

# 東京における六ふっ化硫黄の大気濃度

早福 正孝 古明地 哲人 岩崎 好陽 小峯 美奈子\*  
(\*非常勤研究員)

## 要 旨

温室効果ガスの中でも、温暖化効果の高い六ふっ化硫黄(SF<sub>6</sub>)の環境濃度を1年間にわたって都内で連続観測した。1999年度の年間平均値は、12.5ppt、最高値385ppt 及び最低値5.0pptであった。年間の日変化と月別の濃度変化は、大きな変動はみられなかったが、日曜日が低濃度、木曜日が高濃度である曜日特性のパターンを示した。50ppb以上の高濃度現象は、風速との関連性は少なかったが、当研究所からみて南成分の風向のときに高濃度が出現する傾向を示した。

キーワード: 六ふっ化硫黄、SF<sub>6</sub>、温室効果ガス、漏電防止ガス

## 1 はじめに

地球温暖化の危機対応として1997年に地球温暖化京都会議(COP3)が開催された。この会議では二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、フロン類、メタン、亜酸化窒素に加え、六ふっ化硫黄(SF<sub>6</sub>)が削減対象となった。SF<sub>6</sub>は、無色、無臭、無毒性、不燃性で空気の約5倍の重さがある極めて化学的に安定性のある物質である。フロンに類似している化学的性質を有しているが、その最たる特性は、電気絶縁性耐力とアーク消弧能力にある。この性質を利用してガス絶縁開閉装置やガス絶縁変圧器等の漏電防止剤として電力用機器等に用いられている。さらに、その化学的有用性により次第に様々な分野で使用され、年々その使用量が增大している。大気汚染関係では、従来から大気拡散調査のトレーサー物質として活用されてきた。このSF<sub>6</sub>をトレーサー物質として用いるときの注意すべき点は、その調査地域のバックグラウンド濃度を十分把握しておくことが重要である。

SF<sub>6</sub>は、約3200年という寿命の長さに加え、二酸化炭素に比べ16,300~23,900倍<sup>1)</sup>もの温室効果をもっている割には、他の4種の温室効果ガスに比べその環境濃度の実態は不明な部分が多い。SF<sub>6</sub>は、その使用量の増大に伴い、漏洩する量も増大し、地球規模のバックグラウンド濃度は、年々増加している<sup>2),3)</sup>。しかし、

排出量が多いと推定される都市におけるSF<sub>6</sub>の大気濃度の報告例は非常に少ない。連続した観測例はさらに少ないと思われる。従って、削減対策をなすための環境における「汚染」パターン等の基本的な情報については、他の温室効果ガスに比べて比較にならないほど少ない。本報告は、都市におけるSF<sub>6</sub>濃度の実態と、削減対策の基本的情報を把握するために連続観測した結果を解析したものである。

## 2 観測方法等

- (1)大気採取場所: 環境科学研究所屋上(江東区新砂、採取高度約33m)。当研究所は準工業地域に相当する環境にある。
- (2)観測期間: 1999年4月~2000年3月
- (3)測定方法: 測定は、30分周期の連続自動採取式ECD(<sup>63</sup>Ni)-GC法で行った。カラムは、PORAPAK Q(80/100mesh)充填のφ3mm×2mのステンレス製である。恒温槽温度は58℃、検出器温度は302℃。キャリアーガスはN<sub>2</sub>、300ml/min。大気試料は、300mlの計量管で採取後、電子冷却濃縮(0℃)し、その後120℃に加熱してカラムに導入した。冷却捕集剤は、PORAPAK Q(60/80mesh)0.1m + MS-13X(60/80mesh)0.1mである。測定値の校正は、高圧ボンベに充填したN<sub>2</sub>バランスのSF<sub>6</sub>(100ppt相当濃度)で行った。

(4)測定値の処理方法：データは、30分値2個の平均値を1時間値として処理した。

(5)再現性：標準ガスによる10回の再現性実験では、変動係数は1.93%であった。

### 3 結果と考察

#### (1) 年平均値、最高値、最低値

SF<sub>6</sub>の1年間の連続観測のデータ採取率は約90%で、データ数は7,870ある。1999年度の年平均値は12.5ppt、最高値は385ppt、最低値は5.0 ppt であった。気候変動に関する政府間パネル (IPCC) がまとめた第二次報告書では、1994年時点のSF<sub>6</sub>の全球平均濃度は3~4pptで、0.2ppt/年の割合で増加していると報告している<sup>2)</sup>。4pptに対して0.2pptの割合とすれば年率5%の増加となる。その後の1996年末段階のグローバル濃度は、Maissら<sup>3)</sup>によると3.81pptで、0.24pptの増加であった(約6.3%増)。これらはCO<sub>2</sub>の年率約0.5% (気象庁：岩手県綾里)<sup>4)</sup>に比べるとはるかに高い増加率である。また、単純な比較は難しいが、我々が1995年度の夏季と冬季に行った都内を52メッシュに分割したSF<sub>6</sub>分布調査<sup>5)</sup>から、都内の平均濃度を10pptレベルと推定した結果と今回の連続測定結果と比べると4年間で約2割の濃度上昇、言い換えれば年率約5%の増加が推定される。当所で同時に観測しているCO<sub>2</sub>の同じ4年間の増加率をみると、約2.3%<sup>6)</sup>である。それに対して、SF<sub>6</sub>はその約2倍という高い増加率を示した。

#### (2) 時間的変化

1日の年平均的経時変化を図1に示す。このSF<sub>6</sub>の経時変化は、大気中の一酸化炭素や硫黄酸化物のような朝夕の二山形パターン、オキシダントのような日中の一山型パターンあるいは二酸化炭素のような日中の谷底パターンといった特徴的なパターンはみられない。

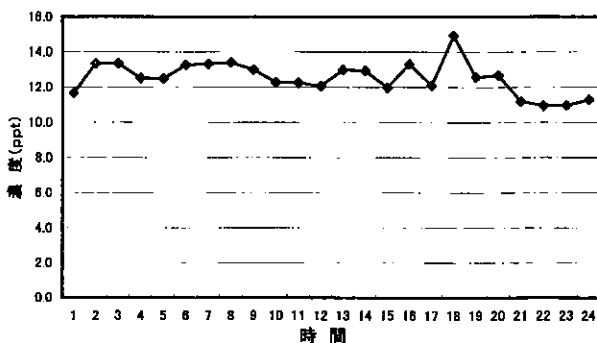


図1 SF6の経時変化

12~14pptの間を上下した濃度変化を示しているが、21時以降にやや濃度の低下傾向を示している。この要因は現段階では不明である。

月平均値の月別変化をみたのが図2である。この変化は、経時変化と同様に特徴的なパターンはみられない。11月から12月にかけての高濃度は一般の大気汚染物質と同様に、晩秋から初冬にかけての大気不安定度の高いときに高濃度になりやすいことを示している。

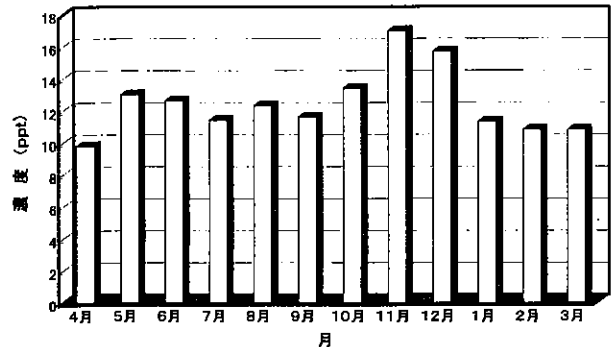


図2 SF6の月別変化

SF<sub>6</sub>の1週間の曜日特性(年平均値)をみたのが図3である。日曜日が最も低く、木曜日に最も高いパターンを示している。SF<sub>6</sub>は前述したように、電力機器関係の漏電防止剤として多く用いられていることから、このような曜日特性がみられることは考えにくい。SF<sub>6</sub>の利用領域が年々拡大されていることから、かなりのSF<sub>6</sub>の放出・漏洩的な工業的使用が定常的に行われており、日曜日はその作業量が少ないことが濃度の低下になったものと推定される。

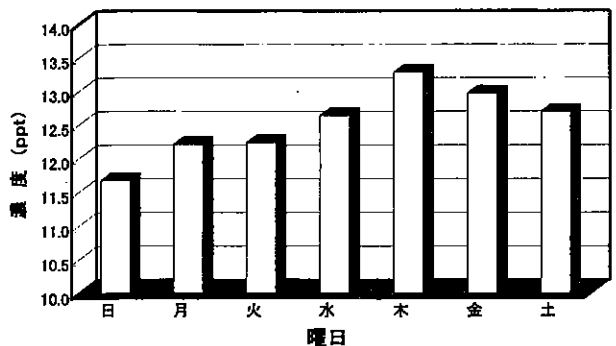


図3 SF6の週内変化

#### (3) 高濃度現象

全データの頻度分布と累積度数分布を図4に示す。5 ppt以上10ppt未満の濃度が、61%と最も多く、対数正規分布的な分布を示している。50ppt以上の高濃度が約1.5%の114例検出された。この50ppt以上の高濃度の

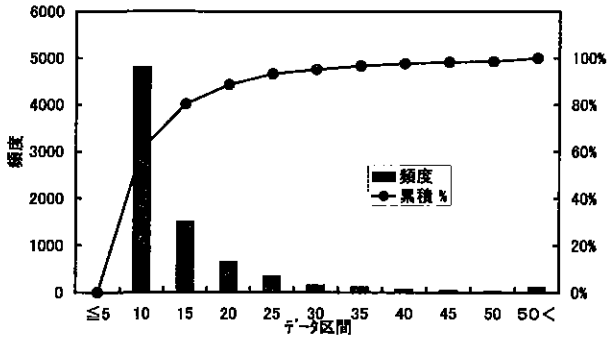


図4 SF6の頻度分布

SF<sub>6</sub>について月別の変化をみたのが、図5である。5月から12月にかけて高濃度が出やすく、1月から4月にかけて高濃度の出現頻度が少ない特徴的なパターンを示している。この高濃度の風向別出現頻度をみたのが図6である。Sが30%、SSWが19%、NNWが17%の3方位にほとんど限定されているようなパターンを示している。高濃度現象の約5割が南成分の風るとき生じていることになる。当所は東京湾から約3km北方に位置していることから、湾岸の工業地域の影響を受けていることが推定される。同様に、風速との関係を見たのが図7である。図から高濃度の出現と風速との間に一定の関係はみられない。8~9m/sといったかなりの強風時においても高濃度現象が出現するのは、発生源で大量のSF<sub>6</sub>が放出されているものと推定される。

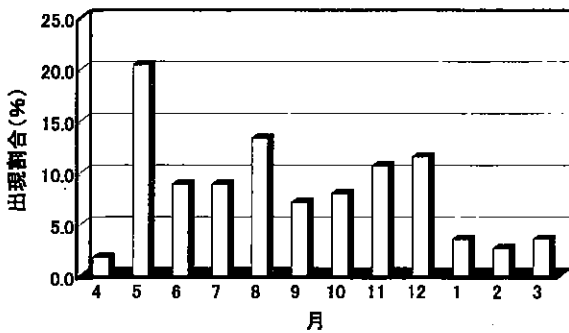


図5 SF6の月別高濃度出現割合

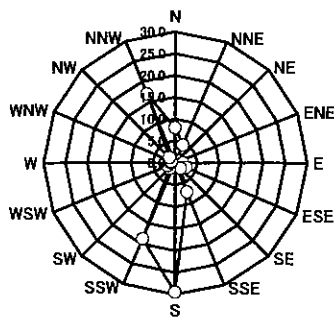


図6 SF6の高濃度出現割合と風向の関係 (数字は%)

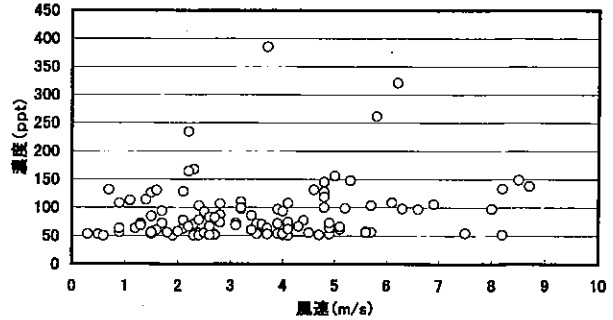


図7 SF6の高濃度時と風速の関係

電力用機器からのSF<sub>6</sub>の回収装置はかなり開発されてきているが、このような高濃度が出現することは、他の使用分野をも含めて回収が不十分であることを示しているといえる。かつてのフロン削減対応レベルに匹敵するような業界の対応が求められる。

#### 4 まとめ

SF<sub>6</sub>の連続観測結果から次のような傾向が明らかとなった。

ア.東京におけるSF<sub>6</sub>の1999年度の平均値は12.5ppt、最高値385ppt最低値5.5pptであった。年率約5%の増加と推定される。

イ.経時変化と月別濃度変化には大きな特徴的な変化パターンは見られなかった。日曜日に濃度が低い曜日パターンを示した。これはSF<sub>6</sub>の使用が電力機器関連以外にもかなりあることが推定された。

ウ.全データ中50ppt以上の高濃度のSF<sub>6</sub>の割合が約1.5%であった。それは5月から12月にかけて出現しやすく、風速と高濃度出現の関連は少ないが、南成分の風向の時に多く出現することが判明した。

#### 参考文献

- 1) 気象庁編：地球温暖化の実態と見通し（IPCC第二次報告書）、p.21（平成8年）
- 2) 同上、p.85
- 3) M.Maiss and C.A.M.Brennkmeijer：Atmospheric SF<sub>6</sub>;Trends,Sources, and Prospects, Environm Sci. & Technol.p.3077-3086,32(1998)
- 4) 気象庁編：気候変動監視レポート、p.25(1999)
- 5) 早福 正孝ら：東京における六ふっ化硫黄の濃度分布、東京都環境科学研究所年報、p.250-253（1998）
- 6) 東京都環境科学研究所：地球環境関連データ集（平成11年12月）