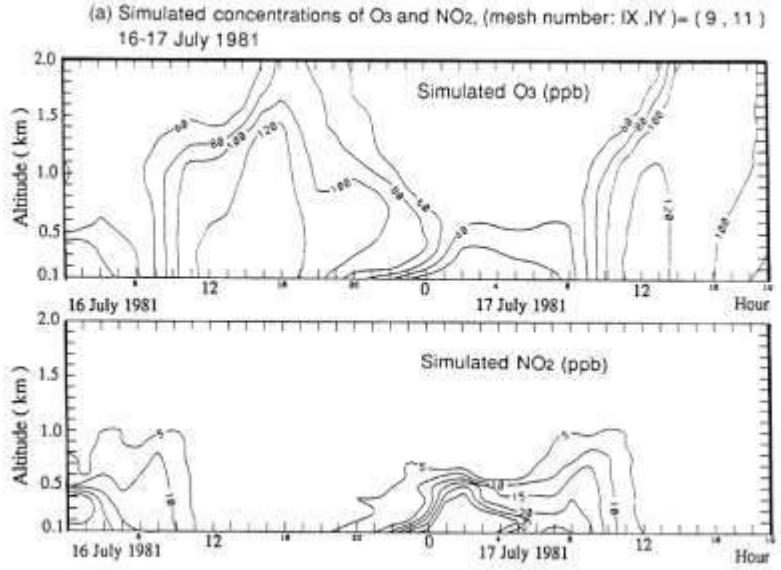


Fig. 4. Schematic drawing of horizontal section of UAM domain. The mesh contains grid cells 6.8 km wide and 5.5 km long. Acronyms in the figure show locations of surface wind and air pollution concentration monitoring stations. Hatching shows aircraft flight area on 16 and 17 July 1981. The circled 16 monitoring stations are used to calculate the average surface oxidant concentration shown in Fig. 7.


(b) Observed concentrations of O3 and NO2 during 16-17 July 1981.
Ozone (ppb)
Ozone
100 ppb
150 ppb
100 ppb
150 ppb
Altitude (km)
1.5
1.0
0.5
0.0
6 16 July 1981 12 18 0 17 July 1981 6 12 18 Hour
NO2 (ppb)
NO2
10 ppb
20 ppb
20 ppb
20 ppb
Altitude (km)
1.5
1.0
0.5
0.0
6 16 July 1981 12 18 0 17 July 1981 6 12 18 Hour



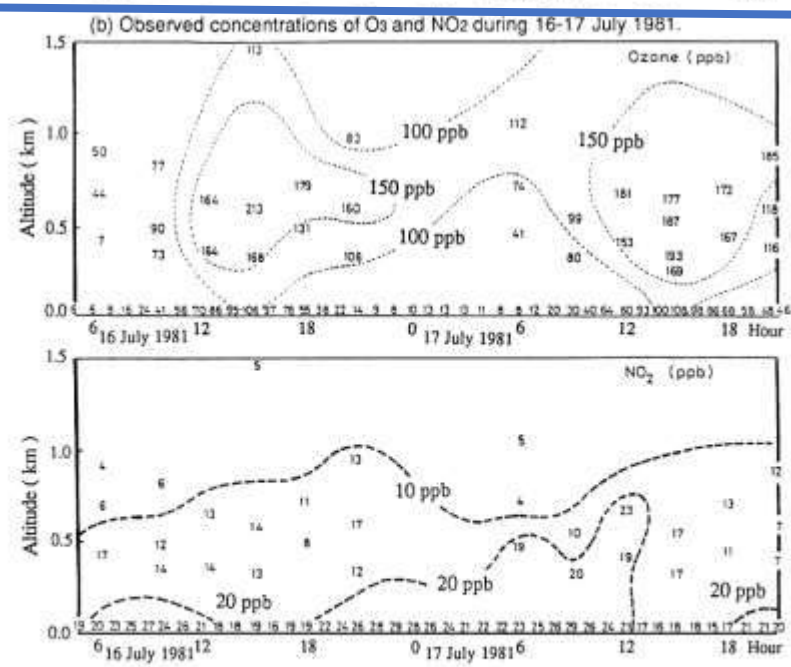


Fig. 7. Comparison between (a) simulated concentrations [mesh number: (IX, IY) = (9, 11)] and (b) observations during 16–17 July 1981. Observed surface concentrations are oxidants averaged over the 16 monitoring stations shown in Fig. 4. Ozone concentrations aloft were measured by aircraft.

—速　報—

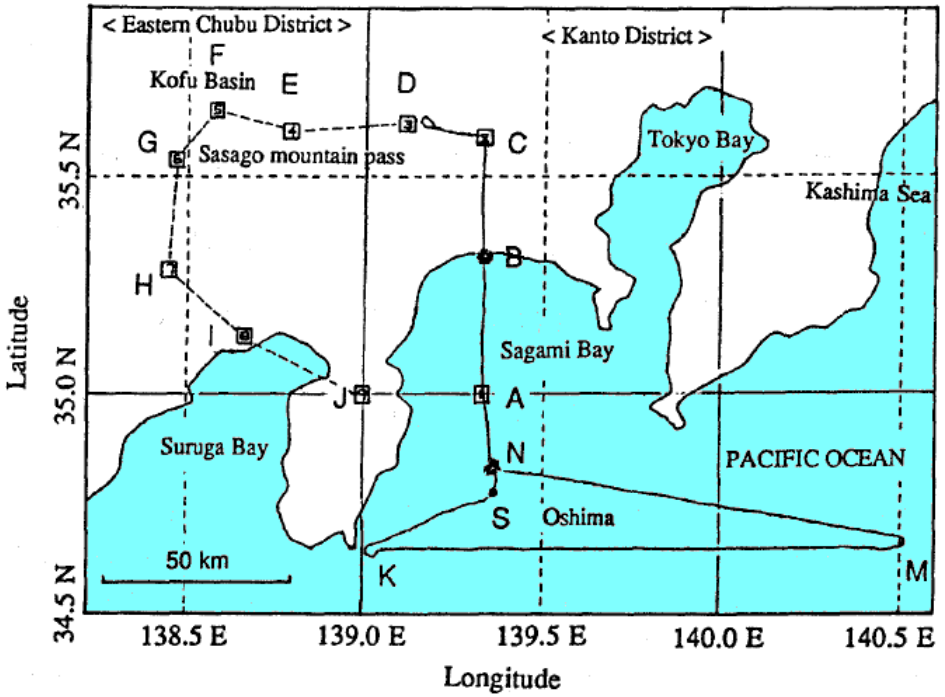
大気環境学会誌
J. Jpn. Soc. Atmos. Environ.
32 (4) 309～314 (1997)

High concentrations of photochemical ozone observed over sea and mountainous regions of the Kanto and eastern Chubu districts

Shinji WAKAMATSU

Due to the rapid expansion of the Tokyo metropolitan area and changes in emission structure, widely distributed air pollution has become an environmental problem. Secondary air pollutants, such as nitrogen oxides, photochemical ozone and aerosols in particular are a serious problem. To clarify the formation mechanisms of high concentrations of these widely distributed air pollutants in and around the Tokyo metropolitan area it is necessary to conduct three dimensional observations covering the nearby sea and mountain regions. In August 1995 an intensive field survey using aircraft was conducted. High concentrations of photochemical ozone were observed above the southern sea area and the mountain region. Photochemical ozone observed over the Pacific Ocean is transported from the inner area due to the upper general wind. The processes by which photochemical ozone intrudes into the mountainous region were also clarified.

関東および東中部地域における航空機観測（1995）

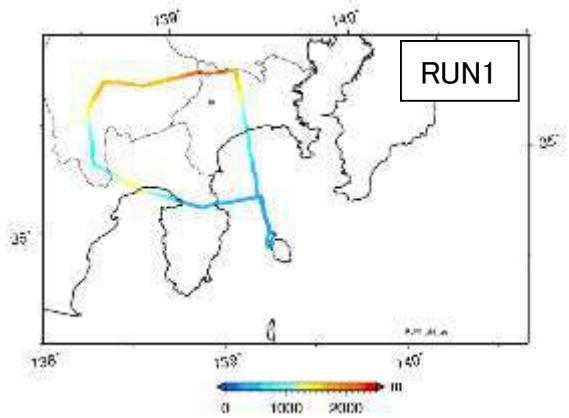


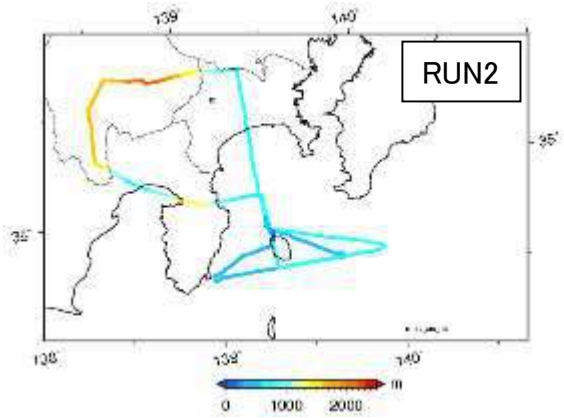
航空機観測
Wakamatsu（1997）

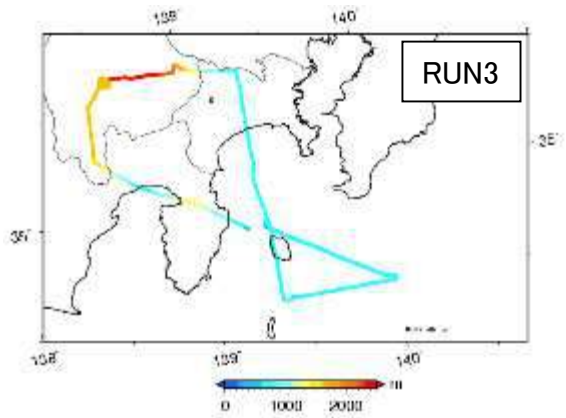
RUN1：1995年7月31日　14：30−15：47
RUN2：1995年8月　1日　09：28−11：48
RUN3：1995年8月　1日　13：32−15：02
RUN4：1995年8月　2日　09：26−11：35
RUN5：1995年8月　2日　13：24−15：58

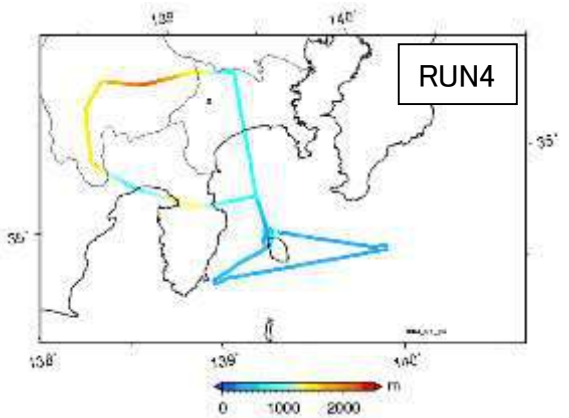
出典：Wakamatsu(1997):High concentrations of photochemical ozone observed over sea and mountainous regions of the Kanto and eastern Chubu districts
（関東および東中部地域の海上・山岳上空において観測された高濃度光化学オゾン）.
J. Japan Soc. Atmos. Environ. 32,(4),309−314

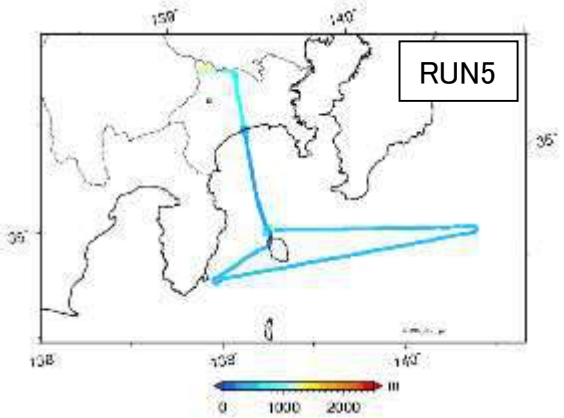
航空機観測のフライト経路











RUN1：1995年7月31日　14：30–15：47
RUN2：1995年8月　1日　09：28–11：48
RUN3：1995年8月　1日　13：32–15：02
RUN4：1995年8月　2日　09：26–11：35
RUN5：1995年8月　2日　13：24–15：58

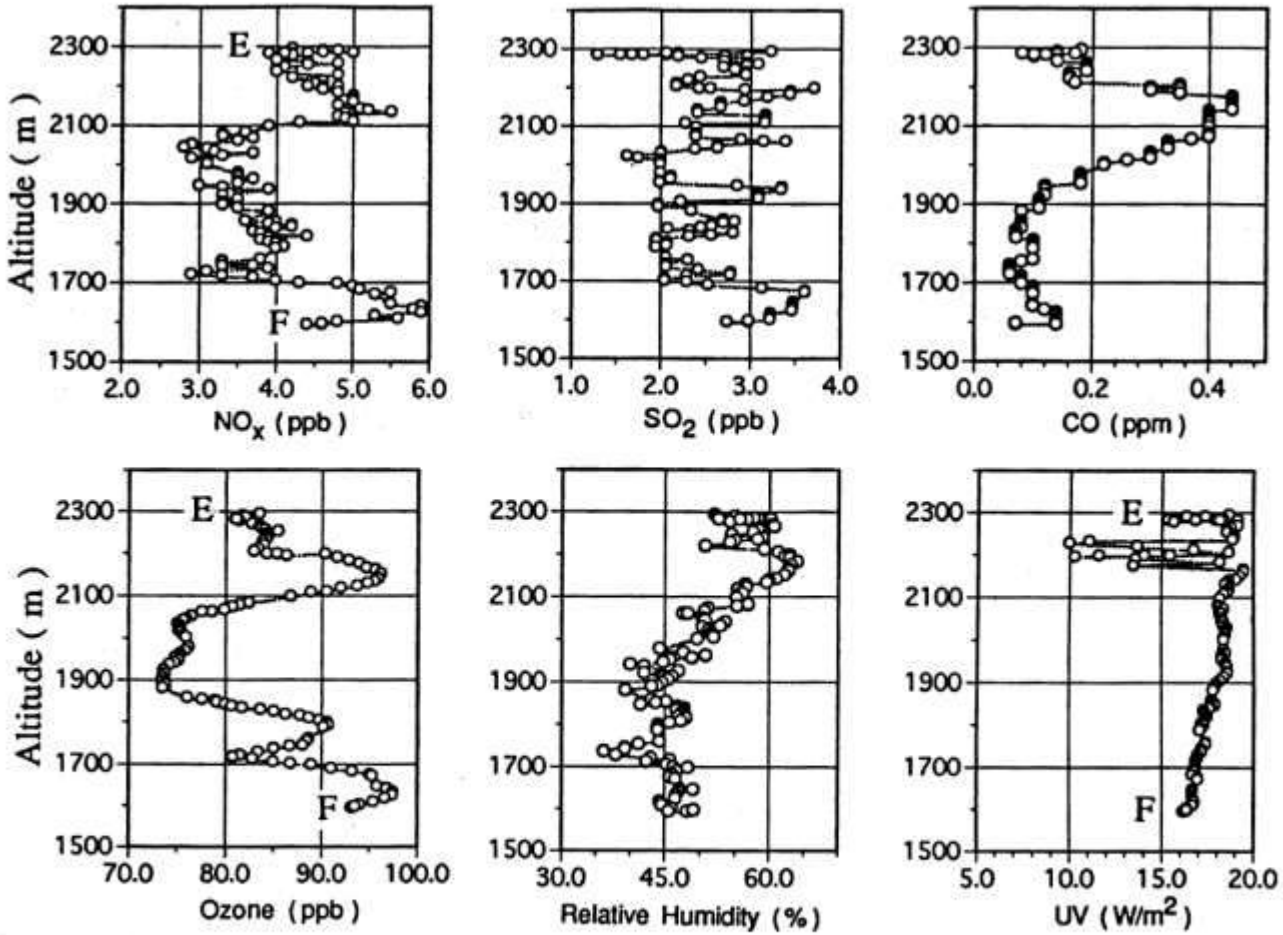


Fig. 2. Vertical profiles of O_3, NO_x, CO, relative humidity, and UV radiation observed between point E (1508JST, 2280 m above mean sea level) and point F (1517JST, 1600 m) on 31 July 1995.

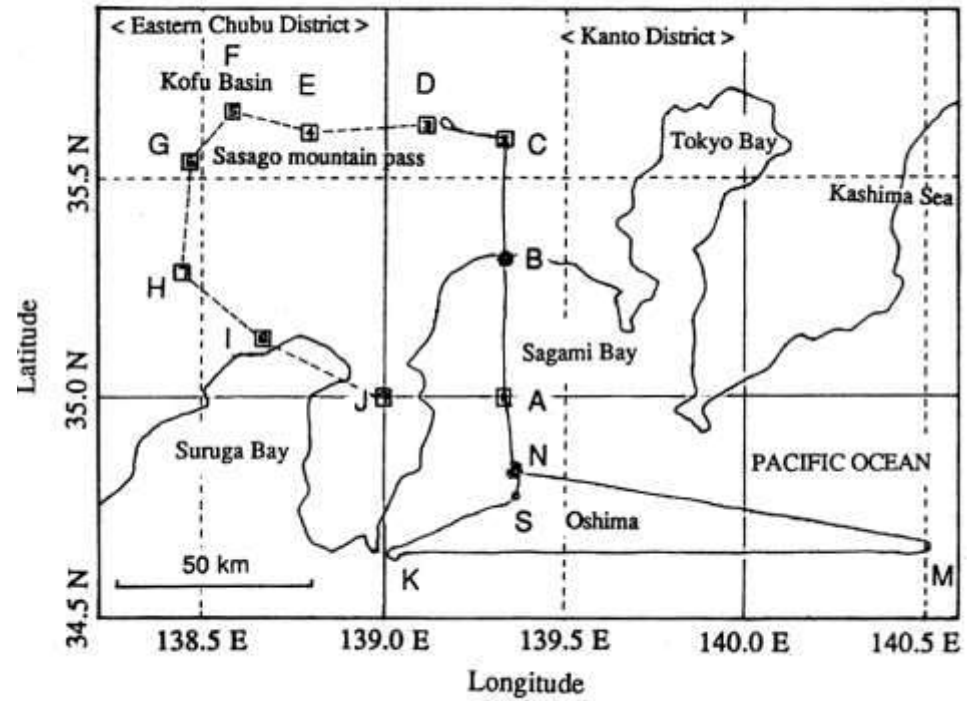
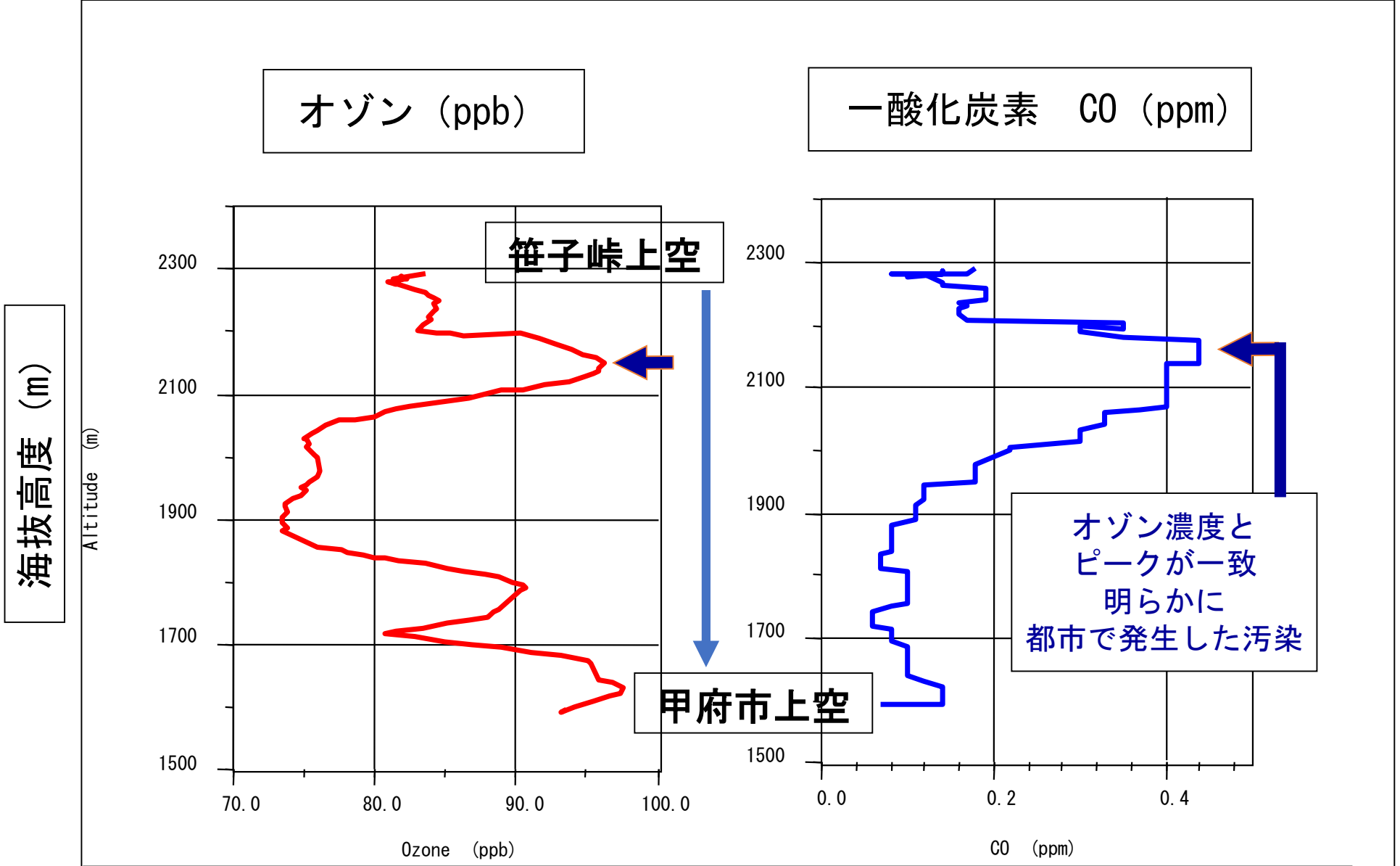
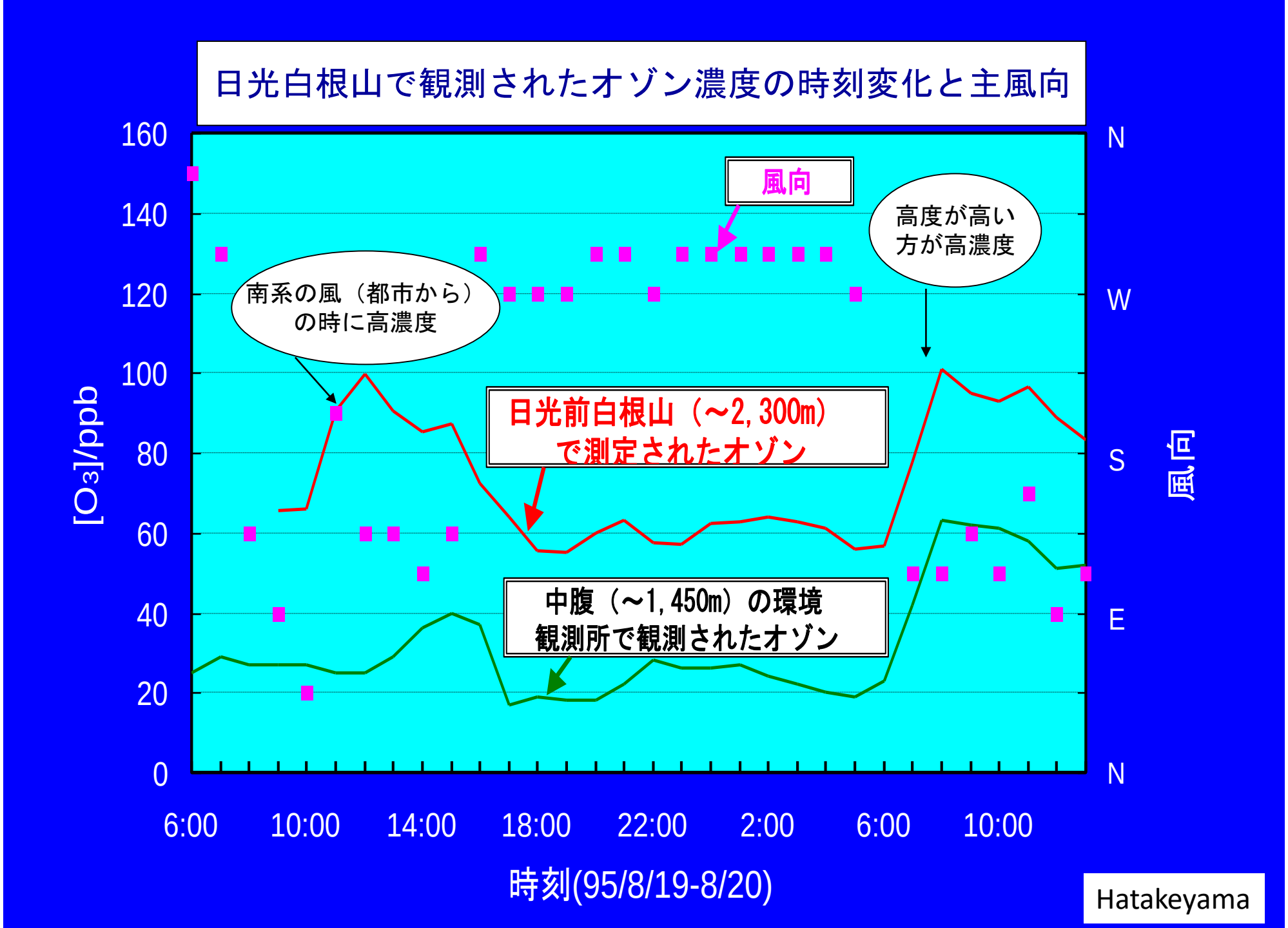


Fig. 1. Typical flight course.

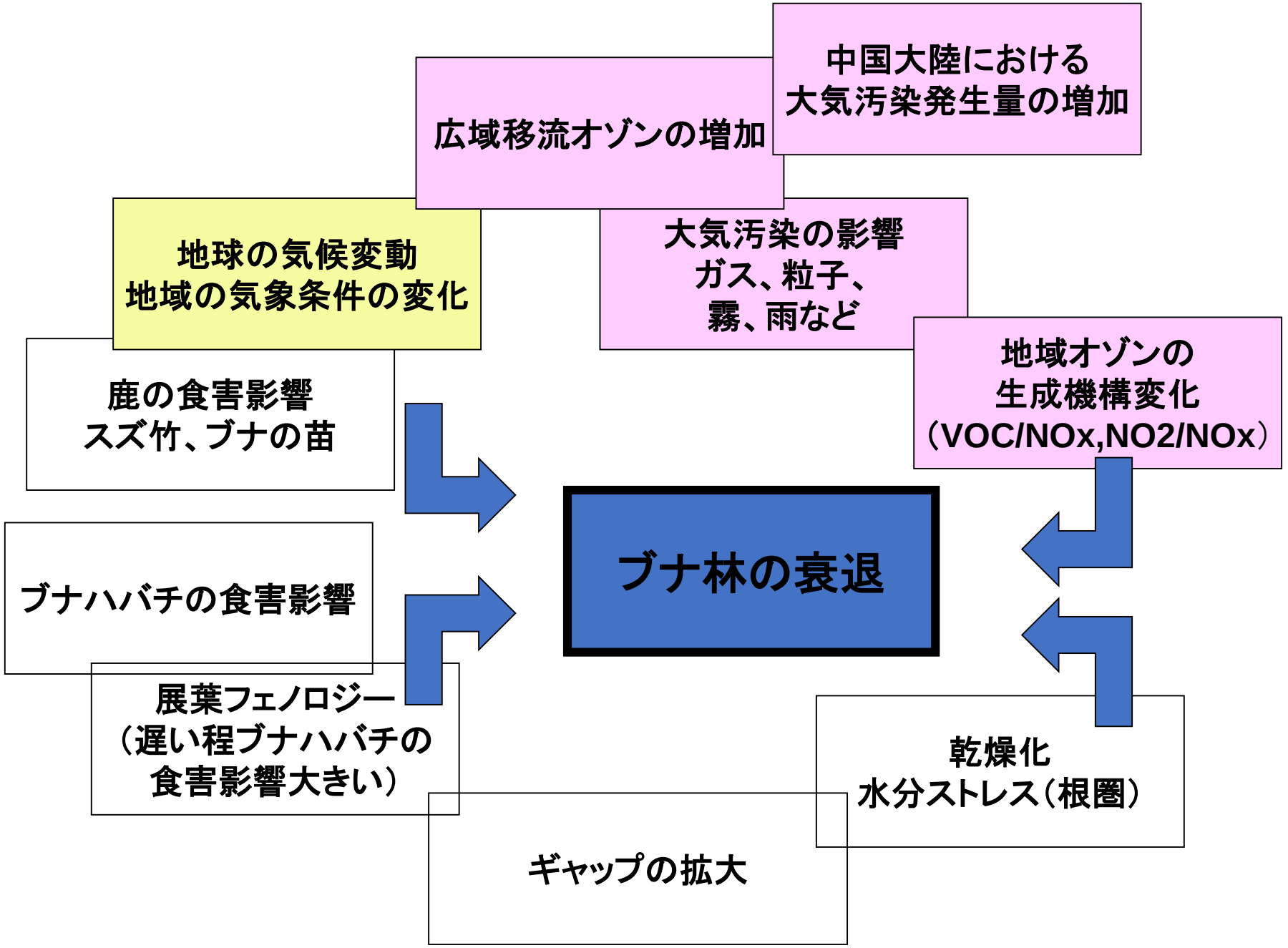


航空機観測による大気汚染の立体分布　1995年7月31日　午後3-4時
山梨県　笹子峠上空（２３００m）-->甲府市上空（１６００m）

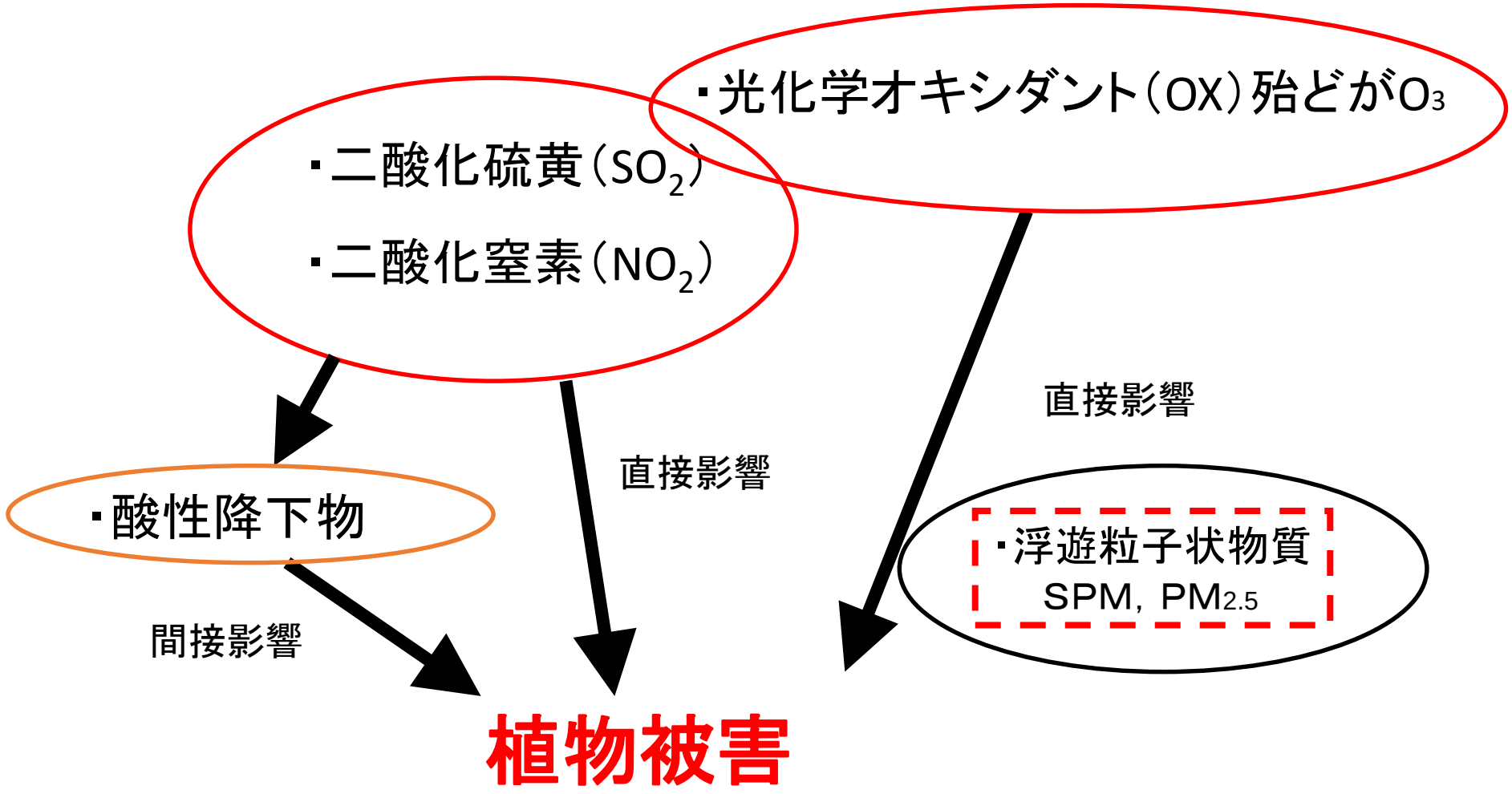

日光白根山で観測されたオゾン濃度の時刻変化と主風向
160
140
120
100
80
60
40
20
0
[O3]/ppb
N
W
S
E
N
風向
風向
高度が高い
方が高濃度
南系の風（都市から）
の時に高濃度
日光前白根山（～2,300m）
で測定されたオゾン
中腹（～1,450m）の環境
観測所で観測されたオゾン
6:00
10:00
14:00
18:00
22:00
2:00
6:00
10:00
時刻(95/8/19-8/20)
Hatakeyama

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

日光　前白根山頂上近 く（高度2200m）の
稜線上の枯れたダケカンバ林


中国大陸における
大気汚染発生量の増加
広域移流オゾンの増加
地球の気候変動
地域の気象条件の変化
大気汚染の影響
ガス、粒子、
霧、雨など
地域オゾンの
生成機構変化
（VOC/NOx,NO2/NOx）
鹿の食害影響
スズ竹、ブナの苗
ブナ林の衰退
ブナハバチの食害影響
展葉フェノロジー
（遅い程ブナハバチの
食害影響大きい）
乾燥化
水分ストレス（根圏）
ギャップの拡大

植物に悪影響を及ぼす大気汚染物質



オゾン曝露による影響は植物の早期老化を引き起こす

植物葉の光合成活性を低下させる

植物の生長速度を低下させる

農作物なら収量の減少、樹木なら森林衰退を引き起こす

植物被害と大気汚染（オゾン）

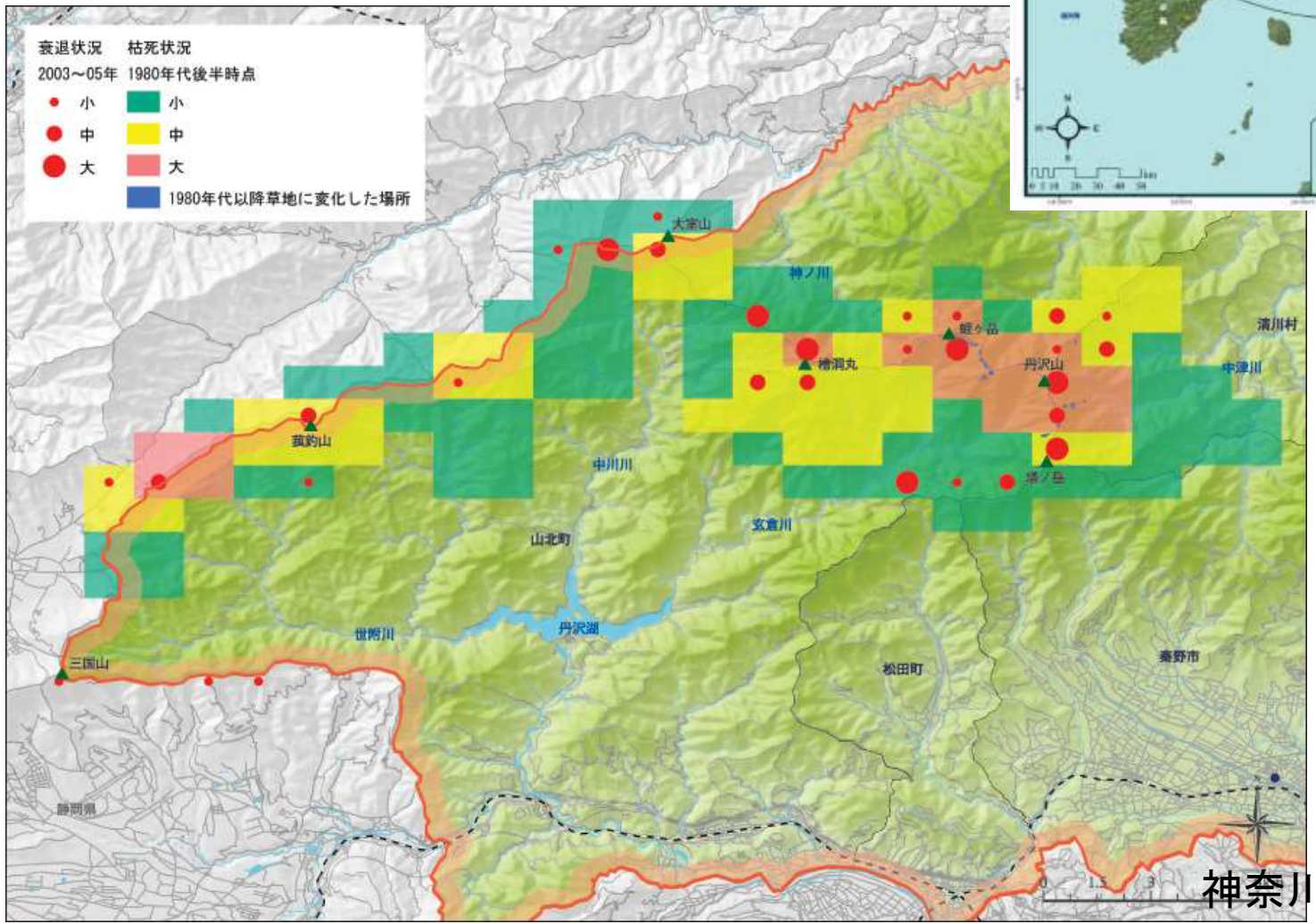
奥日光のシラビソ・オオシラビソ林

神奈川県の蛭ヶ岳のブナ

ホウレンソウに生じた障害

酸性雨研究センター　増え続ける対流圏オゾンの脅威 より

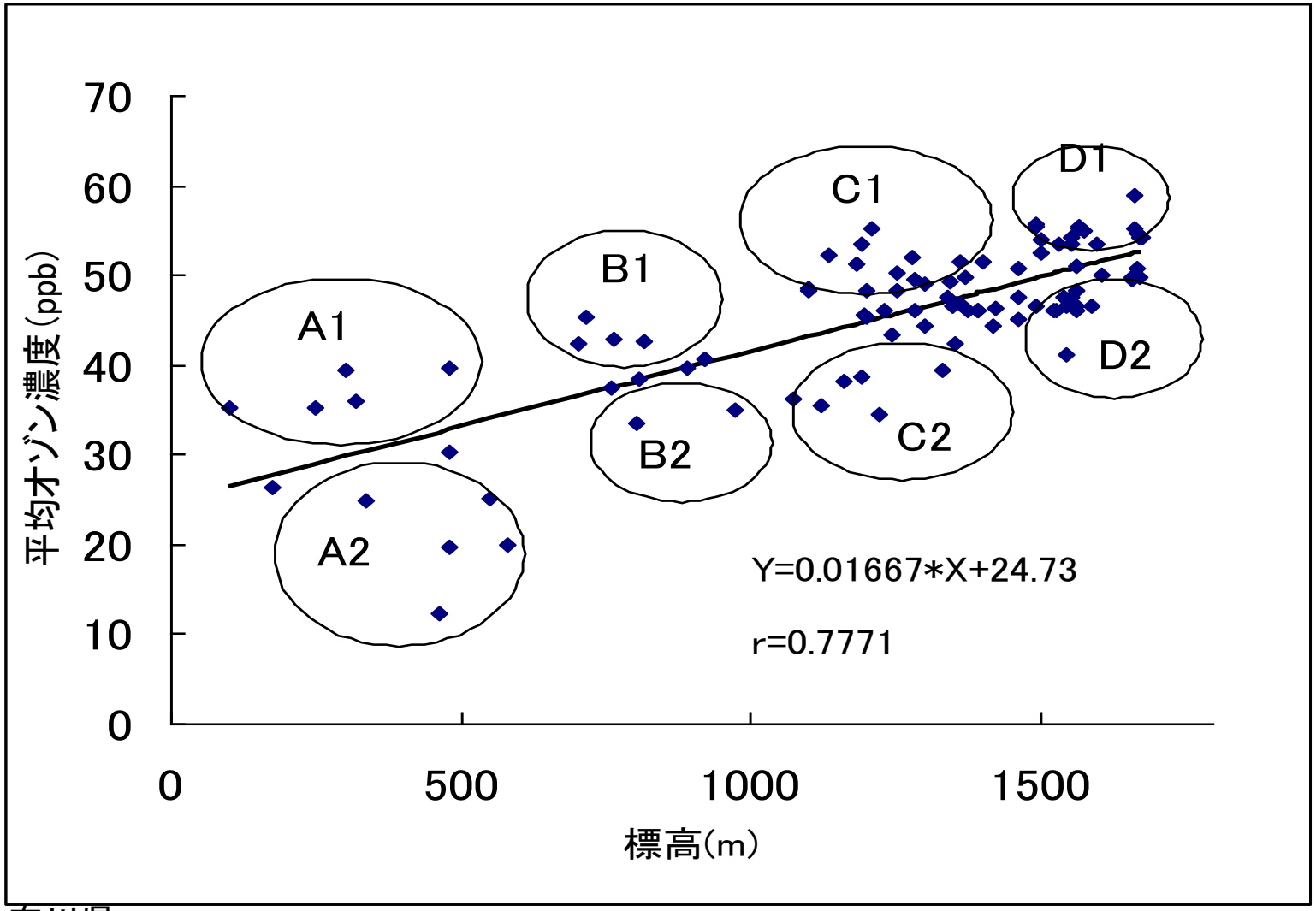
ブナ林衰退の現状



神奈川県　アトラスwebより

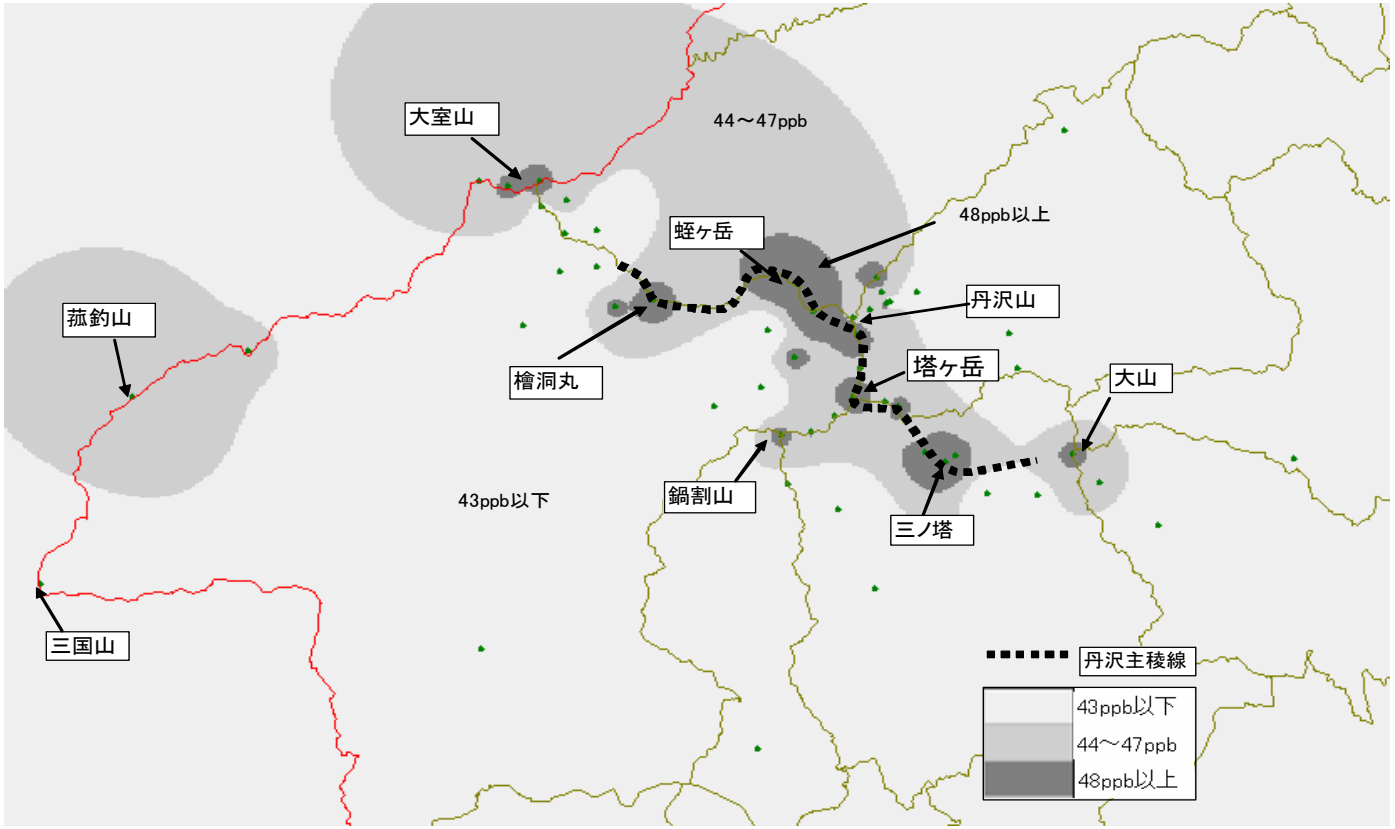
神奈川県丹沢地域　観測地点

標高とオゾンの関係



神奈川県
平成13～平成18年度　丹沢山地のブナ林衰退機構の解明に関する研究調査より

衰退が激しい地域の平均オゾン濃度分布



高濃度のオゾンは丹沢山地の主稜線部で観測されており、各山の山頂の平均オゾン濃度は高い値であった。

神奈川県
平成13～平成18年度　丹沢山地のブナ林衰退機構の解明に関する研究調査より

Aug.1999

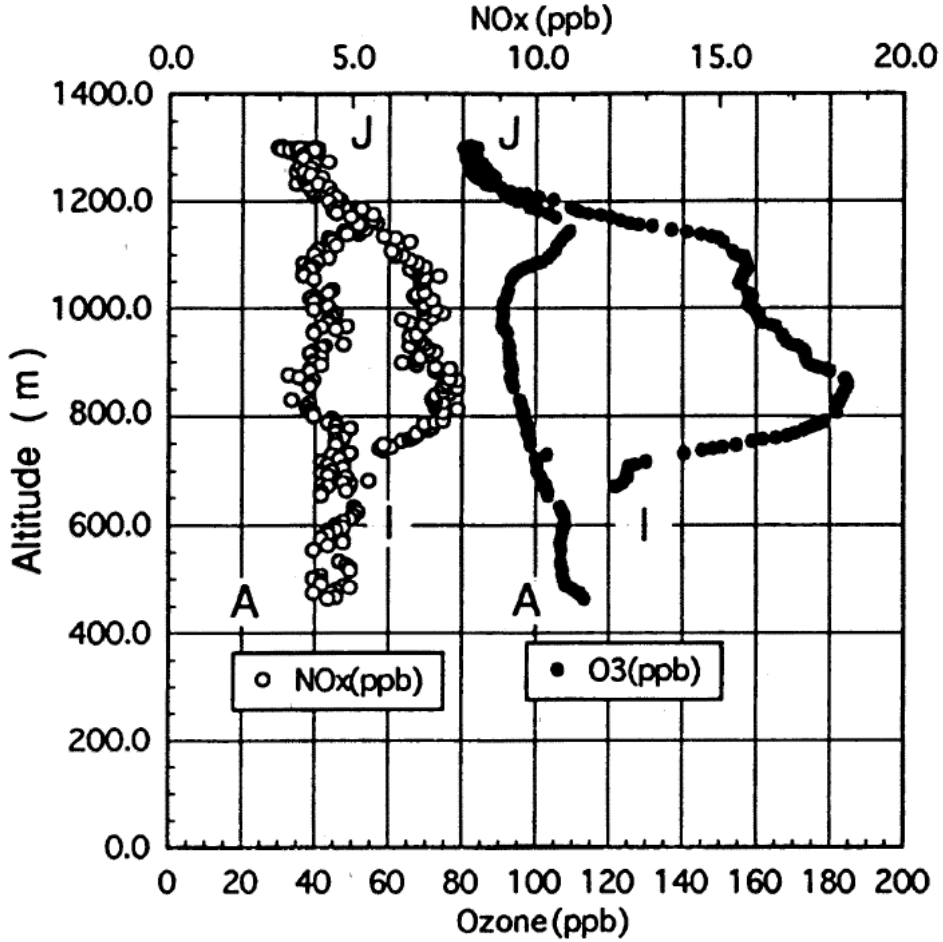


Fig. 4. Vertical profiles of O_3 and NO_x observed above Suruga and Sagami bays.
Observation were conducted through point I: the mouth of the Fuji River (1529JST, 650 m above mean sea level), point J: Izu Nirayama (1536JST, 1295 m) and point A: Sagami Bay (1541JST, 460 m) on 31 July 1995.

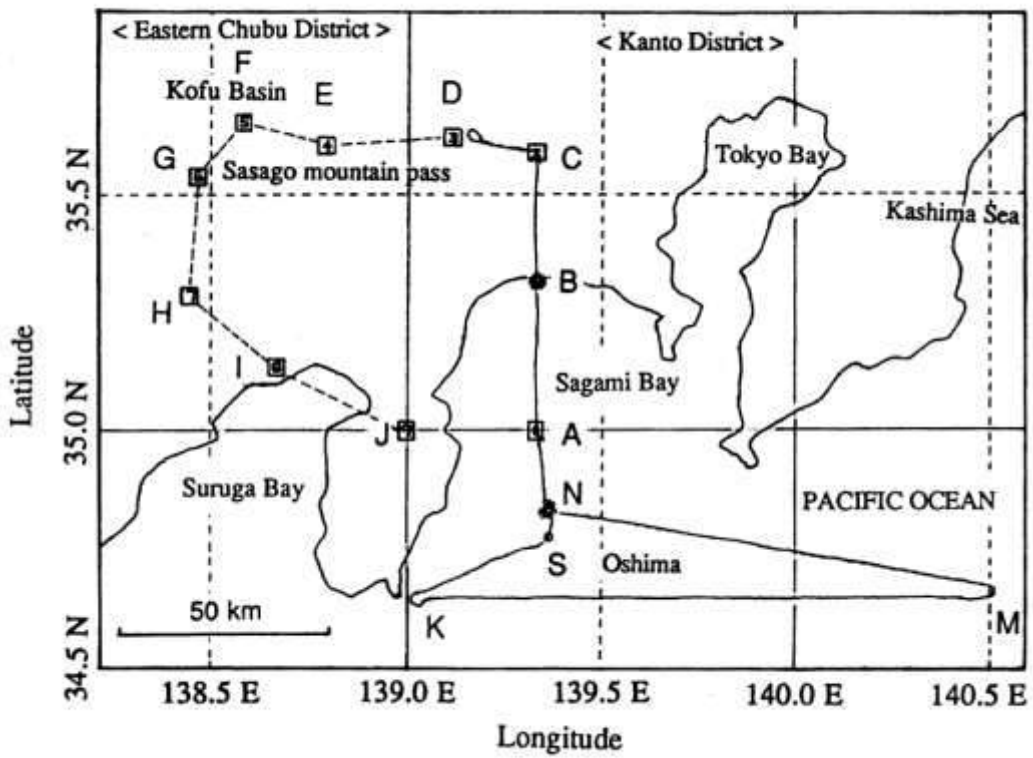
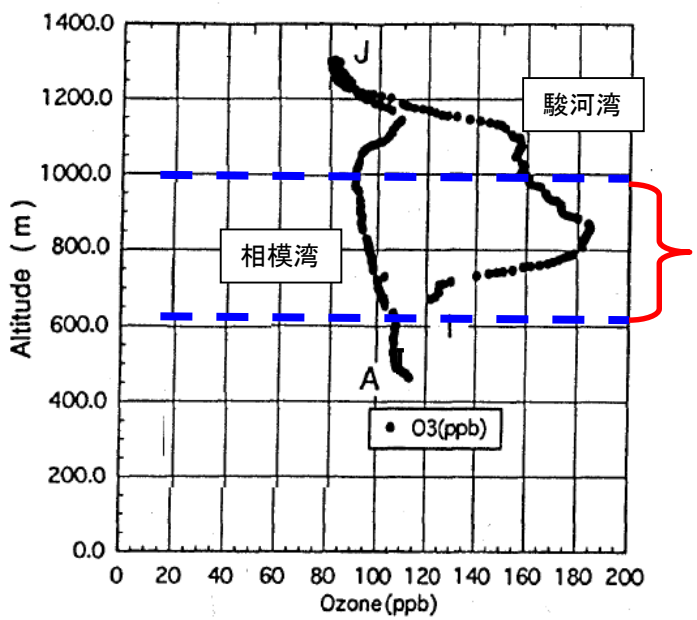
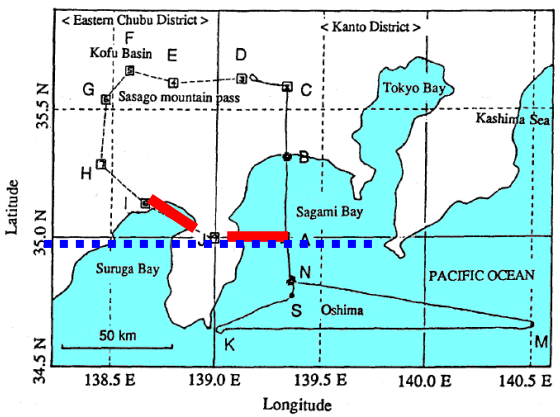
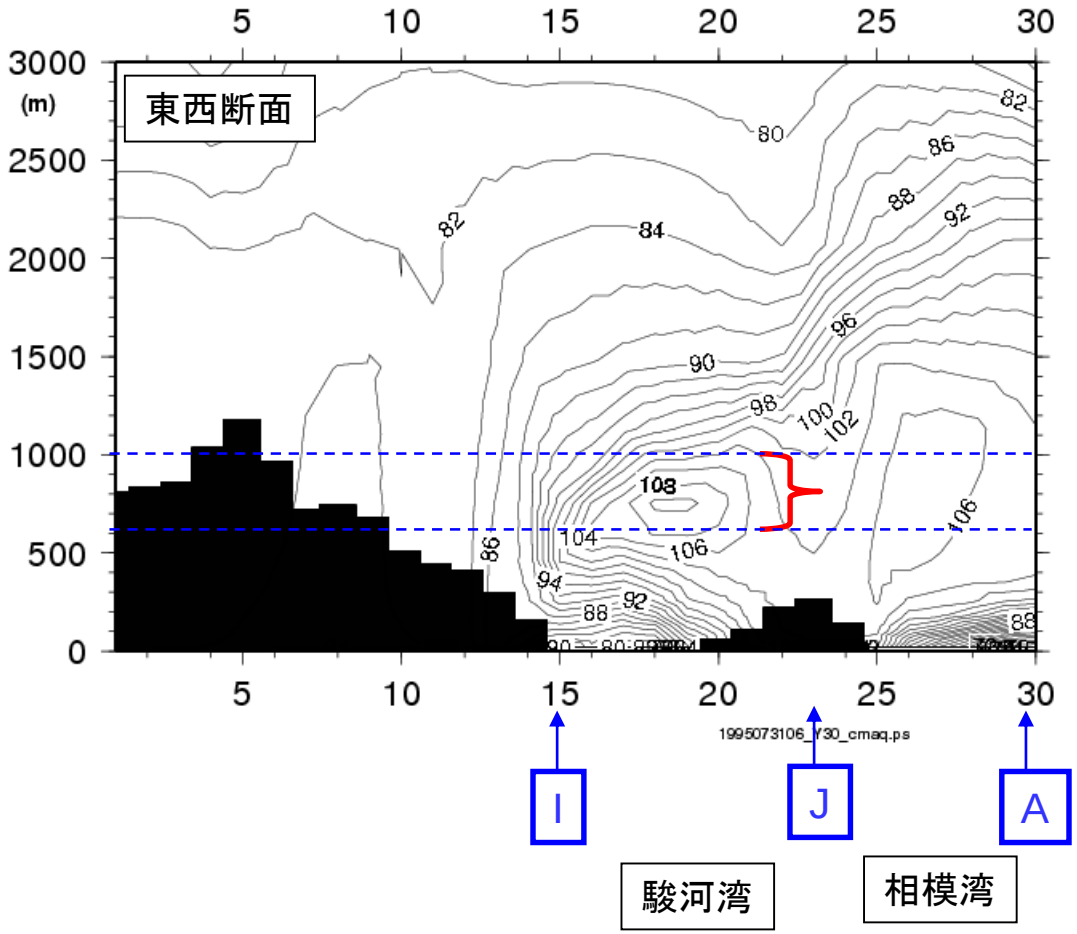


Fig. 1. Typical flight course.

駿河湾・相模湾上空のオゾン濃度分布（95/7/31　15時）







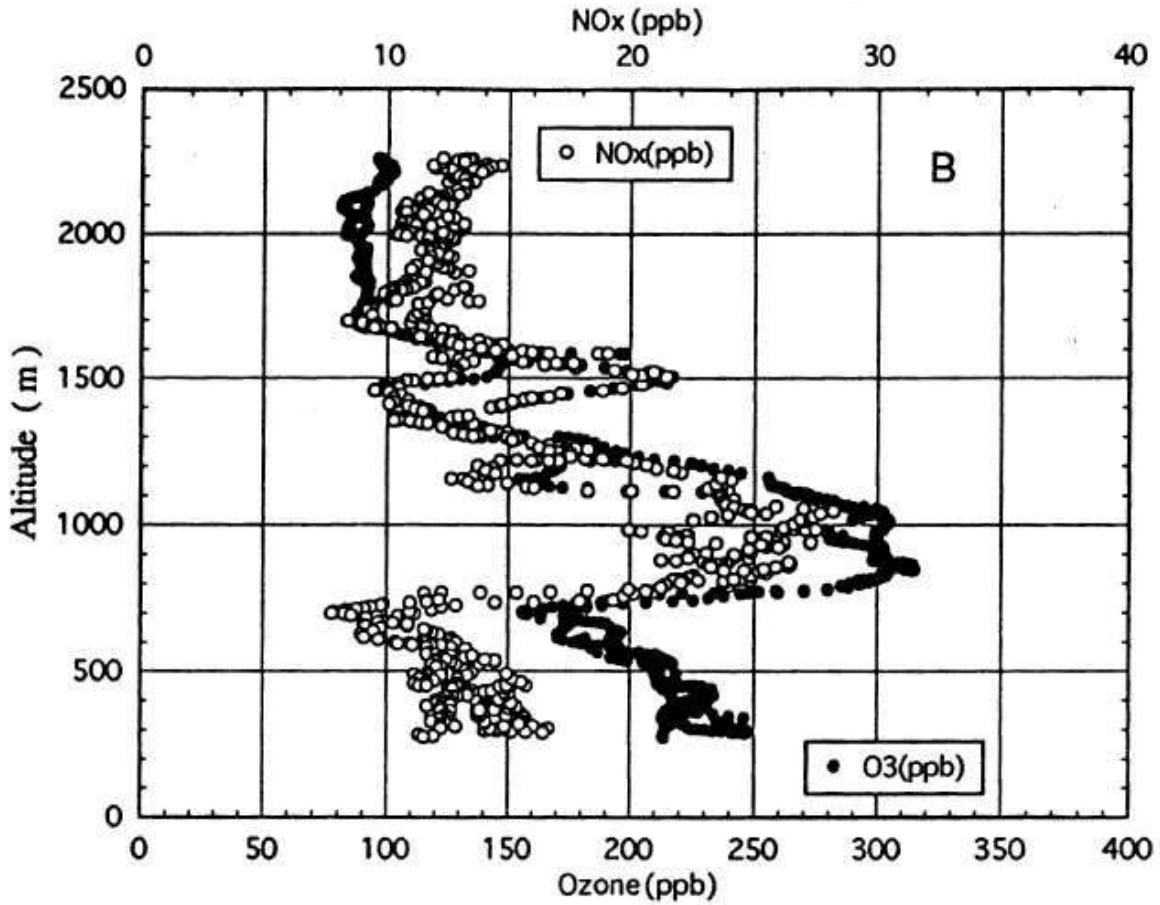


Fig. 6. Vertical distributions of O_3 and NO_x observed at point B: Hiratsuka.
Observations were conducted between 1514 and 1544JST on 2 August 1995.

国立公害研究所研究報告　第61号
Research Report from the National Institute for Environmental Studies, Japan, No. 61, 1984.

炭化水素－窒素酸化物－硫黄酸化物系光化学反応の研究

Studies on Photochemical Reactions of Hydrocarbon-Nitrogen-Sulfer Oxides System

環境大気中における光化学二次汚染物質生成機構の研究（フィールド研究 1）

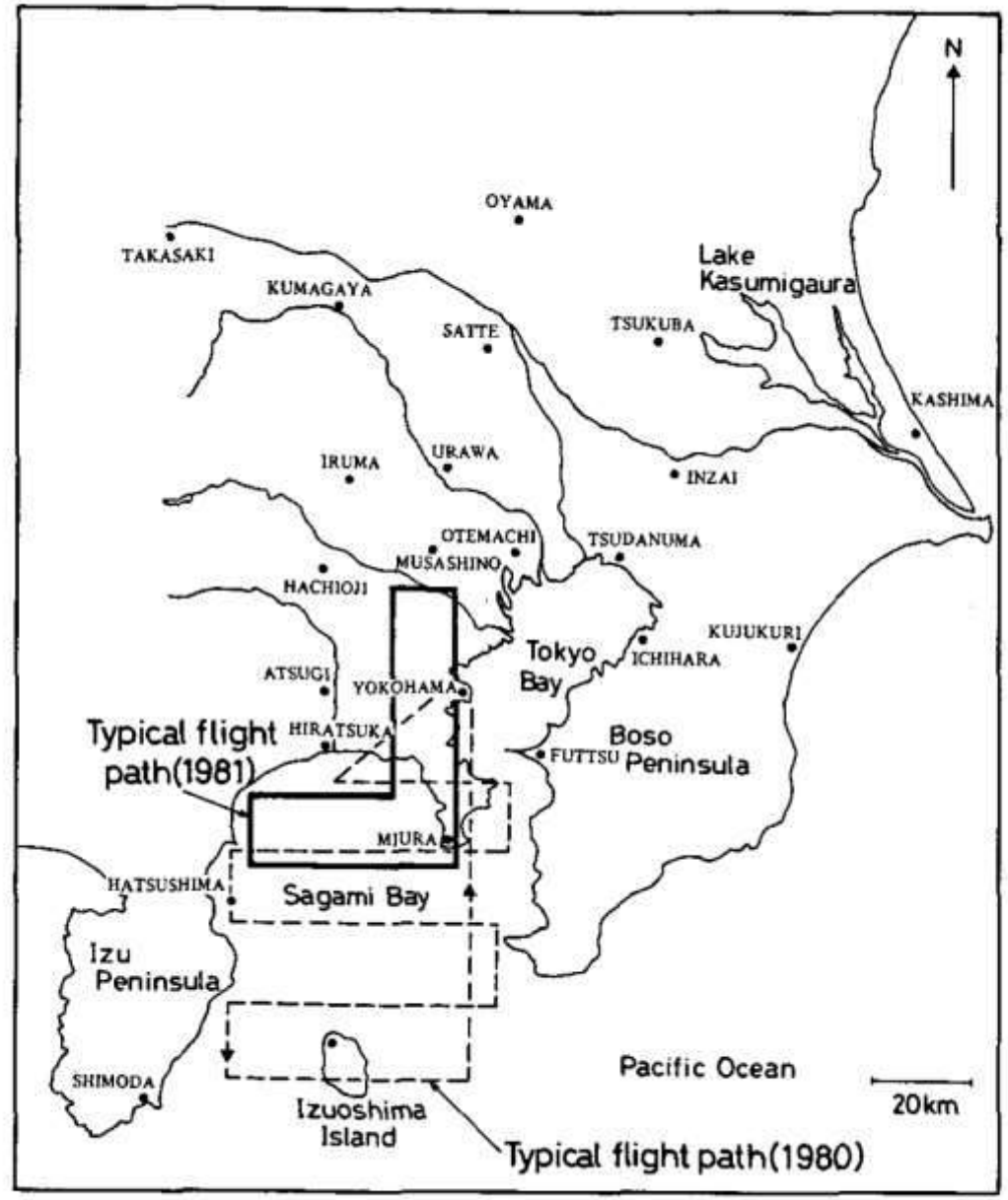
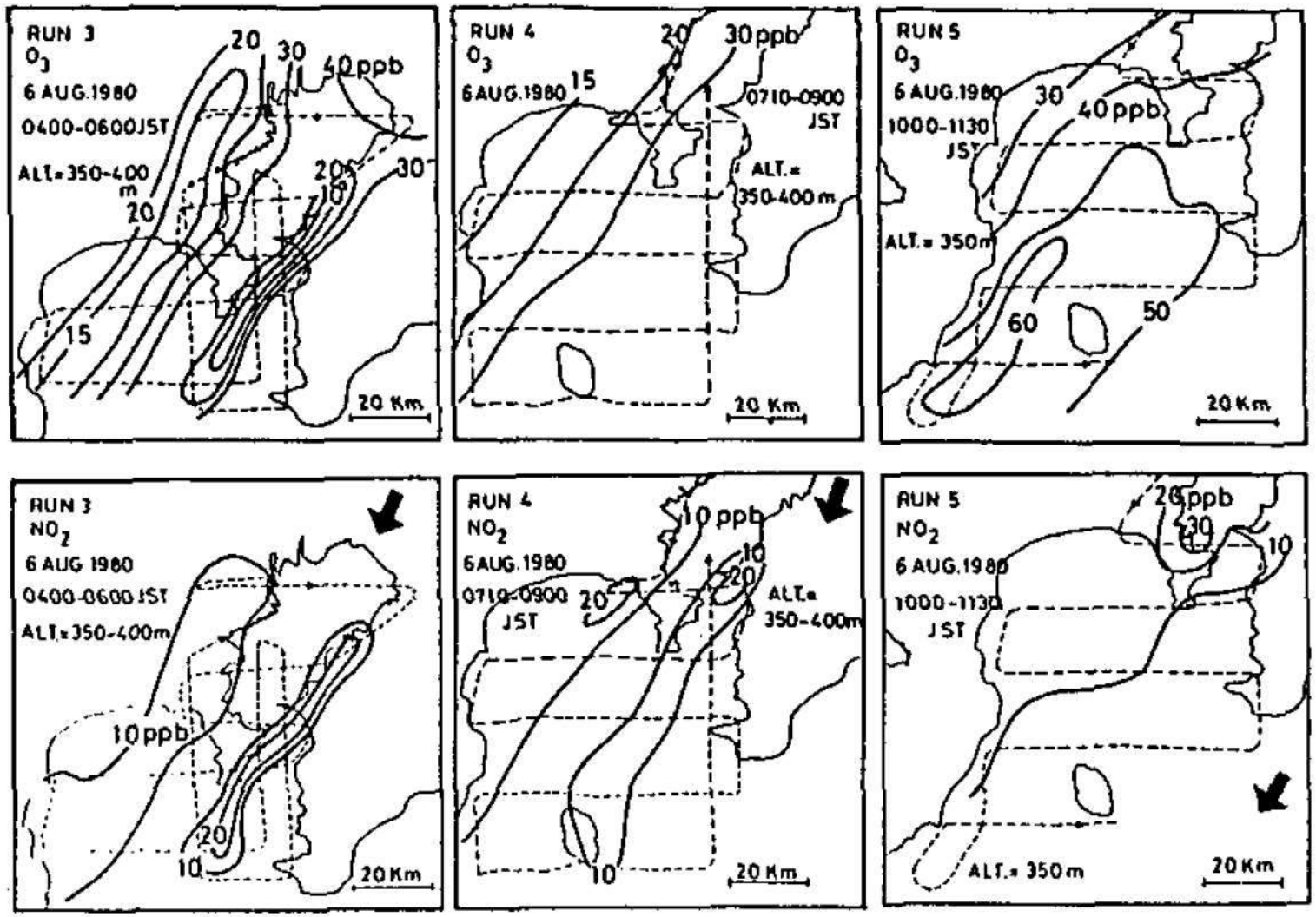
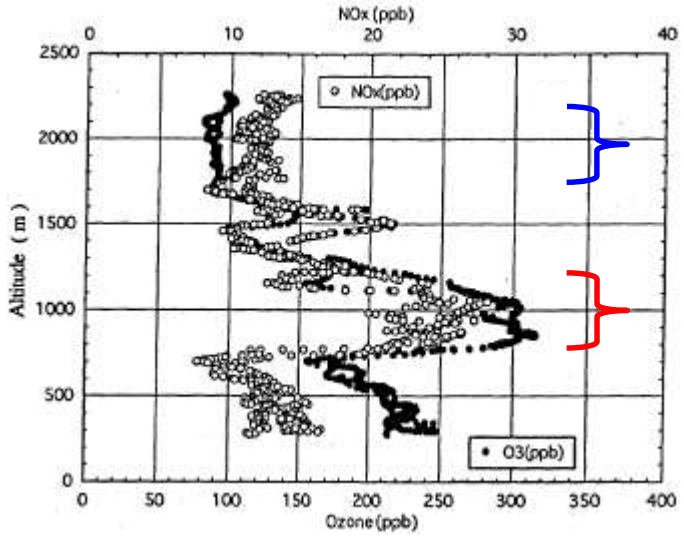
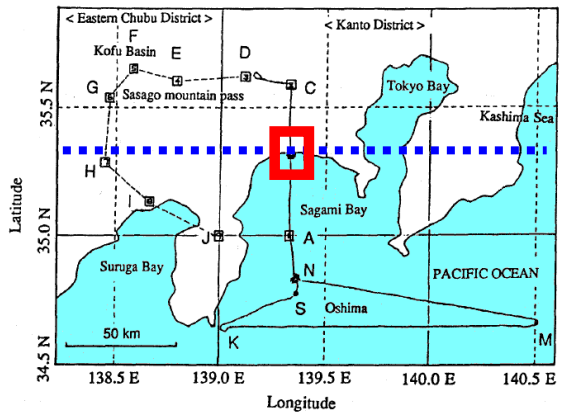


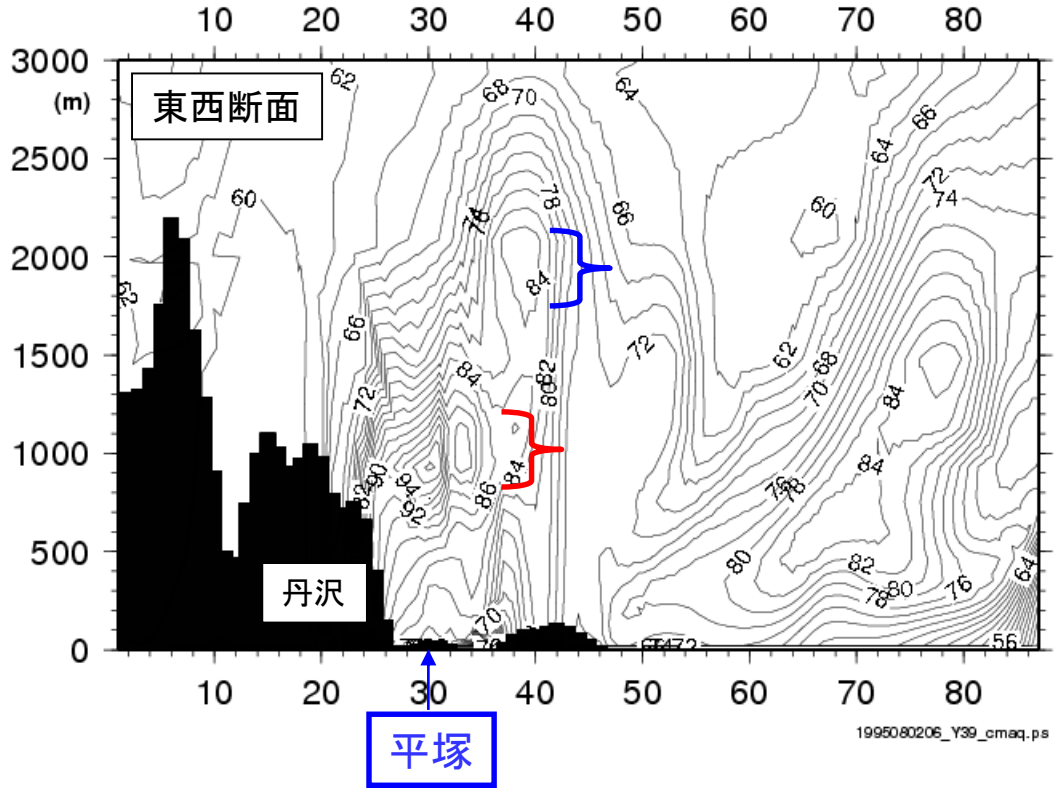
図 1　1980, 1981年における典型的なフライトコースとバイロット・バルーンの観測点(図中・印)


RUN 3
O_3
6 AUG.1980
0400-0600JST
ALT.=350-400 m
20
30
40ppb
20
30
20
10
15
20 Km
RUN 4
O_3
6AUG.1980
15
20
30ppb
0710-0900 JST
ALT.= 350-400 m
20 Km
RUN 5
O_3
6 AUG.1980
1000-1130 JST
30
40ppb
ALT.= 350m
60
50
20 Km
RUN 3
NO_2
6 AUG 1980
0400-0600 JST
ALT.=350-400m
10ppb
20
10
20 Km
RUN 4
NO_2
6AUG.1980
0710-0900 JST
10ppb
10
20
20
ALT.= 350-400m
10
20 Km
RUN 5
NO_2
6 AUG.1980
1000-1130 JST
20ppb
30
10
ALT.= 350m
20 Km

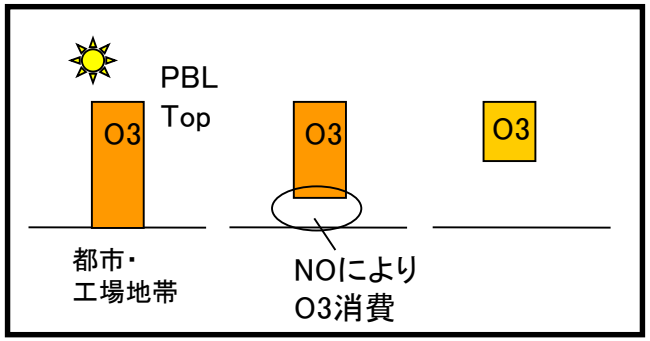
平塚上空のオゾン濃度分布（95/8/2　15時）







何故、オゾンピークが上空にできるのか？



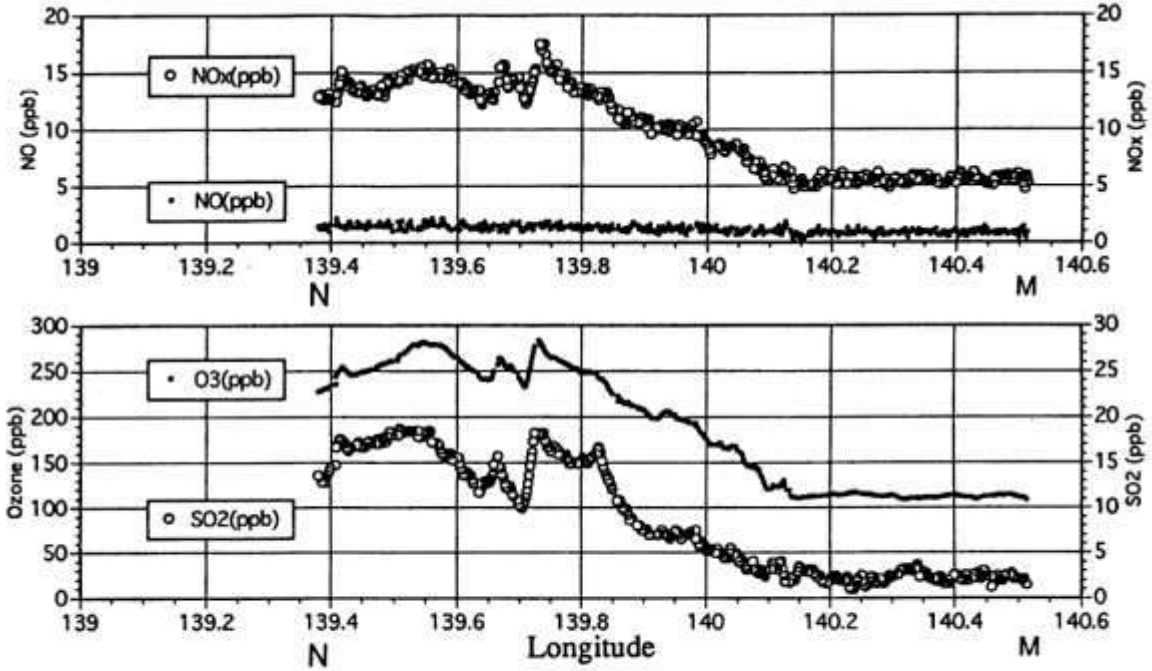


Fig. 5. Horizintal distributions of NO_x, NO, O_3 and SO_2 300 m above the sea surface observed between point M (1402JST) and N (1427JST) on 2 August 1995.

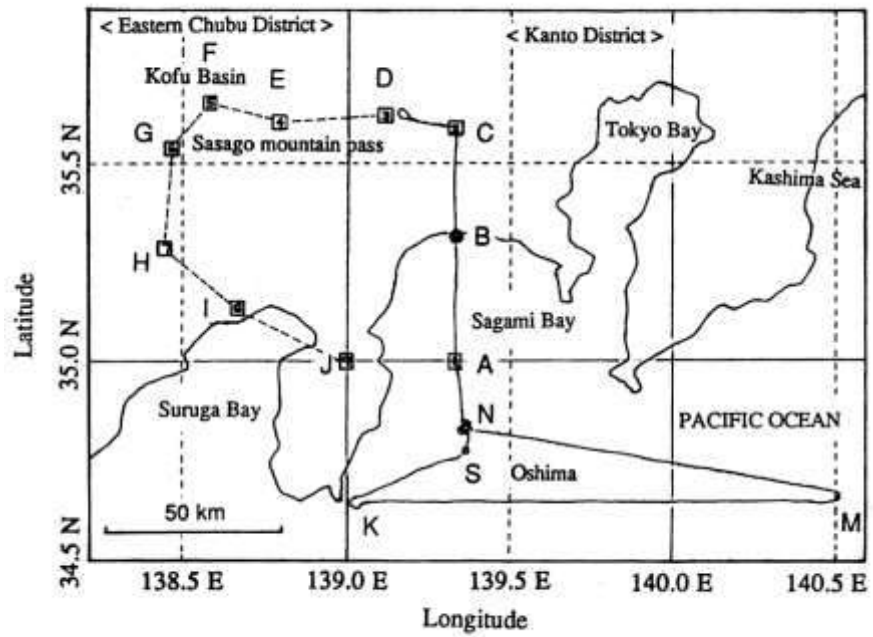


Fig. 1. Typical flight course.

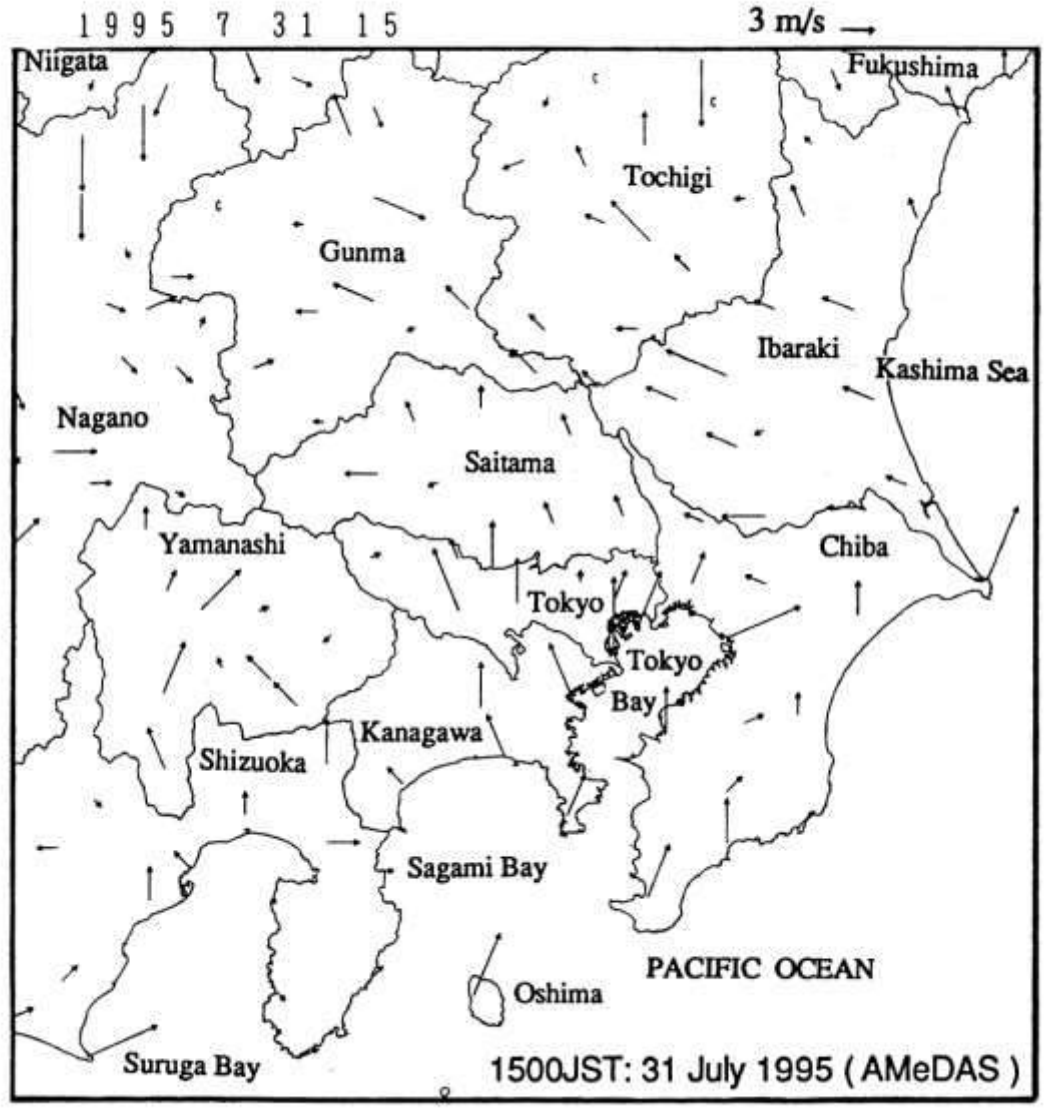
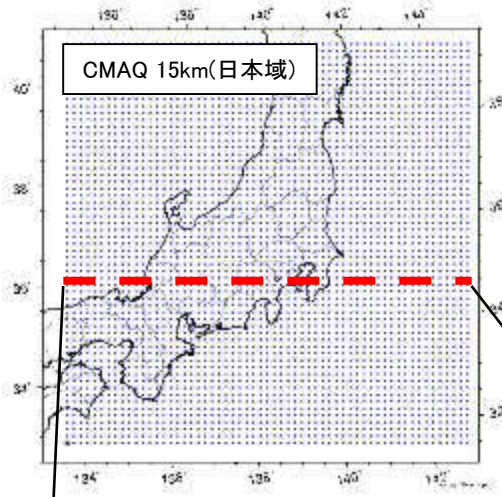


Fig. 3. Surface air flow pattern at 1500JST on 31 July 1995.

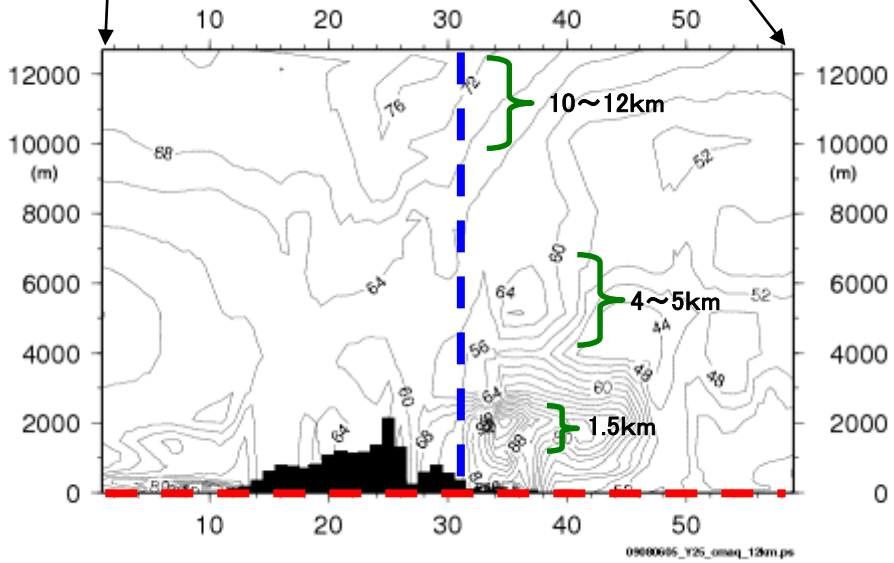
オゾンゾンデによる鉛直オゾン濃度分布（2009年8月6日）

丹沢地域における大気汚染と気象の立体分布観測（平成21年度）

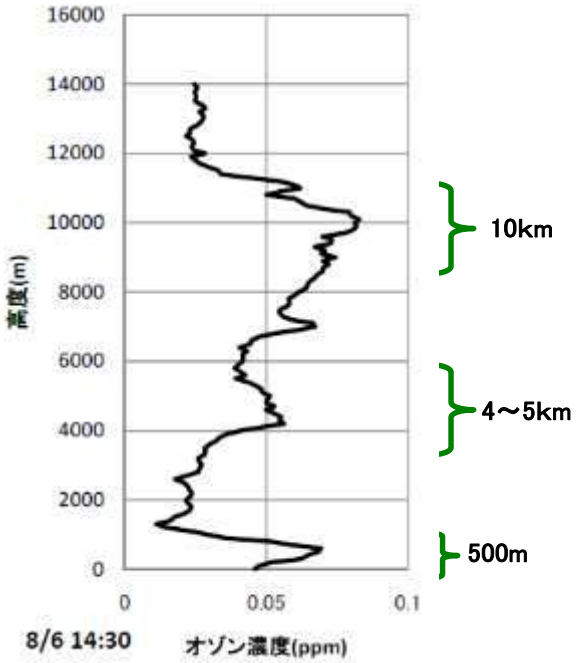
＜オゾンゾンデ観測＞
放球地点： 2009年8月6日14時30分
放球地点：足柄上地域県政総合センター(開成町吉田島2489-2)
上昇速度：200m/分
最低観測高度：地上10,000m
オゾンセンサー　　：メーカー：EN-SCI　　型式：1Z ECC-O3-SONDES



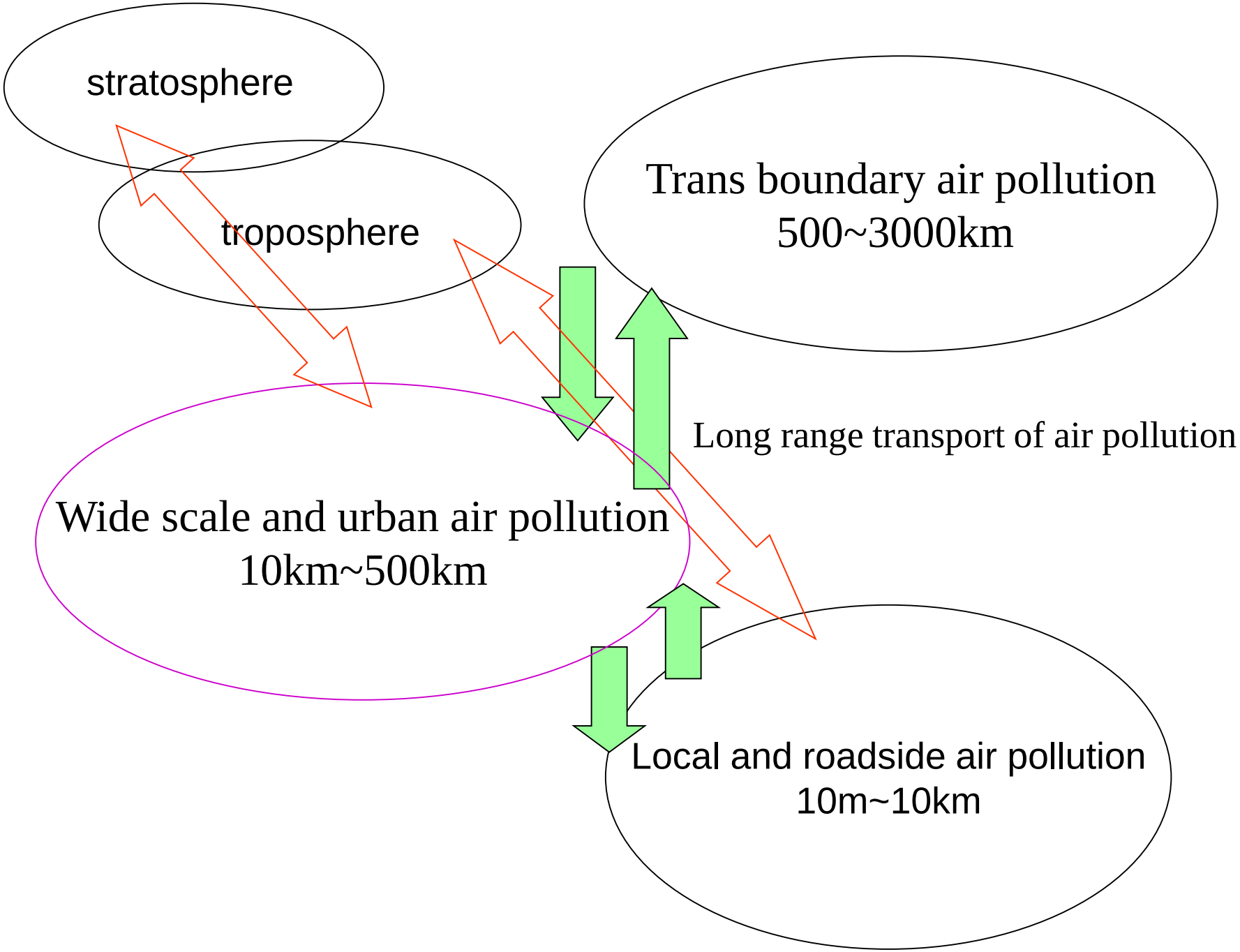
CMAQ（日本域）の計算領域及び断面



鉛直オゾン濃度シミュレーション （2009/8/6 15:00）



オゾンゾンデ観測結果

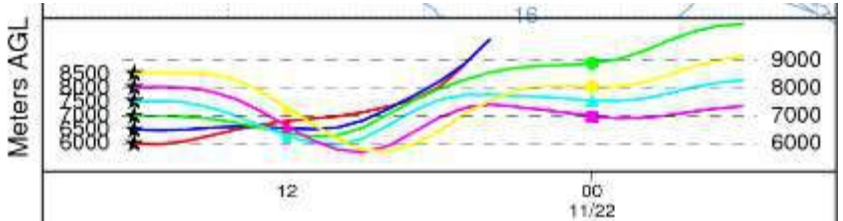

stratosphere
troposphere
Trans boundary air pollution
500~3000km
Long range transport of air pollution
Wide scale and urban air pollution
10km~500km
Local and roadside air pollution
10m~10km

Backward trajectories

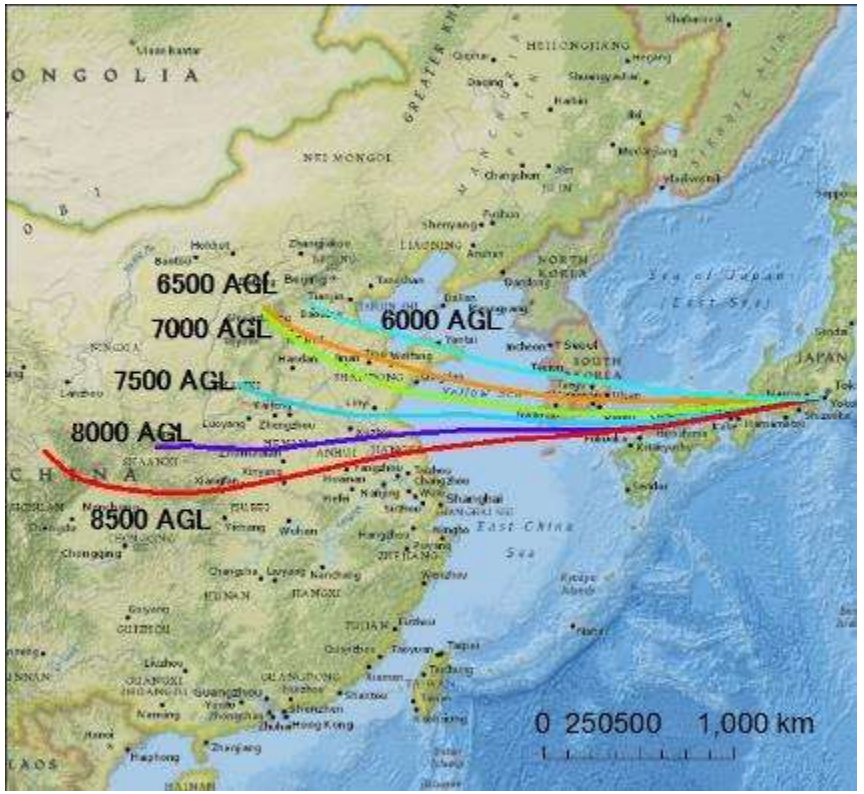
Hysplit 4, 12:00 (LST) – 24 h before

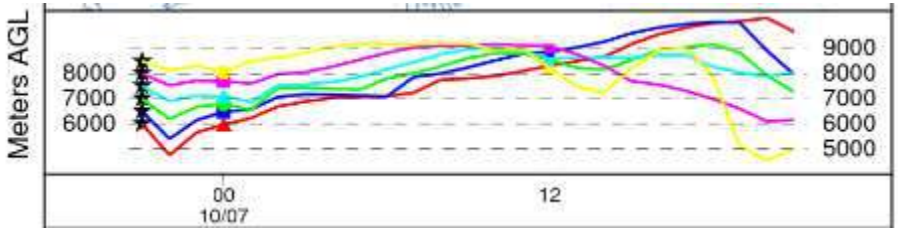
Note: colors do not match in the upper and lower figures.

Mexico City 2011 Nov 22

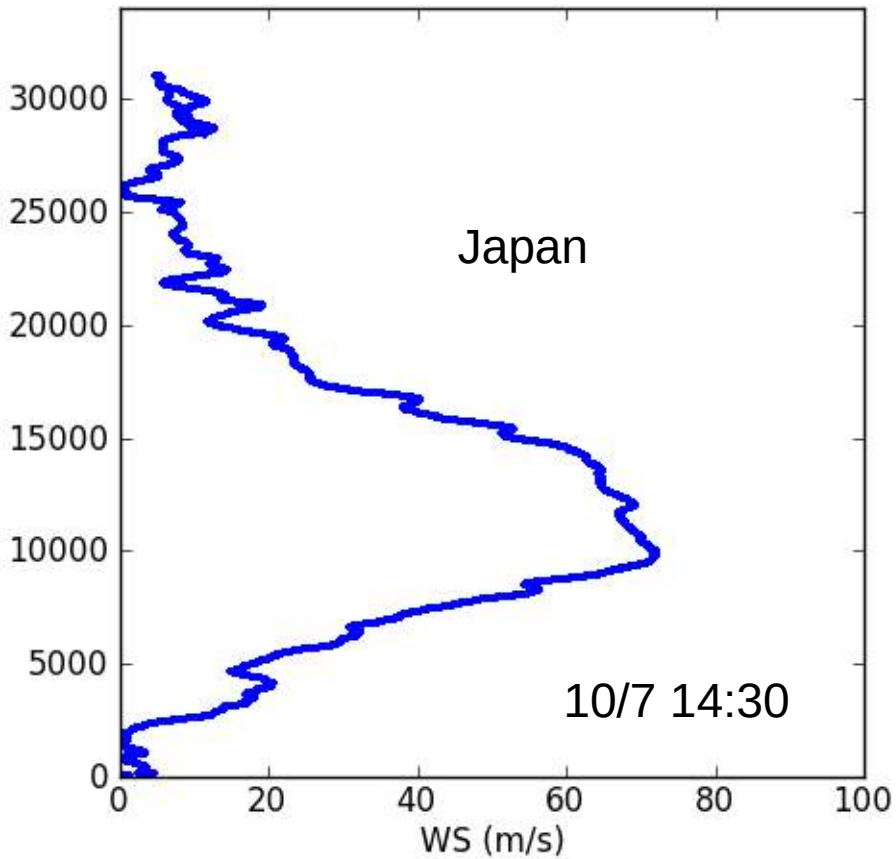


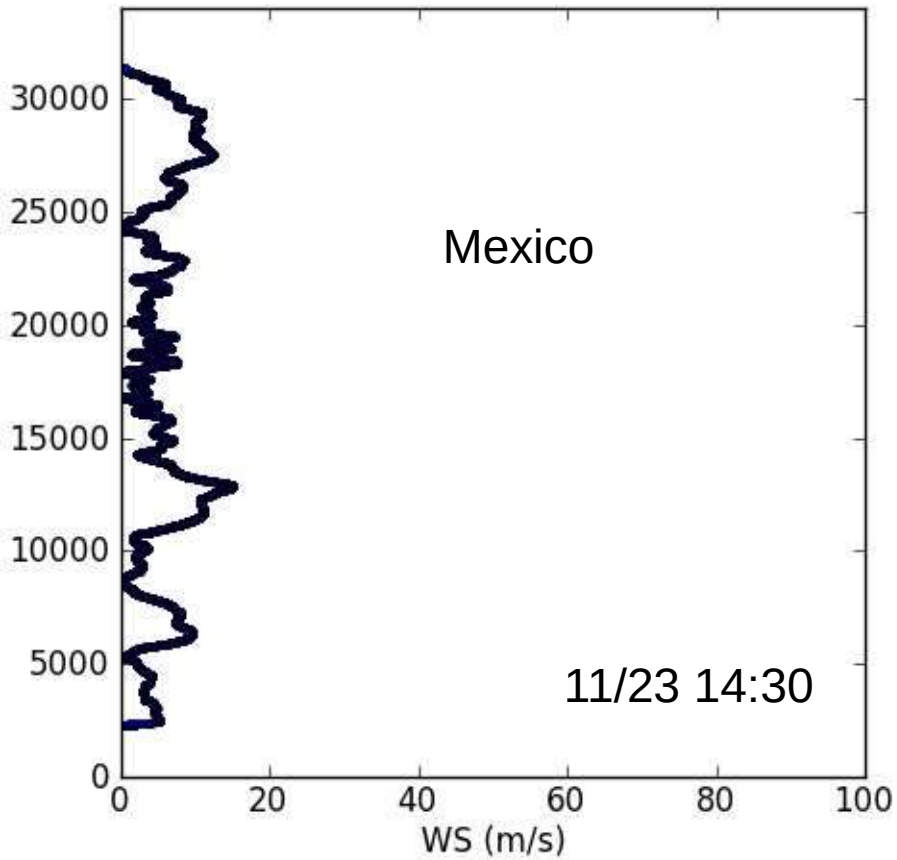
Japan 2011 Oct 7



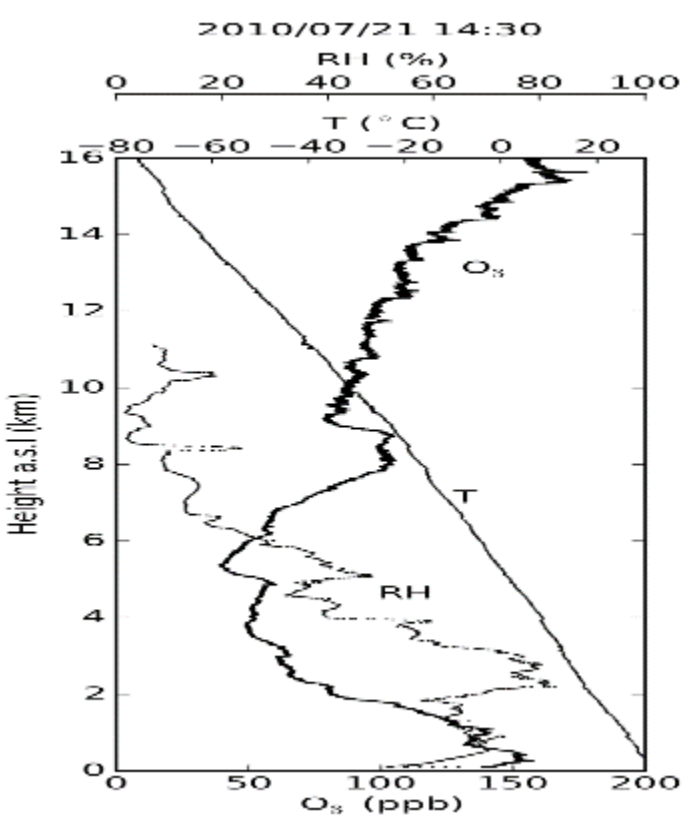


wind speed

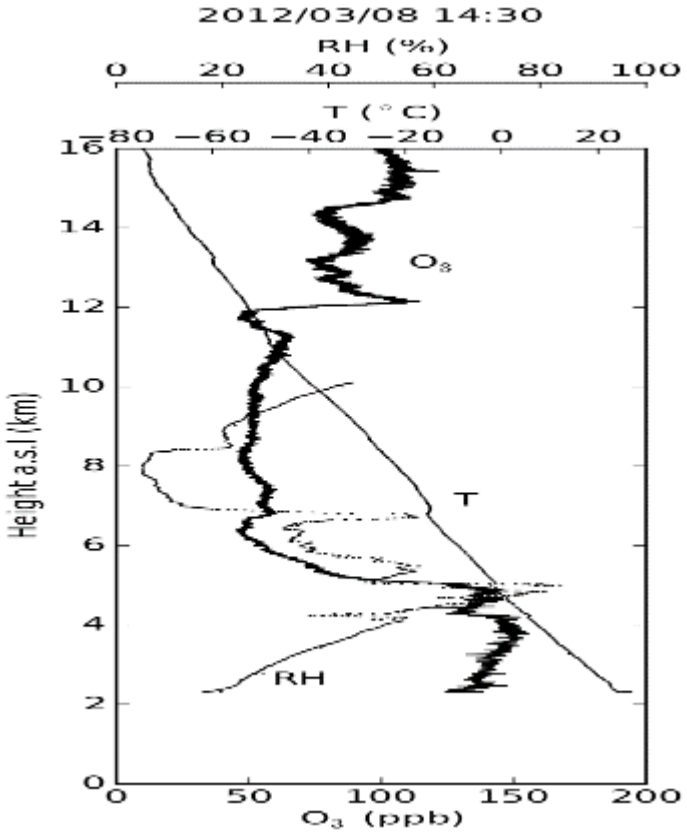

30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
20
40
60
80
100
WS (m/s)
Japan
10/7 14:30


30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
20
40
60
80
100
WS (m/s)
Mexico
11/23 14:30

Vertical ozone distribution in Japan and Mexico
Example of vertical distribution of ozone and meteorological parameters in Japan and Mexico .
In MCMA, ozone is uniformly distributed in the mixing layer with high concentration
In TMA, long range transportation of ozone is observed
at the altitudes between 7000 and 9000m from the surface.



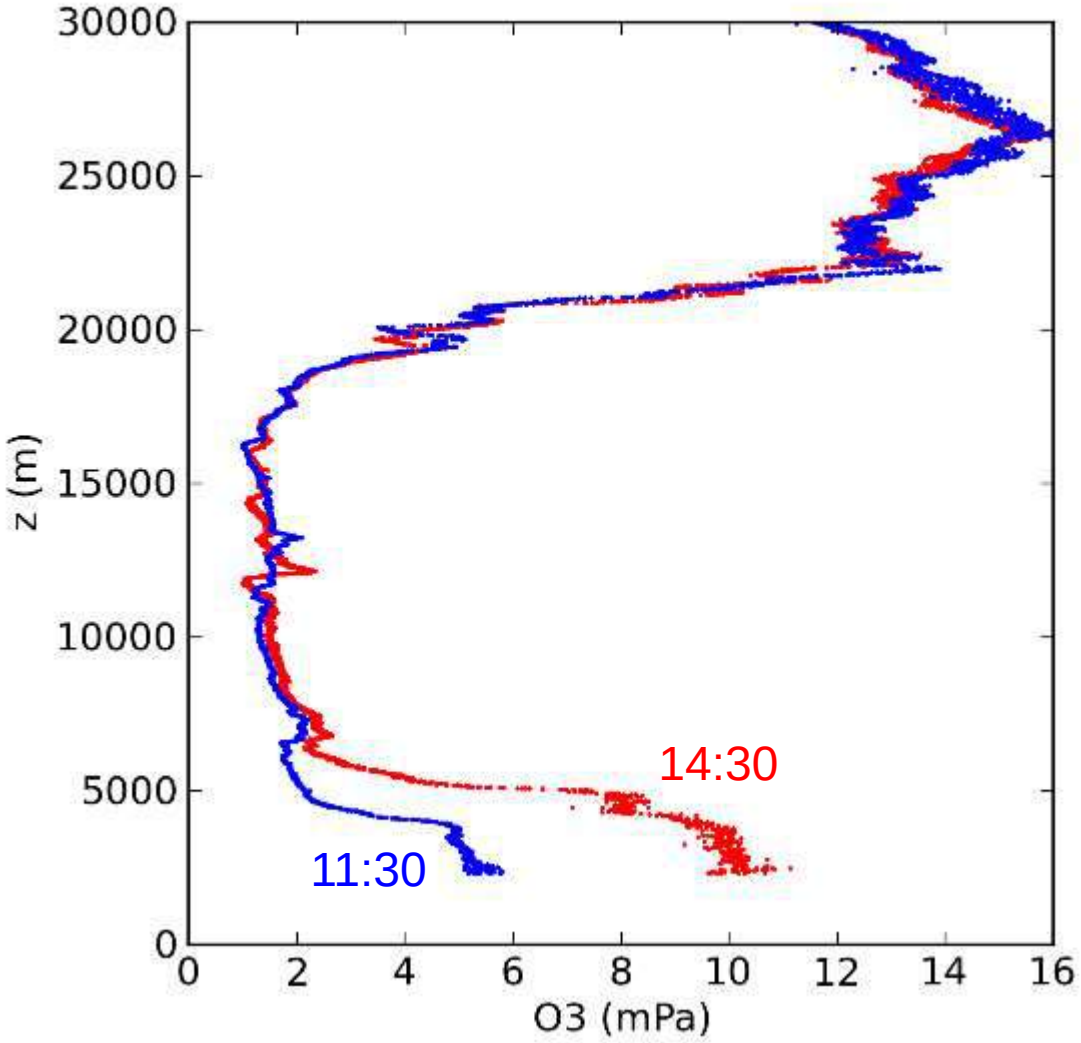
TMA



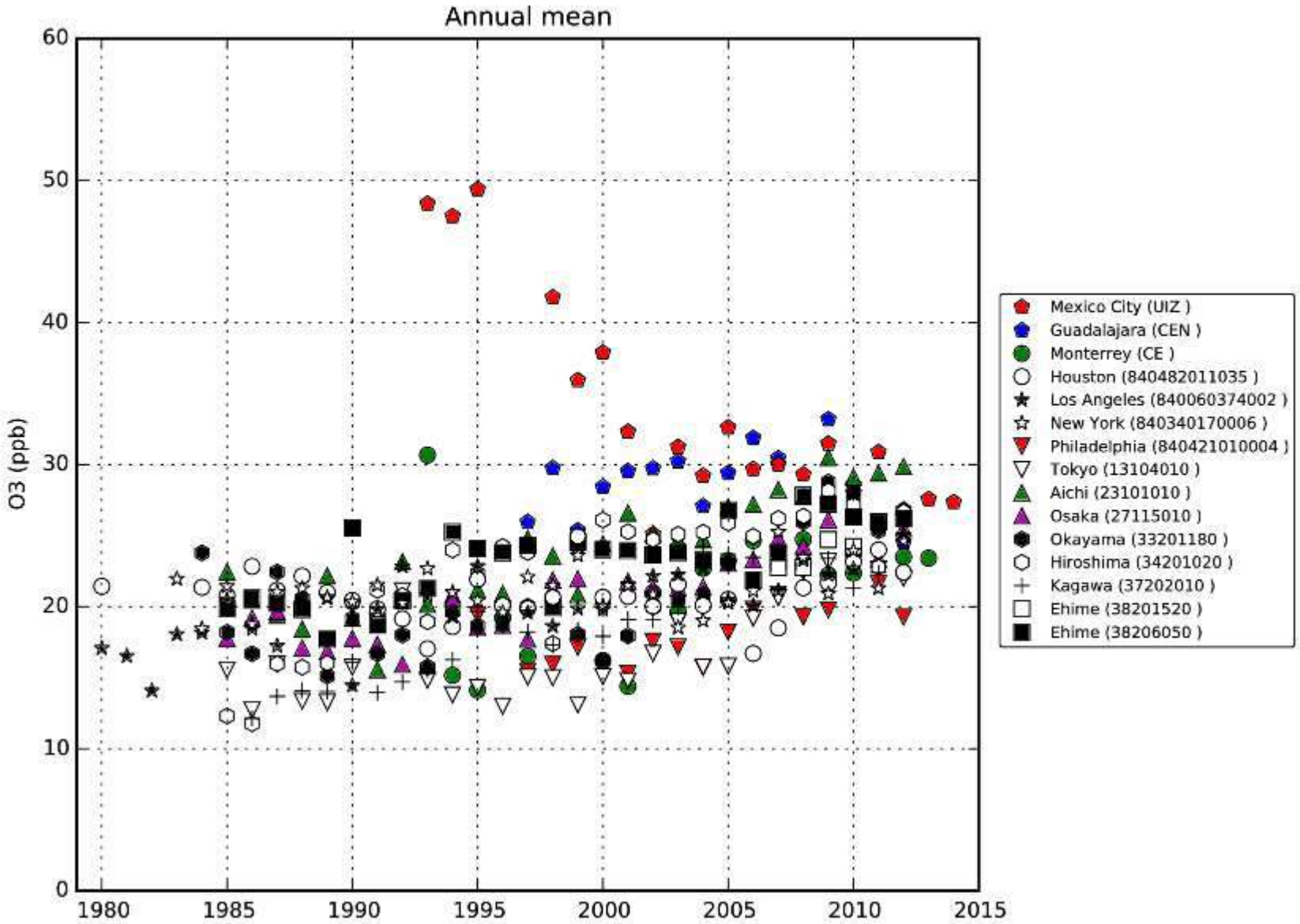
MCMA

Vertical ozone profiles

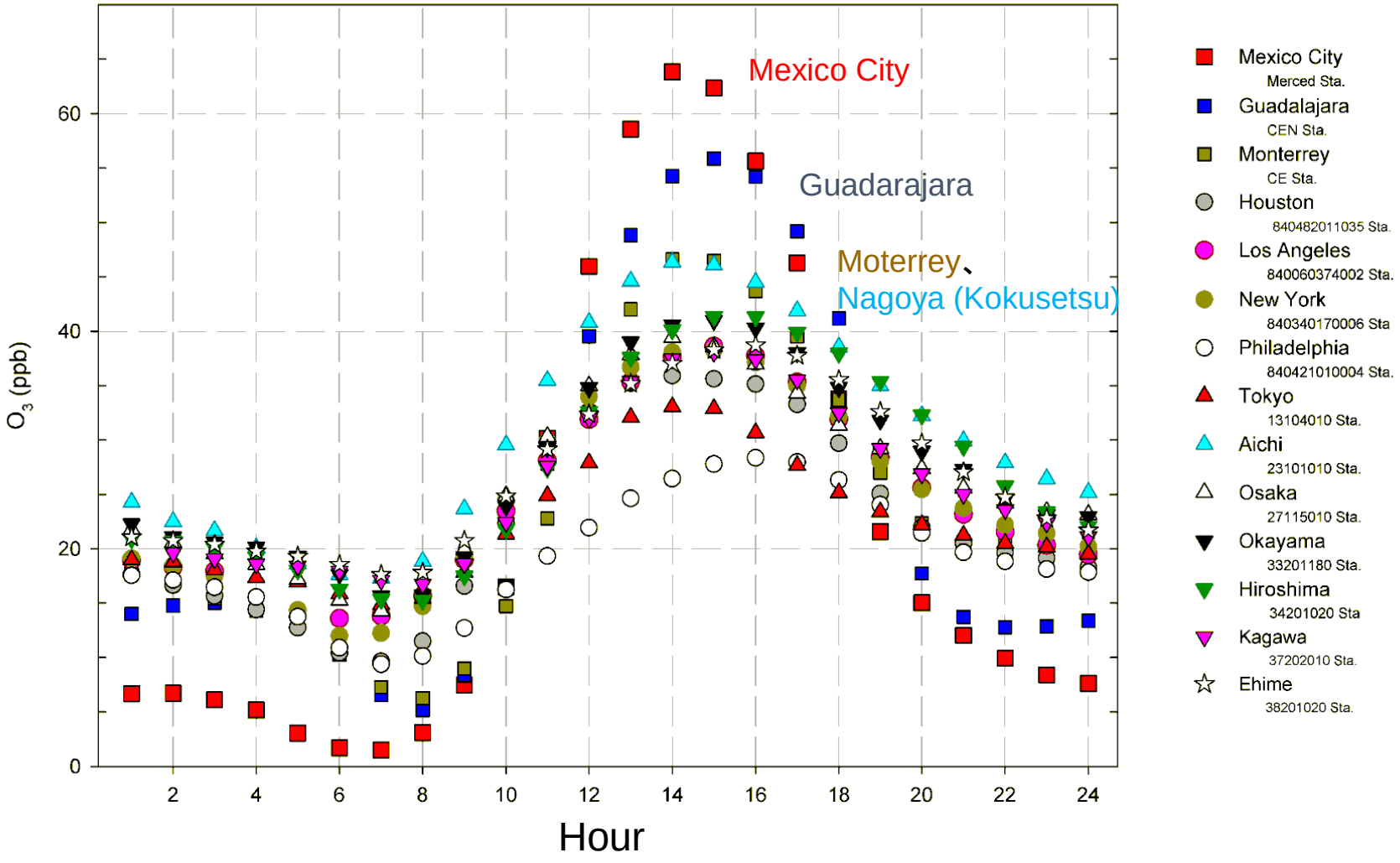
Mexico City 2012 Mar 8



O3


Annual mean
O3 (ppb)
0
10
20
30
40
50
60
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
Mexico City (UIZ)
Guadalajara (CEN)
Monterrey (CE)
Houston (840482011035)
Los Angeles (840060374002)
New York (840340170006)
Philadelphia (840421010004)
Tokyo (13104010)
Aichi (23101010)
Osaka (27115010)
Okayama (33201180)
Hiroshima (34201020)
Kagawa (37202010)
Ehime (38201520)
Ehime (38206050)

Ozone:Diurnal Variation（Annual Mean）



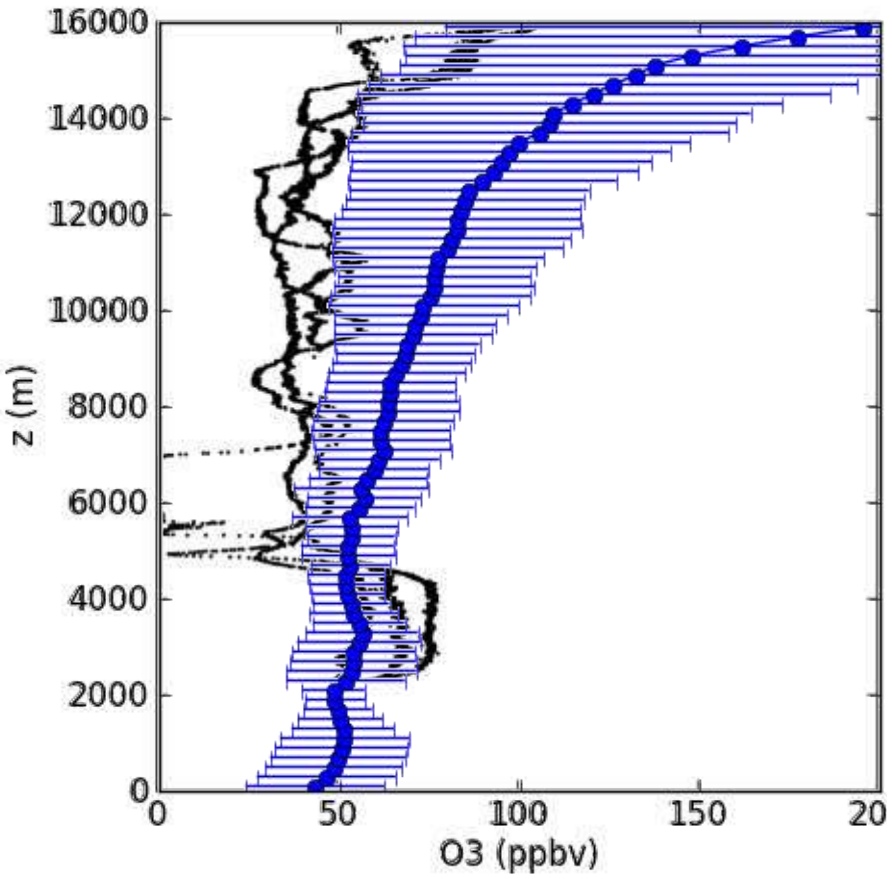
Japanese data is monitoring as Ox, from January 2012 to December 2012.

Vertical ozone profiles

Japan：High in the upper troposphere

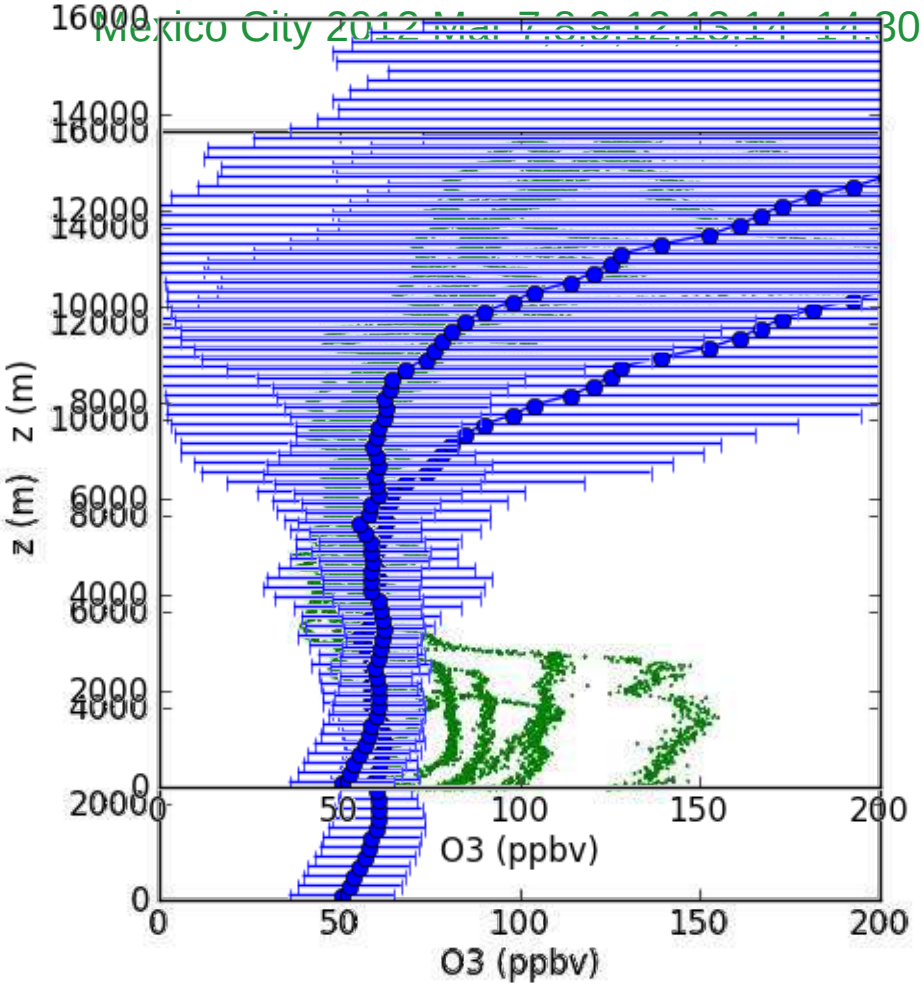
Tsukuba SON (2000-2011)

Mexico City 2011 Nov 17,22,23 14:30



Tsukuba MAM (2000-2011)

Mexico City 2012 Mar 7,8,9,12,13,14, 14:30



- １、はじめに（発生源・化学反応・気象）
- ２、大気汚染物質の環境基準
- ３、大気汚染の化学（ラジカルの役割を中心として）
- ４、大気汚染の気象学（局地気象を中心として）
- ５、大気汚染の立体分布と広域大気汚染
- **６、大気汚染のトレンドと対策**
- ７、まとめ　地域大気と地球環境

Pergamon

Atmospheric Environment Vol. 30, No. 5, pp. 715–721, 1996
Copyright © 1996 Elsevier Science Ltd
Printed in Great Britain. All rights reserved
1352-2310/96 $15.00 + 0.00

1352–2310(95)00274–X

RECENT TRENDS IN PRECURSOR CONCENTRATIONS AND OXIDANT DISTRIBUTIONS IN THE TOKYO AND OSAKA AREAS

SHINJI WAKAMATSU*, TOSHIMASA OHARA† and ITSUSHI UNO*

*National Institute for Environmental Studies, Onogawa 16-2, Tsukuba 305, Japan; and †Institute of Behavioral Sciences, Honmuracho 2-9, Ichigaya, Shinjuku, Tokyo 162, Japan

(*First received* 15 *October* 1992 *and in final form* 21 *May* 1995)

Abstract—Photochemical air pollution is still a serious environmental issue in Tokyo and Osaka areas. To clarify the past trend and present status of photochemical air pollution, the annual trends of daily maximum oxidant concentration covering Kanto (Tokyo and surrounding prefectures) and Kansai (Osaka and surrounding prefectures) areas were analyzed. Trends in the photochemical air pollution and NO_x and VOC precursors showed identical characteristics both in Tokyo and Osaka areas. Trends in volatile organic hydrocarbons and NO_x were analyzed; NO_x is increasing and NMHC/NO_x ratio is decreasing in the long term over both Kanto and Kansai areas, indicating an increase in ozone forming potential and a decrease in photochemical reactivity, which may be responsible for the air pollution patterns observed in the Tokyo and Osaka areas. The location of the daily maximum oxidant concentration has moved further from the emission areas.

Key word index: Photochemical air pollution, NMHC/NO_x ratio, air pollution trends.

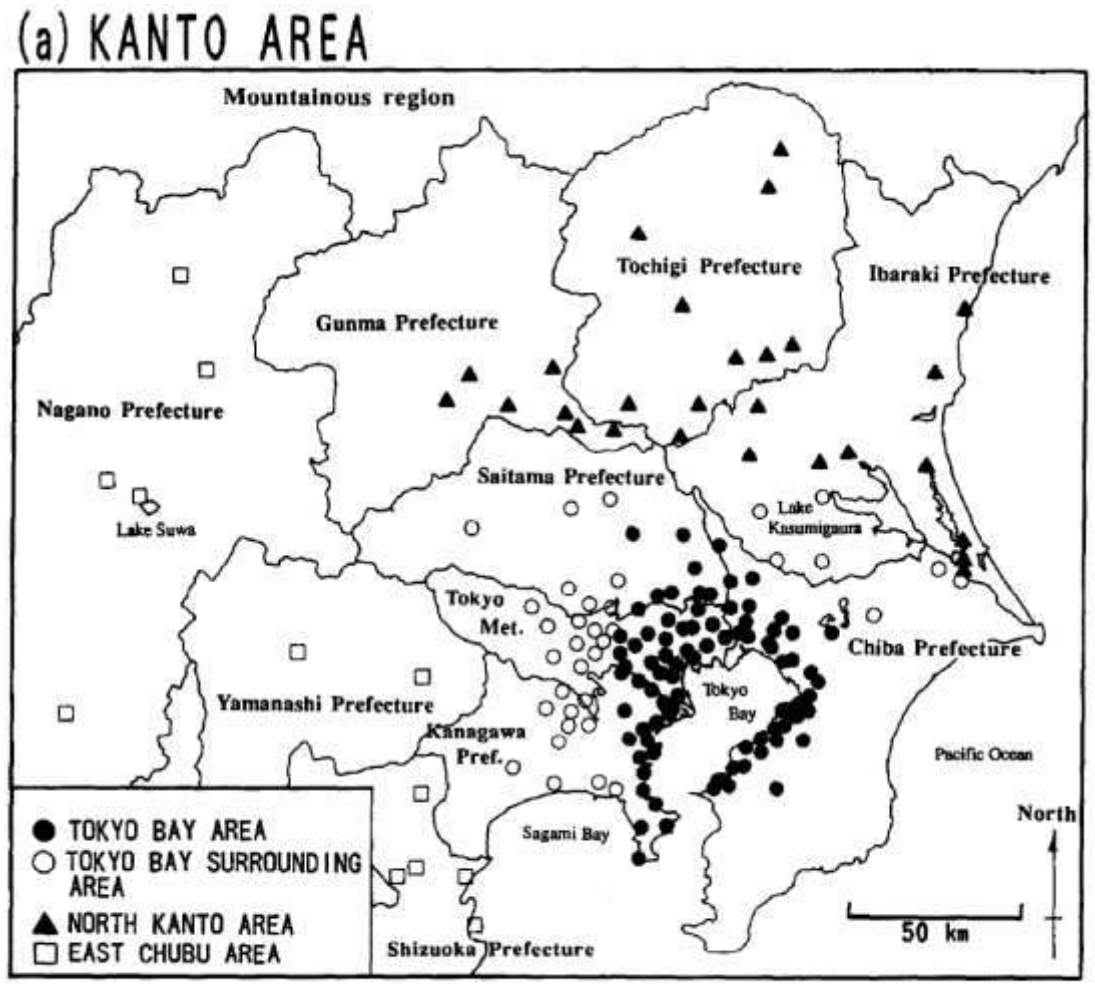


Fig. 1. Locations of air quality monitoring stations in (a) the Kanto and (b) the Kansai areas used for this analysis. Solid line shows border of prefecture.

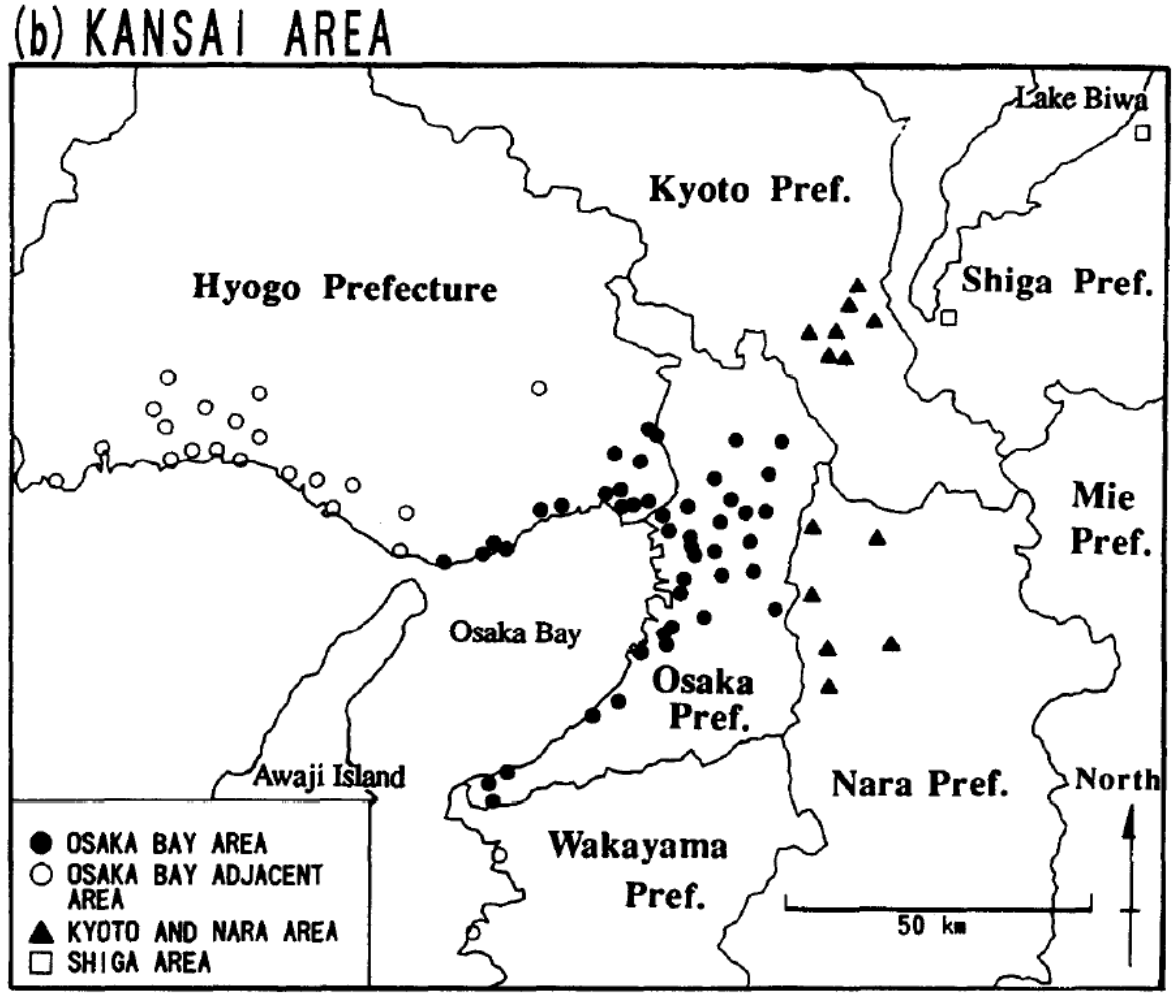


Fig. 1. (Continued)

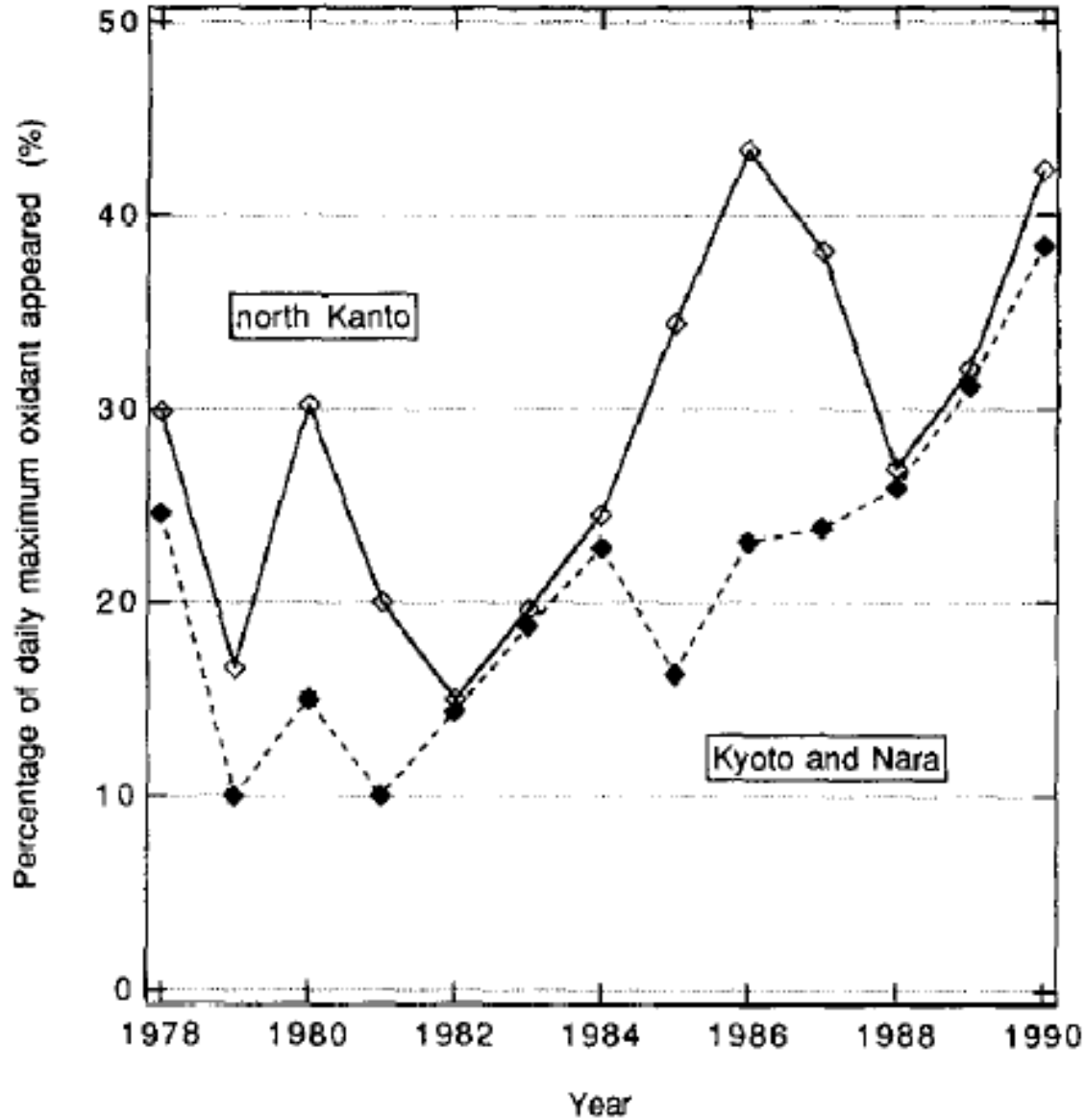
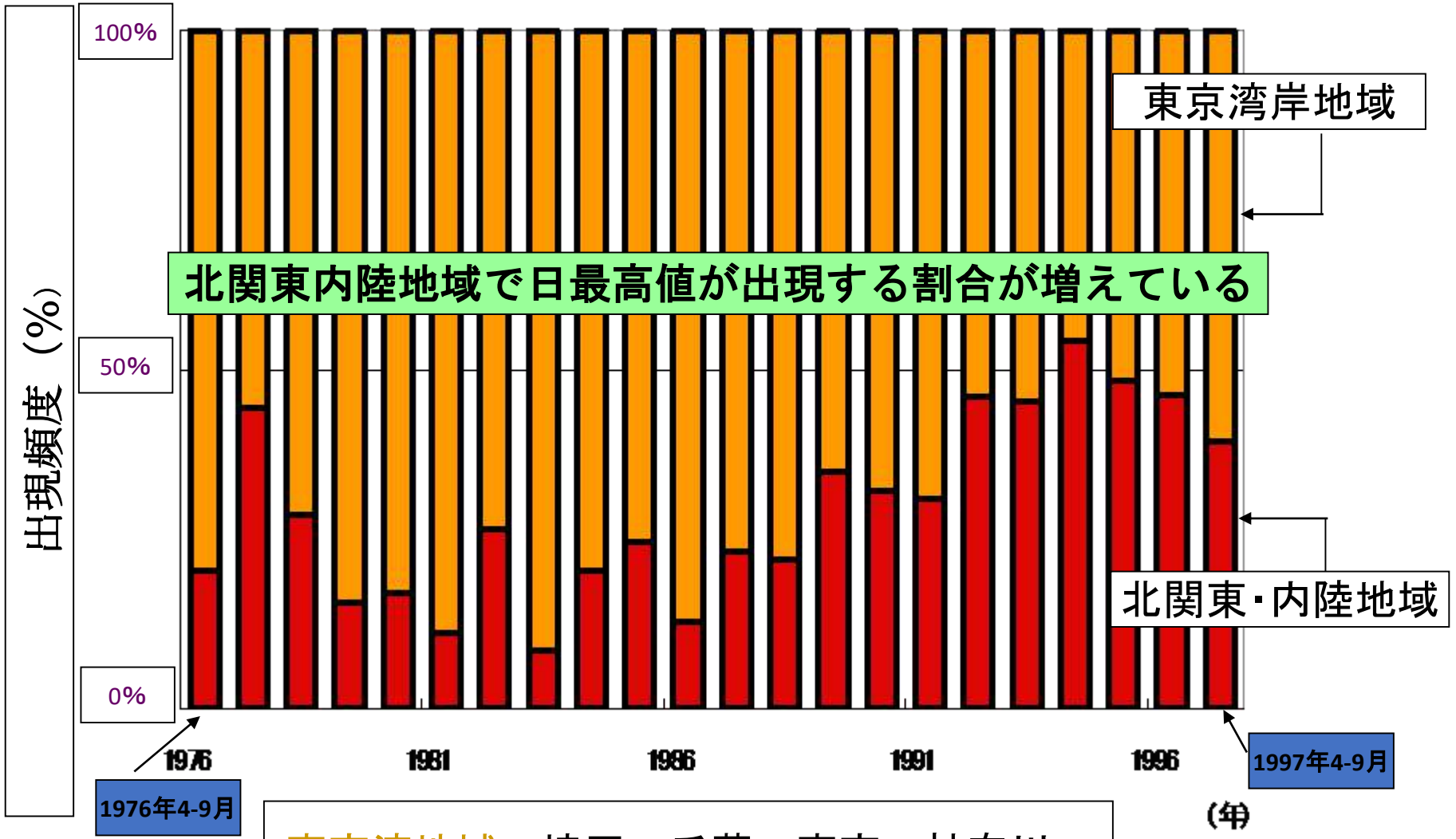


Fig. 6. Trends in percentage of daily maximum oxidant concentrations appeared in the north Kanto (◇) and Kyoto and Nara (◆) in Kanto and Kansai areas, respectively.

４月－９月の間で、毎日のオキシダントの日最高値が東京湾地域と北関東内陸地域のどちらで現れたか？



東京湾地域：埼玉、千葉、東京、神奈川
北関東内陸地域：茨城、栃木、群馬

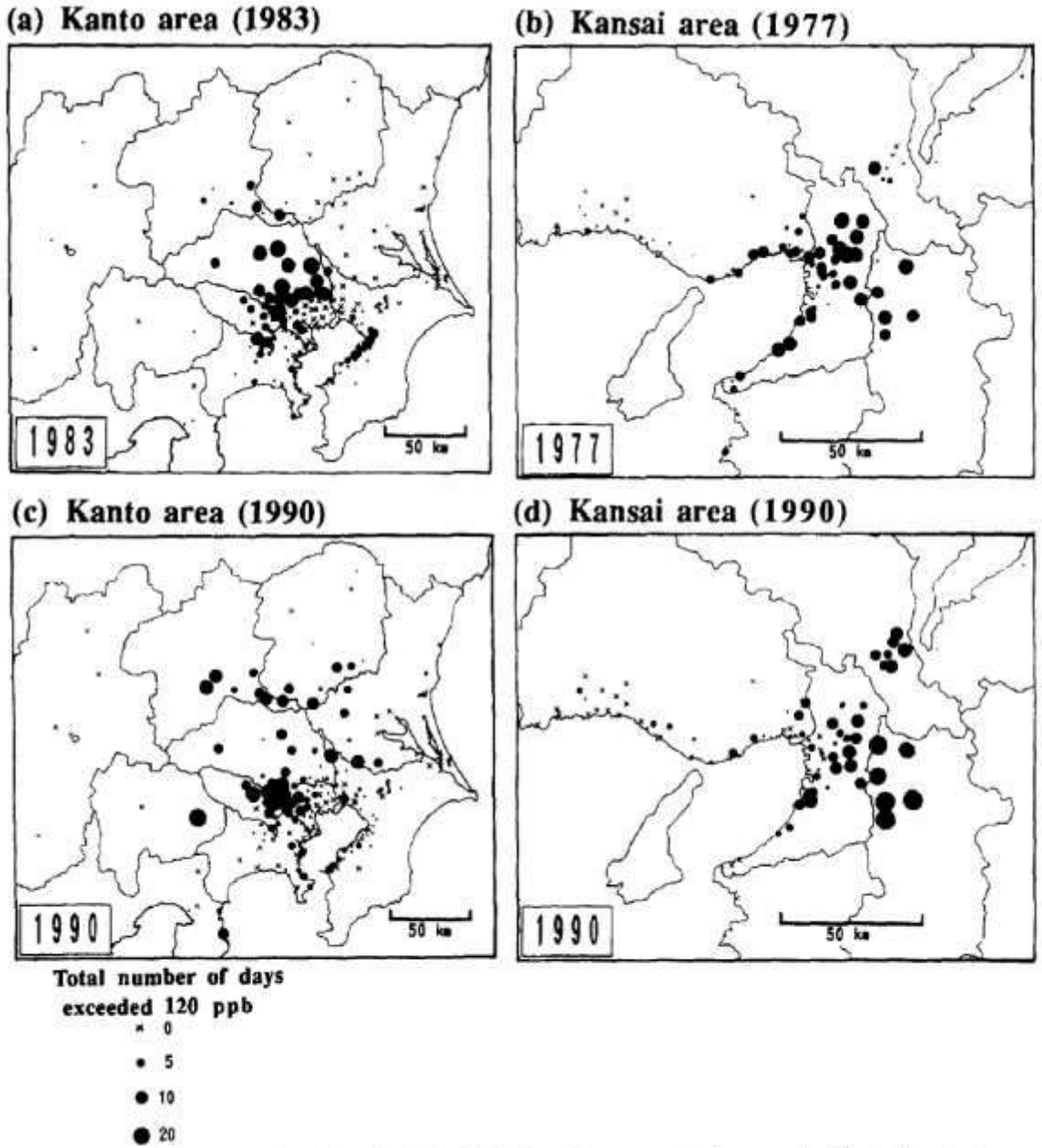


Fig. 5. The total number of days in which the hourly oxidant concentrations exceeds 120 ppb at various monitoring stations in the (a) Kanto area (1983), (b) Kansai area (1977), (c) Kanto area (1990) and (d) Kansai area (1990).

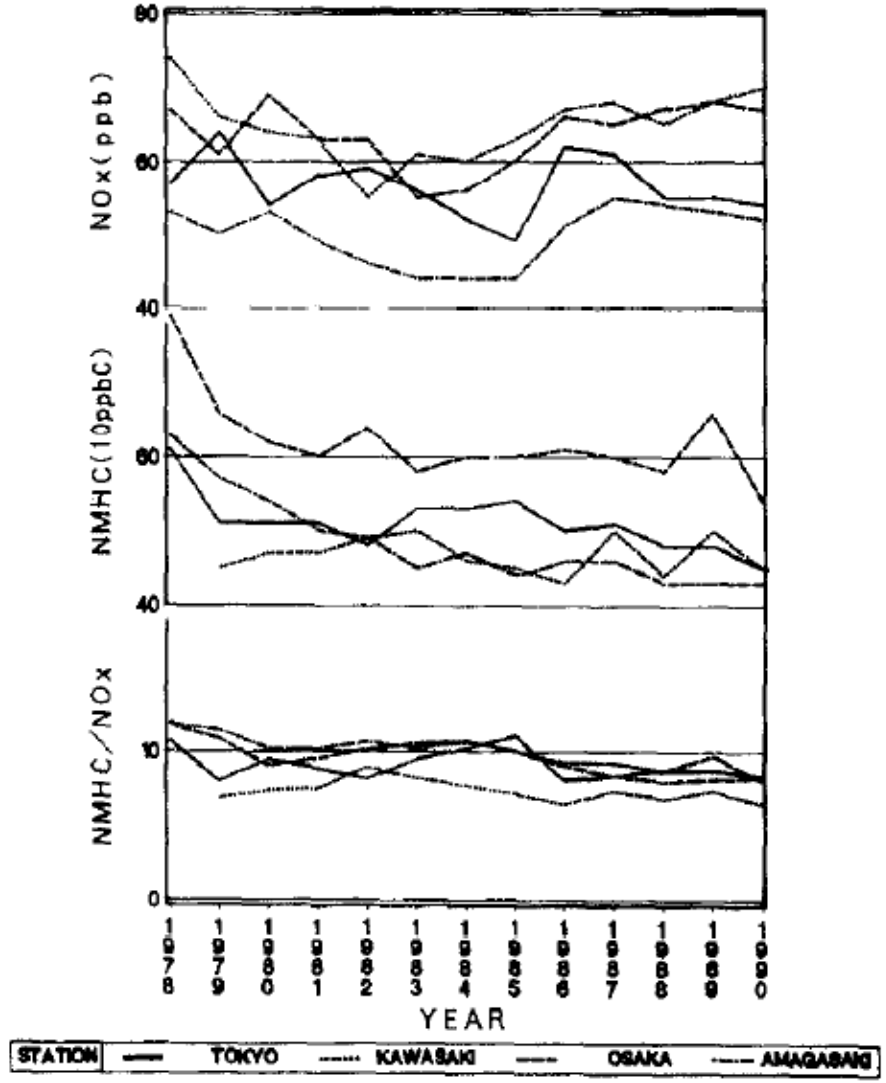


Fig. 7. Trends in the annual average NO_x and NMHC concentrations and the NMHC/NO_x ratio at the national air quality monitoring stations in the Kanto area (Tokyo, Kawasaki) and the Kansai area (Osaka, Amagasaki).

PERGAMON

Atmospheric Environment 33 (1999) 3097–3108

ATMOSPHERIC ENVIRONMENT

A study of the relationship between photochemical ozone and its precursor emissions of nitrogen oxides and hydrocarbons in Tokyo and surrounding areas

Shinji Wakamatsu[a,*], Itsushi Uno[a], Toshimasa Ohara[b], Kenneth L. Schere[c,1]

[a]*National Institute for Environmental Studies, Onogawa 16-2, Tsukuba 305, Japan*
[b]*Institute of Behavioral Sciences, Honmuracho 2-9, Ichigaya, Shinjuku, Tokyo 162, Japan*
[c]*Atmospheric Sciences Modeling Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, Research Triangle Park, NC 27711, USA*

Received 10 July 1996; accepted 29 October 1997

Abstract

The relationship between emission intensity of (nitrogen oxides) (NO_x), NC non-methane hydrocarbons (NMHC) and O_3 concentration covering the Kanto area (Tokyo and surrounding prefectures) were investigated based on data analysis and model simulation. The observed trend in NO_x concentration increased and the NMHC/NO_x ratio and NMHC concentration decreased from 1978 to 1990. These emission changes will act to change the place where the maximum ozone is observed in the Kanto area. The fact is that the location of the daily maximum oxidant concentration has moved further from the emission areas. To clarify the temporal and areal distribution of photochemical air pollution in the Kanto area, the Urban Airshed Model (UAM) was applied. Assuming 25% decrease in NMHC and 50% increase in NO_x emission intensities, simulation result showed almost the same maximum O_3 value compared with the base-case simulation for 1981. On the other hand, the time when the maximum value appeared changed from 1400JST to 1600JST. Higher concentrations of oxidants were usually observed near the shore in the morning, and moved inland following sea breeze penetration. Under these meteorological conditions, the time shift obtained by the UAM simulation corresponds to the observed areal shift of the daily maximum O_3 concentration. © 1999 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

Keywords: Photochemical ozone; NO_x; NMHC; Urban airshed model (UAM)

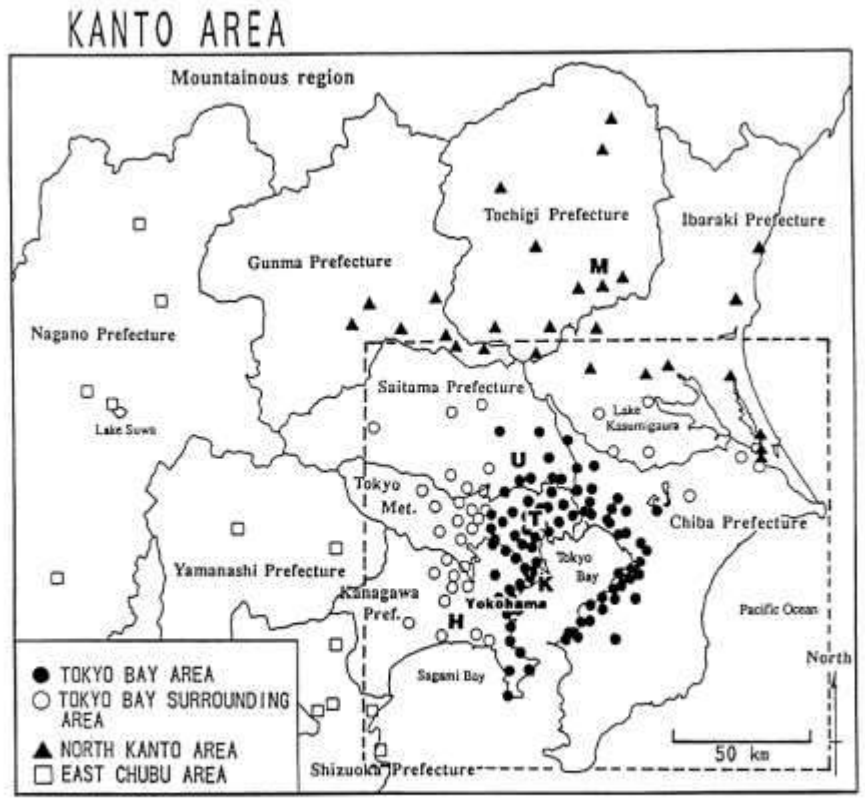


Fig. 1. Locations of oxidant monitoring stations in the Kanto area used for this analysis. The monitoring stations are divided into four groups depending on the distance from the Tokyo bay industrial area, i.e. Tokyo bay area, Tokyo bay surrounding area, north Kanto area, and east Chubu area. Solid line shows border of prefecture and acronyms in the figure show locations of surface air pollution concentration monitoring stations; M: Mouka, U: Urawa, T: Tokyo, K: Kawasaki and H: Hiratsuka. Broken line in the figure show model simulation domain.

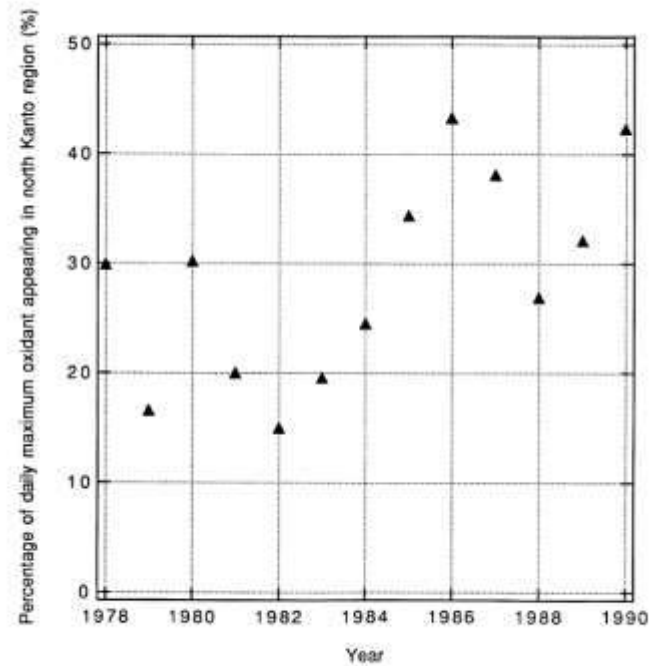


Fig. 2. Trends in percentage of daily maximum oxidant concentrations appearing in the north Kanto area. Monitoring stations in the north Kanto area used in this analysis marked with (▲) are shown in Fig. 1.

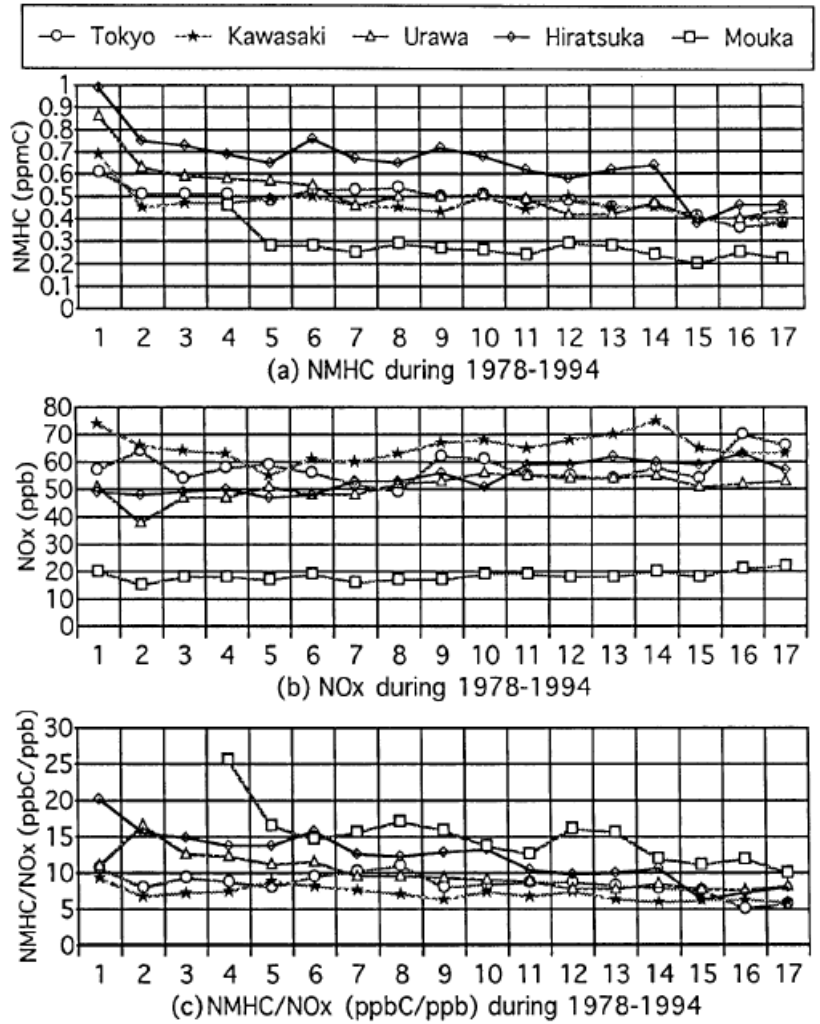


Fig. 3. (a) Seventeen years annual mean concentration trends of NMHC. (b) NO_x. (c) Annual changes of NMHC/NO_x ratios, between 1978 and 1994, at five monitoring stations in the Kanto area; Hiratsuka (H), Kawasaki (K), Tokyo (T), Urawa (U) and Mouka (M). Locations of these monitoring stations are shown in Fig. 1.

Wakamatsu,S.and Schere,K.L. (1991): A study using a three dimensional photochemical smog formation model under conditions of complex flow.
-Application of the Urban Air shed Model to the Tokyo metropolitan area-, *US-EPA Report,* **EPA/600/3-91/015**,1-84.

Wakamatsu,S.,Uno,I and Ohara,T. and Kenneth L. Schere (1999):
A study of the relationship between photochemical ozone and its precursor emissions of nitrogen oxides and hydrocarbons in the Tokyo area.
Atmospheric Environment,**33**,3097-3108.

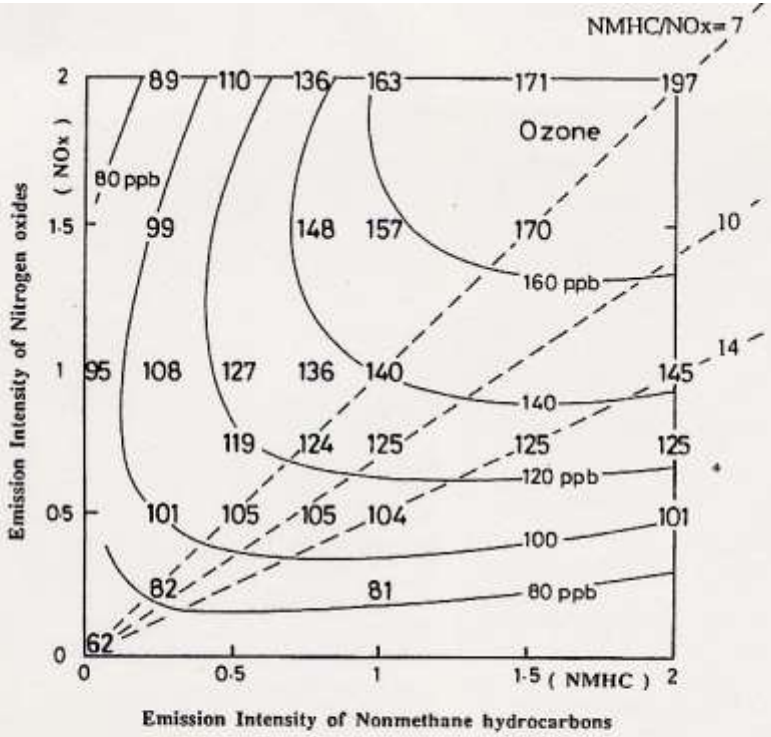


Fig. 8. Relationship between emission intensity of nitrogen oxides, non-methane hydrocarbons and maximum ozone concentration covering the Kanto area. Emission intensity 1 stands for the base-case emission value used in model validation study for field observations in 1981. The numbers in the figure correspond to individual 29 simulations.

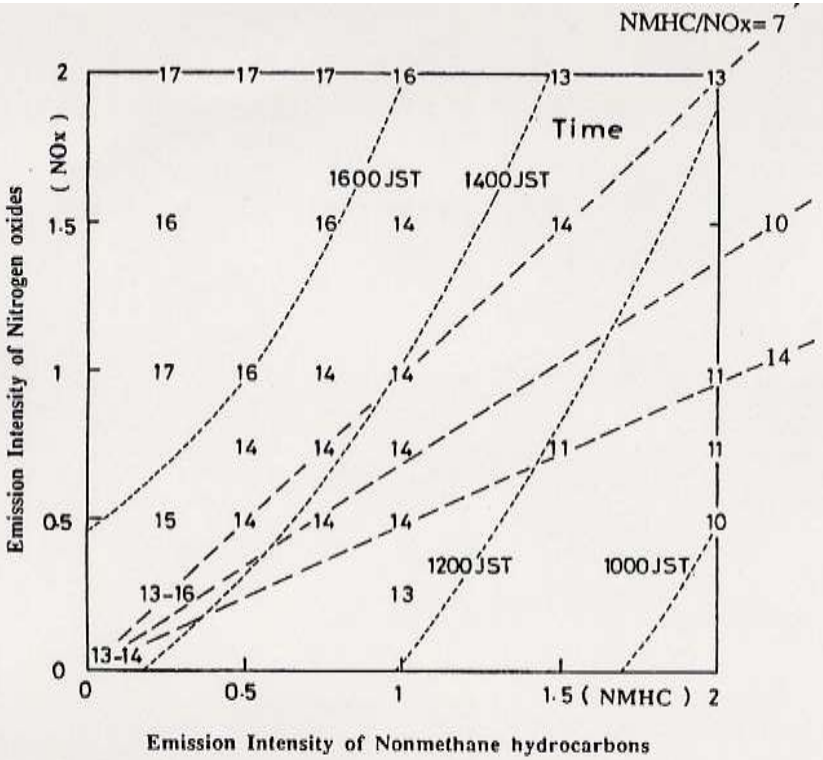
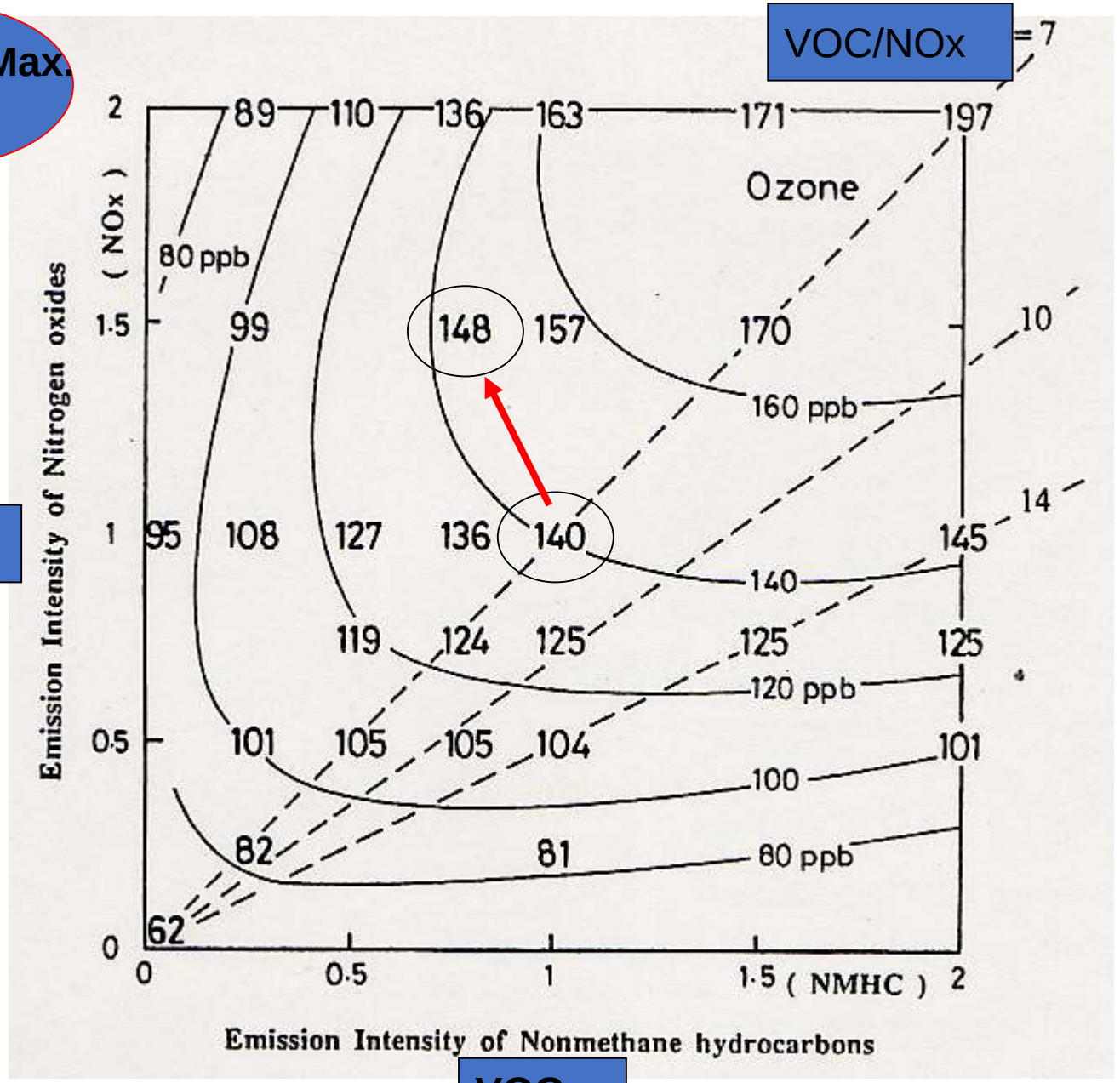


Fig. 9. Relationship between emission intensity of nitrogen oxides, non-methane hydrocarbons and the time when maximum ozone concentration appears covering the Kanto area. Emission intensity 1 stands for the base case emission value used in model validation study for field observations in 1981. The numbers in the figure correspond to individual 29 simulations.

Ozone Max. (ppb)



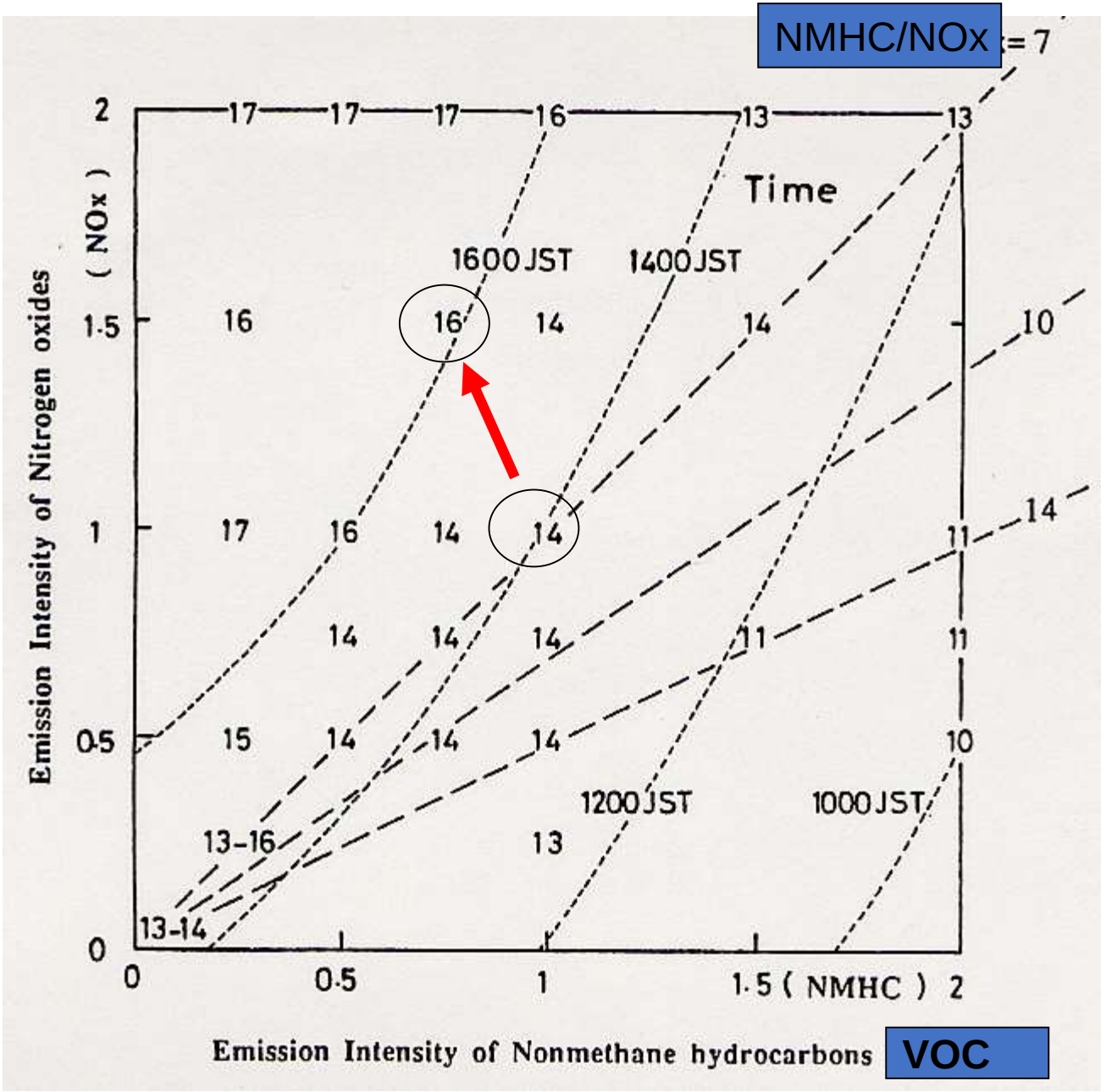
NOx

VOC

time

NMHC/NOx

NOx



VOC

Asian Journal of Atmospheric Environment
Vol. 7-4, pp.177-190, December 2013
doi: http://dx.doi.org/10.5572/ajae.2013.7.4.177

Air Pollution Trends in Japan between 1970 and 2012 and Impact of Urban Air Pollution Countermeasures

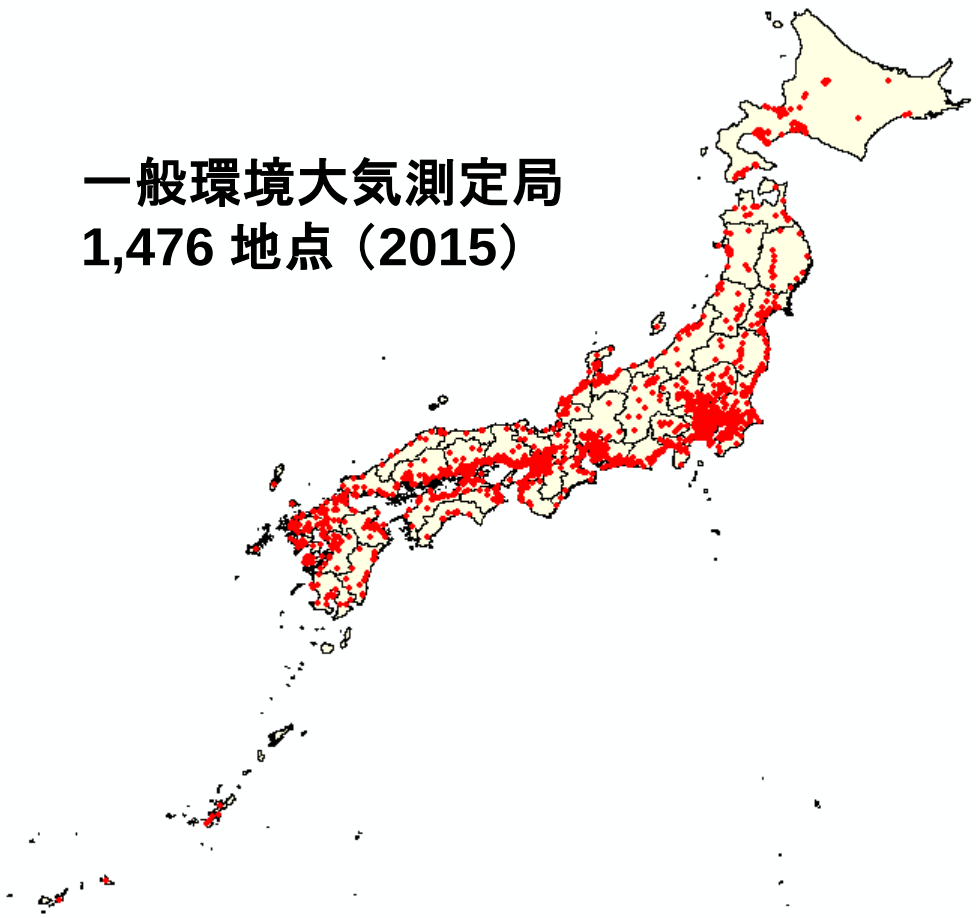
Shinji Wakamatsu*, Tazuko Morikawa[1)] and Akiyoshi Ito[1)]

Atmospheric Environmental Sciences Research Laboratory (AESRL), Faculty of Agriculture, Ehime University, National University Corporation, 3-5-7 Tarumi, Matsuyama, Ehime 790-8566, Japan
[1)]Energy and Environment Research Division, Japan Automobile Research Institute (JARI), 2530 Karima, Tsukuba, Ibaraki 305-0822, Japan

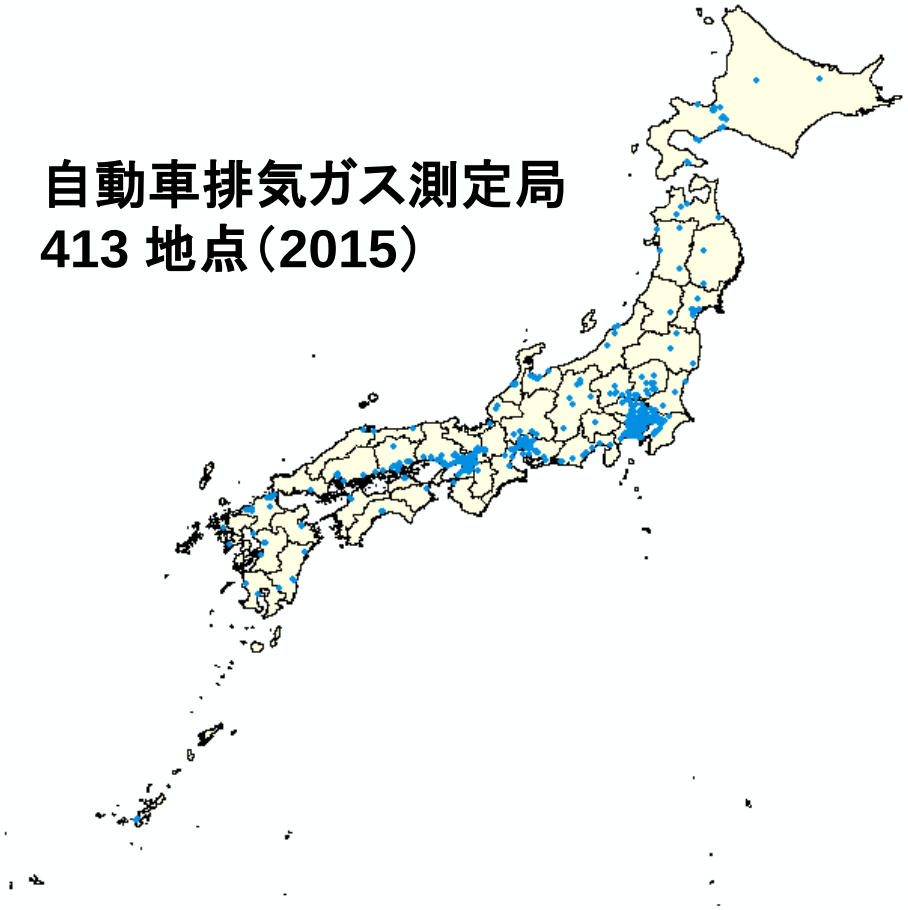
*Corresponding author. Tel: +81-89-946-9896, E-mail: wakamatu@agr.ehime-u.ac.jp

日本の大気測定局

一般環境大気測定局
1,476 地点（2015）

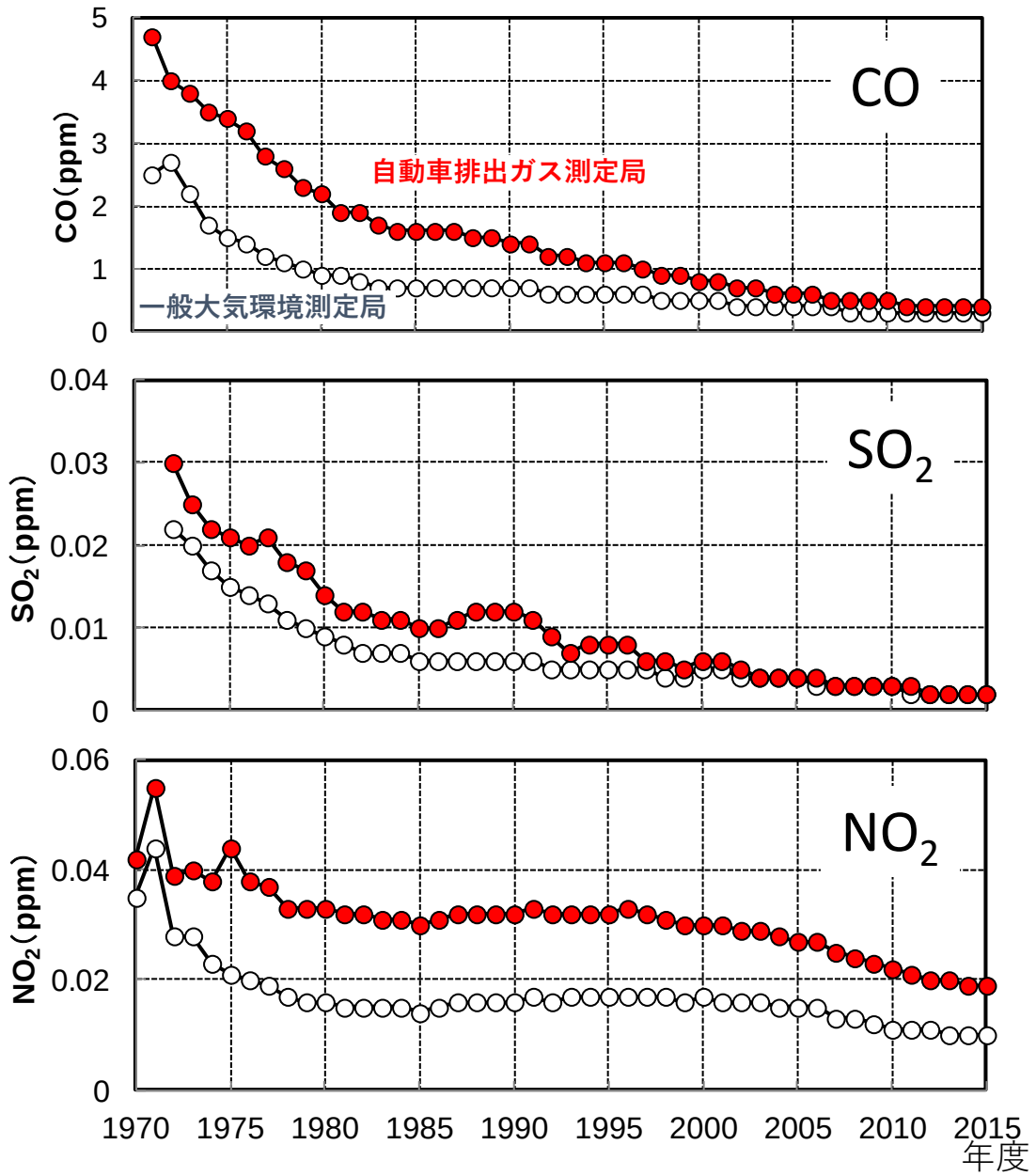


自動車排気ガス測定局
413 地点（2015）



日本では約2000の大気測定局において、環境基準の達成度が連続的にモニター評価されている。

CO、SO_2、NO_2の年平均濃度の推移



1967: 公害対策基本法
1968: 大気汚染防止法

1970 光化学大気汚染

1971: 環境庁の設立
1973: CO,SO_2 , NO_2 , SPM ,
光化学オキシダント環境基準制定
1974: 硫黄酸化物総量規制
1981: 窒素酸化物総量規制

バブル経済

1992: 自動車NOx法制定

ダイオキシン問題

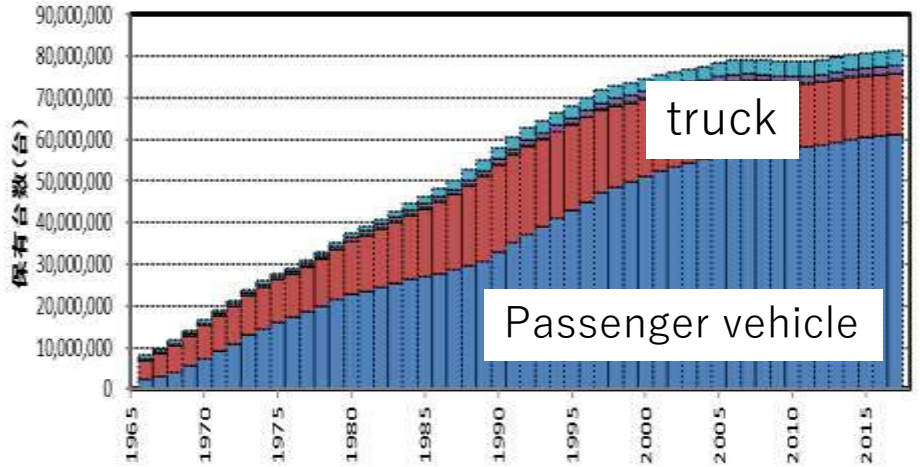
2001: 自動車**NOx・ＰＭ法**
2003: 首都圏ディーゼル車乗入規制
2006: **固定発生源からのVOC規制**
2007: 自動車NOx/PM法改正

リーマンショック

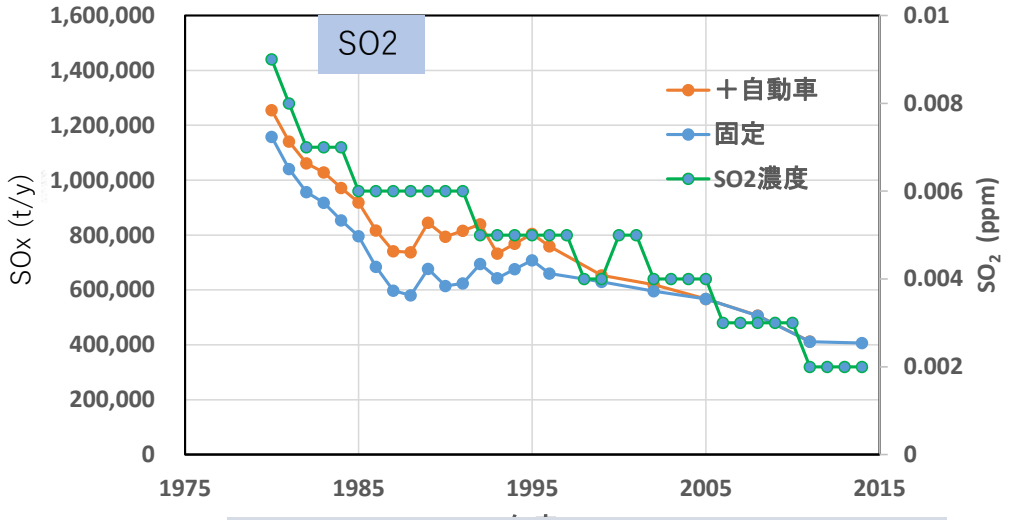
2009: $PM_{2.5}$環境基準制定

着実な濃度低下

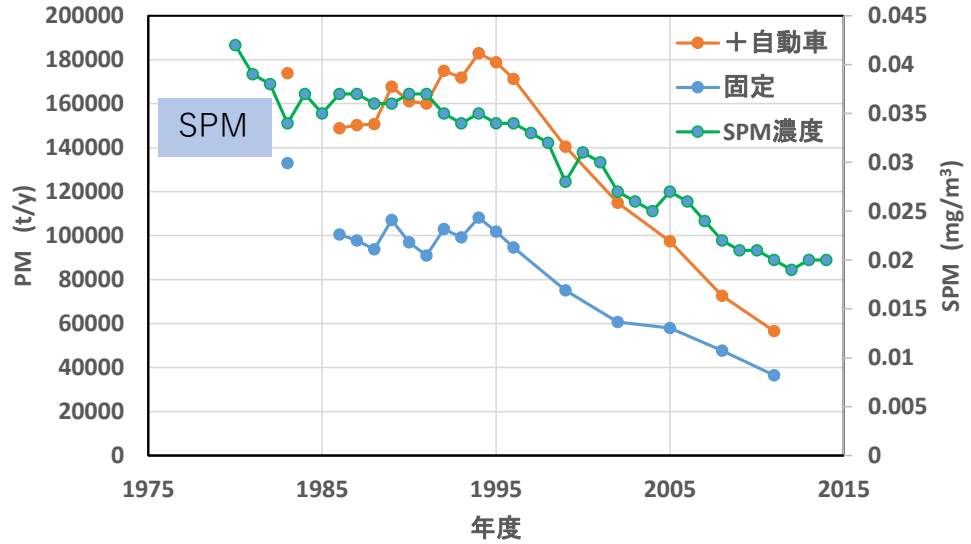
Number of registered vehicles in Japan



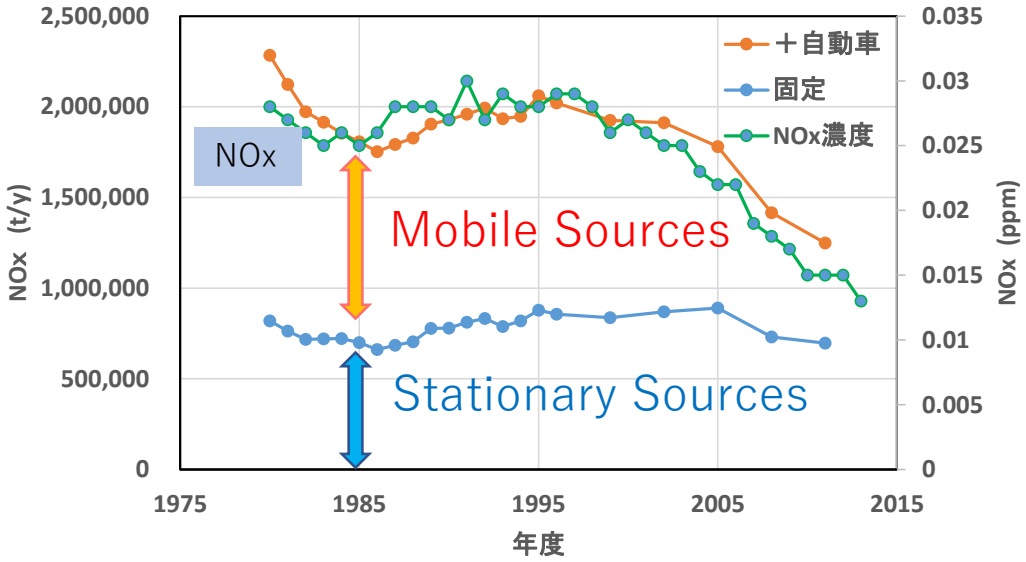
Annual mean concentration of SO2 in Japan



Annual mean concentration of SO2 in Japan



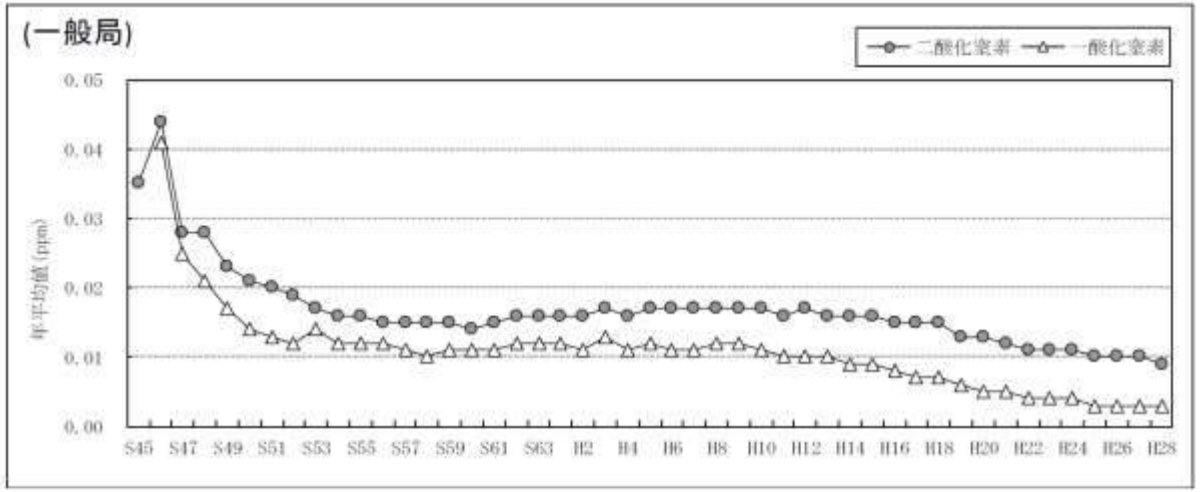
Annual mean concentration of NO x in Japan

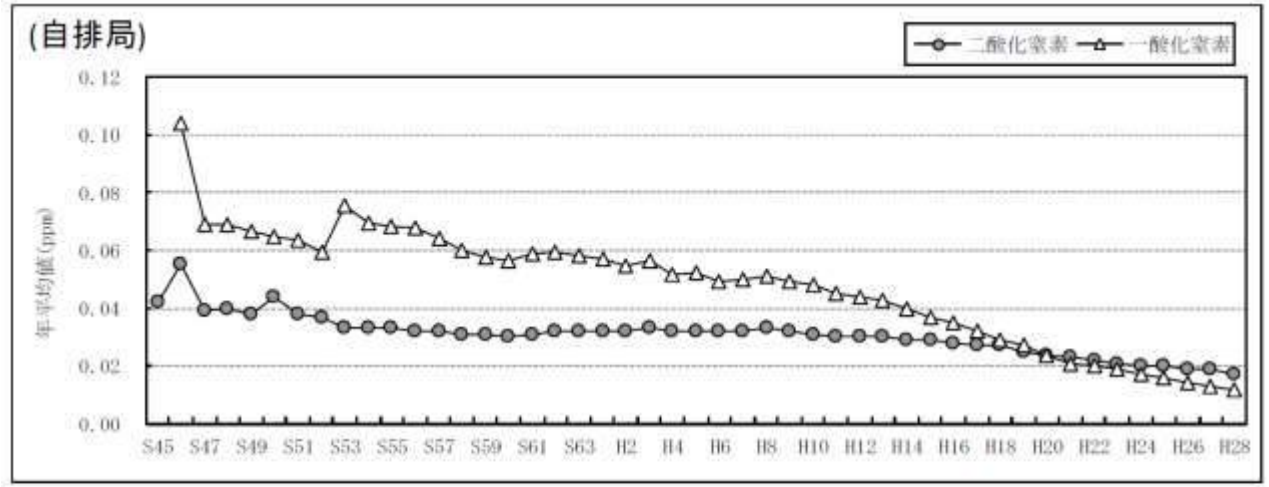


Prepared by Dr. Shinji Kobayashi

平成２８年度の大気汚染状況

平成 28 年度



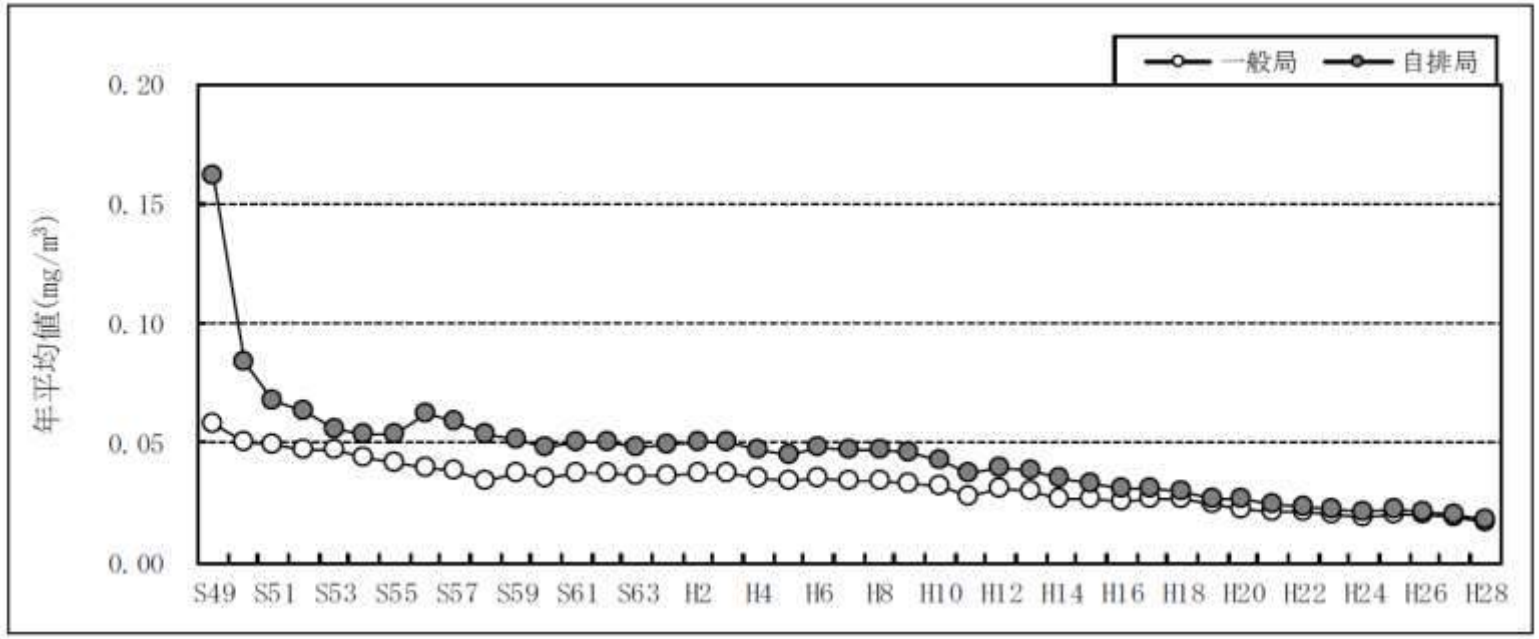


	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60
二酸化窒素	0.035	0.044	0.028	0.028	0.023	0.021	0.020	0.019	0.017	0.016	0.016	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014
一酸化窒素	-	0.041	0.025	0.021	0.017	0.014	0.013	0.012	0.014	0.012	0.012	0.012	0.011	0.010	0.011	0.011
	S61	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13
二酸化窒素	0.015	0.016	0.016	0.016	0.016	0.017	0.016	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.016	0.017	0.016
一酸化窒素	0.011	0.012	0.012	0.012	0.011	0.013	0.011	0.012	0.011	0.011	0.012	0.012	0.011	0.010	0.010	0.010
	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	
二酸化窒素	0.016	0.016	0.015	0.015	0.015	0.013	0.013	0.012	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.009	
一酸化窒素	0.009	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	

	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60
二酸化窒素	0.042	0.055	0.039	0.040	0.038	0.044	0.038	0.037	0.033	0.033	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030
一酸化窒素	-	0.104	0.069	0.069	0.067	0.065	0.064	0.059	0.075	0.070	0.068	0.068	0.064	0.060	0.058	0.057
	S61	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13
二酸化窒素	0.031	0.032	0.032	0.032	0.032	0.033	0.032	0.032	0.032	0.032	0.033	0.032	0.031	0.030	0.030	0.030
一酸化窒素	0.059	0.060	0.058	0.057	0.055	0.056	0.052	0.052	0.050	0.050	0.051	0.049	0.048	0.045	0.044	0.043
	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	
二酸化窒素	0.029	0.029	0.028	0.027	0.027	0.025	0.024	0.023	0.022	0.021	0.020	0.020	0.019	0.019	0.017	
一酸化窒素	0.040	0.037	0.035	0.032	0.029	0.027	0.024	0.021	0.020	0.019	0.017	0.016	0.014	0.013	0.012	

図１－２　二酸化窒素及び一酸化窒素濃度の年平均値の推移

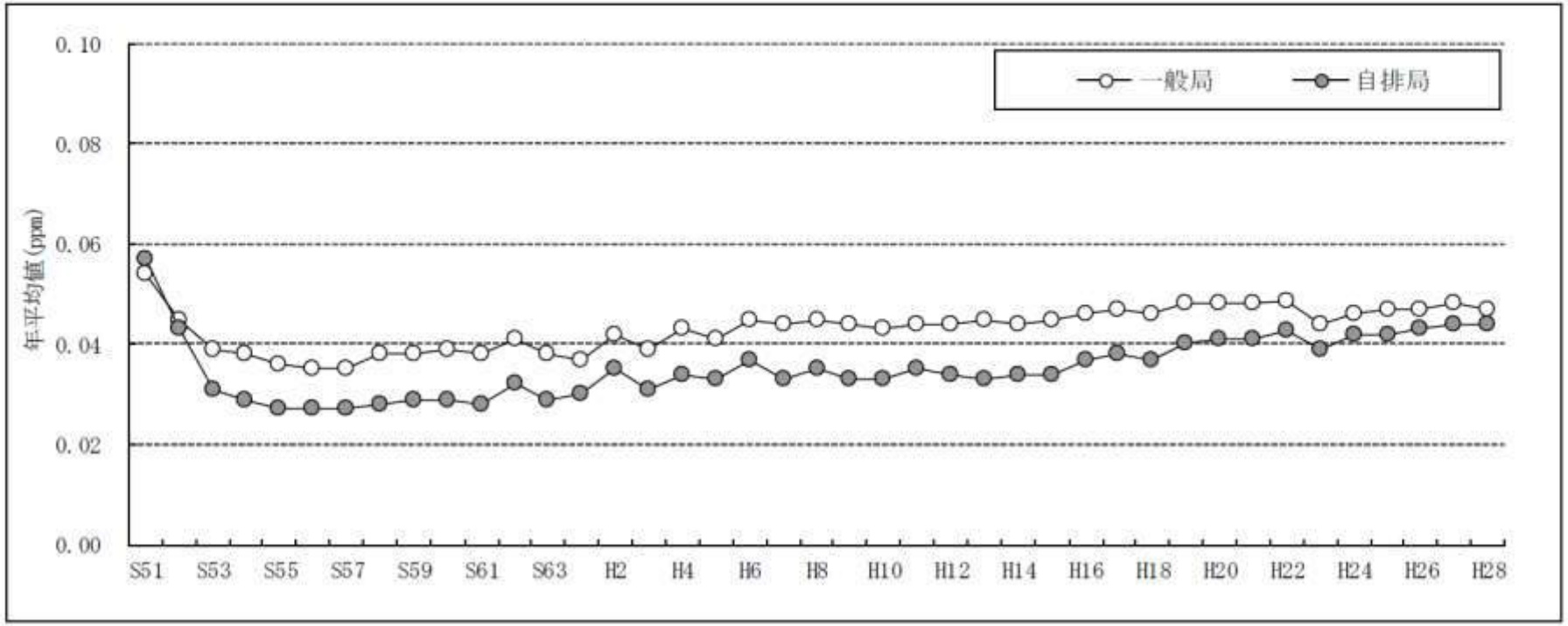
平成 28 年度



	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59
一般局	0.058	0.050	0.049	0.047	0.047	0.044	0.042	0.039	0.038	0.034	0.037
自排局	0.162	0.084	0.068	0.063	0.056	0.054	0.053	0.062	0.059	0.053	0.051
	S60	S61	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
一般局	0.035	0.037	0.037	0.036	0.036	0.037	0.037	0.035	0.034	0.035	0.034
自排局	0.048	0.050	0.050	0.048	0.049	0.050	0.050	0.047	0.045	0.048	0.047
	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18
一般局	0.034	0.033	0.032	0.028	0.031	0.030	0.027	0.026	0.025	0.027	0.026
自排局	0.047	0.046	0.043	0.037	0.040	0.038	0.035	0.033	0.031	0.031	0.030
	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	
一般局	0.024	0.022	0.021	0.021	0.020	0.019	0.020	0.020	0.019	0.017	
自排局	0.027	0.026	0.024	0.023	0.022	0.021	0.022	0.021	0.020	0.018	

図２－３　浮遊粒子状物質濃度の年平均値の推移

平成 28 年度



	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61	S62	S63	H1
一般局	0.054	0.045	0.039	0.038	0.036	0.035	0.035	0.038	0.038	0.039	0.038	0.041	0.038	0.037
自排局	0.057	0.043	0.031	0.029	0.027	0.027	0.027	0.028	0.029	0.029	0.028	0.032	0.029	0.030
	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
一般局	0.042	0.039	0.043	0.041	0.045	0.044	0.045	0.044	0.043	0.044	0.044	0.045	0.044	0.045
自排局	0.035	0.031	0.034	0.033	0.037	0.033	0.035	0.033	0.033	0.035	0.034	0.033	0.034	0.034
	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	
一般局	0.046	0.047	0.046	0.048	0.048	0.048	0.048	0.044	0.046	0.047	0.047	0.048	0.047	
自排局	0.037	0.038	0.037	0.040	0.041	0.041	0.043	0.039	0.042	0.042	0.043	0.044	0.044	

図３－２　光化学オキシダント（昼間の日最高１時間値）の年平均値の推移

平成 28 年度

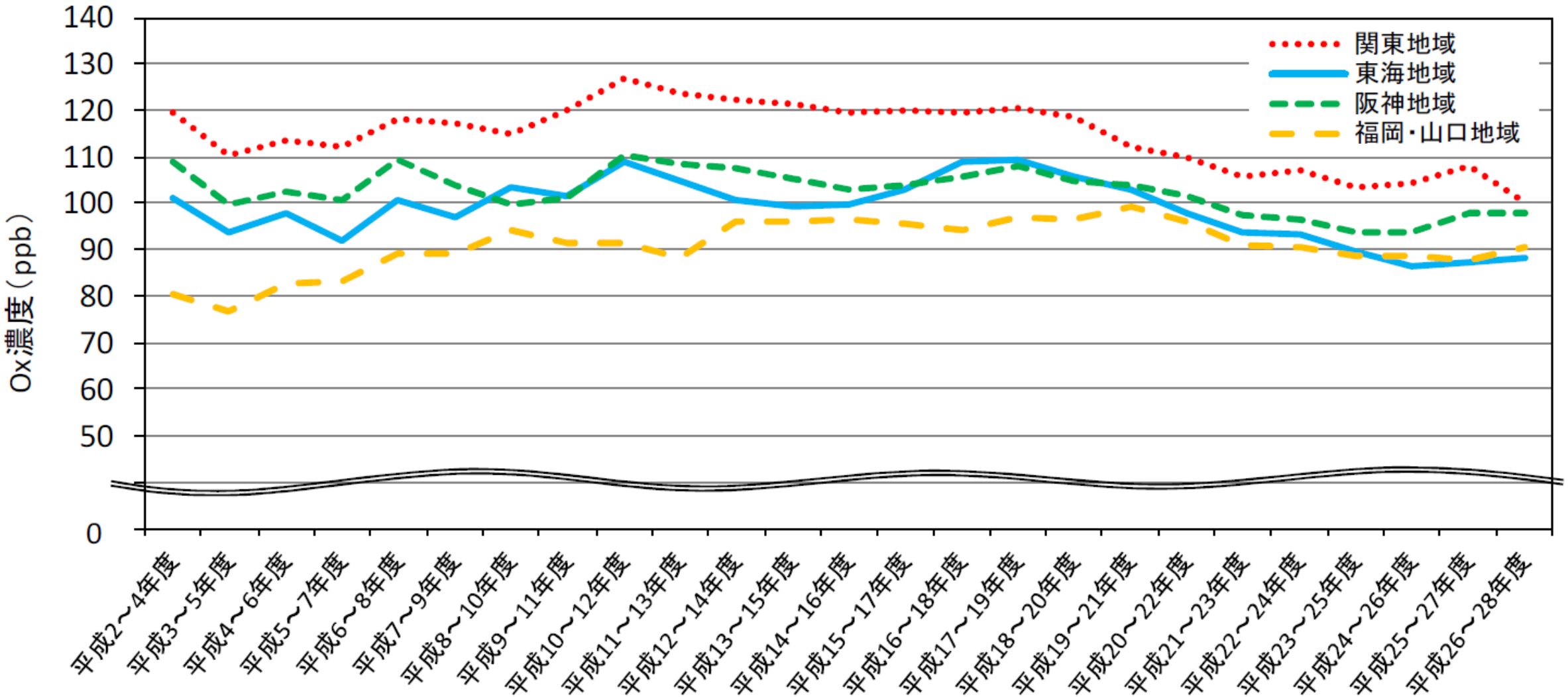


図３－４　日最高８時間値の年間 99 パーセンタイル値の３年移動平均の域内最高値の経年変化

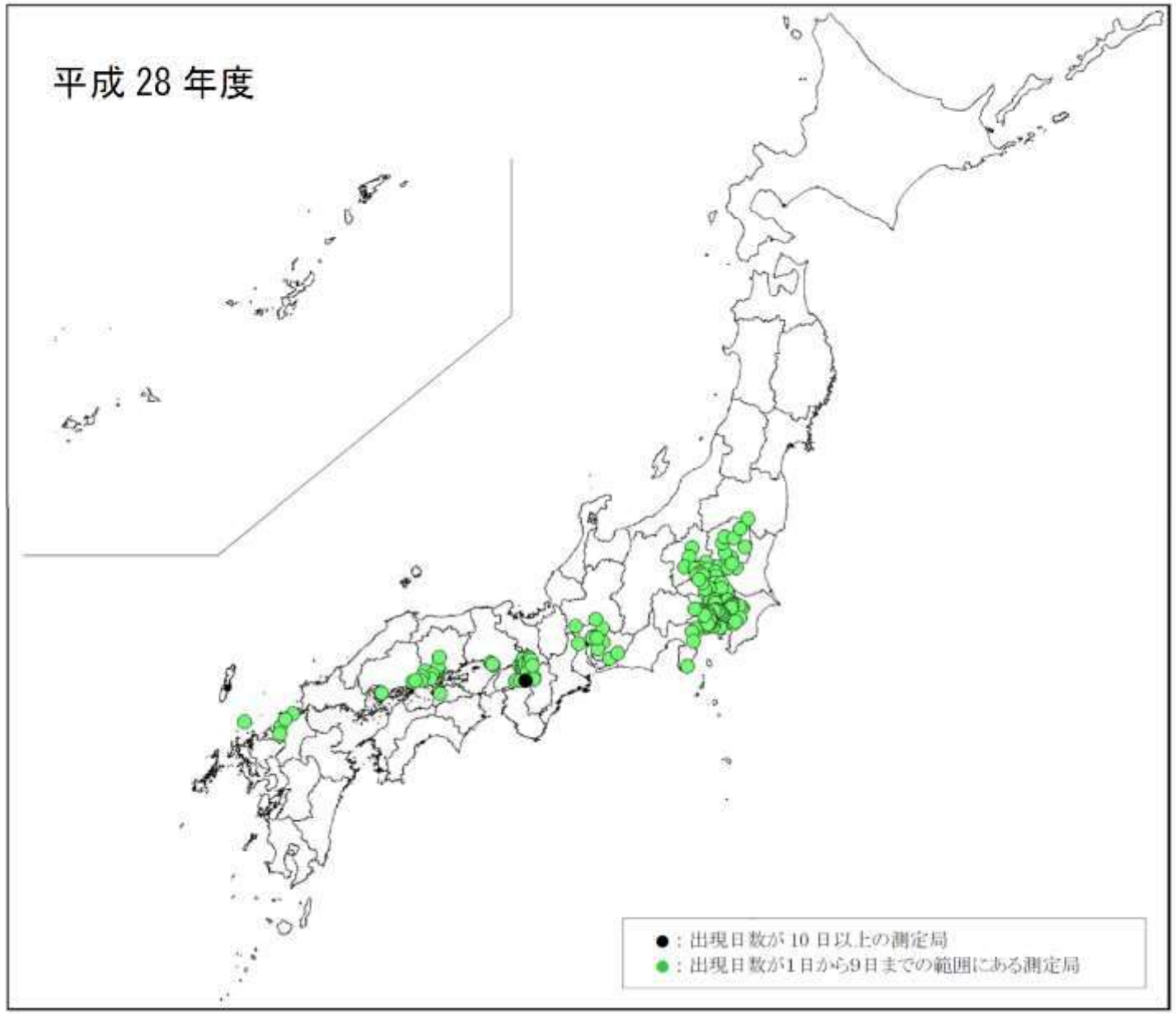


図３－５　注意報レベル（0.12ppm 以上）の濃度が出現した測定局の分布（一般局）

関東地域

平成 28 年度

関西地域

平成 28 年度

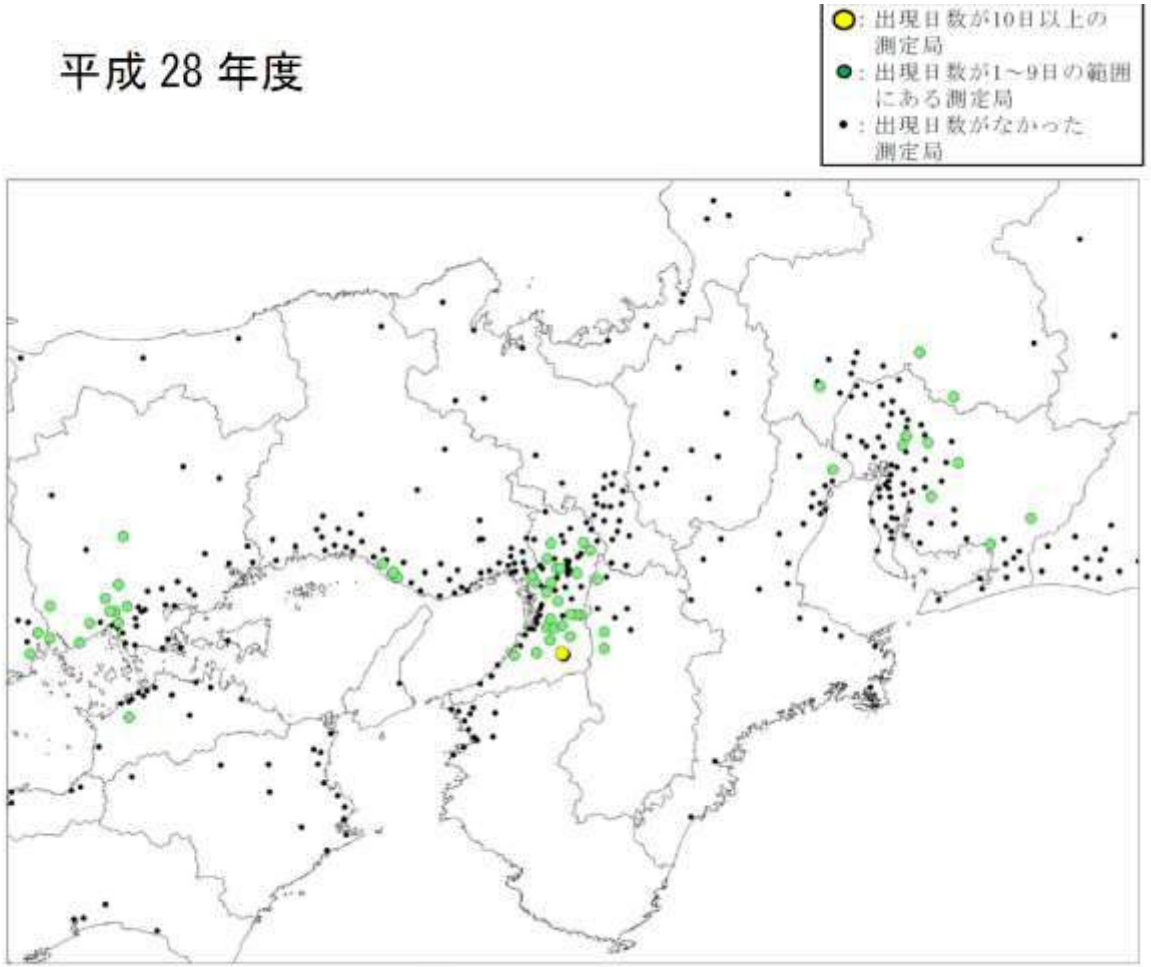
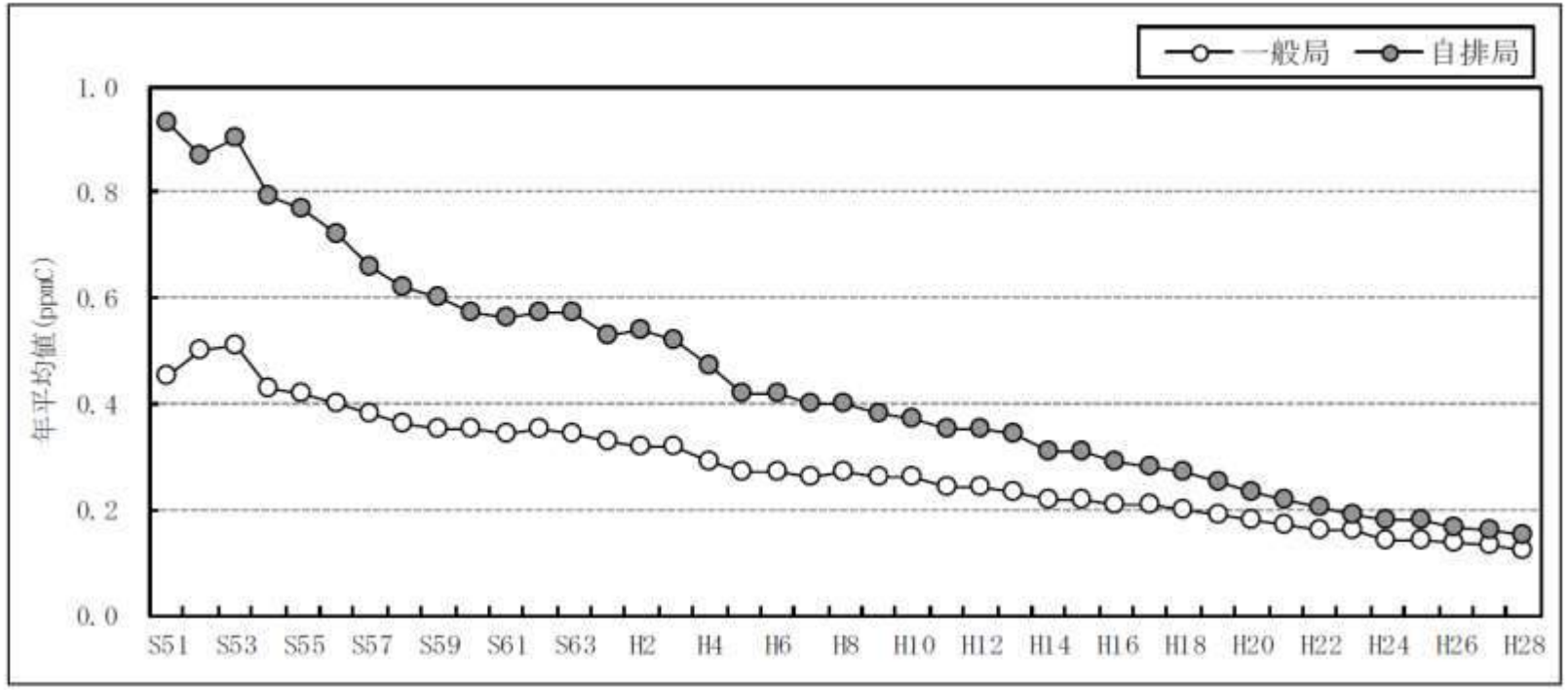


図３－６　注意報レベル（0.12ppm 以上）の濃度が出現した日数の分布
（関東地域、関西地域：一般局）

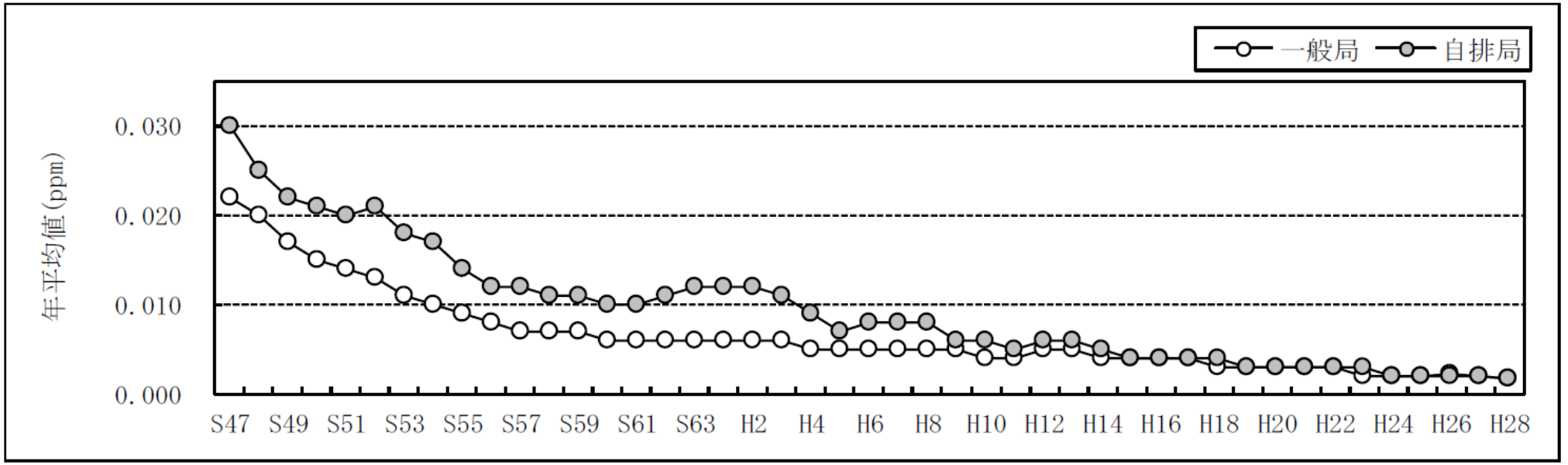
平成 28 年度



	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61	S62	S63	H1
一般局	0.45	0.50	0.51	0.43	0.42	0.40	0.38	0.36	0.35	0.35	0.34	0.35	0.34	0.33
自排局	0.93	0.87	0.90	0.79	0.77	0.72	0.66	0.62	0.60	0.57	0.56	0.57	0.57	0.53
	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
一般局	0.32	0.32	0.29	0.27	0.27	0.26	0.27	0.26	0.26	0.24	0.24	0.23	0.22	0.22
自排局	0.54	0.52	0.47	0.42	0.42	0.40	0.40	0.38	0.37	0.35	0.35	0.34	0.31	0.31
	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	
一般局	0.21	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12	
自排局	0.29	0.28	0.27	0.25	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	

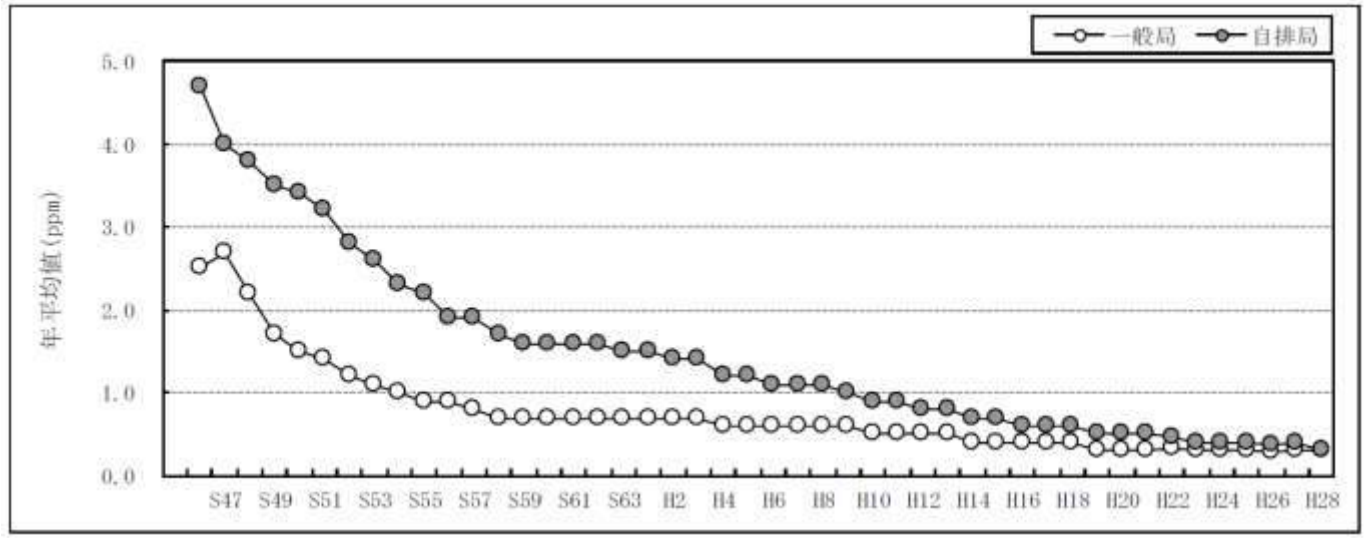
図３－７　非メタン炭化水素濃度（午前６時～９時における３時間平均値の年平均値）の推移

平成 28 年度



	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61
一般局	0.022	0.020	0.017	0.015	0.014	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006
自排局	0.030	0.025	0.022	0.021	0.020	0.021	0.018	0.017	0.014	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010
	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13
一般局	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005
自排局	0.011	0.012	0.012	0.012	0.011	0.009	0.007	0.008	0.008	0.008	0.006	0.006	0.005	0.006	0.006
	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28
一般局	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
自排局	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002

図４－１　二酸化硫黄濃度の年平均値の推移



		S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61
一般局	年平均	2.5	2.7	2.2	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7
	有効測定局数	7	38	70	99	128	151	163	185	200	205	200	205	189	193	191	191
自排局	年平均	4.7	4.0	3.8	3.5	3.4	3.2	2.8	2.6	2.3	2.2	1.9	1.9	1.7	1.6	1.6	1.6
	有効測定局数	22	95	149	195	257	283	287	296	322	334	282	304	297	300	299	299
		S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14
一般局	年平均	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
	有効測定局数	187	187	189	186	190	195	187	183	185	184	150	145	138	134	131	126
自排局	年平均	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7
	有効測定局数	304	301	305	311	314	317	328	339	343	342	329	327	319	314	312	309
		H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28		
一般局	年平均	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		
	有効測定局数	99	96	91	86	78	73	71	70	70	68	60	59	57	57		
自排局	年平均	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3		
	有効測定局数	302	306	304	294	291	276	270	258	258	241	243	241	230	228		

図５－１　一酸化炭素濃度の年平均値の推移

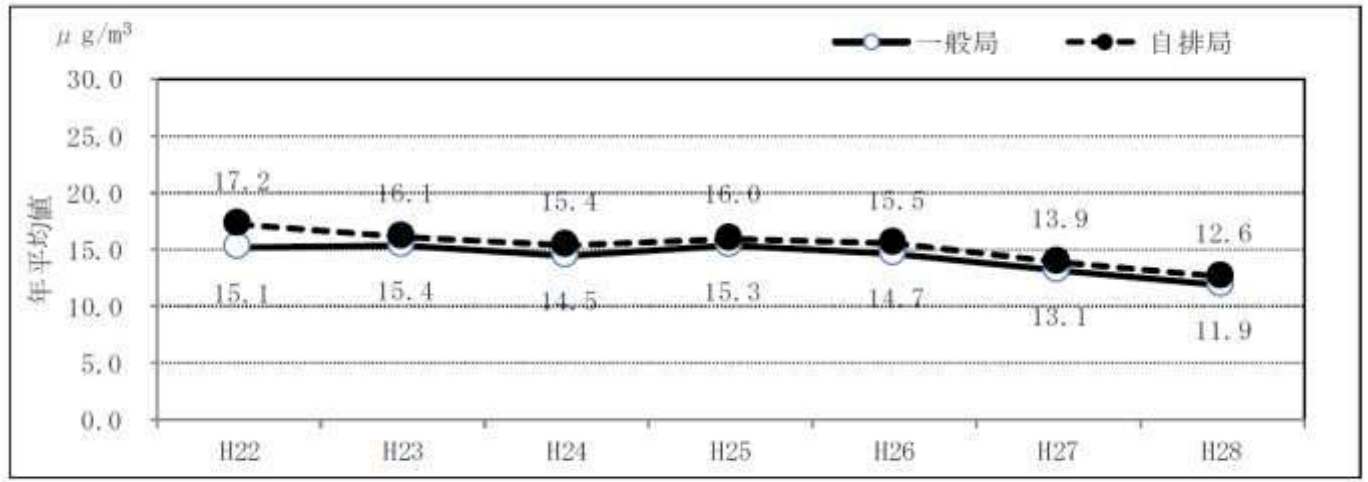


図６－１－１　微小粒子状物質の年平均値の推移

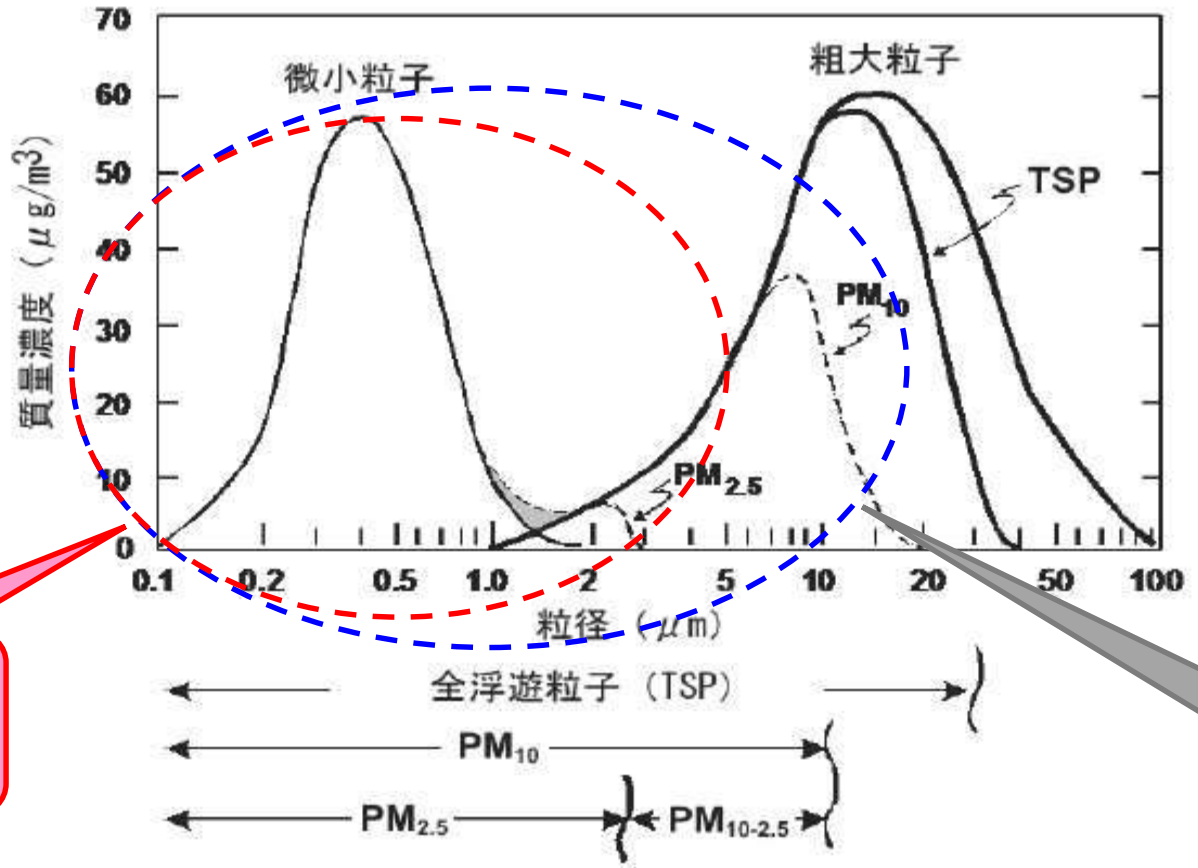
$PM_{2.5}$の定義

大気中に浮遊する粒子状物質で粒径2.5μm以下のもの

（微小粒子状物質環境基準専門委員会報告より）

燃焼に伴う
排出や
二次生成

炭素粒子
硫酸塩粒子
硝酸塩粒子



堆積物の破砕や
研磨等による
機械的な発生

土壌粒子
海塩粒子

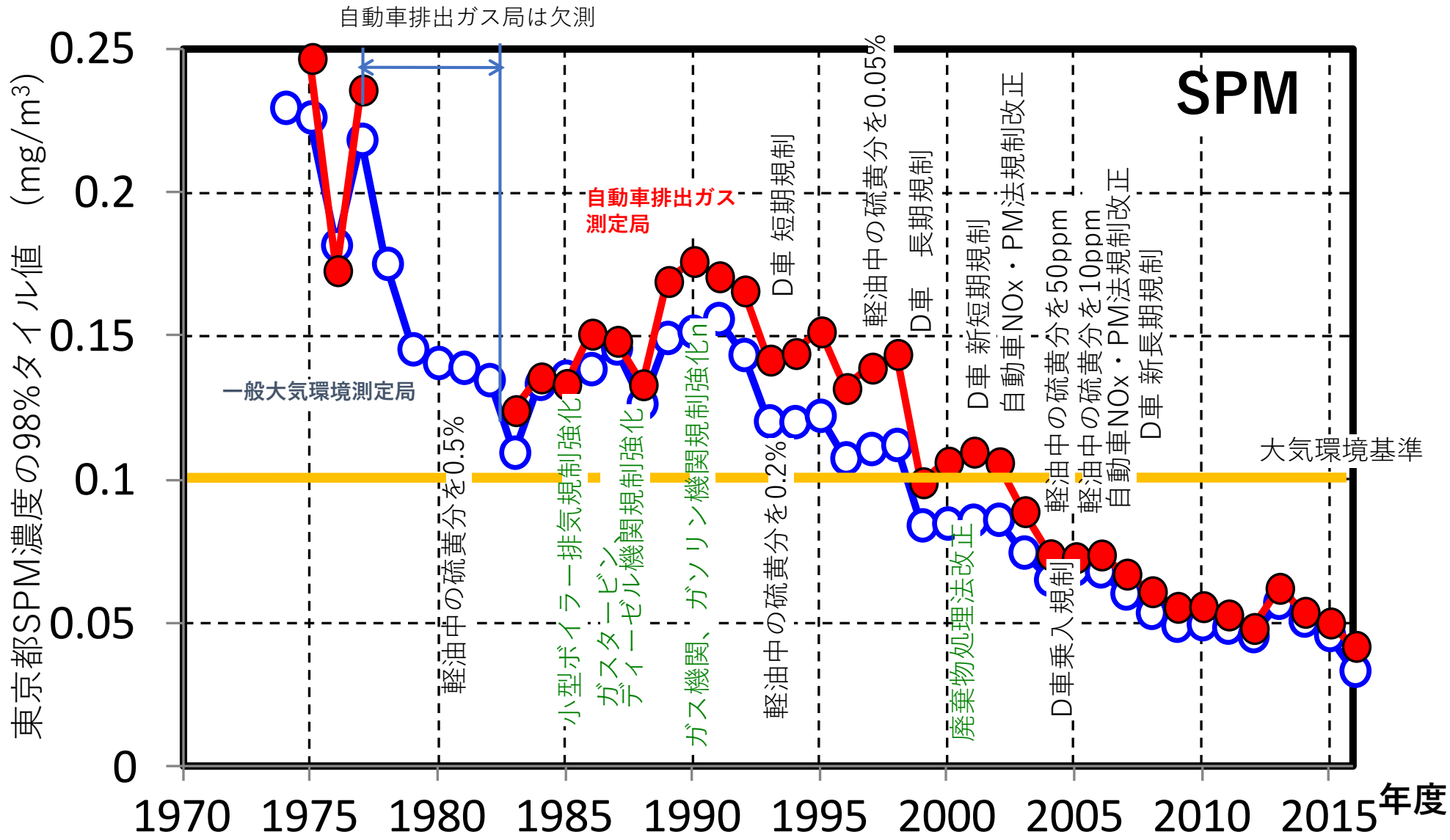
$PM_{2.5}$（＜2.5μm）

SPM（＜10μm）

図1.1.1.2　環境大気中粒子状物質の粒径分布（$PM_{2.5}$・PM_{10}）
(Wilson and Suh, 1997 を引用・和訳)

粒径の小さい$PM_{2.5}$は呼吸器系の肺空間への沈着率が大きい

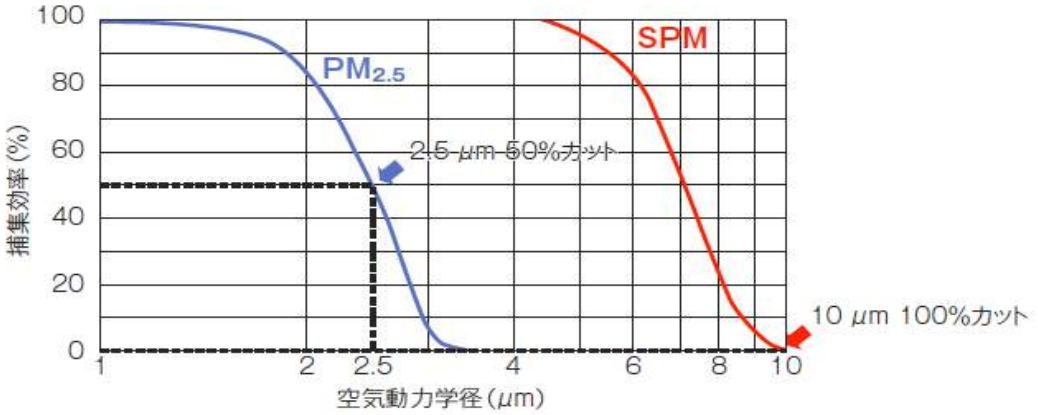
東京都のSPM濃度の推移と規制

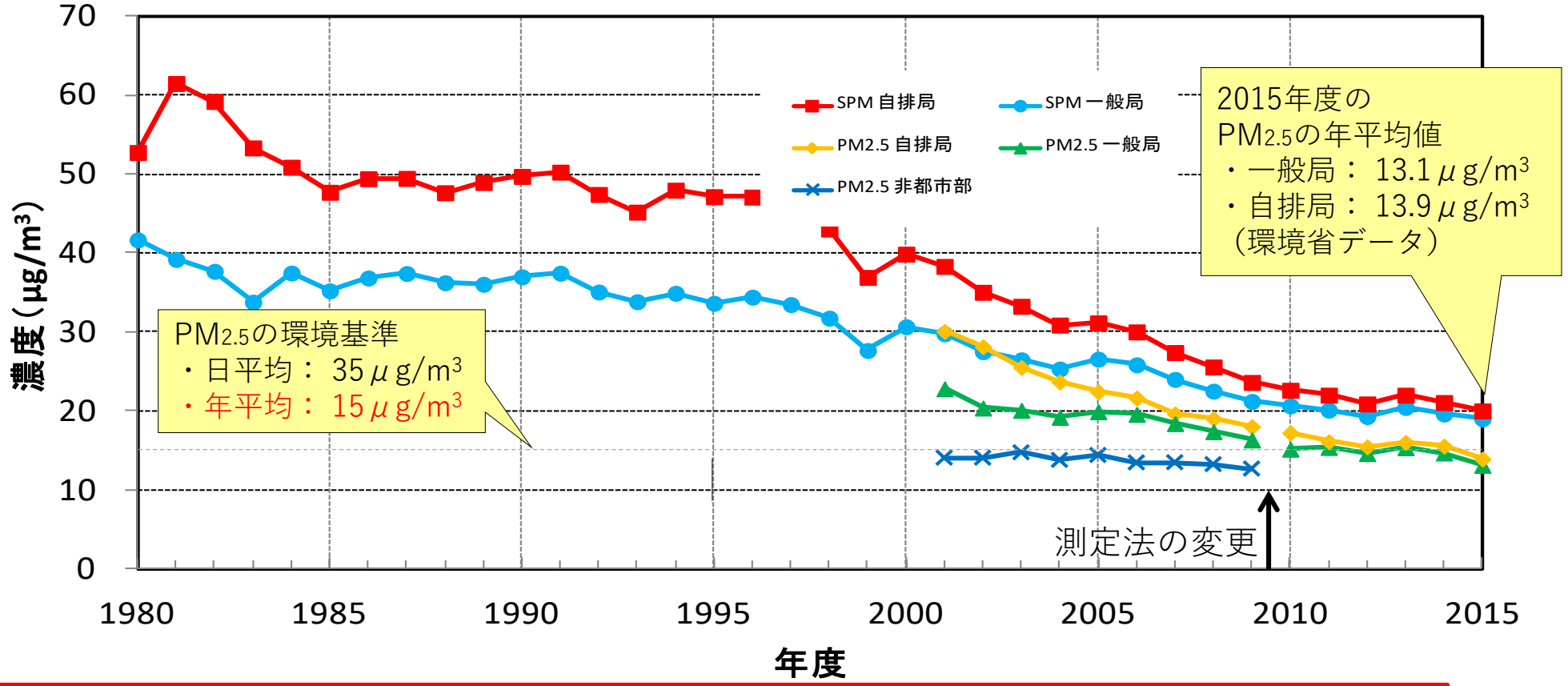


規制強化が功を奏しSPM濃度は確実に減少

D車: ディーゼル車
黒字: 移動発生源
緑字: 固定発生源

SPMとPM$_{2.5}$年平均濃度の推移





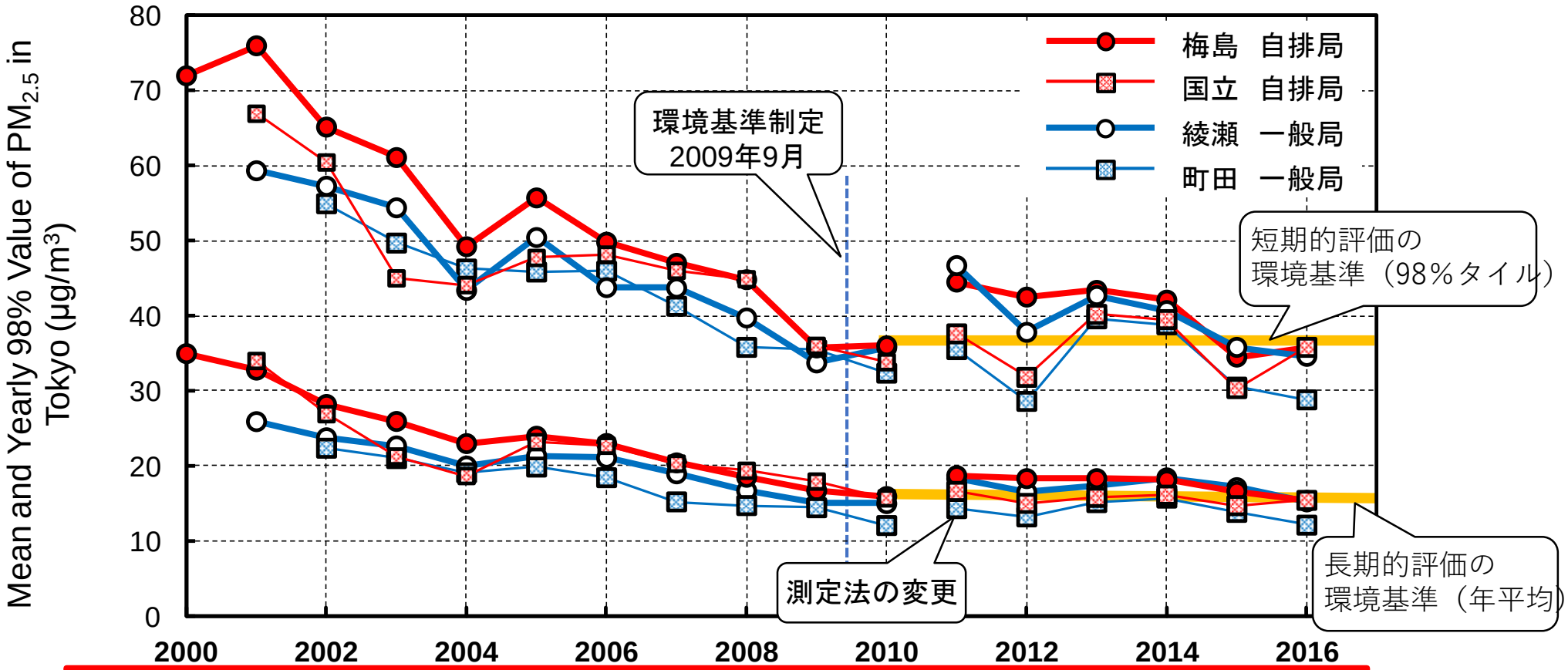
・年平均濃度は減少傾向にあったが、近年は横ばいで推移

・一般局と自排局の差はほとんど見られない．自動車排出ガスの対策効果が表れているものと考えられる

日本の大気環境の課題

東京都内における$PM_{2.5}$濃度の経年変化

排ガス規制	新短期規制	新長期規制	ポスト新長期規制
低硫黄燃料の導入	50ppm化	10ppm化	



$PM_{2.5}$濃度は自動車規制強化と低硫黄燃料の導入により
減少傾向にあるものの、環境基準未達 ➡ $PM_{2.5}$の削減が必要

3B1115

名古屋市における PM2.5 の化学成分の長期変動（2003～2017 年度）

大気環境学会59回年会(2018)発表予稿集から

○山神真紀子[1)]，久恒邦裕[1)]，池盛文数[1)]，森　健次[1)]，長田和雄[2)]，上田佳代[3)]
1）名古屋市環境科学調査センター，2）名古屋大学大学院環境学研究科，
3）京都大学地球環境学堂

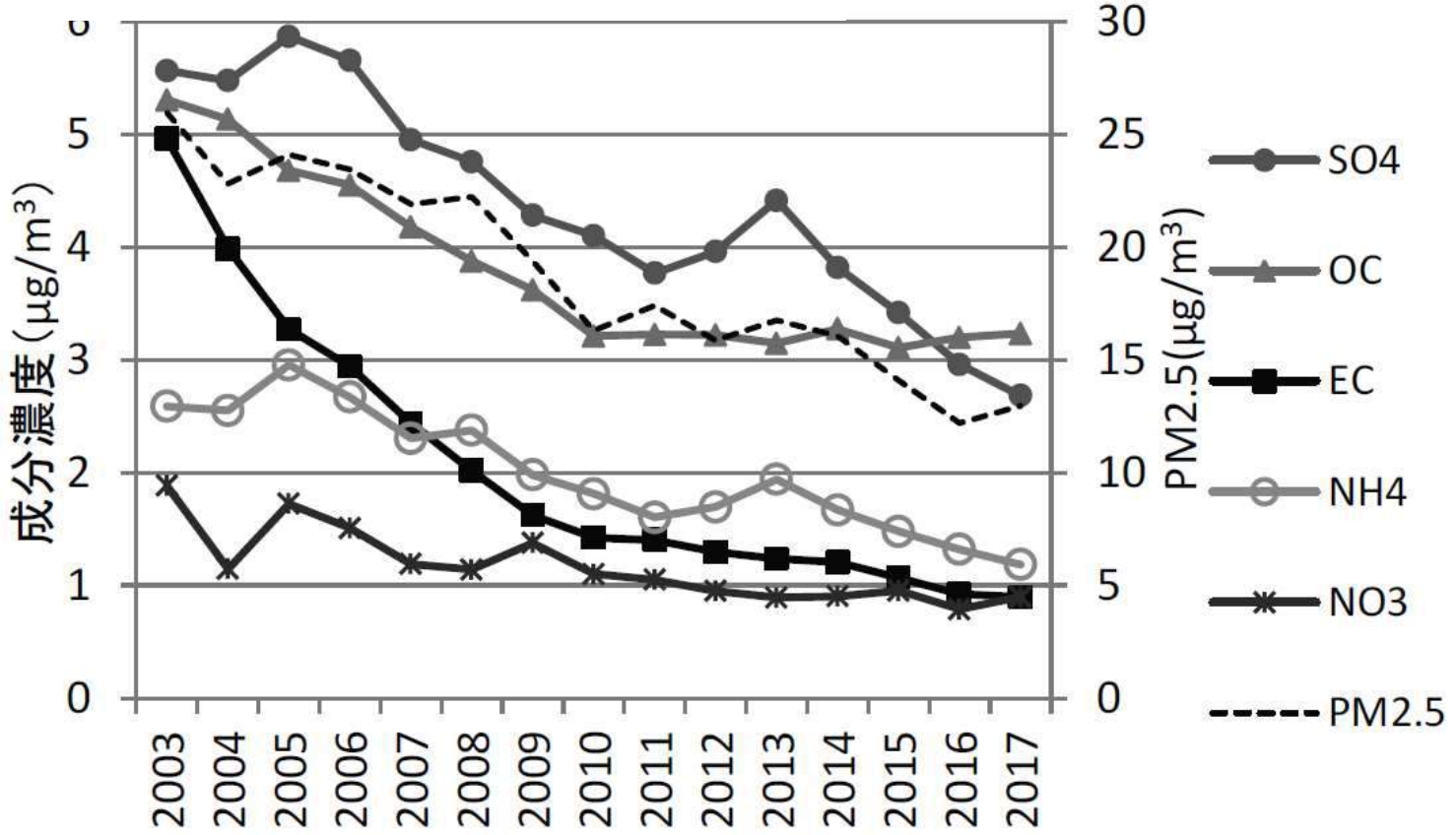
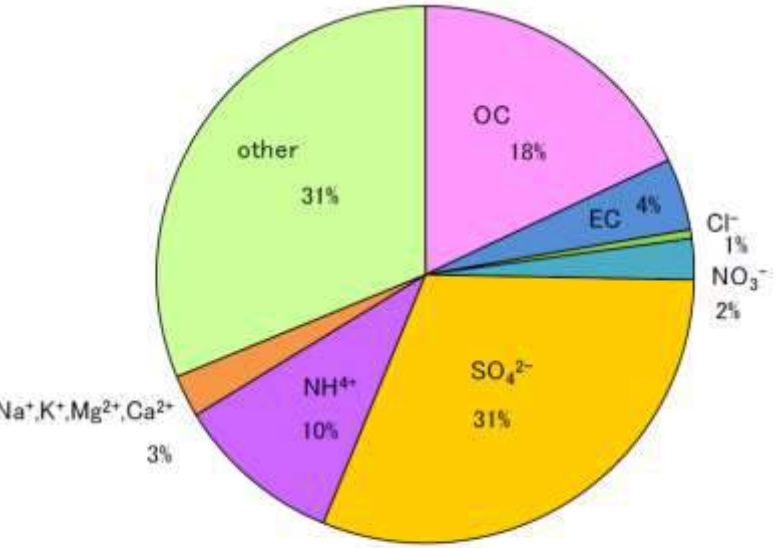


図 1　PM2.5 濃度と主要成分濃度の経年変化

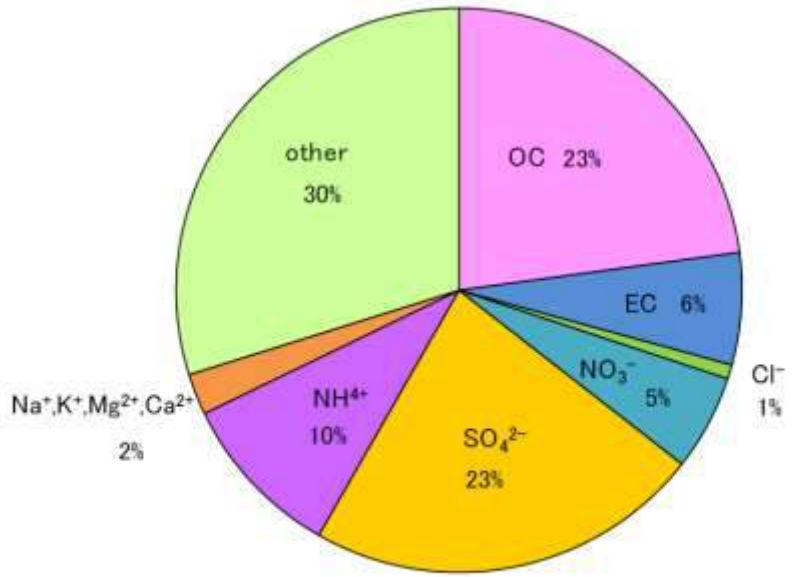
（全国）

平成 28 年度



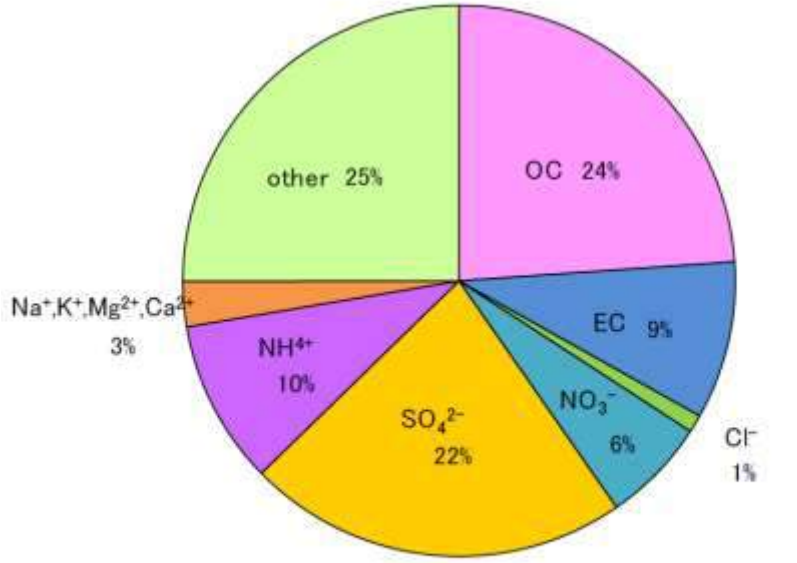
バックグラウンド

質量濃度 9.1μg/m³
地点数：19



一般環境

質量濃度 12.0μg/m³
地点数：116



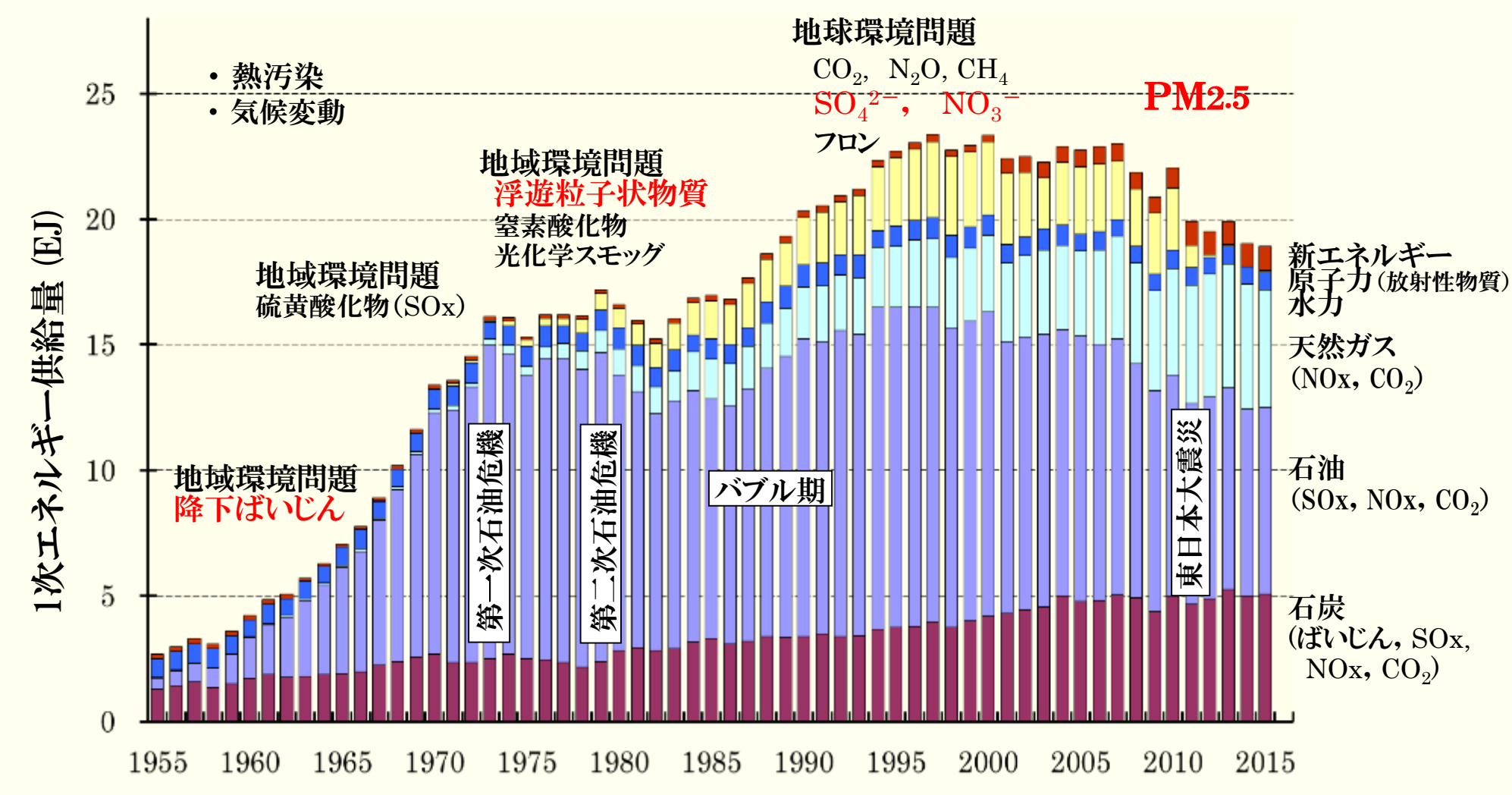
道路沿道

質量濃度 12.0μg/m³
地点数：32

凡例

- 有機炭素(OC)
- 元素状炭素(EC)
- 塩化物イオン(Cl−)
- 硝酸イオン(NO3−)
- 硫酸イオン(SO42−)
- アンモニウムイオン(NH4+)
- 上記以外の主要イオン (Na+,K+,Mg2+,Ca2+)
- その他の成分(other)

わが国の一次エネルギー供給量と環境問題の変遷



笠原三紀夫　2017第二回IIAEセミナー　Original

図中赤文字＝粒子状物質

134

- １、はじめに（発生源・化学反応・気象）
- ２、大気汚染物質の環境基準
- ３、大気汚染の化学（ラジカルの役割を中心として）
- ４、大気汚染の気象学（局地気象を中心として）
- ５、大気汚染の立体分布と広域大気汚染
- ６、大気汚染のトレンドと対策
- **７、まとめ　地域大気と地球環境**

大気汚染物質と環境基準

日本の環境基本法（平成５年１１月１９日法律第９１号）の第16条３項

「（環境基準値は）常に適切な科学的判断が加えられ、必要な改定がなされなければならない」
と記載されている。

米国での大気環境基準値の見直し

1977年の法律改正で5年ごとに最新の科学的知見を収集・分析し、現行の基準値の妥当性を判断することが義務付けられた。
これまでに5回目のレビューを実施している。

環境基準の評価方法

（１）二酸化窒素

年間の１日平均値のうち、
　低い方から98%に相当するもの（98%値）を環境基準と比較して評価する。

（２）浮遊粒子状物質、二酸化硫黄、一酸化炭素
年間の１日平均値のうち、高い方から2%の範囲にあるもの
（365日分の測定値がある場合は、7日分の測定値）
を除外した後の最高値（2%除外値）を環境基準と比較して評価する。

　ただし、上記の評価方法にかかわらず環境基準を超える日が2日以上連続した場合には、非達成とする。

環境基準の評価方法

（３）微小粒子状物質（PM2.5）
　長期基準及び短期基準に関する評価を各々行い、両方を満足した場合に達成と評価する。
　長期基準：１年平均値を環境基準と比較して評価する。
　短期基準：年間の１日平均値のうち、低い方から98％に相当するもの（98％値）を環境基準と比較して評価する。

※黄砂時等の特異的現象に関する評価への考慮
　長期基準による評価が非達成のとき、非黄砂期間中の測定結果の平均値が長期基準を達成している場合にあっては、黄砂の影響で非達成と注釈を付して評価する。
　同様に短期基準による評価が非達成のとき、非黄砂期間中の測定結果の年間98%値が短期基準を達成している場合にあっては、黄砂の影響で非達成と注釈を付して評価する。

（４）光化学オキシダント
　１時間値が0.06ppmを超えるときは未達成と評価する。

（５）ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン
　年平均値が環境基準値を超えるときは未達成と評価する。

2008 年3 月12 日
米国ＥＰＡは地上オゾンの環境基準値を改定強化した。
オゾン濃度（8 時間値）の第1 基準値は0.08ppm から0.075ppm に改定された。

第1 基準値は、
肺機能の低下や、ぜん息の悪化から救急来院、入院、早死の増加までにわたる呼吸器系疾患の問題を含む、汚染物質による公衆衛生への影響に対処するためのもの。

第2 基準値は、
汚染の影響を受けやすい植生や森林、生態系への悪影響を含む、汚染物質による健康面以外の環境へのダメージに対処するためのものである。
- 改定前の基準値は0.08ppm で、1997 年に導入され、2004 年に発効したもの。
- 加えて、EPA はオゾン濃度（8 時間値）の第2 基準値を0.075ppm と、改定後の第1 基準値と同水準に設定した。

米国環境保護庁（USEPA）は、
2015年10月に新しい大気中オゾン濃度の基準を決めた。
0.075ppm->0.070ppmに改定

1年間のうち上位4番目の日の8時間平均値を
3年間平均した値が70ppbを超えないこと。

2008年に実施した前回の見直し以降に発表された研究論文を評価。
オゾンが呼吸困難や気道炎症などの呼吸器疾患の原因になることを示す知見が蓄積されたこと、
大気中のオゾン長期間曝露による慢性閉塞性肺疾患（COPD）や喘息を有する人たちへ病状増悪、等を考慮。

USEPAは1997年に1時間平均値のオゾンの基準120ppbを廃止。
長期間曝露影響を重視。

世界保健機関（WHO）の空気質ガイドライン（2005年）
8時間平均値で100マイクロg／立方メートル（約51ppb）

近年諸外国では、オゾンの長期間曝露による影響が重視されている。

米国におけるPM_{10},$PM_{2.5}$の環境基準の変更の推移と日本との比較　単位（$\mu g/m^3$）

米国　　**日本**では**SPM（~$PM_{6\sim7}$）(1972)**　日平均値　100　1時間平均値　200

1987年　**PM_{10}の基準の設定**
年平均値　50　日平均値　150

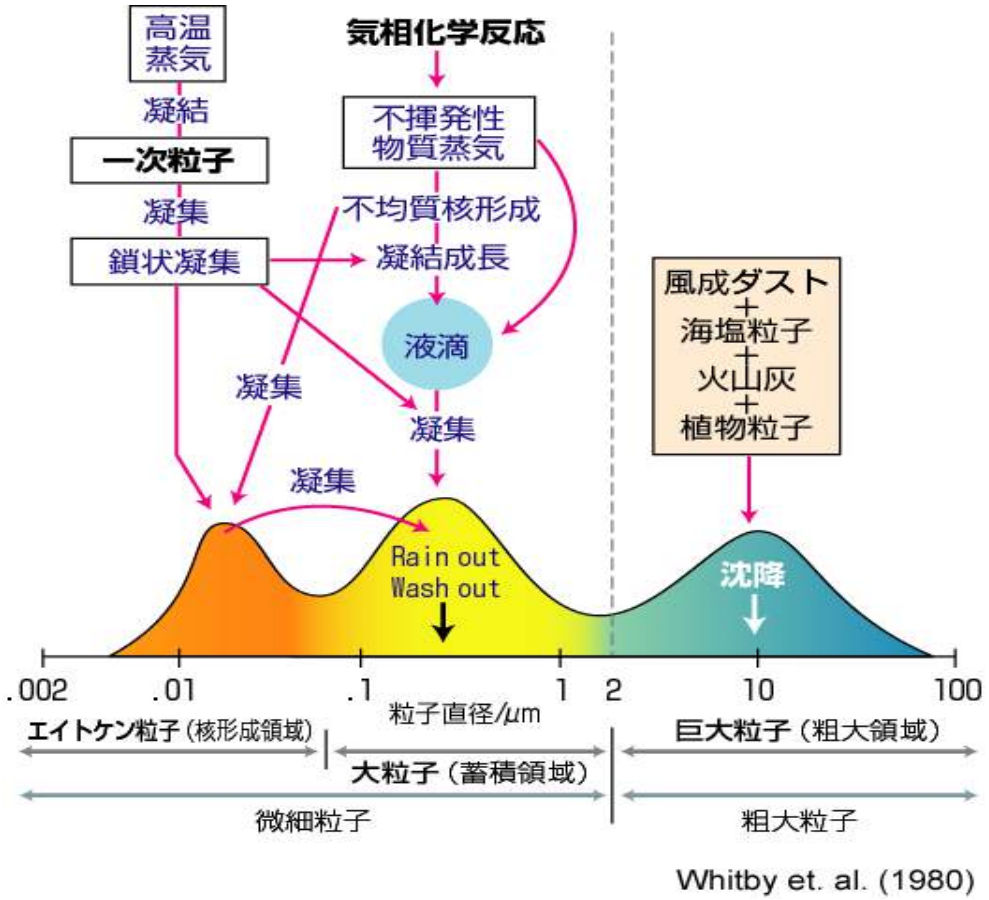
1997年　**$PM_{2.5}$の基準の設定**
年平均値　15　日平均値　65

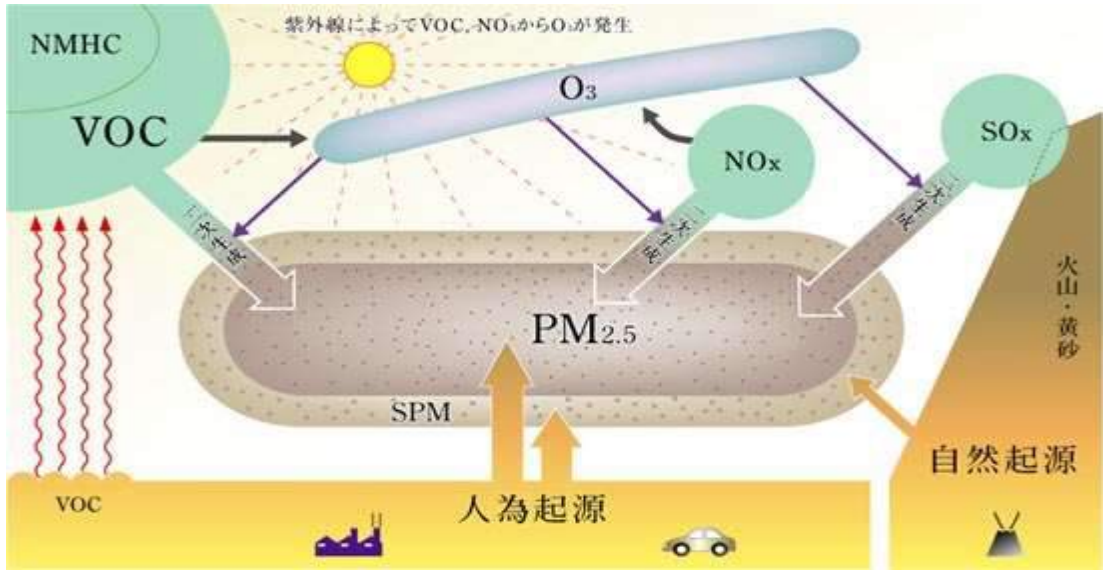
2006年　**PM_{10}の基準の改定**
年平均値　廃止　日平均値　150
$PM_{2.5}$の基準の改定
年平均値　15　日平均値　35

日本では**$PM_{2.5}$（2009）**　年平均値　15　日平均値　35

2012年　**PM_{10}の基準の改定**
日平均値　100
$PM_{2.5}$の基準の改定
年平均値　12　日平均値　35

粒子状物質の形成メカニズム





SO_2 → SO_3 → H_2SO_4 → $(NH_4)_2SO_4$

($2.5\mu g/m^3$ ~1ppb) ($5\mu g/m^3$)

NO_2 → HNO_3 → NH_4NO_3

($1.7\mu g/m^3$ ~1ppb) ($3\mu g/m^3$)

$VOC(CH_n)$ → $POC(CH_jO_k)$

($5\mu g/m^3$ ~10ppb) ($10\mu g/m^3$)

参考：黒鉛粒子（ディーゼル排ガス）；～$1\mu g/m^3$

ガス → 粒子転換の重要性

at 20 ℃, 1atm

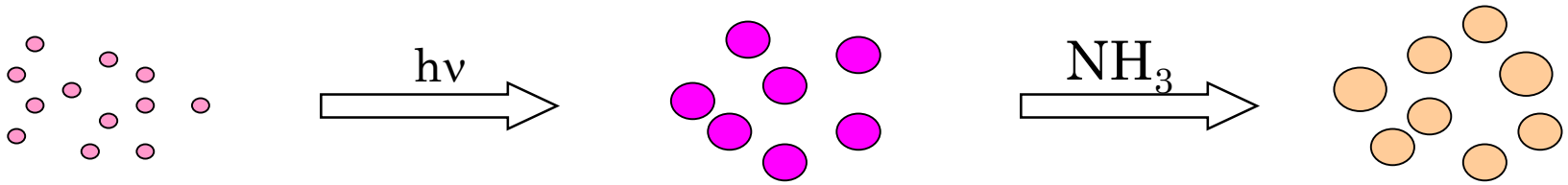
ガス状物質

SO_2

粒子状物質

H_2SO_4

$(NH_4)_2SO_4$



0.01ppm=26.4μg

(100% 転換)
39.6μg

54.5μg

環境基準(日平均値)

0.04ppm

浮遊粒子状物質として 100μg/m^3

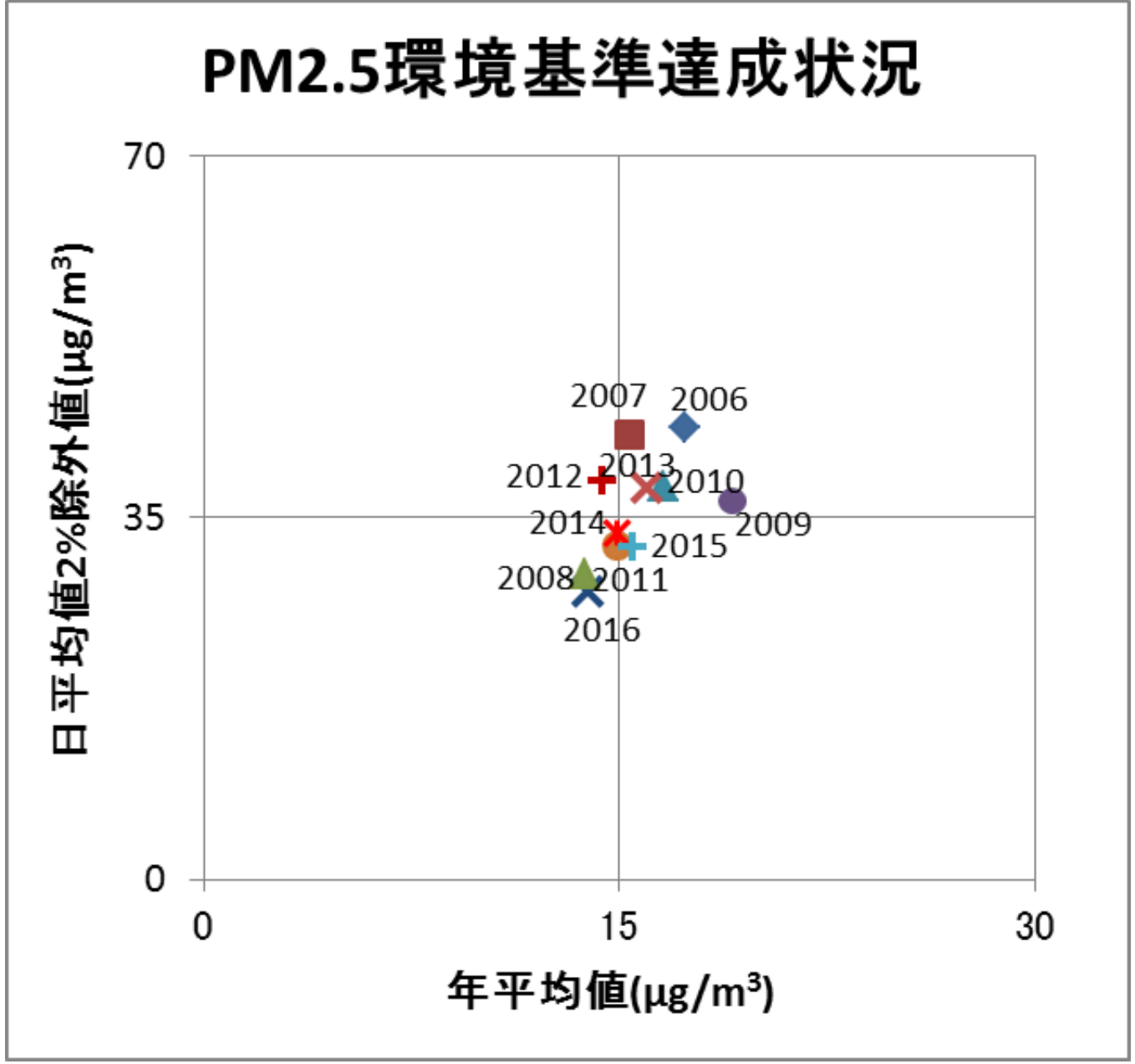
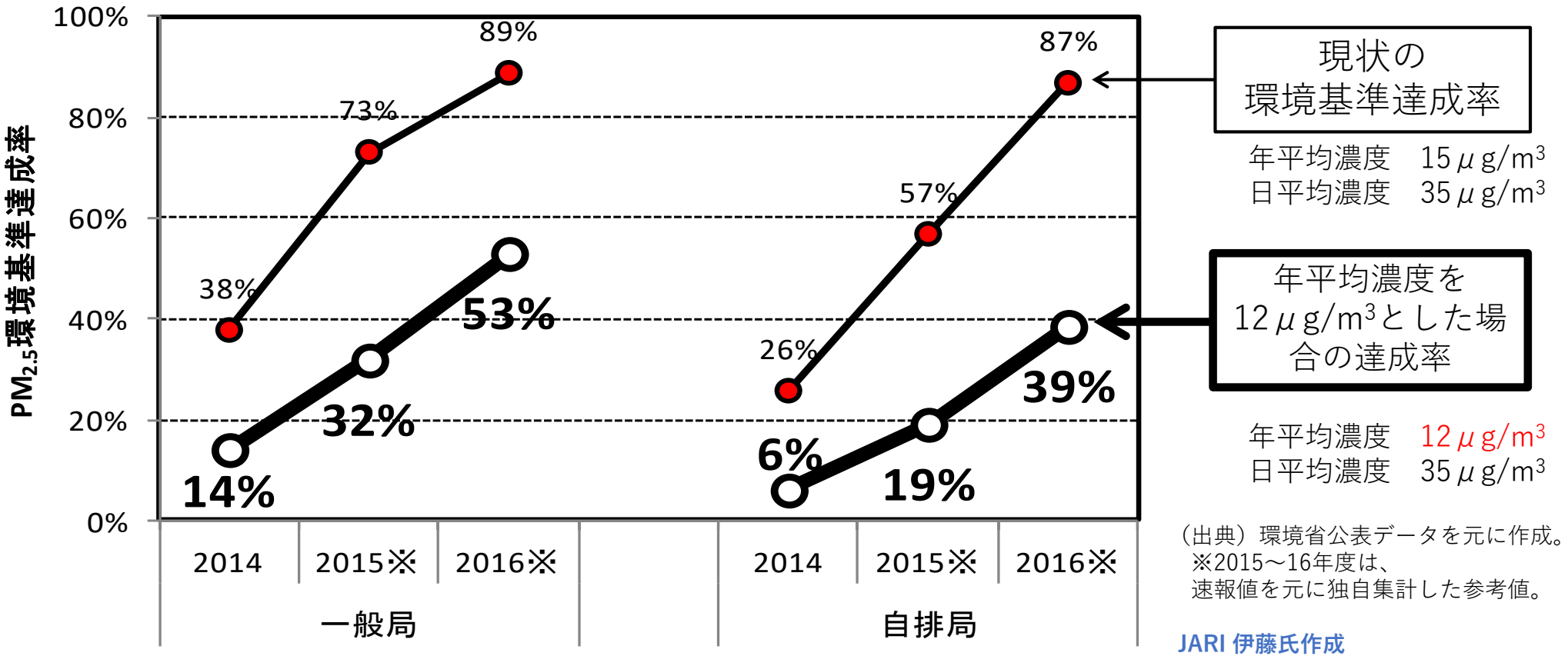


図　愛媛大学農学部におけるPM2.5環境基準達成状況　2006から2016

※2006から2011年度までは補正値（PM613）（湿度で補正：スマートカルクの式）、2012よりPM712で測定

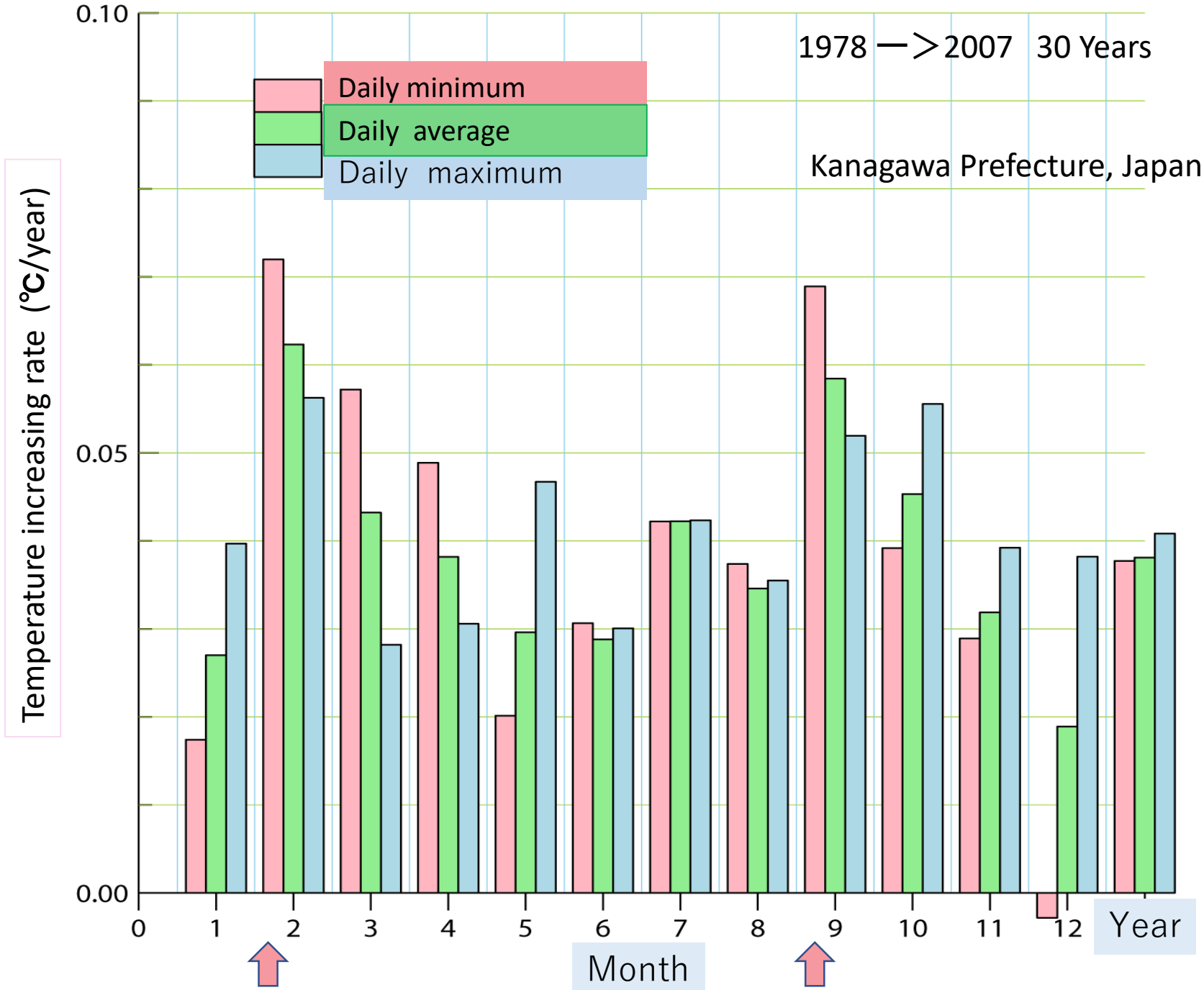
$PM_{2.5}$環境基準達成率



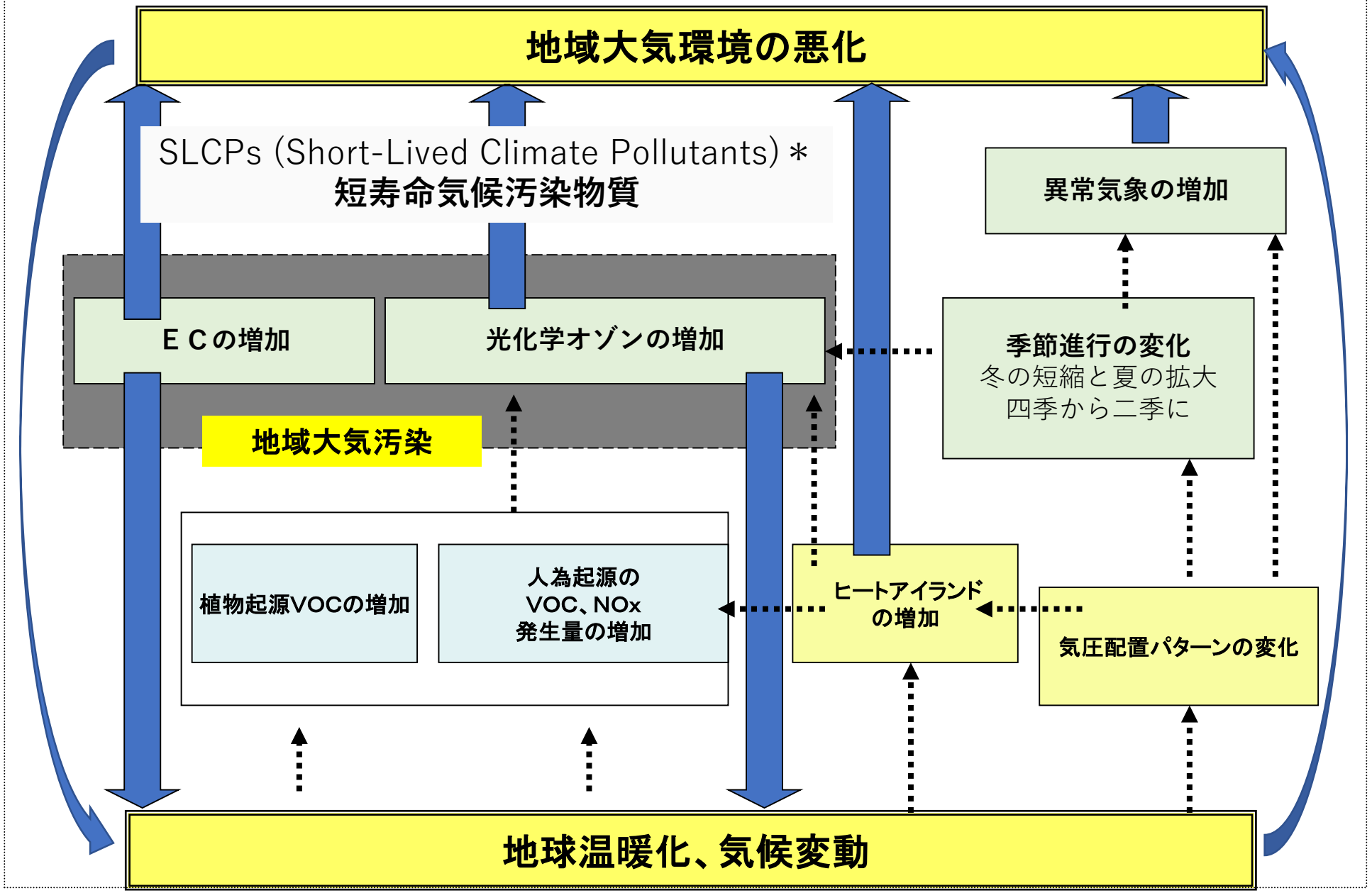
（出典）環境省公表データを元に作成。
※2015～16年度は、
速報値を元に独自集計した参考値。

JARI 伊藤氏作成

米国では、2012年に$PM_{2.5}$の年平均濃度の環境基準値を15から12μg/m³に厳しくしたが、 基準を米国並みとした場合，日本における環境基準達成率は4～5割程度に留まると見込まれるので引き続き$PM_{2.5}$濃度低減に向けた取組みが必要である。



Shimomura (2009)



＊SLCPs：大気中での化学的寿命が数日から数十年程度と比較的短く、気候を温暖化する作用を持つ
メタン、対流圏オゾン、黒色炭素粒子（ブラックカーボン、ＥＣ）の３物質
（Climate and Clean Air Coalition（CCAC）（2012））

まとめにかえて、
『**大気汚染物質**』に関しての今後なすべき事など
雑感　1

・光化学オキシダント（光化学オゾン）の環境基準の見直し
成層圏起源のオゾンデータの取り扱い（評価スキームの確立）
過去のデータの評価（測定方法の影響）
データの評価方法の検討（有効数字、サンプリング時間、パーセンタイル値の評価、評価期間など）
森林生態系、農作物、食糧生産への影響評価

・ＰＭ$_{2.5}$の環境基準の見直し
質量濃度や、成分分析データの活用
日本独自の疫学的影響評価に向けての時間値データの活用と評価

まとめにかえて、
『**大気汚染物質**』に関しての今後なすべき事など
雑感　2

・大気汚染物質全般に関して
SLCPとしての役割の評価
生活の時間帯全体を考慮した暴露量の把握とリスク評価
複合影響評価
発生源データの整備・公表・活用・更新のフレームワーク構築
日本の状況を考慮した大気汚染予測モデル研究の進展と活用

・ビッグデータの活用
最近の測定技術の活用（**IoT、簡易モニター**、リモセン、ドローンなど）
AIの活用：過去のデータの集積と総合解析評価
　大気汚染規制、気候・気象変化、経済活動、税制などと大気環境の関連性の把握を基にした将来予測

ご清聴、どうもありがとうございました。

IIAE 第二期定期セミナー

主催：一般財団法人大気環境総合センター

本誌の無断転載を禁じます