

都市とその周辺における大気メタン濃度分布

岩嶋樹也*・村松久史

*名古屋大学大学院人間情報学研究科

要 旨

大気メタンは全地球的に増加傾向にある。その発生源・発生量を含む実態については、まだ不明な点が多い。ここでは、人間活動の大きい都市域における大気メタンの実態を明らかにすることを目的としている。名古屋市内と周辺における大気汚染関連の1983-1993年度観測資料を基にして大気メタン濃度の空間的分布の日変化・季節(年)変化・長期変化傾向について解析した結果、および追加実施した観測結果などを示す。

キーワード: 都市大気メタン, メタン濃度分布, 日変化, 季節変化, 長期変化傾向, 鉛直分布

1. 序

温室効果気体の一つである大気メタンも全地球的に増加傾向にあり、その動向に関心が集まっている。この全地球的な濃度増加には、水田や家畜による寄与が大きいといわれているが、一方では、大阪や京都などの都市域における高濃度の影響についても指摘されている(村松, 1989; 村松, 1994)。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、市街地や周辺部の状況が上記の大阪・京都と異な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について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。

ここでは、これまでの解析結果(岩嶋・村松, 1996a, 1996b, 1997)と、その後我々が実施した補足的観測結果について示す。

2. 解析全期間の平均的特徴

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時間毎観測地を収納した1983-1993年(度)分の磁気テープ資料を使用した。比較検討のために、大気メタンに加えて、大気中一酸化炭素濃度や気象要素(温度・風速・風向)についての解析も行った。

2.1 期間平均分布

解析期間(1983-93)全体にわたる大気メタンと一

酸化炭素濃度の平均的分布は、Figs.1a,bに示す通りであった。また、期間中の推移を示すために3期間に

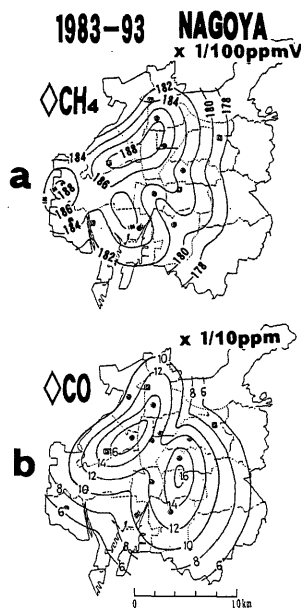


Fig.1 Spatial distribution of atmospheric methane and carbon monoxide in Nagoya averaged during the years 1983-93: a)methane; b)carbon monoxide.

分けた(Figs.2a,b,c)。これらの分布にみられる特徴は次のようにまとめられる：

- 1)メタン濃度極大域が3～4箇所みられ、解析期間始め頃には2カ所であった極大域が3～4カ所に増えた。
- 2)解析期間を通じてみられる市街地中央部のメタン極大域と近年になって明瞭になってきた極大域は、大気中一酸化炭素濃度の分布の二つの極大域とほぼ対応しているようである。一方、市南部から南西部の郊外に近いメタン極大域には対応する一酸化炭素濃度極大域はみられない。

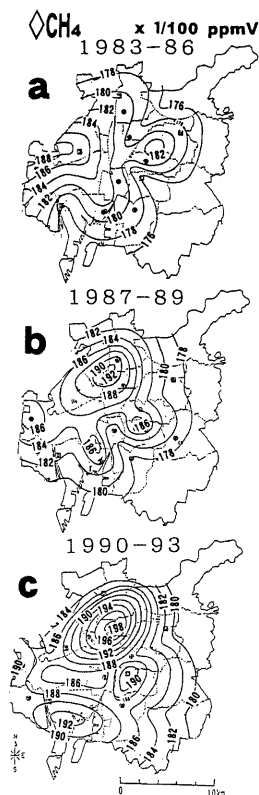


Fig.2 Atmospheric methane in Nagoya averaged for the three terms: a)1983-86; b)1987-89; c)1990-93.

次節で示す季節変化や該当域の地表面状態から判断して、上記の3～4カ所の大気メタン濃度極大は、市街地中央とその南東部の2カ所が都市特有の発生源によるものであり、市南部から南西部にかけての2カ所は水田その他の発生源によるものと推定される(岩嶋・村松, 1996a)。

愛知県全域についても同様な解析を進めているが、その平均的な分布図(Fig.3)からも、人間活動の大き

な地域における大気メタン濃度が高いことが知られる。

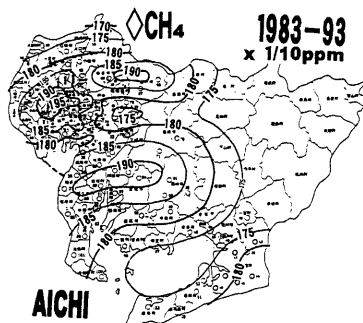


Fig.3 Atmospheric methane in Aichi-ken averaged during the years 1983-93.

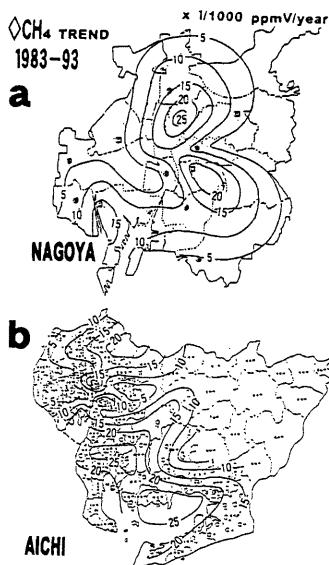


Fig.4 Long-term trend of atmospheric methane for the years 1983-93: a) Nagoya-shi; b) Aichi-ken.

また、ここで解析した全期間を通じての平均的増加率(Figs.4a,b)にも、人間活動が活発と思われる地域に顕著な濃度増大がみられる。現在、全地球的な平均の増加率が1%程度といわれているが、増加域ではこれよりやや大きい(～1.3%)ようである。

2.2 季節変化

全期間を通じての月平均分布(Fig.5)や季節平均分布(Fig.6)にみられる特徴は、以下の通りである。

1) 秋・冬・春あるいは、10月～5月の分布は、全年平均 (Fig.1a) に近く、3つの極大域が見られる。

2) 夏季あるいは6月～9月には、市南西部から郊外にかけての極大域が顕著である。

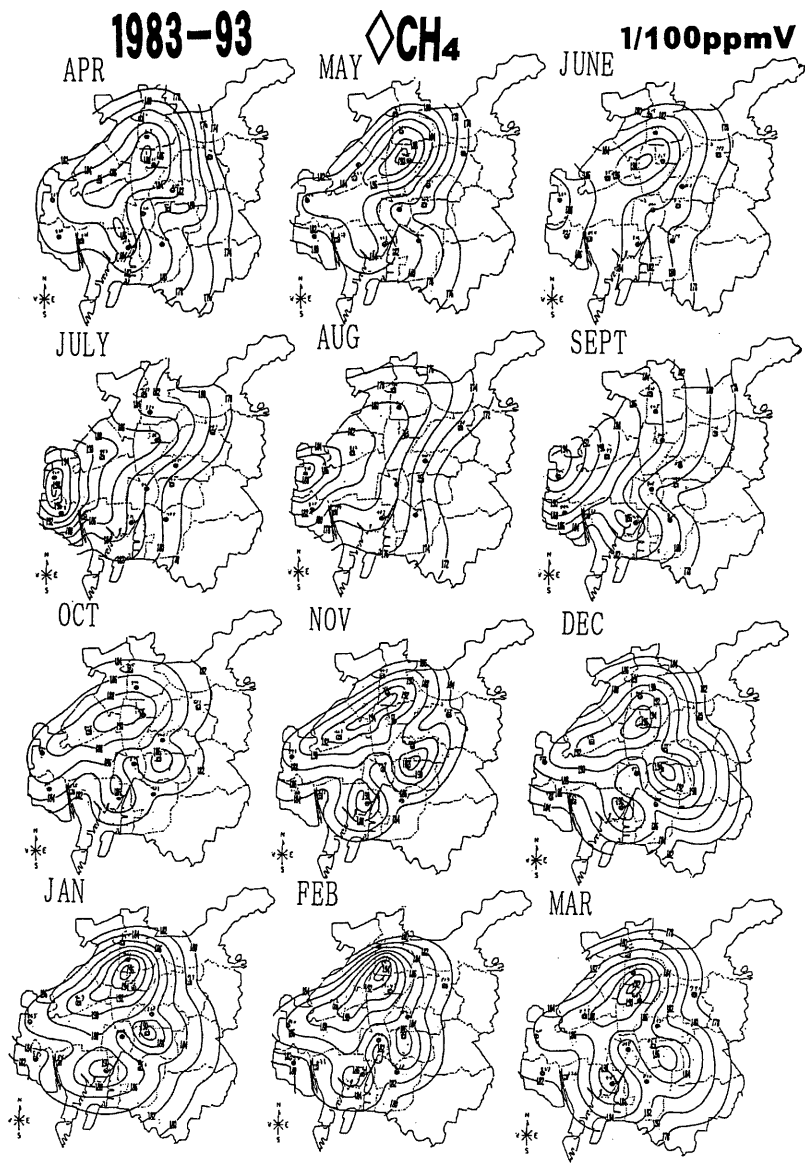


Fig.5 Spatial distribution of monthly mean atmospheric methane in Nagoya during the years 1983-93..

◇CH₄ 1983-93 x 1/100ppmV

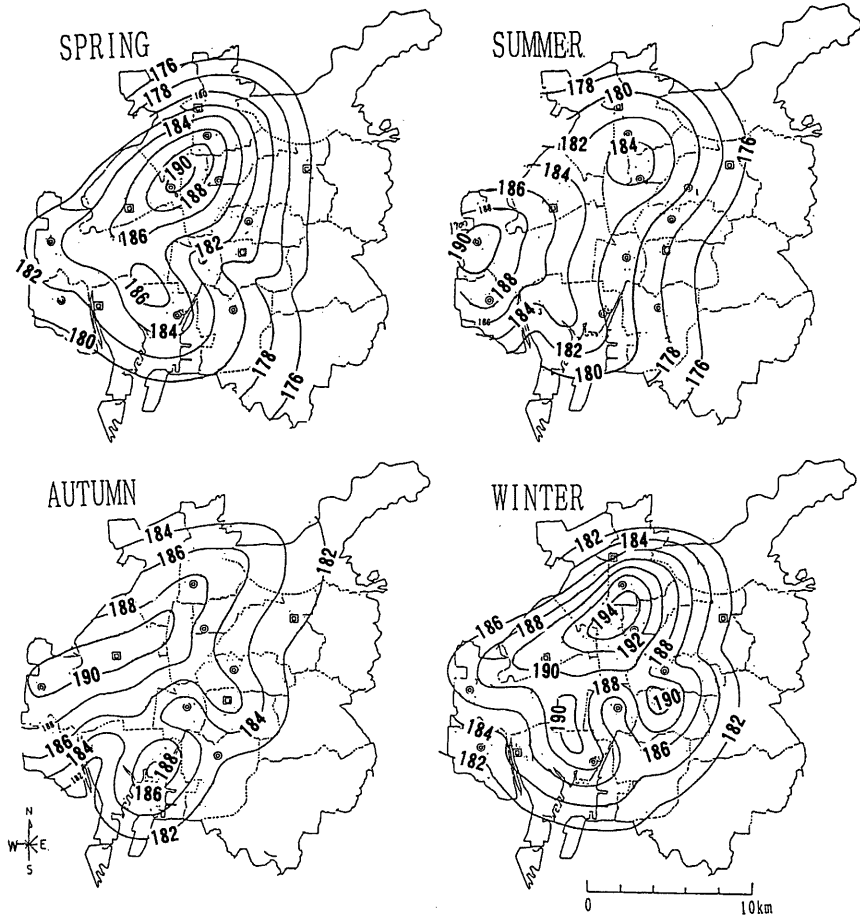


Fig.6 The same as Fig.5 except for seasonal mean.

解析期間を通じての年々の推移をみると(岩嶋・村松, 1996a, 1997), 市街地の濃度増加が著しく, 市内の3極大域がより明瞭になっている。特に夏季の市中心部には, 市西部とほぼ同程度の濃度極大域が現れている。

夏季の市西部にみられる極大には, 水田などからの寄与が大きいと推定される。また, 年々の推移(Figs. 2a, b, c; 岩嶋・村松, 1996a 参照)をみると, 全体に濃度が増加しているが, 近年, 南部の高濃度域が特に顕著になっており, 冬季においても極大域がみられる。ここでは, 周辺の状態からみて, 水田とは異なった発

生源が寄与しているものと考えられる。

2.3 日変化

大気中一酸化炭素濃度と併せて解析を行い, 比較参照しながら, 大気メタン濃度の平均的な日変化と季節による違いなどの特徴についてまとめる。

まず全期間の4つ(7-10;11-18;19-22;23- 6)の時間帯について平均した特徴は次の通りであった(Fig.4: , 岩嶋・村松, 1996b 参照)。

- 1) 場所によって変化の程度が異なったり, 年毎の差があるが, いずれも夜間(夜明前)に高く, 日中に

- 低くなる共通した特徴を持っている。
- 2) 夜間における濃度の空間分布は、全日平均分布にほぼ対応しており、同じく3～4カ所の極大域パターンを示している。昼間の分布では、市街地中心から南東部よりの極大域がみられない。これに対して、大気中一酸化炭素濃度の分布は、1日を通して、2つの極大域をほぼ同じ位置に持ち、朝夕の2つの時間帯(7-10;19-22)において高濃度になっており、夜間は低濃度である。
- 3) 6つの時間帯の大気メタン濃度分布からみた時の、

冬季における日変化(Fig.7a)においては、市街地中心部から南東部の第2極大域がやや不明瞭であり、夜半から明け方の高濃度時間帯でも閉じた極大域としてあらわれていない。

- 4) 冬季と比べて、夏季の夜間(Fig.7b)には濃度がやや高く、高濃度域が大きく広がっている。
- 5) 分布パターンは殆ど変わらないが、昼間は冬季の方がやや濃度が高い。ただ、全期間の季節平均でみたときの夜間には、市西部郊外の濃度が高くなり、冬季とは異なった分布を示している。

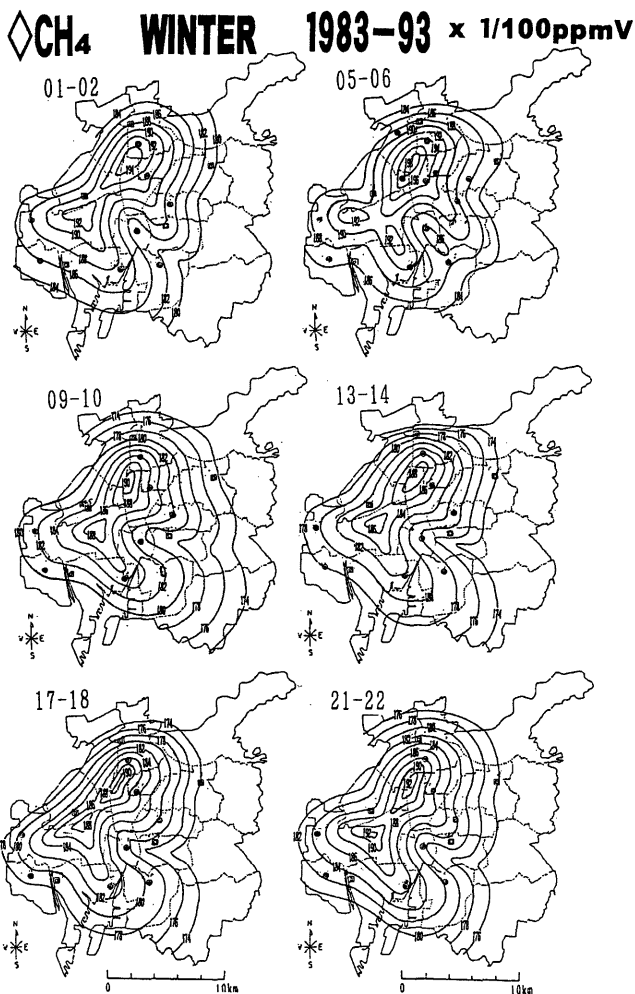


Fig.7a Diurnal variation of the spatial distribution of atmospheric methane in winter averaged for the years 1983-93.

◇CH₄ SUMMER 1983-93 × 1/100ppmV

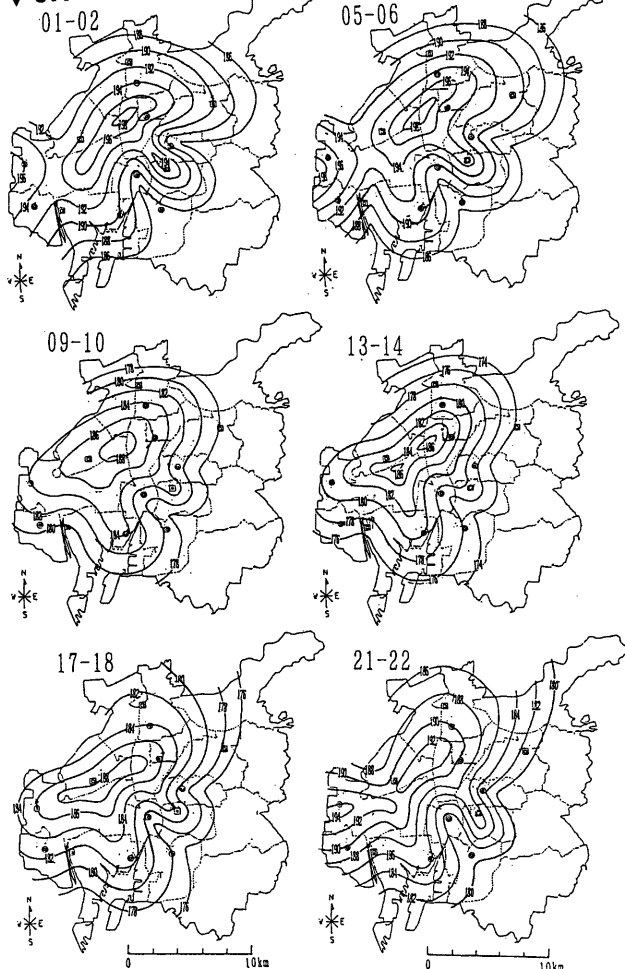


Fig.7b The same as Fig.7a except for summer.

1日の最高・最低濃度となる時間帯(5:00-6:00と13:00-14:00)についての長期的推移を冬季・夏季それぞれ3期に分けてみると(Figs.8a,b),

6)市街地の濃度増大にともなう、近年では夏季の分布パターンも、1日を通じて冬季と類似のものになっている。

7)秋季・冬季が類似の分布パターンになってきている。

8)春季の夜明け前の時間帯には、市西部郊外に濃度極大域が現れるパターンになっている。すなわち、上記のように市街地の濃度が高くなってきて、殆

ど郊外近くの(おそらく水田などからの)影響が殆ど特定の時期・時間帯以外には目立たなくなっているのであろう(愛知県全体でみたときの解析3期間の平均図においても、名古屋市西方にあった濃度極大域が市の西郊外辺りから市中へと移っていることが知られる。

上記のような濃度分布の時間帯・季節による差異には、気象条件が大きく影響しているものと推測される。すなわち、特徴的な空間分布やその日変化には、自動車や水田などのメタン発生源の空間分布や発生量の時

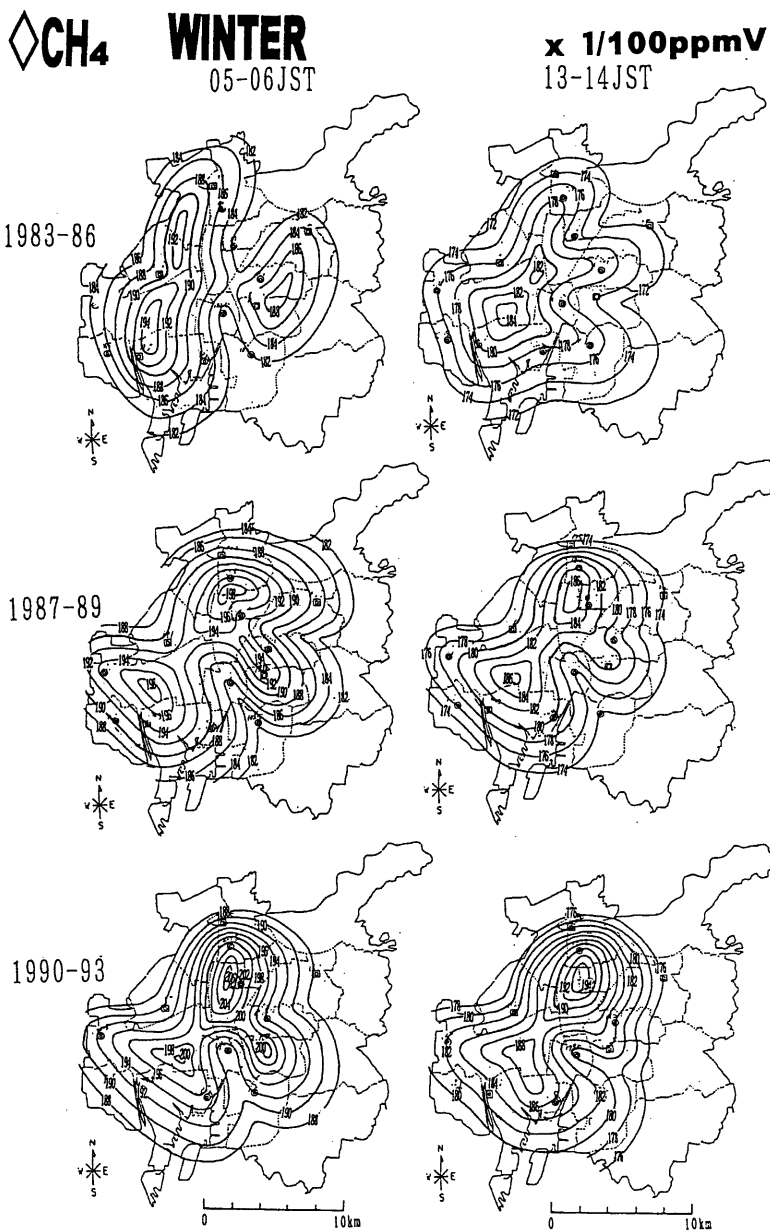


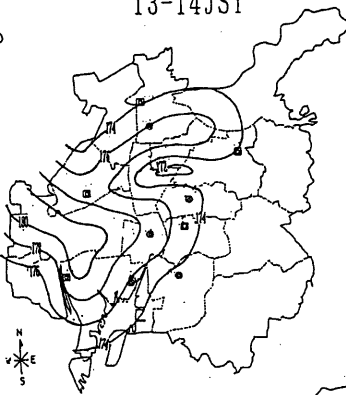
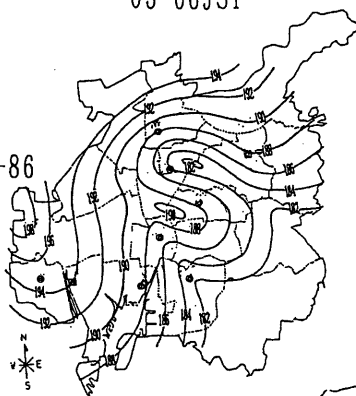
Fig.8a Atmospheric methane in Nagoya for the three terms 1983-86, 1986-89 and 1990-93 at both hours 5:00-6:00 and 13:00-14:00 JST in winter.

◇CH₄

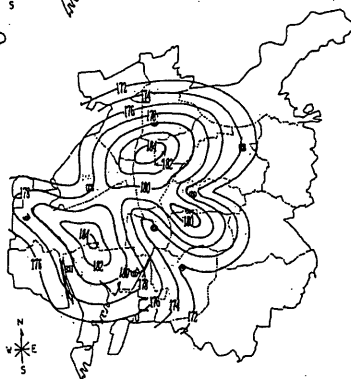
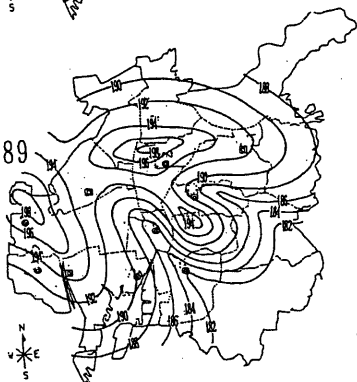
SUMMER
05-06JST

x 1/100 ppmV
13-14JST

1983-86



1987-89



1990-93

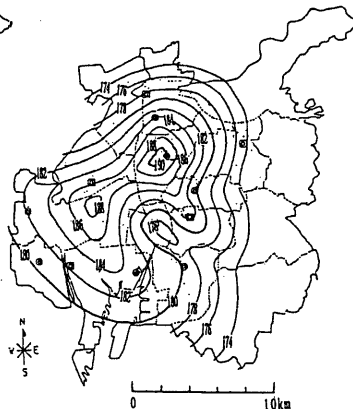
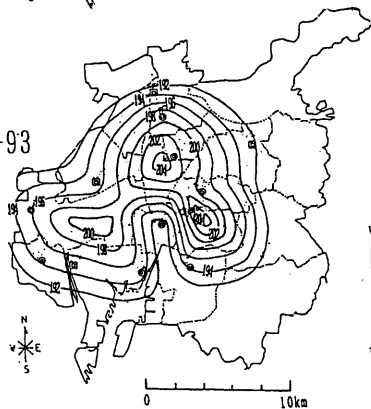


Fig.8b Atmospheric methane in Nagoya for the three terms 1983-86, 1986-89 and 1990-93 at both hours 5:00-6:00 and 13:00-14:00 JST in summer.

間変化に加えて、発生後の境界層（混合層）中における拡散過程が大きく影響しているであろう。気象観測とともに3次元の濃度分布についての詳細な実体を明らかにすることが不可欠である。

3. 大気メタン濃度極大域近傍における観測

これまでの解析で名古屋市内に平均的に3~4の濃度極大域の存在が示唆された。また、観測点の殆どない市東北部にも、より密な観測点が展開されている大気汚染物質(SO_2 , NO_2 , NO)の解析から、大気メタン高濃度域の存在が推定された(岩嶋・村松, 1996b)。これは既存の大気汚染関連の観測点が周辺濃度を代表しているとの想定のもとに解析されたものである。そこで、解析から示唆された3つの極大域近傍(市中心部、市南部、市東北部)でよりきめ細かな間隔で空気試料の採取を行い、それを分析することとした。

1996年11月26日の3つの時間帯(8:00-9:00; 13:00-14:00; 19:00-20:00)に、Fig.9中に●で示した箇所を試料採取を行って濃度を測定した。Figure 10は、名古屋市の大気汚染観測データを併せて解析したものである。いずれも平均図とほぼ同様な極大域がみられる。

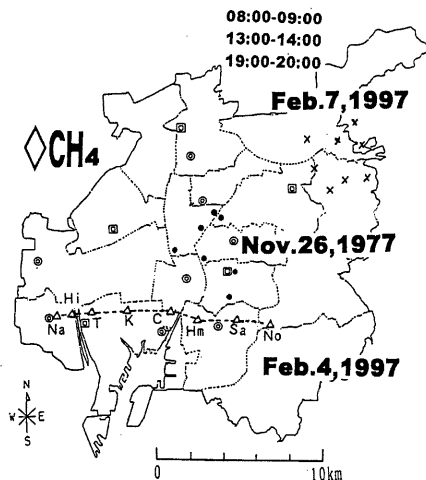


Fig.9 Locations of air sampling in Nagoya: ● for Nov. 26, 1996; △ for Feb. 4, 1997; and x for Feb. 7, 1997.

市中心部の風速についてみると午前から午後にかけては、平均して2~3m/sの風速であったが、正午をすぎからは2m/s以下に弱まった。13時と19時には風速が1m/s以下になり、市街地中心部では高濃度になった、特に日没後は混合層高度も低下して、19時には濃度が極めて高くなった(Figs.10a,b,c)。観測が1例で、極めて限られたものではあるが、ごく普通の気候状態であったことからある程度は平均的(代表的)なものと考え

てもよさそうである。

◇CH₄
Nov.26,1996 x1/100ppmV

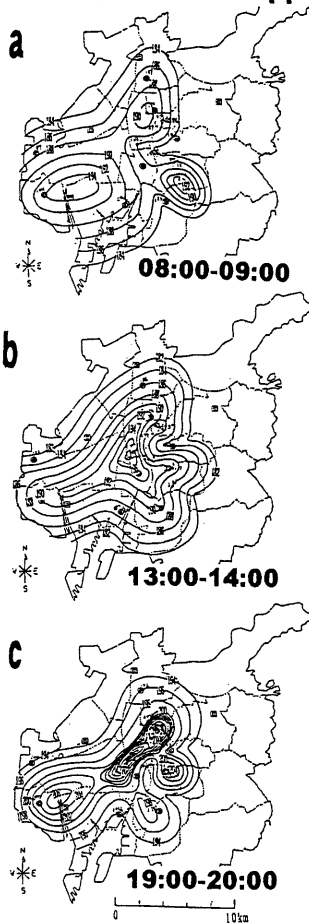


Fig.10 Spatial distribution of methane in Nagoya on Nov. 26: a)8:00; b)13:00; c)19:00.

次に、1997年2月4日の3つの時間帯(8:00-9:00; 13:00-14:00; 19:00-20:00)に、市南部から西方にかけての濃度分布について確認するためにほぼ東西方向に沿ってFig.9中に△で示される8箇所を試料採取を行った。時間帯にもよるが、中央の観測点の濃度が低くなっており、極大域が両側に存在していると考えてよさそうである(Fig.11)。

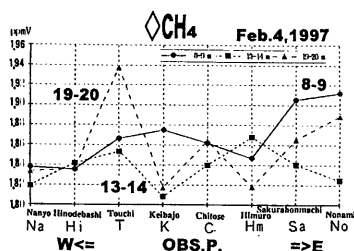


Fig.11 Atmospheric methane observed at eight locations denoted by the symbol Δ in Fig.9 in the southern part of Nagoya on Feb.4, 1997.

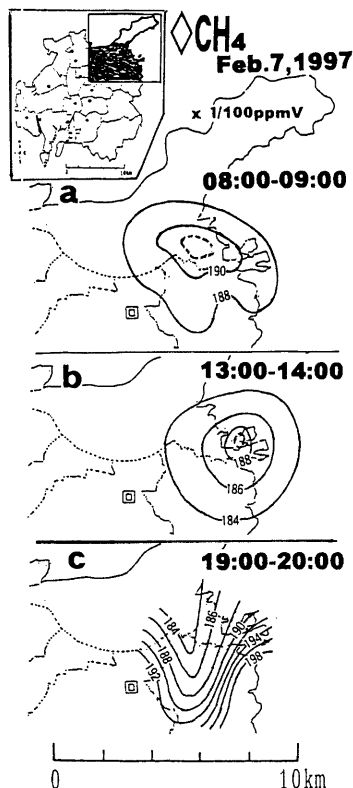


Fig.12 Spatial distribution of atmospheric methane in the northeastern part of Nagoya on Feb.7,1997.

また、大気メタンについては観測点が殆どない名古屋市東部から北東部にかけては、他の大気汚染大気質 (SO_2 , NO , NO_2) データを解析した結果から、大気メタンの高濃度域の存在を推定していた(岩嶋・村

松,1997)。この点についても、Fig.9中に記号Xで示した8カ所で、1997年2月7日の3つの時間帯(8:00-9:00;13:00-14:00;19:00-20:00)に試料を採取して解析した(Fig.12)。この日の夜間は殆ど無風状態であり、昼間とは様子が異なっているが、ほぼ推定していたように濃度極大域が存在しているようである。

4. 市街地における自動車からの大気メタン発生量

市街地に大気メタン濃度の極大域があり、これに寄与する発生源の一つとして自動車が推定されてきた。このような移動発生源からの流量を精確に直接測定することが望まれている。市街地で大がかりな観測を展開することが困難な状況であり、ここではこれまでに調査された資料を利用して、自動車からのおおよその発生量の算定を試みた。次段階では、よりきめ細かな排出モデルを設定して、排出量の空間分布を推定することが望まれる。

村松・岸(1995)によれば、さまざまな大きさの自動車からの平均的な排気量は1台当たり約4.7ml/分である。また、名古屋市交通調査などの統計結果を参照すると、場所によりばらつきがあるが、市街地中心部で通過台数が半日で約4,000台で、平均走行速度は時速20km程度である。市街地中心部の東西南北に2km x 2kmの区画を採って、東西に10本南北に10本の道路を想定してみると道路の全長が40kmとなる。このデータから、通過時間が約2時間、通過台数が1秒当たり1台となり、区画内の滞留台数にすると7200台/秒である。上記の1台当たりの排気量を用いて、この区画単位面積の1年当たりのフラックス量を見積もると、 $3.2 \text{ (g/m}^2\text{/year) [= 4.7 (ml/min/car) / 60 (sec) x 31,536,000 (sec/year) x 7,200 (cars) x 16.04 (g) / 22.4 (l) / (2 km x 2 km)]$ になる。この数値は車が時速20kmで走行している場合であり、渋滞時には時速10 km以下にまで落ちるので、下限に近い値とみられる。また、車からの排気量として用いた数値は、西大津バイパスのトンネル内において平均時速60kmで順調に走行している場合の推定量である。走行速度が落ちると排気量が増えることを考慮すると、上記で得た数値より1桁大きい量であろう。従って、下限の見積りとしても草地・耕地などからのメタンフラックス(4.1~4.6g/m²/year)程度であり、実際には、水田からの量(55g/m²/year)に近いものと推定される(Sheppard et al.,1982)。全国的に都市化が進んでいることを考えると、都市域における濃度分布の実態や発生量のより精細な調査がますます重要になっている。

5. 名古屋テレビ塔における鉛直分布の観測

村松(1994)の大阪における観測結果が示しているように、地表近くの濃度分布だけでなく、高度分布についても観測することが重要である。しかしながら、3次元的な観測網の全面的な展開は容易ではない。そこで、遠山(1997)は、地表面近くの水平分布での濃度極大域内にある名古屋テレビ塔を利用して、大気メタン

の高度分布について調査した。ただし、ここでも分析機器や名古屋テレビ塔(株)の営業時間の制約から、観測は夏季から秋季にかけての延べ15日の時間帯 10:00~20:00(夏季は22:00まで)に限定された。

地上から展望台までの4高度(0,40,60,100m)で採取した空気試料を研究室に持ち帰りガスクロマトグラフで分析した。結果をまとめて時間・高度断面図にしたものがFig.13である。さらに、大気メタンの高度分

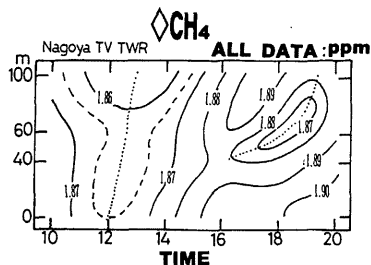


Fig.13 Vertical-time section of atmospheric methane observed at four levels (0, 40, 60 and 100m above surface) of Nagoya TV tower: Mean values of all observations on 15 days during Aug.9 to Nov.26,1997.

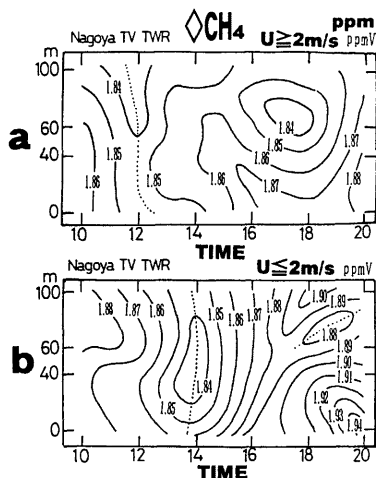


Fig.14 The same as Fig.13 except for average of the days with strong and weak diurnal mean wind at the 75m height above surface of the TV tower: a) Strong wind (>2m/sec); b) Weak wind (<2m/sec).

布は風の場合(鉛直構造)と密接な関連が予想されるので、名古屋テレビ塔における日平均風速(75m高度の風速が2m/secを越えるか否か)を指標にして、強い弱いに分けて比較を試みた(Figs.14a, b)。ここで明らかになった特徴は、

- 1) いずれも日中に最低濃度となり、
- 2) 日没後、地表近くの濃度が時間とともに高くなる。
- 3) 日没時の 50~100m高度に濃度極小層が出現している。
- 4) 風の強い時には、弱い時に比べて、濃度の日変化幅が小さく、全時間帯で濃度が低く。日中と日没直後の 50~100m層に濃度極小が出現するが、弱風時よりもおよそ2時間早く現れる。
- 5) 弱風時には濃度日変化が大きく、日没後の地表近くはかなり高濃度になっている。上層の極小層の厚さはやや薄い。

上記の特徴は混合層の日変化と密接な関連が予想されるので、風速と気温の高度・日変化を同時に考慮して検討すべきである。しかしテレビ塔での風向・風速観測高度が地上 75mと139mに限られているので、気温分布による静的気安定度(温度鉛直傾度)の高度・時間分布図(Figs.15a, b, c)をみることにする。日中は殆ど不安定であり、特に50~100m層の不安定度が高い。平均的には地表で気温が最高になる14時前後の6時間が高い。日平均風速が大きい日には、正午以前に地表近くから上層まで不安定度が高くなり、40~100m層は日没後まで不安定度が高い。平均風速が小さい日には、地表面から上層まで広い範囲にわたって不安定である。14時以降の地表近くを除くと、静的気安定度の差はないようにみえる。しかし、上記のように、大気メタン濃度の日変化には、日没前後の50~100m層に濃度の極小がみられ、特に平均風が強いときにはより顕著である。

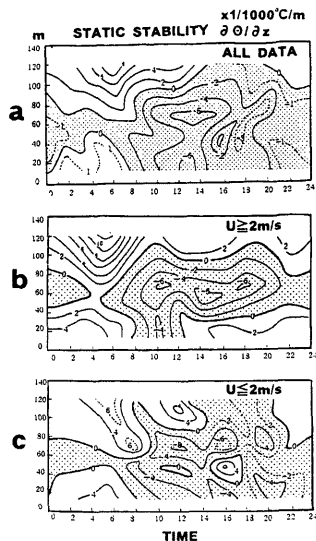


Fig.15 Vertical-time section of static stability (i.e. vertical gradient of potential temperature) during the days observed: a) All 15 days; b) 5 days with strong mean wind; c) 4 days with weak mean wind.

6. 結び

名古屋市内および愛知県における大気汚染関連の観測資料を解析して、大気メタン濃度の特徴的な空間分布を示した。この濃度空間分布の年(季節)変化・日変化・経年変化について述べた。これまでの解析で示した、あるいは推定していた濃度極大域の存在を補足的観測で確認した。最後に、市内で最も顕著な濃度極大域内にある名古屋テレビ塔を利用して、地表から高度100mまでの大気メタン濃度分布について、予備的観測を行い、興味ある日変化を得た。

これまでは主として地表面近くの状態について解析を行ってきた。都市域を含めた広い領域における3次元の濃度分布の実態と生成機構を明らかにすることが必要であり、そのためには、風・気温などの気象状態も合わせた総合的観測の実施が今後の大きな課題である。

謝辞

本研究の一部は、平成8年度文部省科学研究費補助金・基盤研究(B)(2)都市大気メタンに関する研究(課題番号08458145:代表・岩嶋樹也・名古屋大学大学院人間情報学研究科)の援助により実施した。1983-93年度の大気メタン・大気中一酸化炭素・気象観測などのデータは、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。名古屋テレビ塔および市内の追加観測における空気試料の採取やガスクロマトグラフ分析には、遠山哲也君の協力を得た。記して謝意を表したい。

参考文献

- 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.
- 遠山哲也(1997): 都市における大気メタン濃度分布に関する研究, 名古屋大学大学院人間情報学研究科物質・生命情報学専攻修士論文, 24pp+図表.
- 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.
- 村松久史・岸幹郎(1995): 都市からのメタンの発生—その4, —自動車からの発生率—, 日本気象学会1995年度春季大会予稿集, p.226.
- Sheppard,J.C., Westberg,H., Hopper,J.F., Ganesan,K., and Zimmerman,P.(1982): Inventory of global methane sources and their production rates, J.Geophys.Res., Vol.87, pp.1305-1312.

Spatial Distribution of Atmospheric Methane Concentration in Nagoya and Its Surrounding Region

Tatsuya IWASHIMA* and Hisafumi MURAMATSU

*Graduate School of Human Informatics, Nagoya University

Synopsis

Utilizing the hourly data for the years 1983-93 supplied from the Environmental Affairs Bureau of Nagoya-shi and the Department of Environment of Aichi-ken, we analyzed the spatial distribution of the atmospheric methane in Nagoya and its surrounding region. In the spatial distribution of methane concentration we found a characteristic pattern with several maxima, and examined the diurnal, seasonal(or annual) variations and long-term trend. Within the area of the maximum concentration we made supplemental observations and an estimation of methane flux from the automobiles.

Keywords: urban atmospheric methane; methane spatial-distribution; diurnal variation; seasonal variation; long-term trend; vertical distribution