

東京上空における地球温暖化物質の汚染実態調査

早 福 正 孝 杉 山 孝 一 岩 崎 好 陽

要 旨

ヘリコプターを用いて、東京上空の地球温暖化物質、 CH_4 、 N_2O 、 CO_2 、 CO 、フロン₁₂の汚染実態調査を実施した。各成分の濃度の変動係数からみると、変動係数が約1%の N_2O が最も低く、次いで CO_2 、 CH_4 、 CO の順になる。各成分濃度の年増加率が高い成分ほど大気中の濃度変動が大きい。温暖化物質の2000mまでの高度別プロファイルを見ると、 CH_4 、 N_2O 、 CO_2 は大きな濃度差はないが、 CO は上空ほど急激な濃度の低下を示し、フロン₁₂は上空で特異な濃度の上昇を示した。清掃工場上空の大気測定から、工場によって排出成分とその濃度に違いがある結果が得られた。

Field Study of Global Warming Substances over Tokyo

Masataka Soufuku, Kouichi Sugiyama and Yoshiharu Iwasaki

Summary

A study of global warming substances such as CH_4 , N_2O , CO_2 , CO , and fluorocarbons was carried out over Tokyo by using helicopter. Coefficient of variance for N_2O is the shortest, being about 1%, and followed by CO_2 , CH_4 and CO . The higher the increasing ratio of each substances, the bigger the variance of concentration in the atmosphere.

As for CH_4 , N_2O , CO_2 , there was not much difference in high concentrations, but CO_2 concentration decreased suddenly, and fluorocarbon-12 increased in a peculiar phenomena in the upper atmosphere, with altitude profile up to 2000 m on global warming substances. From the atmospheric measurements of waste incineration plants over the sky, it was found out that different exhaust components exist in different concentrations depending on the type of factory.

1 はじめに

地球環境問題の中でも地球温暖化物質の増加は、地球の温暖化とオゾン層の破壊という面から重要な因子となっている。地球温暖化物質の中でも二酸化炭素(CO_2)は、最近のハワイのマウナロアの測定結果¹⁾では、増加率がごくわずかではあるが鈍化してきた傾向がみられる。しかし、東京のような大都市においては、バックグラウンド濃度の増加率0.4%を上回る濃度の上昇を示している。²⁾

本報告は、このような温暖化物質の上空の汚染実態を

把握するために、ヘリコプターを利用して上空大気を調査した結果をまとめたものである。

2 調査方法

(1) 調査期間

1994年7月4日～7月8日(以下、夏季とする。)

1995年3月6、8、9、13日(以下、冬季とする。)

(2) 調査区域

対象地域は原則として都内(区市町村と島しょ)上空であるが、関連した隣接県(神奈川県、埼玉県)の一部

上空が含まれている。

(3) 調査高度

高度は、原則として 500mであるが、調査内容によって随時変更した。

(4) 搭乗機

警視庁航空隊所有の中型ヘリコプターに機材類を搭載して調査を行った。

(5) 調査方法

ヘリコプターの窓にテフロンパイプを出し、乾電池式小型ハンデーパーンプで、大気を約10ℓ/minの速度で吸引して、ポリエステルバッグに採取した。採取したバッグは、黒袋で遮光して運搬し分析に供した。バッグからの分析項目はCO₂、メタン(CH₄)、亜酸化窒素(N₂O)、一酸化炭素(CO)である。調査期間中採取回数は少ないが、ステンレス容器でフロンガスの採取も併せて行った。

(6) 分析方法

各成分ともガスクロマトグラフにより分析した。ただし、冬季のCO₂は非分散型赤外分析計(Shimadzu製)で分析した。ガスクロマトグラフの分析条件は表1に示す。CO₂とCOは、Ni触媒を用いて水素還元して、CH₄として水素炎イオン化検出器(FID)で分析した。フロンの分析方法は既報⁵⁾のとおりである。

表1 分析条件

対象成分	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO
検出器	FID	FID	ECD(Ni ⁶³)	FID
分析試料量(ml)	3	3	2	3
カラム温度(°C)	150	50	180	50
検出器温度(°C)	—	—	340	—
カラム	ステンレス 3mm×2m	ガラス 3mm×2m	ガラス 3mm×2m	ステンレス 3mm×2m
充填剤	Ui beads C	活性炭	MS-13X	Ui beads C
メッシュ	60/80	80/100	60/80	60/80
キャリアーガス	N ₂	N ₂	CH ₄ /Ar	N ₂
流速(ml/min)	100	50	100	50
燃焼ガス(kg/cm ²)	H ₂ =0.3	H ₂ =0.5	—	H ₂ =0.3
還元ガス(kg/cm ²)	H ₂ =1.3	—	—	H ₂ =1.3
助燃空気(kg/cm ²)	0.5	0.5	—	0.5
Ni触媒	使用	—	—	使用
還元温度(°C)	350	—	—	350

(7) 校正方法

校正は、高圧ガスボンベに充填した各々の標準ガスを用いて行った。

(8) 分析精度

各成分のガスクロマトグラフによる10回の繰り返し分析による変動係数は、CH₄=0.84、N₂O=0.50、CO₂=0.38、CO=1.40%で、COがやや高い結果になっている。

3 結果と考察

(1) 各成分の濃度と濃度変動

調査期間中のうち、都内(島、海洋部除く)の各成分の平均濃度、最高濃度及び変動係数を表2に示す。N₂OとCO₂の平均値は夏季、冬季ともに大きな差はないが、COとCH₄は差がみられる。夏季の調査期間中は概して弱い南系の風であったのに対して、冬季はやや強い北風であった。東京のCH₄の主発生源は埋立地であるため、南風により湾岸から移流してくるCH₄により高濃度になりやすい。これは結果として地上だけではなく、上空をも汚染することになる。一方COは、東京に

表2 調査結果

1994年度夏季

	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CO
	ppm	ppb	ppm	ppm
平均値	2.08	302	384	0.67
最高値	3.67	311	467	2.10
変動係数(%)	11.38	1.52	4.02	61.72

1994年度冬季

	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CO
	ppm	ppb	ppm	ppm
平均値	1.80	309	393	0.30
最高値	2.07	317	432	0.67
変動係数(%)	22.28	1.19	2.61	42.56

おける主発生源の8割が運輸関係³⁾であるため、網目状の都内の道路から発生するCOは、風向よりも風速の影響を受け、風速が弱くなると濃度が上昇する。以上のように、南の弱風が夏季のCH₄とCOの濃度を冬季よりも上昇させたものと考えられる。

4成分中N₂Oの変動係数が最も低く約1%、次いでCO₂、CH₄、COという順になっている。大気中の濃度変動が成分によって差が出るのは次の様なことが考えられる。平均的な地球規模の各成分の増加率は⁴⁾N₂O 0.25、CO₂ 0.4、CH₄ 0.8%/年である。COは観測地点が少なく、地球規模の長期間の継続的なデータがあまり得られていないため詳細な点は不明であるが、1%/年の濃度増加であったのが1990年を境にして濃度が減少傾向を示しているとされている⁴⁾。これらの変動係数と年増加率との関係をみたのが図1である。この図から増加率が大きいものほど濃度変動が大きいことがわかる。各地域(都市)の濃度は、自然界の生成、消滅を含めた各成分の寿命の結果存在する濃度(バックグラウンド濃度)にその地域特有の濃度が加算されたものである。したがって、その年の増加濃度の中には、それまでの大気中のバックグラウンド濃度に自然起源の増加分と人為起源の増加分が加算される。実質的には人為起源によるものが大半とみなされる。したがって、年増加率の高い成分ほど、その成分のバックグラウンド濃度に人為的な高濃度汚染が付加される可能性が高いことを意味する。その結果、濃度変動の幅が大きくなると考えられる。

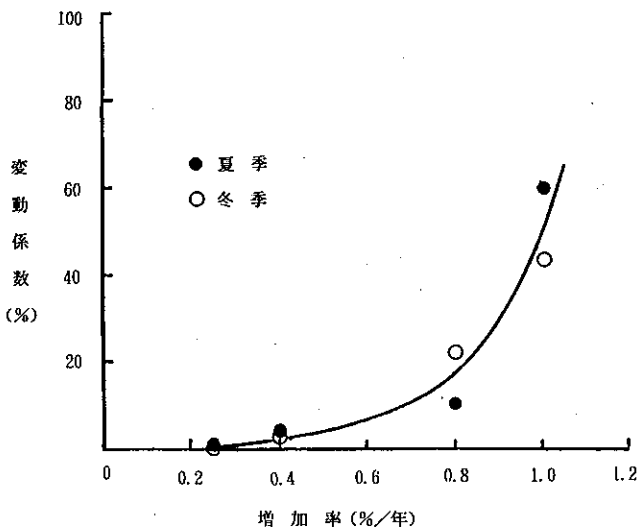


図1 変動係数と平均増加率

(2) 高度別濃度変化

各汚染質の2000mまでの高度別プロフィールを、図2に示す。調査地点は、都庁舎(新宿)の約20mと230mの地点とヘリコプターによる500m以上の各高度である。機内からの目視観測では、1500m程度までスモッグの層があったのが観測された。それを裏付けるようにCH₄、CO₂、COは、1500mの地点で濃度が上昇している。高度別の濃度変動は概して少ない中でCOだけが急激な濃度の減少を示している。これは、都心の自動車排ガスの影響を直接受けていることを示している。それは表2に示したCOの変動係数の大きさ、つまりCO濃度に対する人為的な変動が大きいことを表している。一方、CO₂も地域的には人為的影響が大きいようだがN₂Oと同様に、CO₂、N₂O濃度に占める人為的な濃度変動の幅が小さいため高度別濃度差はCOほど大きく現れない。次に特徴的なのはフロン類である。フロン113は、上空ほど濃度が低下しているのに対して、フロン11、12は上空ほど濃度が高い。特にフロン12は1000mから2000mにかけて急上昇している。上層の気象が正確に把握されてないが、下記に述べるように500m以上の高層は南風が入り込んでいるとみられる。これだけ濃度が上昇するにはかなりのフロンの放出が地上からなされていると考えられる。一つの推測として、以前地上で観測された

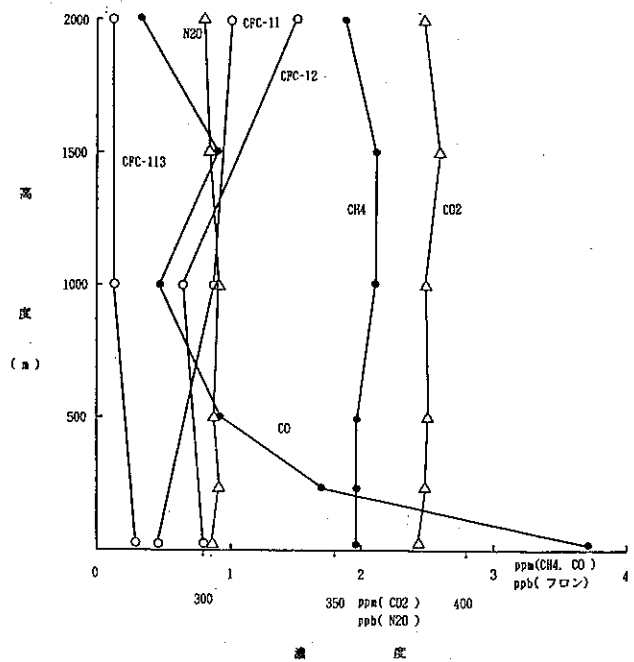


図2 各汚染質の高度別プロフィール

湾岸からのフロン12の高濃度現象⁹⁾——湾岸部で大量に廃棄された機械類等から排出したフロンが南風に乗って内陸部を汚染する——が、上空でも起きている可能性がある。これについては、これからの検討課題とする。

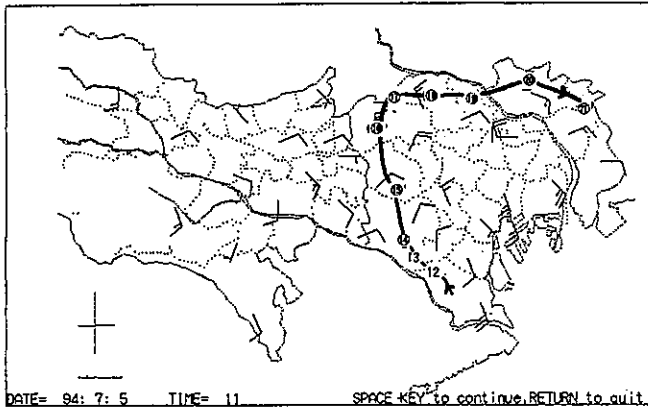


図3 フライトコースと地上の気象

(3) 清掃工场上空調査

上記の高度別調査の後、同日23区内の環状8号線に沿って調査を継続した。この環状8号線沿いの近辺には清掃工場が南北に林立している。今回これらの工場近辺上空で大気を採取した。対象にした工場は8工場である。同日11時の地上の風向風速は図3に示す。この調査は11時前後に行った。環状8号線付近の地上風は1~2 m/sで北系であったが、250m(東京タワー)では1.8 m/s、ESEであった。従って、500mの高度では南系統の風が移流しているとみられる。各成分の地点別の濃度変化は図4に示してある。図中14から21までが工場近辺の上空で、13は14の隣接した公園、12は主要幹線道路の交差点である。

各成分の濃度の相関をみると、COとN₂Oの間で $r^2=0.532$ の相関係数が得られた程度で、他は全く相関はない。夏季、冬季の調査全体をみてもCH₄、N₂O、CO₂、COの間には相関は全くみられなかった。このことは、環境中の各成分の発生形態がそれぞれ異なることを意味している。先のCOとN₂Oの間にやや相関がみられたのは、安田らの⁹⁾排ガス中のCO濃度が高い施設の場合にCO濃度とN₂O濃度の間に強い相関がみられる、という結果と符号するようだが、今回の上空調査結果からだけでは、工場の燃焼状態まで推定するにはやや難がある。しかしながら、工場によってその濃度に違いがあることが図から見る事ができる。

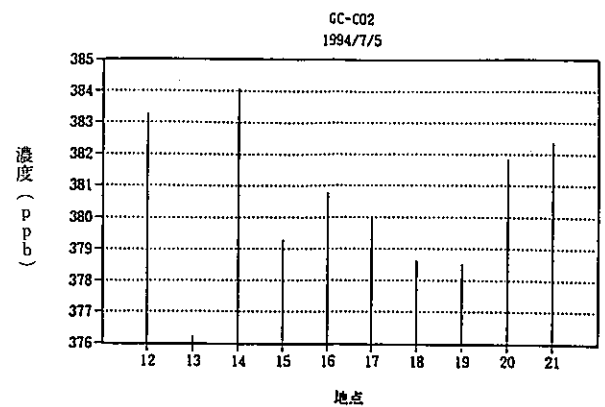
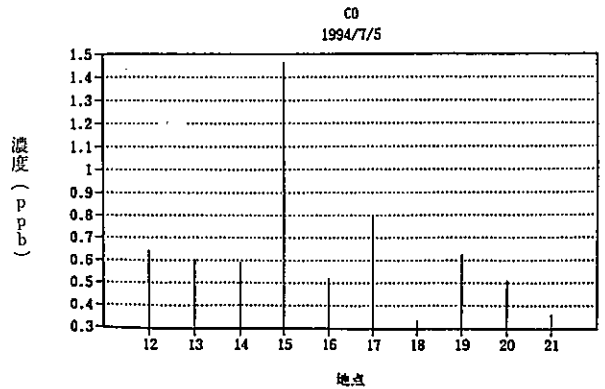
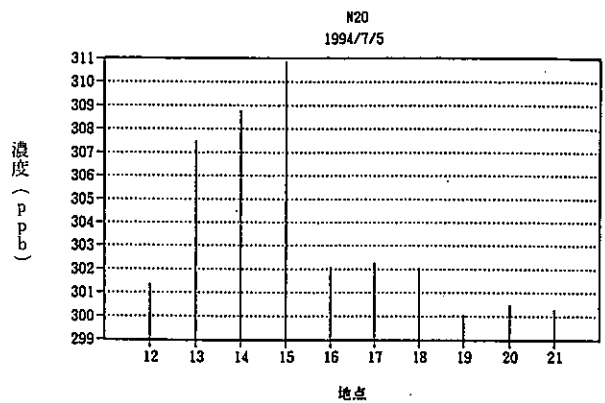
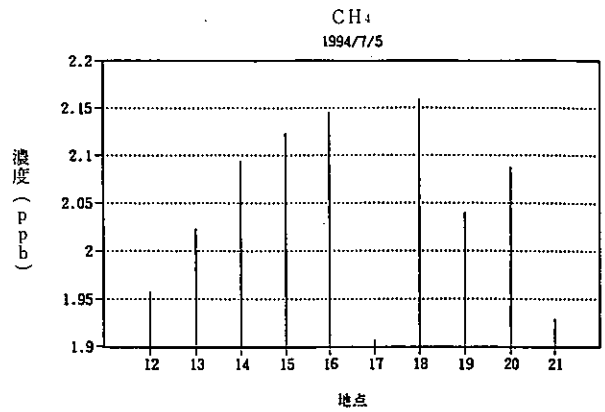


図4 清掃工场上空の汚染物質

4 まとめ

ヘリコプターを用いて、東京上空における地球温暖化物質の汚染実態調査を実施した結果、以下のことが判明した。

①夏季と冬季に分けた調査から、各成分の季節別の平均値を比較すると、 N_2O と CO_2 は大きな差はないが、 CH_4 と CO には差がでた。これは南の弱風が夏季の CH_4 と CO の濃度を上げる要因になっている。

②各成分の濃度の変動係数をみると、 N_2O が最も低く約1%で、次いで CO_2 、 CH_4 、 CO の順になっている。各成分濃度の年増加率が高い成分ほど大気中の濃度変動が高い。

③各成分の2000mまでの高度別プロフィールをみると、 CH_4 、 N_2O 、 CO_2 は高度による大きな濃度差はないが、 CO は上空ほど急激な濃度の低下を示し、フロン12は上空で特異な濃度の上昇を示した。

④環状8号線に沿った清掃工場の上空調査から、各成分間の相関は CO と N_2O の $r^2=0.532$ 以外全く相関がなかった。工場によって排出成分とその濃度に違いがある結果が得られた。

⑤調査全体においても CH_4 、 N_2O 、 CO_2 、 CO の成分間には全く相関がみられなかった。これは各成分の発生源形態がそれぞれ異なることを意味する。

本調査に当って、警視庁航空隊の多くの方々に多大なご協力を戴いたことに対し深謝いたします。

参考文献

- 1) C. Keeling et al : Internal extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980 ; Nature, Vol.375 p.666-670(1995).
- 2) 杉山 孝一ら：地球環境影響物質に関する調査研究 (第2報) ——東京都における大気中の二酸化炭素のモニタリング結果とデータ解析による統計的特徴；本年報別稿。
- 3) 東京都：東京都地球温暖化防止対策地域推進計画； p.10-18 (平成7年5月)。
- 4) 気象庁：地球温暖化監視レポート (1994)
- 5) 早福 正孝ら：東京湾上におけるフロンの測定結果；東京都環境科学研究所年報、p.45-48(1993)。

- 6) 安田 憲二ら：都市ごみ焼却にともなう N_2O の排出挙動；第4回廃棄物学会研究発表会講演論文集(II)、p.611-614(1993)。