

都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(IV) — 地表付近におけるオゾン・大気メタン濃度の気候学的特徴 —

岩嶋樹也・村松久史*・福山薫**・森山茂***

*)京都大学名誉教授

***)三重大学生物資源学部

****)日本大学生産工学部

要 旨

都市域と周辺における地表付近のオゾン及び大気メタン濃度の観測・解析結果を示す。

第1部では、防災研究所屋上(宇治市)と理学部地球物理学教室北花山分室(京都市山科区)で約15年間観測してきた地表オゾン濃度データを解析して、日変化・季節変化・年々変化にみられる特徴を述べた。第2部では、琵琶湖周辺における大気メタン及び一酸化炭素・気象観測データを解析して、メタン濃度の日変化・季節変化にみられる特徴を示した。最後に、欧州の諸都市における大気メタン濃度観測を解析して、都市中心部と近郊との濃度差が都市規模に依存しており、人口や都市の大きさなどのパラメータを用いて1次式で整理できることを示した。

キーワード: オゾン, 大気メタン, 発生量, 日変化, 季節変化, 年々変化, 都市

1. 序

大気微量成分のオゾンやメタンの実態把握は全地球的環境問題を考える際にも重要である。オゾンは、人間・動植物に対する紫外線の影響の重大性から、その濃度減少が問題視されているが、温室効果気体としても重要である。また大気メタンも二酸化炭素のおよそ20倍の温室効果を有しており、その分布や発生等の実態把握が欠かせない。特に人間活動による変動や影響の評価が課題である。都市域とその周辺における人間活動に伴う変動やその影響評価はとりわけ重要な課題の一つである。これまで、都市域とその周辺における大気メタンやオゾンに注目してその濃度分布と変動について解析を進めてきた〔岩嶋, 1997, 1998; 岩嶋・村松, 1996a, b; 1997a, b; 1998; 岩嶋・寺尾・村松, 2000, 2001; 岩嶋・村松・寺尾, 1999, 2002〕。

本報の第1部では、防災研究所本館屋上(宇治市

五ヶ庄)及び理学研究科地球物理学教室北花山分室(京都市山科区北花山大峰町)において継続観測しているデータから、1992年5月以降の地表付近のオゾン濃度の日変化・季節変化・年々変化などの気候学的特徴について、近傍の京都府・京都市による大気環境観測点のオゾン(オキシダント)データと併せ解析する。

大気メタンは、やや鈍ってきてはいるものの、まだ全地球的に増加傾向にある。湿地・水田・家畜などによる寄与が大きく、さらに地域的にみると、都市では人間活動によって発生した大気メタンがバックグラウンド濃度に加わる。村松(1989, 1994)は、大阪や京都などの都市域の大気メタンには自動車からの寄与が大きいことを示した。さらに岩嶋・村松(1996a, b, 1997a, b, 1998)は、人間活動の活発な都市を代表する名古屋市やその周辺の愛知県における大気メタン分布と変動について調査解析を進めた。この解析で得た都市域と周辺部濃度分布を確認・検討するために、研究対象域を拡張し、伊勢湾岸に沿った都市域、三河湾内の佐久

島での観測や伊勢湾・三河湾における三重大学実習船「勢水丸」による海上観測を進めた。さらに熊野灘などの外洋域における海上観測を実施するとともに、バックグラウンド濃度についての調査・大気汚染常時観測資料の解析を試みてきた。このように、都市域のみならず近郊のバックグラウンド濃度も調査するために、研究対象域を名古屋市や愛知県から、伊勢湾、伊吹山周辺や琵琶湖(滋賀県)及びその周辺府県へと拡張してきた。本報告の第2部では、琵琶湖周辺の滋賀県及び大津市の大気環境観測点における大気メタン及び一酸化炭素濃度・気象観測データを使用して、都市とその近郊における大気メタンの日変化・季節変化について解析する:都市域からややはずれているが、比較的交通量の多い国道近くの観測点(大津市本堅田)のメタン濃度データを中心に、琵琶湖周辺の観測点データを比較解析した。

第3部では、「日本大学総長指定の総合研究」の一部として大都市域からのメタン発生総量の算定を目差して、2003年9月に実施した欧州の諸都市とその近郊における大気メタン観測・簡易気象観測結果について示す。

2. 解析資料と採取試料分析方法

2.1 データ

都市域とその周辺における地表付近のオゾン濃度の日変化・季節変化・年々変化など気候学的特徴を検討するために、我々が京都大学防災研究所(宇治市五ヶ庄)や京都大学理学部地球物理学教室北花山分室(京都市山科区北花山大峰町17-1)で継続観測してきたデータに加え、国や京都府や京都市による大気環境観測点のオゾン・オキシダント濃度データを使用して解析する(台風通過時のオゾン・メタンの特徴的変化の解析にも一部使用した。岩嶋, 1997; 岩嶋・寺尾・村松, 2000)。

都市域や近郊におけるメタン濃度測定には、現地で採取した空気試料を持ち帰り、防災研究所大気災害研究部門災害気候研究分野のガスクロマトグラフ[島津製作所製GC-8APF;水素イオン化検出器FID・モレキュラシーブ5A充填ガラスカラム使用]をより分析した。また、京都府保健環境研究所・滋賀県衛生環境研究所・大津市環境部環境保全課から提供された京都府・京都市ならびに滋賀県・大津市管轄の測定局における長期間の観測値(メタン・オキシダント・一酸化炭素・気象データ)を使用した。

3. 地表オゾン濃度:日変化・年変化・年々変化

ここでは、防災研究所及び理学部地球物理学教室北花山分室(両観測点は直線距離にして約10km離れている)のオゾン濃度の気候学的な日変化・年変化・年々変化について比較検討する(Figs. 1, 2, 3)。

1992-2003年の約12年間について平均したオゾン濃度(時間値)の日変化(Fig. 1)は、気温の日変化とほぼ同様であり、夜明け前後の7時頃に濃度最低となり、その後日中にかけて徐々に濃度が上がり、14~15時に最大濃度になる。両観測点を比べてみると、日平均値はやや(3ppbVほど)花山のオゾン濃度が高く、日変化幅は宇治の方が約10ppbVほど大きい。これは宇治と北花山の両観測点に、高度差(約200m)や道路などからの距離の差があることに依存しているようである:すなわちオゾンの起源が上層にあること、道路沿いでは自動車などの排気ガスなどの光化学反応による影響があることが両観測点の平均濃度や濃度日変化幅の差となって現れているものと推測される。

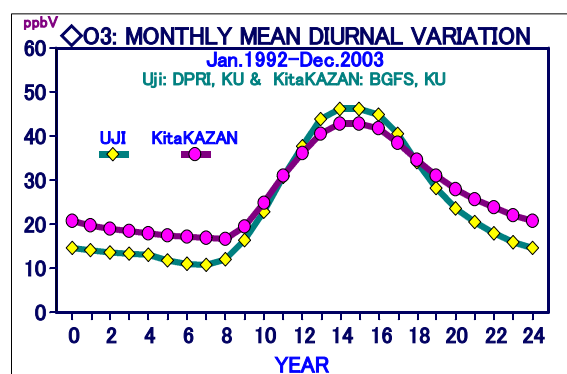


Fig. 1 Diurnal variations of the O₃ concentration at Uji(DPRI) and Kitakazan(BGFS; Yamashina-ku, Kyoto-shi) averaged during the years 1992-2003.

次に、地表オゾン濃度の日変化が季節によってどのように変わるか検討するために、宇治・北花山それぞれの観測点において各月毎に平均した日変化データを利用して主成分分析した。その結果、Tables 1, 2 に示されているように、宇治と北花山のいずれのオゾン観測点においても第1主成分の寄与率が90%程度を占めており、第2主成分の寄与率は10%前後、第3主成分では1%以下である。第1~3主成分の日変化(ベクトル)とそのスコア

の年変化図 (Figs. 2, 3) からすると、第1主成分はバックグラウンド濃度による日変化による成分であり、第2主成分や第3主成分は地域的な寄与によるものと推測される。第1主成分の日変化は小さく、その寄与は一年で見ると4~6月に最大になる。これに対して、第2主成分の日変化は日中に大きくなり、14時前後に最大となる。夜間にはほぼ一定で濃度が低い。第2主成分のスコアは7、8月に大きく、日中の光化学過程で生成される寄与が大きいと推定される。このような第1、第2主成分の特徴は宇治・北花山両観測点にほぼ共通するものである。これに対して、寄与率はかなり低い、第3主成分は両地点で異なる日変化をしており、それぞれの地点近傍のより局所的な影響を強く受けた結果と思われる。

Table 1 Principal components of monthly mean O₃ at DPRI (Uji): Eigenvalues, rate of contribution and cumulative rate of contribution.

Prin.Cp.	Eig.Vl.	Cnt.R(%)	CumCR(%)
PC1	1 1 3 6	9 1 . 9	9 1 . 9
PC2	9 3	7 . 5	9 9 . 4
PC3	4	0 . 3	9 9 . 7

このような宇治・北花山両観測点の第1、第2主成分のスコアの季節変化に共通してみられるような特徴はバックグラウンド及び地域的だがかなり広い領域の寄与によるものであり、従って各観測点において月毎に平均した値の季節変化にも類似した特徴がみられるはずである。そこで次に宇治・北花山それぞれの観測点において、1992-2003年間で各月毎に平均した濃度の季節変化 (Fig. 4) をみると、いずれの観測点においても、5月に最大、12月・1月に最小となっている。さらに詳細に両者を比較すると、夏季の6~8月を除いて北花山あり、特に高度差の要因が10月頃に大きく寄与し山の濃度が宇治よりも高く、特に10月の濃度差はやや大きい。このような差異は、日変化と同様に、両観測点の高度差や道路からの距離の影響でているものと推測される。すなわち日本付近上空におけるオゾン濃度の季節変化をみると、晩春に最大濃度になり、夏季にかけて減少し、10月頃にまた少し増大しており、この変化傾向が対流圏下層へも伝わっているものと推測される。続いて、

このような季節変化が年々どのように変わっているのか、に注目して検討してみる。

Table 2 Principal components of monthly mean O₃ at BGFS (Yamashina-ku, Kyoto-shi): Eigenvalues, rate of contribution and cumulative rate of contribution.

Prin.Cp.	Eig.Vl.	Cnt.R(%)	CumCR(%)
PC1	1 4 1 9	8 7 . 2	8 7 . 2
PC2	1 9 7	1 2 . 1	9 9 . 3
PC3	5	0 . 3	9 9 . 6

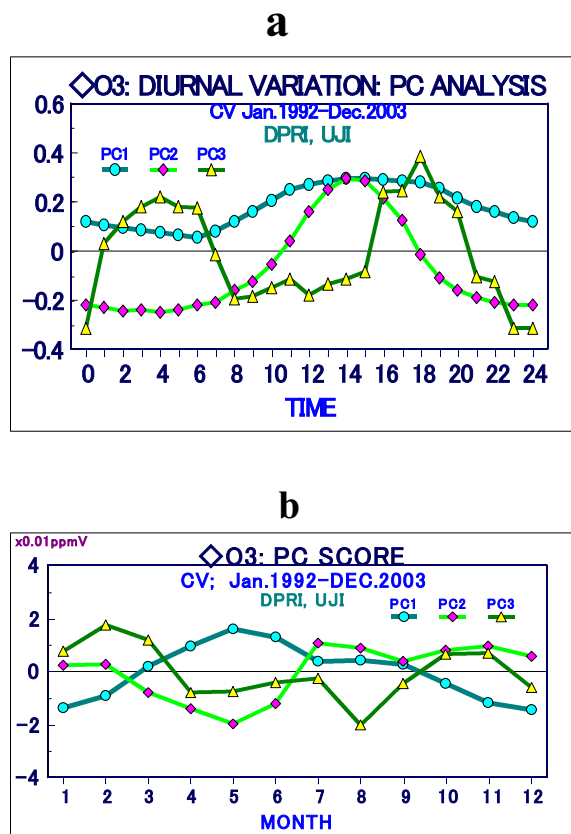


Fig. 2 Principal components 1,2 and 3 of the EOF analysis of the monthly mean O₃ concentration at DPRI (Uji) averaged the years 1992-2003: a) Eigen vectors (diurnal variation of the O₃); b) Annual variation of the scores of the 1st, 2nd and 3rd principal components.

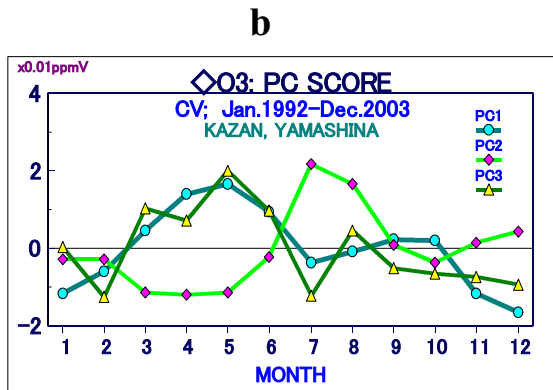
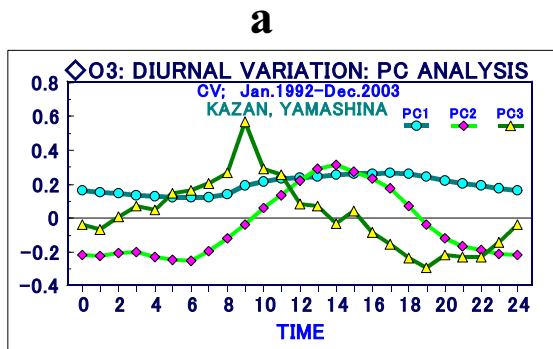


Fig. 3 Principal components 1,2 and 3 of the EOF analysis of the monthly mean O₃ concentration at BGFS, UK (Kitakazan, Yamashina-ku, Kyoto-shi) averaged for the years 1992-2003:
 a) Eigen vectors (diurnal variation of the O₃);
 b) Annual variation of the scores of 1 st, 2nd and 3rd principal components.

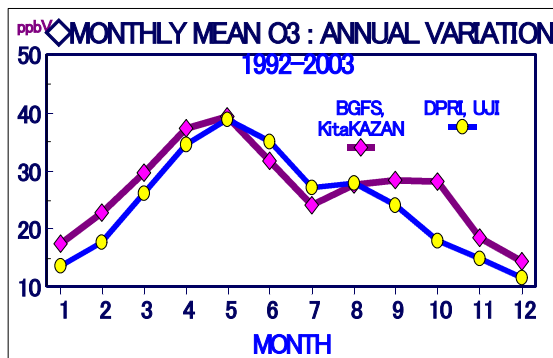


Fig. 4 Annual variation of monthly mean O₃ at DPRI (Uji) and BGFS, UK (Yamashina-ku, Kyoto) averaged during the years 1992-2003.

Table 3 Principal components of monthly mean O₃ at DPRI (Uji-shi) : Eigenvalues, rate of contribution and cumulative rate of contribution.

Prin.Cp.	Eig.Vl.	Cnt.R(%)	CumCR(%)
PC1	9.5	42.2	42.2
PC2	3.4	15.0	57.3
PC3	2.9	12.6	69.9

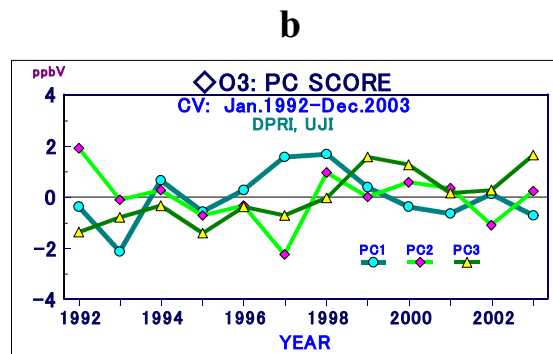
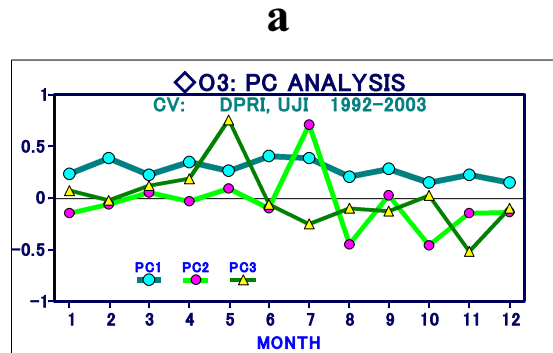


Fig. 5 Principal components 1, 2 and 3 of the EOF analysis of the monthly mean O₃ concentration at DPRI (Uji-shi) during the years 1992-2003:
 a) Eigen vectors (annual variation of the O₃);
 b) Year-to-year variation of the scores of 1 st, 2nd and 3rd principal components.

宇治・北花山の各観測点における期間1992-2003年の月平均オゾン濃度データを主成分分析したところ、第1,第2,第3主成分の寄与でほぼ70%を占めていた (Table 3)。年変化ベクトル (Fig. 5a) をみると、第1主成分は年間を通じてほぼ一定で、これはバックグラウンドからの寄与によるものであり、第2,第3主成分は局所的な要因によるものであろう。第1主成分は、2-7月が他の月に比

べてやや高いが、年間を通じてほぼ一定である。これに対して、第2, 第3主成分は7月, 5月など特定の月の濃度増大への寄与を示している。

北花山における解析結果をみると、宇治とはやや異なっており、第1主成分が60%ほど寄与し、第2主成分と合わせると77%になる。第1主成分は8-10月に濃度が低くなっており、年間を通じて同程度の大きさの宇治とは異なっている。第1主成分のスコアは(1993年を除くと)期間を通じて殆ど一定である。第2主成分は、6, 7, 10月に、第3主成分は7月に、濃度が高くなる局所的な寄与を示している。第3主成分スコアの年々変化(Fig. 6b)をみると、これも宇治とは異なり、期間最初に増大しているものの、1994年以降はほぼ一定である。第2, 第3主成分は局所的な要因による特定の年・月の大きな寄与を示している。

バックグラウンド濃度と局所的な寄与に分離するためには、宇治・北花山の2観測点では十分ではない。そこでオゾン濃度そのものではないが、これをほぼ近似しているものと考えられるオキシダント濃度データを利用する。京都府及び京都市が八幡市(国設八幡・八幡)や宇治市(宇治・東宇治)で実施している大気環境観測によるオキシダントデータを加えて、主成分分析をした。Table 5に示されているように、第1主成分が45%程度を占め、第2, 3主成分が合わせて41%程度の寄与をしている。Figure 7a から、第1主成分はバックグラウンド濃度を表すものであり、第2, 第3主成分は、それぞれ北花山や防災研究所(宇治)のオゾン濃度が他の観測点と異なる特有のものであることを示している。それぞれに対応するスコアの年々変化(Figs. 7b, 7c)をみると、バックグラウンド濃度に対応する第1主成分は、期間を通じてみるとほぼ一定のようである。1994年以降でみるとやや減少傾向にみえる。これに対して、第2, 第3主成分のスコア時系列(Fig. 7c)は、ほぼ同様な変動をしており、1996年頃までは上昇傾向にあり、1996年頃に大きく減少してそれ以降ほぼ一定のようである。

Table 4 Principal components of monthly mean O₃ at BGFS(Yamashina-ku, Kyoto-shi): Eigenvalues, rate of contribution and rate of cumulative contribution.

Prin.Cp.	Eig.Vl.	Cnt.R(%)	CumCR(%)
PC1	24.6	61.2	61.2
PC2	3.4	15.3	76.5
PC3	2.4	8.6	85.1

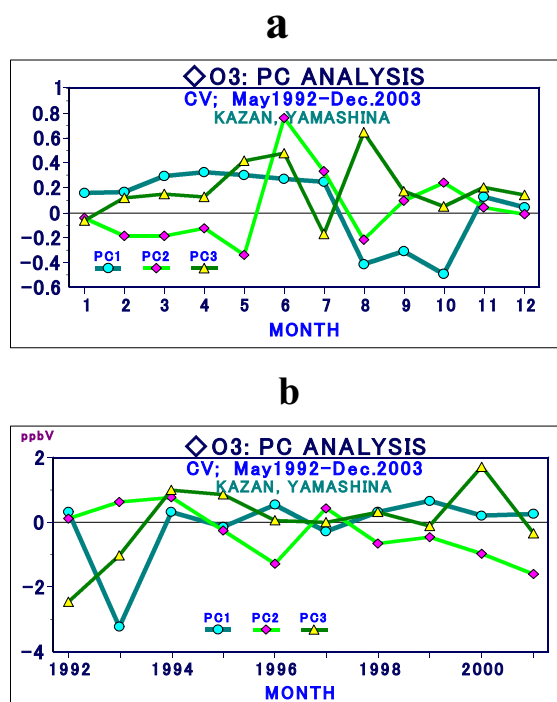


Fig. 6 Principal components 1,2 and 3 of the EOF analysis of the monthly mean O₃ concentration at BGFS (Yamashina-ku, Kyoto-shi) during the years 1992-2003: a) Eigen vectors (annual variation of the O₃); b) Year-to-year variation of the scores of 1st, 2nd and 3rd principal components.

Table 5 Principal components of monthly mean O₃ at BGFS(Yamashina-ku, Kyoto-shi) and DPRI(Uji), and monthly mean Ox at Yawata and K. K. Yawata (Yawata-shi), and Uji and H-Uji(Uji-shi): Eigen values, rates of contribution, and cumulative rate of contribution.

Prin.Cp.	Eig.Vl.	Cnt.R(%)	CumCR(%)
PC1	6.6	44.5	44.5
PC2	4.2	28.3	72.8
PC3	1.3	12.6	85.4

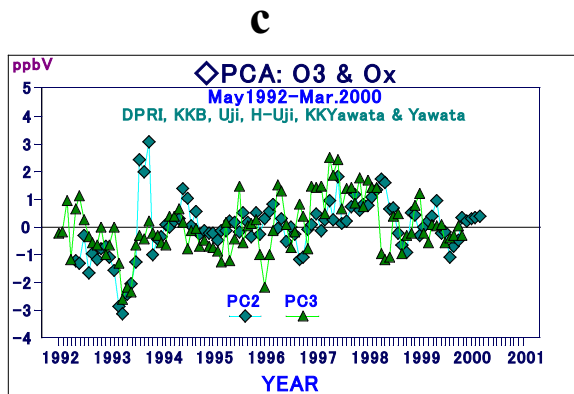
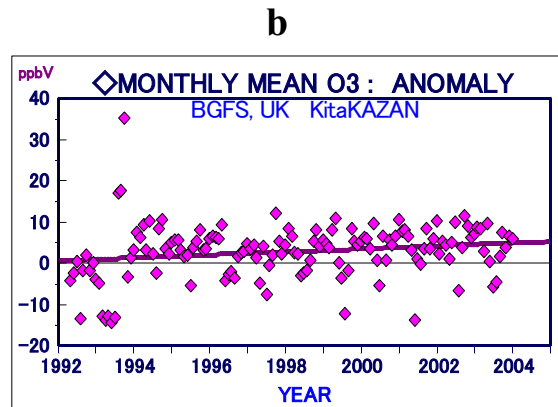
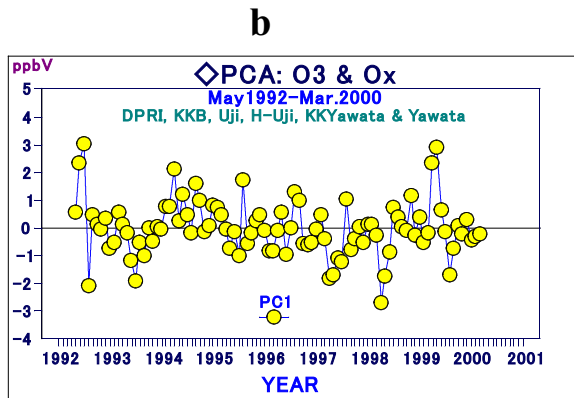
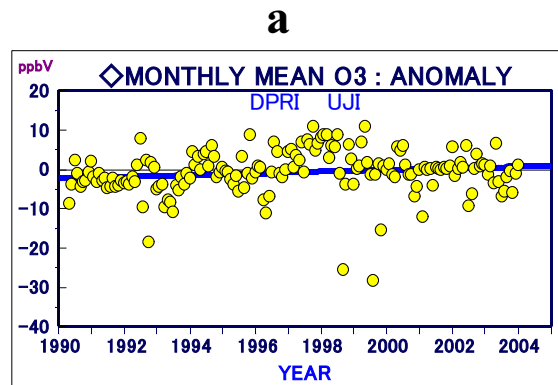
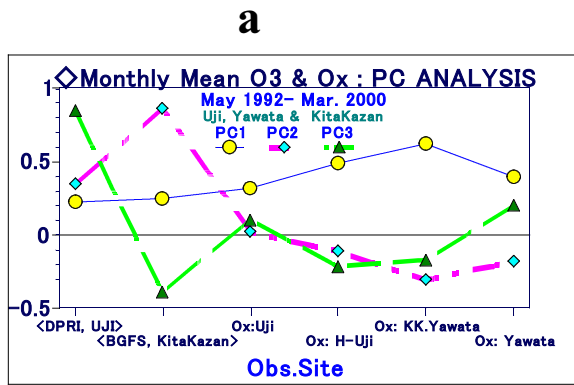


Fig. 7 Principal components of monthly mean O₃ at Kitakazan (BGFS; Yamashina-ku, Kyoto-shi) and Uji (DPRI), and monthly mean Ox at Yawata and Kokusetsu-Yawata (Yawata-shi), and Uji and Higashi-Uji (Uji-shi):

- a) Eigen vectors,
- b) Monthly variation of score of PC1,
- c) Monthly variation of scores of PC2 and PC3.

上記のように、京都府の八幡市や宇治市のオキシダント濃度を併せ解析した結果 (Fig. 7) では、第1主成分のバックグラウンド濃度は、解析期間を通じてほぼ一定であった。これに対して、宇治・北花山の各観測点のデータから、長期トレンドを検討してみると以下ようになった。

Fig. 8 Anomaly of monthly mean O₃ from the normal annual variation averaged during the years 1992-2003 : a) Uji (DPRI) ; (b) Kitakazan (BGFS; Yamashina-ku, Kyoto-shi).

各観測点の月平均オゾンデータから、共通観測期間 (1992-2003年) の平均的年変化 (Fig. 4) を求めて、偏差時系列の長期トレンドを算定した (Fig. 8) : 解析期間を通じてみると、宇治ではほとんど変化が認められないが、北花山ではやや増加傾向にみえる (宇治では 0.76 ppbV/10years; 北花山では、3.44 ppbV/10years)。回帰分析結果を統計的に t 検定してみると、宇治では有意でないが、北花山では、 $t = 2.411$ (自由度=138) となるから、2.5%以下の水準で増加トレンドが有意である。この両観測点での傾向の差異は、宇治に比べて北花山の観測点人が、人家からも、また自動車などの往來の頻繁な道路からもかなり離れており、オゾン消滅に働く因子の影響をあまり受けないことによるものであろう。このような上昇トレンドが日本全域でもみられるものか否か興味ある調査課題である。

4.琵琶湖周辺における大気メタン濃度の日変化・季節変化

本節では、琵琶湖周辺における大気メタンの日変化・季節変化の特徴、及びメタン発生に関する解析結果について述べる。

前報と前々報(岩嶋・寺尾・村松, 2001; 岩嶋・村松・寺尾, 2002)では、大気環境測定で長年にわたって継続して測定されてきた滋賀県の観測点毎の年(度)平均大気メタン濃度の長期的傾向にみられる特異な問題について検討した(岩嶋・寺尾・村松 2001; Fig. 8)。滋賀県周辺の府県における殆どの観測点の大気メタン濃度は1980年以降の解析期間を通じて上昇傾向にあるのに対して、(近年測定を開始した観測点などを除く)滋賀県内の観測点では、1990年(度)以前は増加傾向にあった。しかし、それ以降の濃度が大きく低下(減少)しており、前後を通じ全期間でもやや減少傾向にみえた。すなわち、次の2つが事実かどうか検討を進めた：

- 1) 滋賀県における1990年度前後の期間におけるメタン濃度変化傾向に大きな差がみられる。
- 2) 1990年以降では滋賀県域と周辺府県との間に大きな差がある。

上記の2点について、滋賀県内の各観測点の日平均値や1時間毎の定時観測値を使用して詳細に再検討をした結果、1991年2月中旬に測定機器(ガスクロマトグラフ)が更新されたことが判明した。この更新後に大きく濃度が低下していた(岩嶋・村松・寺尾 2002; Figs. 3, 4)。さらに、このような唐突な変化をもたらすと期待されるほどの激しい変化の気象現象は生じていなかったことも確認した。すなわち測定機器更新前後のデータの接続には疑問がある。この前後の濃度差は、日平均値の時系列データの傾向からみて、およそ0.1ppmVほどと推定した。我々が実施した滋賀県南部から三重県にかけての空気採取観測の結果との比較においても、われわれが観測した琵琶湖南部の地点のメタン濃度が常時観測点の濃度に比べてやや高く、両者データ間に系統的な差があることが示唆された。今回は、このような点を考慮した上で琵琶湖周辺の観測点にみられるメタン濃度の日変化や季節変化などの気候学的特徴や発生源との関係を示す特徴などの解析結果について述べる。

琵琶湖周辺におけるメタン濃度の季節変化についての特徴をみるために、琵琶湖南部の滋賀県立衛生環境センター(センターと略称)、北東部の長浜、西部の堅田の3観測点の1983-1998年度のメ

タン濃度月平均値(Fig. 9)をみると、次の2つの特徴がみられる：

- 1) 堅田や長浜では、6、7月に高濃度になるが、他の月はほぼ一定である。
- 2) センターでは、6月のやや小さな極大と10月から3月までが高濃度で2つの山がみられる。

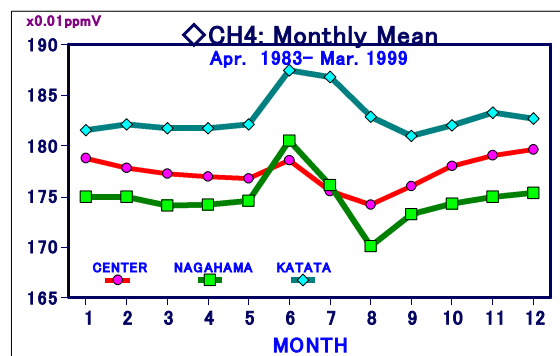


Fig. 9 Annual variation of monthly mean CH₄ averaged during the term from April 1983 to March 1999 at three observational sites in the circumference of Lake Biwa: Center (Gotenhama, Ohtsu-shi), Nagahama (Jifukuji-cho, Nagahama-shi) and Katata (Honkatata, Ohtsu-shi) in Shiga-ken.

さらに詳しくみると、センターや長浜では8月に濃度極小となり、堅田でも9月に濃度が極小である。このような年変化は、メタン発生源と発生量を反映しており、6・7月の濃度極大は水田からの発生量の増大に、センターなどにみられる冬季のやや長期にわたる高濃度は自動車などからの発生によるものと推測される。さらに、3観測点の濃度には年間を通じて0.05~0.10ppmV程度の差がみられるが、これも各観測点の周辺状況から判断すると、上記の2つの発生源それぞれからの寄与の程度に差があることによるものであろう。すなわち、堅田では年間を通じての自動車などの発生源からの寄与に夏季に集中した水田からの発生が加わり、センターでは、自動車などからの寄与が殆どで水田からの寄与が僅かに加わっているものと考えられる。長浜では夏季における水田からの寄与が大きい、自動車などからの寄与が小さいものと推測される。

次に、年間を通じての寄与があると推測した自動車からの影響がみられるかどうか、堅田の(1年間の短期間はあるが)1997年度の観測データで検討してみる。琵琶湖西岸沿いの国道近くにある観測点の堅田(大津市本堅田)は年間を通じて比較的交

通量が多く、上記 (Fig. 10) の大気メタン濃度の季節変化でみたように、滋賀県の他の観測点と比べて、夏季の濃度極大と他の季節ではほぼ一定という特徴が明瞭である (残念ながら、堅田における観測は1999年3月末で停止された)。

都市域や周辺での一酸化炭素濃度は自動車からの寄与が大きいとされており、メタンの発生量の指標として解析してきた (村松, 1994; 岩嶋・村松, 1996a, b, 1997a, b; 岩嶋, 1998; 岩嶋・村松・寺尾, 1999, 2002)。ここでも変動が顕著で検討が容易なメタン濃度と一酸化炭素濃度の日変化について

6・7月は水田から発生したと推測される寄与が大きい (Fig. 9) ので、夏季の6-8月と他の季節にわけて日変化の様子を比較する (Fig. 10)。

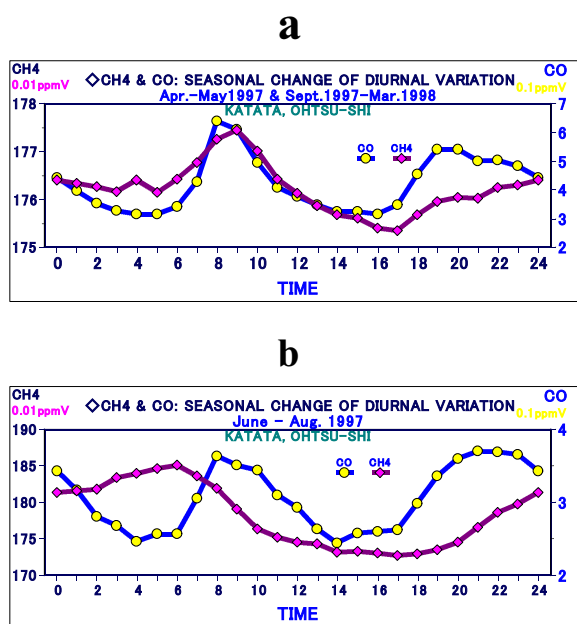


Fig. 10 Diurnal variation of the concentration of CH₄ and CO at Katata (Honkatata, Ohtsu-shi, Shiga-ken) :
 a) Apr. & May 1997, and Sept. 1997~Mar. 1998 ;
 b) June, July and Aug. 1997.

一酸化炭素濃度の日変化は、濃度変動幅や夜間の濃度極大出現時刻に差がみられるものの、季節によらず、ほぼ同様な特徴を示している：朝8時頃に最大濃度となり、その後減少して日中14時頃に最低濃度となる。その後、日没から夜間にかけて徐々に増大し、夏季には21~22時に、それ以外の季節では19~20時に、第2の極大濃度となり、夜明け前まで減少している。このような一酸化炭素濃度の日変化に対して、メタンは季節によってかなり異なった変化をしている (Fig. 11)。一酸化炭

素濃度では、季節によらずかなり限定された8時前後の時間帯と日没後の19~22時の2回の極大濃度が出現している (Fig. 12)。メタン濃度の日変化では、いずれの季節においても夜明け前後にのみ濃度極大が出現している。極大となる時刻は、夏季は6時頃、他の季節では9時頃で、約3時間のずれがある。これに対して、一酸化炭素の日変化における極大の出現時刻には、季節による差異が殆どみられない (Fig. 12)。

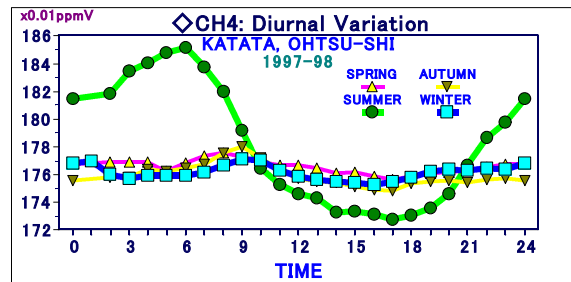


Fig. 11 Seasonal mean diurnal variation of CH₄ at Katata (Honkatata, Ohtsu-shi, Shiga-ken).

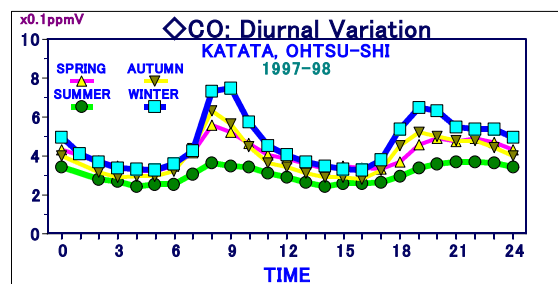


Fig. 12 Seasonal mean diurnal variation of CO at Katata (Honkatata, Ohtsu-shi, Shiga-ken).

メタン・一酸化炭素それぞれの平均濃度について夏季とそれ以外の季節を比較すると、メタンでは夏季の濃度が極めて高く、日変化幅が大きい。一酸化炭素では、冬季に濃度が高く、日変化幅も大きい。このような特徴は、夏季のメタン濃度には水田からの発生による寄与が大きいこと、逆に他の季節では、自動車などからの寄与が大きいことを示唆している。

夏季のメタン濃度増大には水田からの寄与が大きいと述べてきたが、観測点と周囲の発生が推測される場所との関係に問題がないかどうか、風について検討してみる。

風速 (Fig. 13)・風向 (Fig. 14) それぞれの日変化を季節毎にみる。風速の日変化には、季節による差が殆どみられず、日中14時頃に最大となり、2.0~3.0m/s、夜間は 1.0~1.5m/s 程度でほぼ一定で

ある。これに対して、風向の日変化には明瞭な季節による差がみられる：夜間には、季節によらず南西から西寄りの風向であるが、日中は、季節差がみられる。冬季・秋季には昼間の精々5時間程度だけ南寄りとなるが、夏季には日の出直後に南寄りとなり、さらに昼間の5時間以上南西の風が

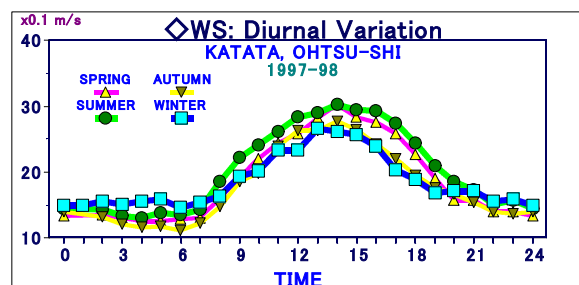


Fig. 13 Seasonal mean diurnal variation of wind speed at Katata (Honkatata, Ohtsu-shi, Shiga-ken) : Unit of ordinate is 0.1m/s.

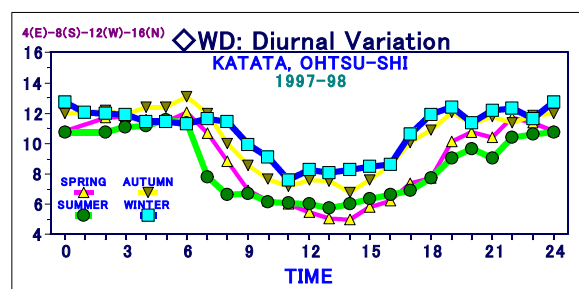


Fig. 14 Seasonal mean diurnal variation of wind direction at Katata (Honkatata, Ohtsu-shi, Shiga-ken) : Ordinate is wind direction by 4 (East)- 8(South)-12 (West)-16 (North).

吹いている。日没後から夜明けまでの夜間には南西から西寄りの風が吹いており、夜間のメタン高濃度維持に寄与している。特に、夏季の夜間には、観測点「堅田」の西方1~2kmに広がっている水田からの寄与が大きいと推測されるが、これに、観測点の西方約500mをほぼ南北に走る国道を往来する自動車からの発生メタンが加わっているものと推測される。夏季の日中では、風向が南東であり、水田や自動車からの寄与は小さいと推測される。これら発生源からの寄与及びバックグラウンド濃度などのしめる割合などについては、1時間平均値などを基にして主成分分析結果から推定したが、

詳細は改めて別途に報告する。

この章では、琵琶湖周辺の観測点におけるメタンの季節(年)変化、日変化とその季節による差異、さらにメタン発生に関連した以下のような特徴があることを述べた：

- 1) 年変化には、夏季に濃度最大となる1山型と冬季にも濃度極大となる2山型がみられた：夏季(6,7,8月)に濃度となる1山型は、水田からの発生による寄与が卓越しているものと推測される。これに対し、さらに冬季にも濃度極大をもつ2山型の観測点では、夏季の水田からの寄与がかなり小さく、冬季の(以下に述べることから推定される)自動車などからの発生メタンの寄与が大きいものと推測される。〔ここでは示さないが、水田からの影響が小さく、交通量の多い観測点(例えば、京都府宇治市宇治小学校構内にある観測点東宇治)などのメタン濃度季節変化は、冬季に濃度極大をもつ1山型である。〕
- 2) 夏季に水田から発生が大きく寄与し、1山型年変化がみられる観測点の堅田では、季節毎に平均したメタン濃度日変化を比較すると、夏季の日変化が、他の季節に比べて格段に大きい：日平均値の差は0.03ppmV程度であるが、夏季の日変化幅は0.15ppmVであり、他の季節の変化幅より1桁近く大きい。
- 3) メタン濃度年変化においてみられる冬季の極大には自動車からの寄与による：観測点の堅田において、メタン濃度の日変化を、主として自動車からの寄与によると考えられている一酸化炭素濃度の日変化と比較すると、水田からのメタン発生が極めて大きい夏季では、対応していないのに対して、他の3季節では、ほぼ対応している。

次章では、都市域、特に欧米の大都市における大気メタン濃度分布について実態把握し、都市域からの発生総量を検討するための予備調査として実施した観測結果について述べる。

5. 欧州諸都市における大気メタン濃度

これまで、国内の都市域とその周辺におけるメタン濃度について実態把握し、その空間的分布や時間変化についての気候学的特徴を記述するモデルの確立を目差して、名古屋市域から、愛知県域、

さらに琵琶湖周辺の府県へと研究対象域を広げてきた。また、メタン発生量についても算定を試みてきた。ここでは、さらに観測対象域を広げた。地球規模で見たときに、東西平均濃度は、北半球の高緯度ほどメタン濃度が高いが、経度方向にはどのようなになっているのか、また欧州・北米などでどの程度の差異があるのか、といった素朴な疑問から出発して、2003年9月に欧州・北米におけるメタン濃度やバックグラウンド濃度について予備的調査をした(これは、「日本大学総長指定の総合研究」の一部をなすものである)。

空気採取と同時に気温・湿度・風向・風速など簡易気象観測を実施した。欧州の諸都市の中心部と郊外において採取した空気をガスクロマトグラフ分析した結果の中、次の6都市とそれぞれの近郊での採取分析して整理した結果を示す。空気採取した都市(年月日)は、アムステルダム(2003/9/9)、ストックホルム(2003/9/10)、フランクフルト(2003/9/12)、チューリッヒ(2003/9/13)、ウィーン(2003/9/15, 16)、ロンドン(2003/9/21, 22)、オスロ(2003/9/16)、の7都市である。

都市域では、前章でも述べたような自動車からのメタン排出以外にも、さまざまな発生源からの排出が考えられているが、その排出量は人間活動に依存している。人間活動は、単純には人口に比例しているであろう。すなわち、都市域からのメタン発生量は人口に比例していると考えられる。さらに、都市域からのメタン発生により、都市中心部と近郊(バックグラウンド)との濃度差が維持されているであろう。そこで、メタン濃度の日変化からみて時間変化が小さい昼間の濃度極小となる時間帯に諸都市の中心部と郊外で空気を採取・分析し、濃度差を算定した。この濃度差を、人間活動を表わす一つの尺度として採用した人口と対比したものが Fig. 15である。上記のように7都市とその近郊で空気採取を実施したが、天候も悪く、濃度差が逆符号となり(結果的に採取場所が)不適當であった、ストックホルムにおける観測結果を除外して、6都市の分析値を採用した。全体でみると推測のとおり、都市中心部と近郊のメタン濃度差は、人口に比例しているようである。

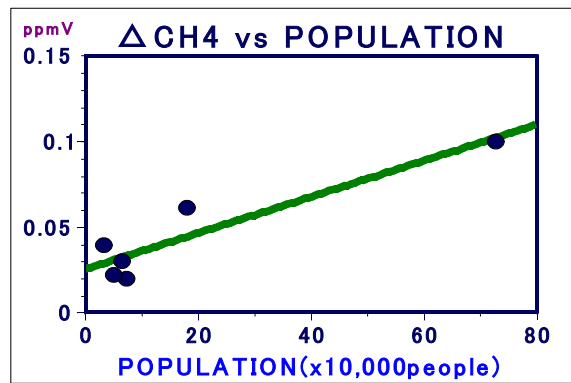


Fig. 15 Difference between CH₄ concentrations at the central part and suburbs of six metropolises in Europe (Amsterdam, Zurich, Wien, London, Frankfurt, Oslo): Ordinate and abscissa denote the difference of CH₄ concentrations at central part and suburbs of the cities, and population of the cities respectively.

の間の差がやや大きい。また発生量を都市域全体の総量ではなく、単位面積当たりで考えると、単位面積当たり人間活動がどの程度集中しているか、すなわち人口密度を考慮すべきである。そこで都市の空間的規模も考慮し、都市の広がり仮想的に半径Rの円形であるモデルを考えて、中心と円周部(郊外)の濃度の傾度と人口密度を対比してみる。このようにして、濃度差の〔人口/半径〕との関係を見たものが Fig. 16である。まだ、ロンドンと他の5都市の面積や人口間に大きな差があり、ロンドンとの尺度差がそれほど小さくなっていない。しかし、5都市間では、人口を尺度としたもの(Fig. 15)よりはやや観測値の分布が広がっている。この尺度が適当かどうか、規模の異なる他の都市を可能な限り追加して、さらに検討を進めたい。現在、人間活動の内容、都市の構造や規模などの点で欧米とは異なる日本の諸都市についても調査を進めており、類似の結果を得ている。2004年9月に実施を予定している北米大陸での観測結果とも併せて、別途、報告したい。

謝辞

京都府八幡市・宇治市におけるオゾン・オキシダント濃度データについては京都府保健環境研究所から、滋賀県域観測点のメタン・一酸化炭素濃度時間値は、滋賀県立衛生環境センターや大津市環境部環境保全課からご提供頂いた。お世話になった皆様に衷心より謝意を表したい。

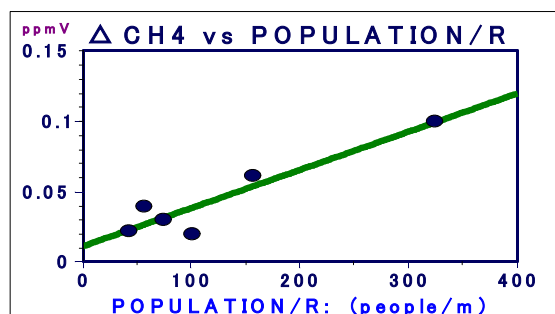


Fig. 16 The same as Fig. 15, except the abscissa is the ratio of population to the radius (R) of the model city circles: the radius R of the model circle is estimated from the area of city.

6. 結び

これまで進めてきた、地表オゾン濃度や大気メタンの観測・解析結果の中から、3課題について述べた。

まず、宇治(防災研究所屋上)と北花山(理学部地球物理学教室北花山分室;京都市山科区北花山大峰町)で継続観測している約14年分の地表オゾン濃度データを整理して、その日変化・年変化・年々変動にみられる気候学的特徴や観測点間の差異などについて述べた。また長期トレンドについて検討したところ、局所的な影響の小さな北花山においては、増加傾向にあることが示された。

第2の課題として、琵琶湖周辺の大気環境常時観測点における大気メタンにみられる年変化の特徴及び推定される発生源との関係について述べた:琵琶湖の周辺では夏季における水田からの発生が大きく寄与していること、都市部では自動車など影響があり、それは夏季以外の季節(特に冬季)に明瞭になる。

最後に、2003年9月に実施した欧州諸都市における大気メタン濃度の観測を、人間活動の指標として都市人口や都市規模を尺度にして整理した:都市域中心部と近郊のメタン濃度差が、都市人口に比例し、都市の幾何学的大きさ(都市が円形であるとしたときのモデル半径)に反比例している。このような関係について日本の諸都市でも観測整理中である。

以上いずれの課題にも推定部分が残っており、それぞれ調査・検証を継続したい。

参考文献

- 岩嶋樹也(1997):都市とその周辺における大気メタン・オゾンに関する解析, 日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 第79号, pp.19-22.
- 岩嶋樹也(1998):都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(IV), 京都大学防災研究所年報, 第41号B-1, pp.293-307.
- 岩嶋樹也・村松久史(1996a):都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(I), 情報文化研究(名古屋大学情報文化学部・大学院人間情報学研究科), 第3号, pp.1-22.
- 岩嶋樹也・村松久史(1996b):都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(II), 情報文化研究(名古屋大学情報文化学部・大学院人間情報学研究科), 第4号, pp.41-64.
- 岩嶋樹也・村松久史(1997a):都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動(III), 情報文化研究(名古屋大学情報文化学部・大学院人間情報学研究科), 第5号, pp.29-51.
- 岩嶋樹也・村松久史(1997b):都市とその周辺における大気メタン濃度, 京都大学防災研究所年報, 第40号B-2, pp.201-212.
- 岩嶋樹也・村松久史(1998):都市域とその周辺における大気メタン濃度とその変動, 京都大学防災研究所特定研究集会10S-2『都市域とその周辺における大気メタンの発生・分布に関する研究』, pp.83-93.
- 岩嶋樹也・寺尾徹・村松久史(2000):都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(I), 京都大学防災研究所年報, 第43号B-1, pp.169-183.
- 岩嶋樹也・寺尾徹・村松久史(2001):都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(II)ーバックグラウンド大気メタン濃度ー, 京都大学防災研究所年報, 第44号B-1, pp.25-36.

岩嶋樹也・村松久史・寺尾徹(1999): 都市とその周辺における大気メタン濃度(V), 京都大学防災研究所年報, 第42号B-2, pp.333-342.

岩嶋樹也・村松久史・寺尾徹(2002): 都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(III), -琵琶湖周辺における大気メタン濃度の長期変動-, 京都大学防災研究所年報, 第45号B, pp.209-220.

滋賀県(1978-79,1980,1981,1982,1982-83,1984~2002): 環境白書・環境白書-資料編-.

村松久史(1989): 阪神地方のメタンの分布・発生について, 京都大学防災研究所年報, 第32号B-2, pp.219-229.

村松久史(1994): 都市からのメタンの発生, 京都大学防災研究所年報, 第37号B-2, pp.173-181.

Spatial Distribution and Temporal Variation of Atmospheric Minor Constituents in the Urban Area and Its Surrounding Region (IV)

— Climatic Features of Ozone and Atmospheric Methane near the Ground —

Tatsuya IWASHIMA, Hisafumi MURAMATSU* , Kaoru FUKUYAMA**

and

Shigeru MORIYAMA***

* Emeritus Professor of Kyoto University

** Faculty of Bioresources, Mie University

*** College of Industrial Technology, Nihon University

Synopsis

Analyses of the long-term data of concentration of O₃ and CH₄ in the cities and their surrounding area are performed. Firstly we analyzed the O₃ data observed at Uji(DPRI) and Kitakazan(BGFS, Yamashina-ku,Kyoto) during the years 1990(1992)-2003: we described several climatic features of diurnal and annual changes, and the increasing long-term trend of ozone at Kitakazan with statistical significance. Secondly, we closely examined the hourly data of CH₄ at several observational sites in the circumference of Lake Biwa, and described characteristic features of seasonal variation of the atmospheric methane, i.e. the two types of seasonal variation with a maximum in summer and two maxima in summer and winter. Finally we compared the difference in the concentration of methane at central part of several large cities and their suburbs in Europe with the population and size of the cities.

Keywords: ozone; atmospheric methane; diurnal variation; seasonal variation; secular trend; city population