

都市とその周辺における大気メタン濃度とその変動 (V)

岩嶋樹也・村松久史*・寺尾徹

*)京都大学名誉教授, 名城大学理工学部建築学科

要旨

都市域とその周辺における大気メタンの実態を明らかにするために, 愛知県における1983-1995年度の大気環境調査資料の主成分分析を行った。大気メタンおよび一酸化炭素濃度の年々変化において卓越する特徴的な空間的分布を示した。

さらに, これまでの解析で得た(作業仮説モデル)濃度分布を確認するために予備的観測を実施した: 1)三河湾佐久島における観測; 2)三重大学実習船(勢風丸)による伊勢湾・三河湾における観測。これらの観測は, これまでの解析の妥当性を示唆している。また, 今後の検討課題となる観測結果が得られた: 1)佐久島の内部にも大気メタン高濃度域が存在することを示す, 特有の濃度分布が得られた。2)湾岸都市部から離れた伊勢湾・三河湾の中央に, 大気メタンの低濃度域が見いだされた。

キーワード: 都市大気メタン, メタン濃度分布, 年々変化, 主成分分析, 海上大気メタン

1. 序

温室効果気体である大気メタンも全地球的に増加傾向にあり, これには水田や家畜による寄与が大きいといわれている。一方では, 大阪や京都などの都市域におけるメタンの高濃度についても指摘されている(村松, 1989; 村松, 1994)。都市域では, 特有の人間活動の影響がバックグラウンド濃度に加わっている。村松(1994)は, 大気中の一酸化炭素濃度などの変動についての解析も併せて行い, 都市域における大気メタンの発生には自動車による寄与が大きいことを示している。本研究は, 人間活動の活発な都市を代表する名古屋市とその周辺における大気メタンの分布や変動の実態を詳細に調査解析すること, さらにその発生源について明らかにすることを目指している。

これまでの解析(岩嶋・村松, 1996a, 1996b, 1997)で用いてきた観測データに2年度分を追加して主成分分析した。この結果にみられる年々変動の特徴について述べる。また, これまでの解析から描いてきた, (作業仮説的モデルというべき)濃度分布の都市域周辺部について確認するために予備的観測を実施した: 三河湾内の佐久島における観測と伊勢湾・三河湾における船舶上での観測結果について述べる。

2. 解析資料と採取試料分析方法

解析には, 「名古屋市環境保全局」や「愛知県環境部」による印刷資料『大気汚染調査報告』と1時間毎観測値を収納した1983-1995年(度)分の大気メタン・一酸化炭素の磁気テープ資料を使用した〔こ

*)本研究には, 「三重大学生物資源学部練習船勢水丸研究業績」が含まれている。

れまでに使用してきた 1983-93年度分のデータに、1994,1995年度分を追加した)。

佐久島および伊勢湾・三河湾航海で採取した空気試料は、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〕により分析した。

3. バックグラウンド大気メタン濃度の年々変化

都市部を含む(厳密には奥三河を除く)愛知県全域における平均的濃度の年々変化を、よりスケールの大きなバックグラウンド濃度の変化と比較してみる。都市域から離れた山間部の奥三河には観測点がないので、ここで愛知県域平均とした値は、都市域からの影響を、より大きく受けている。さらに、より大きな全球規模からみる場合にも、ここでの値は都市域に近いものと考えべきだろう。

大気メタン濃度と一酸化炭素濃度の年々変化はそれぞれ Fig. 1の通りであった：

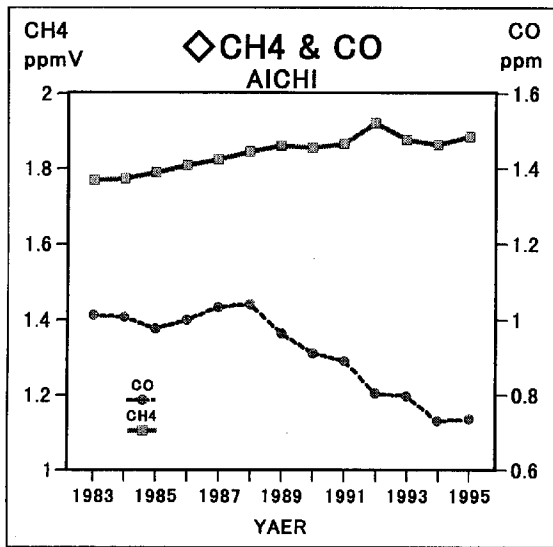


Fig.1 Year-to-year variation of atmospheric methane and carbon monoxide averaged for all observational points in Aichi-ken during the years 1983-95.

ここでバックグラウンド濃度としているものは、上記のように愛知県域ということで、空間スケールは全球規模からみると小さい。1983-93年の全球的スケールの平均大気メタン濃度は、IPCC(1996)報告によれば、1.61ppmVからほぼ単調に増加して1.72 ppmVに達しており、平均年率にして0.6%の増加であ

る。ただし、1992-93年には殆ど増加していない。これに対して、愛知県では、0.77%/yearであった。これには、上記のように、濃度が低いと推定される愛知県東部の奥三河地域が含まれていない。北半球平均値の0.6%/yearより、やや大きい。

一酸化炭素濃度の場合には、県域で2.1%/year(名古屋市を除くと1.9%/year)の大きな減少傾向を示している。一酸化炭素のバックグラウンド濃度は北半球平均値が約0.1ppm程度であり、上記の県域の値より1桁小さい。また長期トレンドは、1980~1987年頃には1.2%/year程の年率で増加傾向、1988年以降(1993年頃まで)は2.6%/yearの減少傾向であった(Khalil and Rasmussen 1994)。このように一酸化炭素濃度は、最近では、全球的にも減少傾向にある。

上記のような都市域における(全地球的な傾向についても同様だが)大気メタンの増大と一酸化炭素の大きな減少傾向がどのようにして生じているのかの解明が待たれる課題である。

4. 愛知県域の大気メタン濃度分布:年々変化

大気メタンと一酸化炭素濃度のそれぞれについて、1983~1995年の各観測点における年度毎の平均値を使って主成分分析を行う。ここで、各年度毎のバックグラウンド濃度の年々変化(Fig. 1)を考慮して、MIとMIIの2組のデータ(MI:観測点の年平均値をそのまま使用; MII:各観測点の年平均値から全観測点の平均値を差引いたデータ)について分析する。バックグラウンドの大気メタン濃度は年率で0.5%/year程度で単調に増加している。これに対して、一酸化炭素濃度の場合には、解析期間の前半(1983~1988年)にはほぼ一定かやや増加傾向にあったのが、1988年以後には、年率にして6%/yearと大きく減少している。

4.1 全期間平均濃度分布

ここでは、解析期間を2年度分追加したので、全期間を通して平均した大気メタン・一酸化炭素の濃度分布についてみる(Fig. 2)。大気メタンについては、既に示した岩嶋・村松(1996a, Fig. 8d)や岩嶋・村松(1997, Fig. 3)の1983-93年度平均濃度分布と比較してみると、全体的に殆ど差がない。名古屋市を含む愛知県北西部域と南西部域の2カ所が濃度極となっている。大気中一酸化炭素濃度の場合にも、2カ所の濃度極大域が認められるが、より都市域からの発生を示唆する分布状況である。

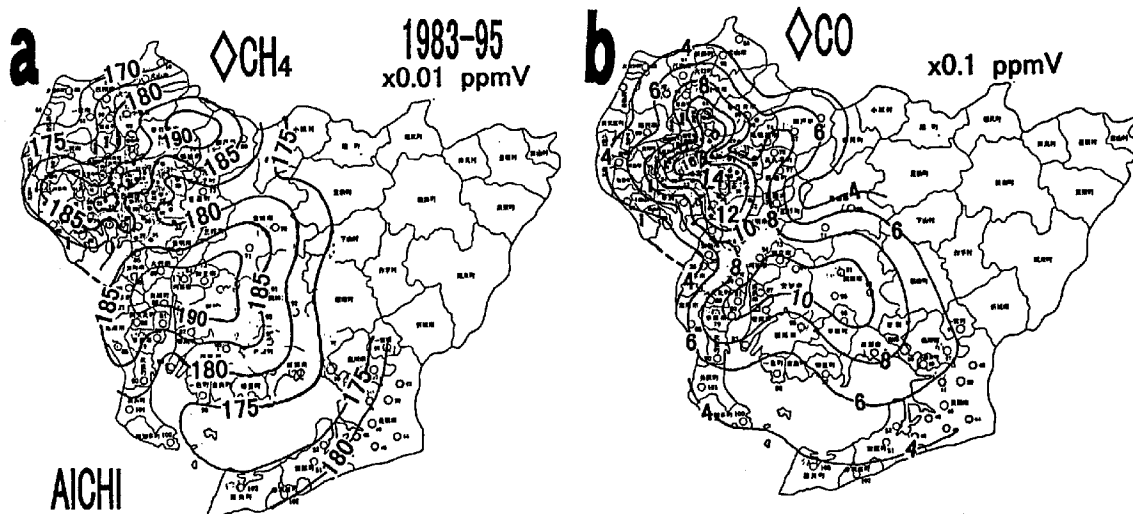


Fig.2 Concentration of atmospheric methane and carbon monoxide in Aichi-ken averaged during the years 1983-95:
a) methane; b) carbon monoxide.

4.2 濃度分布の年々変化

MI・MIIの2組の方法で求めた第1, 第2, 第3主成分の固有値と寄与率(Table 1)を比較してみると, それぞれ第1主成分の寄与がかなり大きいことが知られる。特に大気メタンの場合には, 上述の通り, バックグラウンドからの寄与を含んでおり, 寄与率が50%を越えている。一方, 一酸化炭素濃度の場合に

は, バックグラウンド濃度が低く, 従ってMIとMIIの分布にほとんど差がみられない。第1主成分の寄与率が圧倒的に大きく, MIでは75%, MIIでは55%を越えている。MIの場合には, 第2主成分と合わせると85%前後の寄与率であり, バックグラウンド値を除いた場合(MII)でも70%を越えている。

Table 1 Eigen vector and contribution rate in percent % of the 1st, 2nd and 3rd principal components of the year-to-year variation of the atmospheric methane and carbon monoxide data (MI and MII).

<CH4>	MI		MII	
	EV	Cont (%)	EV	Cont (%)
PC1	0.0765	57.4	0.0193	26.9
PC2	0.0155	11.7	0.0124	17.3
PC3	0.0122	9.2	0.0121	16.9

<CO>	MI		MII	
	EV	Cont (%)	EV	Cont (%)
PC1	0.544	77.5	0.184	56.9
PC2	0.047	6.7	0.043	13.5
PC3	0.035	4.9	0.029	9.0

大気メタン・一酸化炭素濃度のMIとMIIそれぞれの主成分のスコアおよび固有ベクトル(空間分布)の年々推移は, それぞれ Figs. 3, 4, Figs. 5, 6の通りである。

大気メタンの場合には, Fig. 1でみたようにバックグラウンド濃度が高く, 従って2つの解析方法(MI

とMII)による主成分ベクトル分布にも大きな差がみられる。一方, 一酸化炭素濃度のベクトル分布には, バックグラウンド濃度が低いので, 2つの解析結果に大きな差はみられない。そこでMII法による結果をみることにする。大気メタン濃度・一酸化炭素濃度分布には, ほぼ対応する箇所に極大・極小が

みられる。またスコア時系列の年々変動と合わせてみると、1989年以前と以後で大きな差がある。すなわち、全体に濃度が上がっているものの、以前には大きかった都市域と周辺域との大気メタン濃度の差が減少しているようである。MII法による大気メタンの第1主成分のスコア時系列(Fig. 4a)からみると、都市域の濃度が1988年以降増加していないよう

である。これに対応して一酸化炭素濃度の第1主成分(MI法による Fig. 3b が都市域の濃度を示している)にも1988年以降大きな減少がみられる。

大気メタンと一酸化炭素濃度の第2, 第3主成分の年々変動には、数年から十数年の時間スケールで増減がみられるが、濃度分布にはあまり明確な対応がみとめられない。

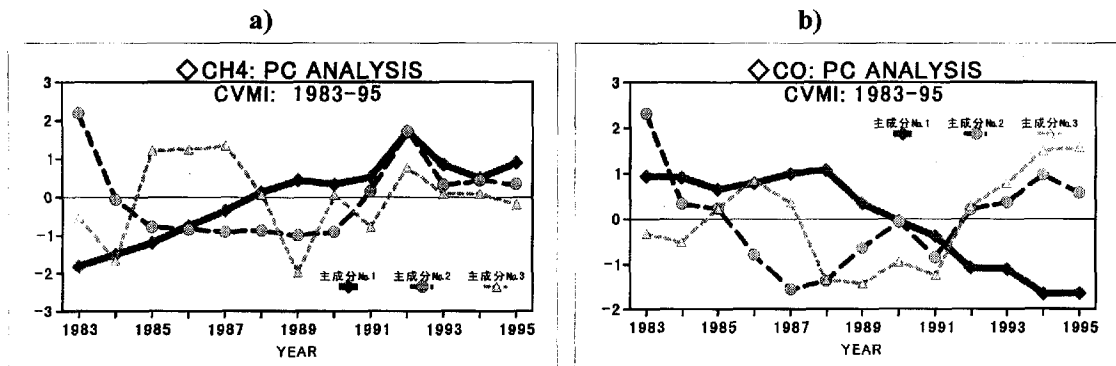


Fig.3 Year-to-year variation of the score of the 1st, 2nd and 3rd principal components of methane and carbon monoxide (DATA MI) : a) methane; b) carbon monoxide.

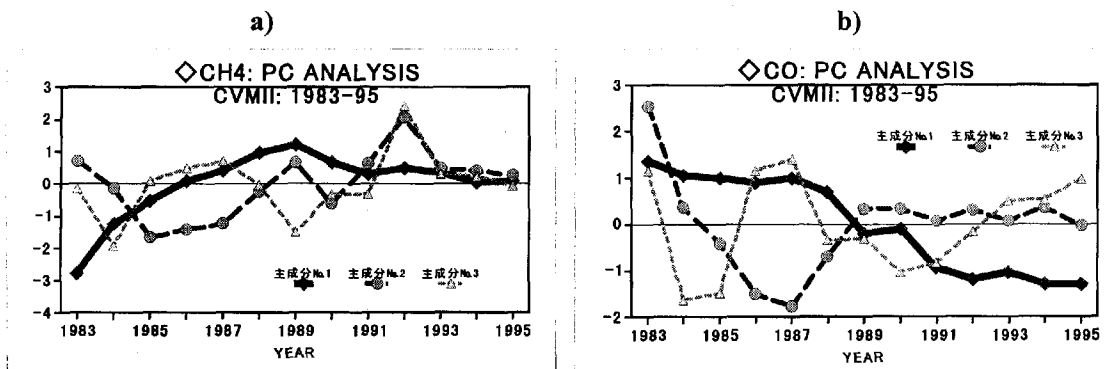


Fig.4 Year-to-year variation of the score of the 1st, 2nd and 3rd principal components of methane and carbon monoxide (DATA MII): a) methane; b) carbon monoxide.

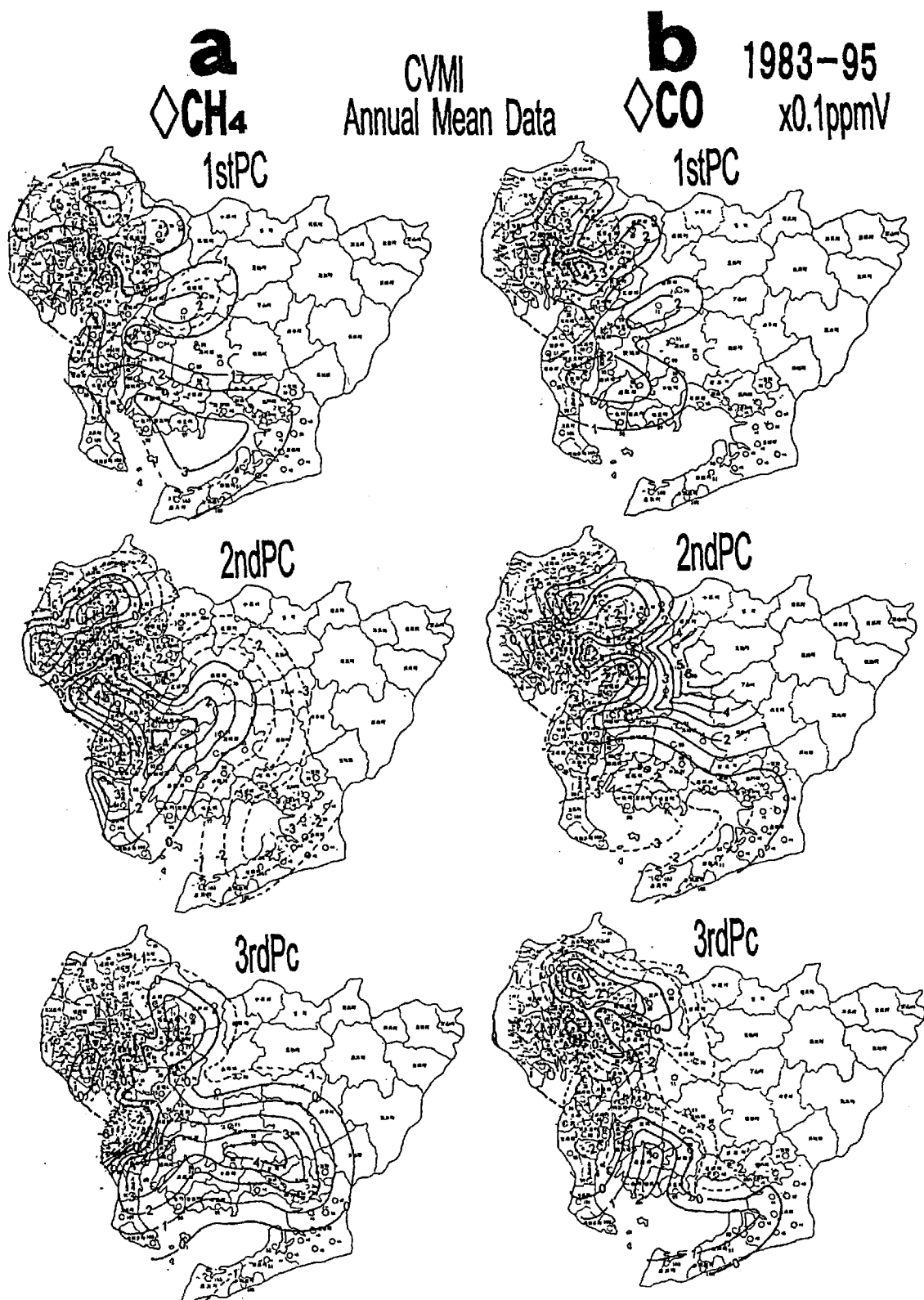


Fig.5 Principal component analysis of the year-to-year variation of the MI data during the years 1983-1995 ; spatial distribution drawn from eigen vector of the 1st, 2nd and 3rd principal components:
 a) methane; b) carbon monoxide.

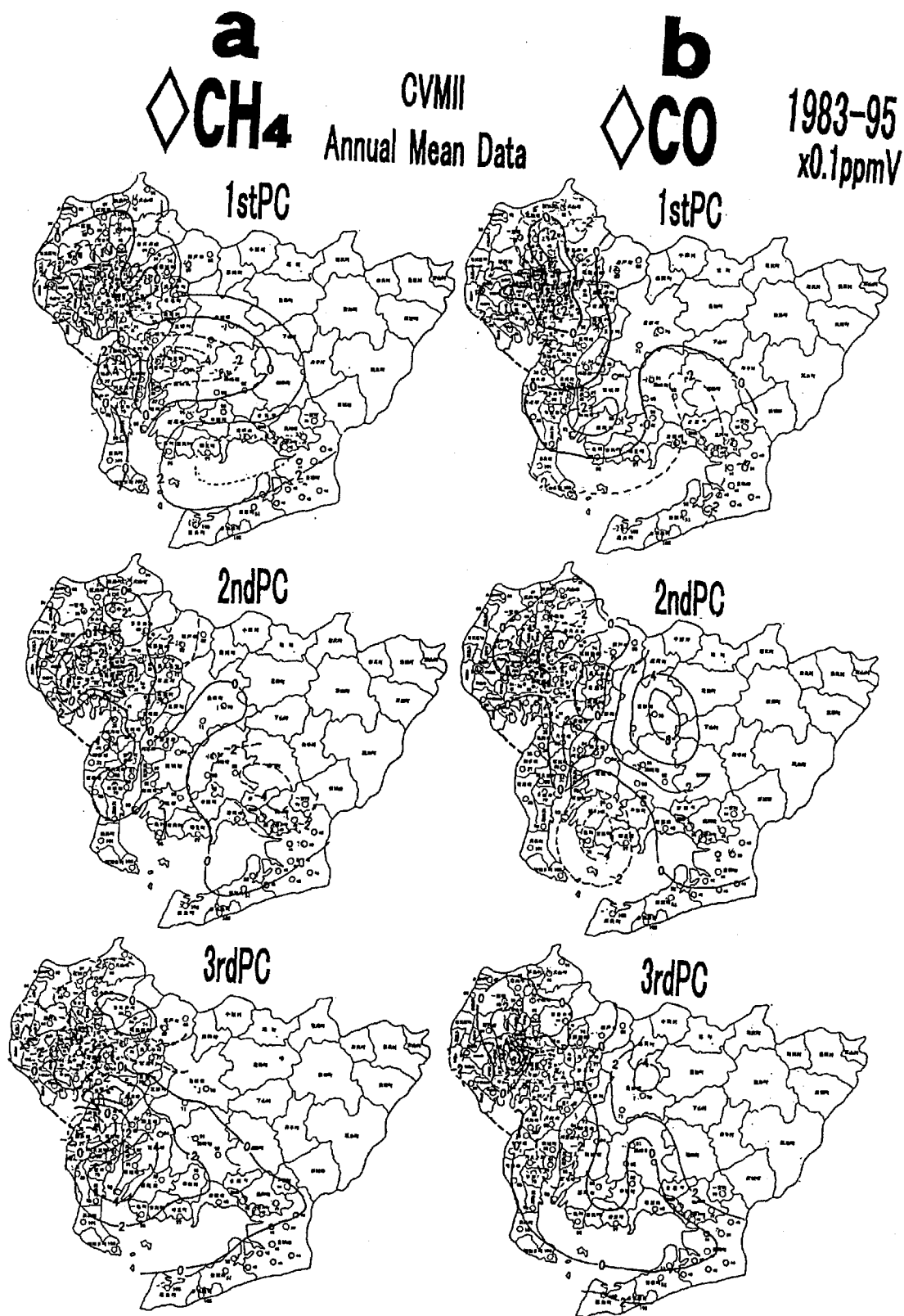


Fig.6 Principal component analysis of the year-to-year variation of the MII data during the years 1983-1995; spatial distribution drawn from eigen vector of the 1st, 2nd and 3rd principal components:

a) methane; b) carbon monoxide.

5.都市域周辺部における大気メタン濃度の観測

これまで周囲の観測値を主観解析して濃度分布図を描いてきた。そこで、推定した三河湾内における大気メタンの濃度がどの程度妥当なものであるのか確認するために、湾内のほぼ中央にある佐久島において空気採取を行って濃度分析した。また、三重大学生物資源学部の実習船(勢風丸)の観測航海に参加して、伊勢湾・三河湾において海上の空気採取を実施して湾内の濃度分布を調査した。

これらの観測は、いずれも9,10月の短期(2,3日)間のものであり、今後も観測を追加実施することによる確認が必要である。しかし、濃度そのものはともかくとして、濃度分布パターンについてはおよそ平均的な様子を示しているであろう。

5.1 佐久島における観測

1998年9月28-30日佐久島〔愛知県幡豆郡一色町大字佐久島〕において空気採取(1リットルのテドラーバッグを使用)して持ち帰り、研究室のガスクロマトグラフにより分析した。

まず9月28日(12:00~16:30)には、島内における濃度分布を知るために、10地点と島の湾内(大浦)中央付近(Fig.7)まで伸びた突堤・桟橋上で空気採取した。

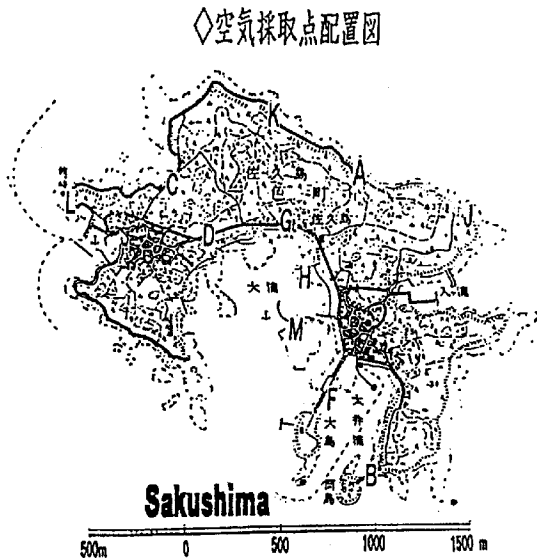


Fig.7 Location of air-sampling sites in Sakushima.

この時間帯において濃度(日)変化は大きくないものと仮定して描いた分布図が Fig.8である。島内では、濃度がおよそ0.1ppmV程海上より高いようにみえる。このような島内の濃度分布については興味ある結果であり、改めて確認の調査をする予定である。

島の南側にある大浦湾内の中央付近まで伸びた桟橋上の1点(M)を、三河湾の濃度をほぼ代表する箇所として選び、28日17時から30日12時まで1~2時間毎に、空気を容積1リットルのテドラーバッグに採取した。また比較のために、大島へつながっている突堤の中央付近(F)でも2時間毎に空気を採取した。

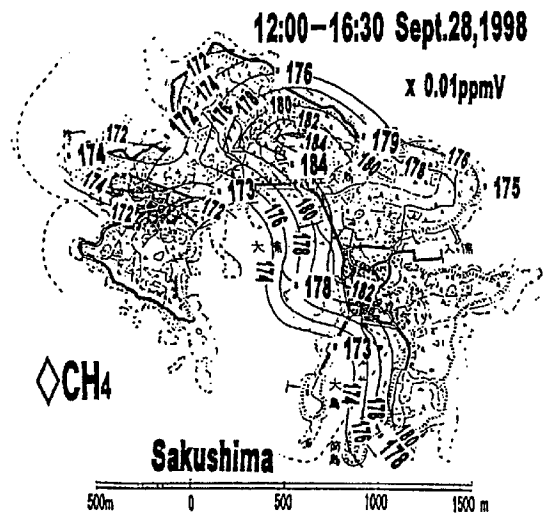


Fig.8 Distribution of atmospheric methane concentration during the time 12:00-16:30, Sept.28,1998 in Sakushima.

各観測点において、空気採取とともに気温・湿度・風速についても簡易測定した〔測器は、温度・湿度計(ティアンドデイ社製おんどりRH)と風速計(日本計量器工業株式会社製ウィンドメッセ)を使用した〕。時系列として大気メタン濃度(Fig.9)とともにFig.10に示す。29日から30日にかけては、九州西方に台風9号が接近中であり、風速がやや強くなっており、大気メタン濃度も28-29日より29-30日の方が0.5ppmV程度低くなっている。

これまでの各年度毎に平均した濃度分布図から佐久島付近の濃度を読みとったもの(Fig.11)と比べてみると、これまでの解析値もそれほど大きくずれておらず、妥当な値と推定される。

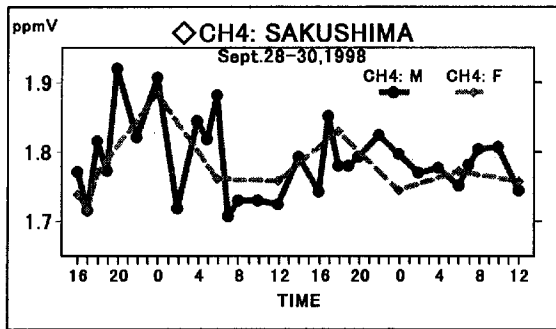


Fig.9 Variation of atmospheric methane during the time 12:00-16:30, Sept.28, 1998 in Sakushima.

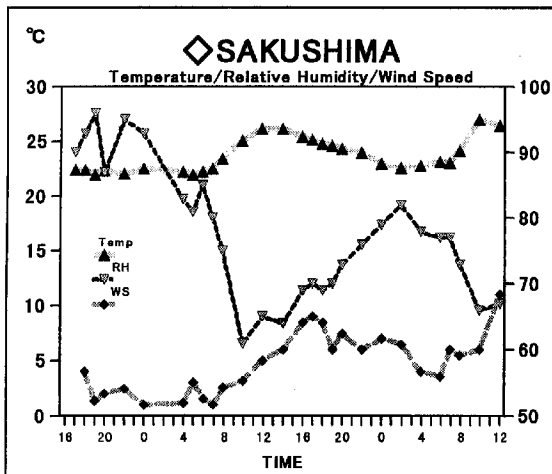


Fig.10 Variation of temperature, relative humidity and wind speed during the time 12:00-16:30, Sept.28, 1998 in Sakushima.

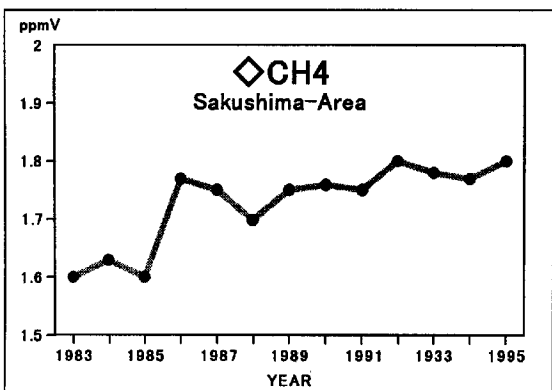


Fig.11 Variation of the concentration of atmospheric methane near Sakushima, read from the annual mean map during the year 1983-1995.

5.2 伊勢湾・三河湾における航海観測

都市とその周辺における大気メタン濃度を調査する際に、佐久島観測と同様に、愛知県南西部にある伊勢湾における調査は欠かせない。三重大学生物資源学部実習船(勢水丸)の1998年10月7日～10月9日の伊勢湾・三河湾航海観測に便乗して、空気採取を行い、ガスクロマトグラフで分析した。

昼間は航行し、夜間に停泊したが、分析結果をそのまま時系列で示すとFig. 12のようになる。

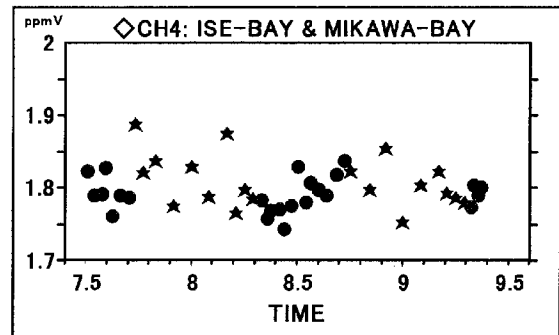


Fig.12 Variation of CH4 concentration during the time 12:00, Oct.7 - 9:00 Oct.9, 1998 during the Ise-Bay cruise.

昼間の航行時の採取点毎の濃度には時間変化が殆どないもの(あるいはあったとしても微小)と仮定して濃度分布図を作成した(Fig. 13) [ただし、ここでは陸域の大気汚染観測点などのデータを手に入れないので、海上の観測値のみで分布図を作成した]。

予想された通り、陸上で濃度が高く、海上で低い結果となっている。各図の解析時間帯に差があることに注意が必要だが、分布状況の比較は可能であろう。10月7日と8日の濃度分布パターンに、差が見られる：7日の分布図(a)には、知多半島から南西部方向へ高濃度域が張り出しており、伊勢湾南部に低濃度域がみられる。これに対して8日(b)には、低濃度域が、7日(b)よりも東方の、知多半島南部から三河湾にある。9日(c)は、午前中2時間ほどの短い航海によるものだが、伊勢湾西部の海側ほど低濃度であることが伺える

このように、湾内部に低濃度域が現れ、この低濃度域が日(時間帯)によって場所を移している。このような状況の出現は、陸上の都市域が海上より高濃度であること、および別途に観測された風向・風速の分布 [福山薫三重大学教授よりご提供頂いた航海中の風ベクトル分布図] から推論できる：この観測航海中の10月7日から8日午前中にかけて、日本列

島に沿って弱い低気圧が通過した。7日には、東寄りの北風が吹き、これに応じて愛知県都市部の高濃度域が海上まで張り出している。これに対して、8日の午前9時までは東よりの風、9時から正午前までに徐々に北から西寄りの風となり、午後3時以後は南寄りの風になった。このことから、8日には湾岸都市部の高濃度域からの張り出しは殆どみられ

ず、海上低濃度域が知多半島から三河湾方向に移ったものと推定される。

上記の天気状況はそれほど特殊な場合ではなかった。従って、Fig.13に示した伊勢湾・三河湾における濃度分布パターンが、平均的な状況から大きくずれているとは考えられない。今後、各季節を代表する天候状況での観測によって確認したい。

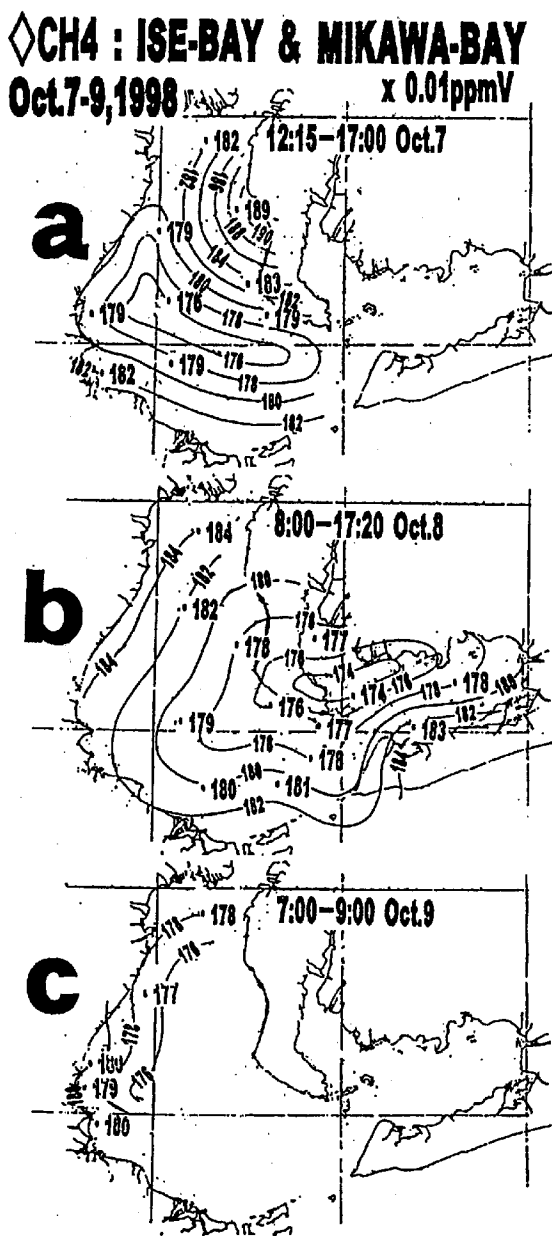


Fig.13 Distribution of atmospheric CH₄ concentration for the Ise-and Mikawa-Bay cruise during Oct.7-9,1998:
a) 12:00-17:00, Oct.7, b) 7:00-17:00, Oct.8, and
c) 7:00-9:00, Oct.9.

7. 結び

愛知県内における大気汚染関連の観測資料を主成分分析して、大気メタン・一酸化炭素濃度の年々変化において卓越する空間分布の特徴を示した。第1主成分は2,3の都市域が高濃度の分布パターンであり、1988年以降は上昇が止まっている。第2, 第3主成分からの寄与は小さいが、これも都市域とその周辺域の対比を示すもので、短い周期の年々変動を示している。

ここでは愛知県の陸域での観測データについて主成分分析を行ったが、バックグラウンドとの関係を精確に評価するには、より広い周辺域における観測が必要である。ここでは三河湾中央にある佐久島や伊勢湾・三河湾海上における予備的観測結果について述べた。いずれも今回の観測時には、ややくずれた天候であった。今後さらに別の季節についても調査する必要がある。渥美半島の外洋側(遠州灘)の実態についても調査することが必要であり、この観測についても計画中である。

謝辞

1983-95年度の大気メタン濃度・大気中一酸化炭素濃度などのデータを、名古屋市環境保全局公害総合監視センターおよび愛知県環境部からご提供頂いた。名古屋市公害総合監視センターの横山義輝氏、愛知県環境部大気保全課の横井歩氏・榎原弘樹氏には特にお世話になった。記して謝意を表したい。

磁気テープデータの処理には京都大学大型計算機センターを利用した(課題番号:L50458)。

伊勢湾・三河湾上における観測においては、三重大学生物資源学部練習船勢水丸に便乗させて頂き、空気試料採取のために種々の便宜を図って頂いた。お世話になった三重大学生物資源学部福山薫教授・Sanga-Ngoie Kazadi教授および石倉勇船長をはじめとする乗組員の方々に謝意を表したい。

参考文献

- 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(1997): 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(1997): 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.
- 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 Methane Concentration in Nagoya and Its Surrounding Region(V)

Tatsuya IWASHIMA, Hisafumi MURAMATSU* and Toru TERA0

* The Faculty of Science and Technology, Meijo University; Emeritus Professor of Kyoto University

Synopsis

Utilizing the hourly data for the years 1983-95 supplied from the Environmental Affairs Bureau of Nagoya-shi and the Department of Environment of Aichi-ken, we analyzed the spatial distribution and temporal variation of the atmospheric methane in Nagoya-shi and Aichi-ken. In the principal component analysis of methane and carbon monoxide we found several characteristics of the year-to-year change. Background concentration, which is defined by the averaged value of all observational sites, are discussed.

In order to confirm the result of the subjective analyses over the sea surrounded by the urban area, we made observations (air-sampling and gaschromatographic analysis) at Sakushima located in the middle of Mikawa Bay; and from the experimental cruise of the Seifumaru of the University of Mie we preliminarily examined the concentration of the atmospheric methane in the area of Ise- and Mikawa-Bay.

Keywords: urban atmospheric methane; methane spatial-distribution; year-to-year variation; principal component analysis; methane in Ise- and Mikawa-Bay