

## 埼玉県における二酸化炭素濃度 (第3報)

### Atmospheric Carbon Dioxide Concentration in Saitama Area (Ⅲ)

武藤 洋介

Yosuke Muto

#### 要 旨

1995年度のCO<sub>2</sub>濃度の年平均値は、浦和では391.5ppmv、堂平山では370.6ppmvであった。1992年度から1995年度まで浦和では1年あたり2.1ppmv、堂平山では1年あたり1.9ppmv上昇した。

また、大気バックグラウンド汚染観測所である気象庁の綾里や南鳥島のデータと直接比較を行うため、気象庁と同一の手順により浦和と堂平山の観測データから発生源や植生の直接的な影響を除去する解析を試みた。その結果、堂平山においてはバックグラウンド濃度が得られ、1994年の年平均値は、綾里が361.8ppmv、南鳥島が359.5ppmvであったのに対し、堂平山は363.9ppmvとなった。

#### 1 はじめに

大気中のCO<sub>2</sub>濃度の観測は、対流圏の温室効果気体の長期間にわたる微小濃度変動を追跡する目的を持つので、観測の精度管理上、世界的な基準の統一が必要である。このためWMO(世界気象機関)はCO<sub>2</sub>標準ガスを各国に供給しているが、我が国では気象庁がこれを管理し、1987年1月に岩手県の綾里で大気中のCO<sub>2</sub>濃度の観測を開始した。また、1993年3月から南鳥島でも観測を行っている。

埼玉県では1991年に気象庁の綾里観測所と同一の観測システムを導入し、同年4月から浦和で、翌年4月からは堂平山でもWMO標準ガスを基準とする大気中のCO<sub>2</sub>濃度の観測を行っている。この標準ガスは、WHOによって長期的に濃度が管理されているため、同じ標準ガスを基準として観測を行っているハワイのマウナ・ロア等、世界各地の観測所と経年的なデータの比較を行うことが可能である。

第2報<sup>1)</sup>では、浦和と堂平山におけるCO<sub>2</sub>濃度の時間変動、日変動、季節変動の特徴や、風向、風速との関係、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、SPMといった大気汚染物質との関係について報告した。本報では、浦和と堂平山におけるCO<sub>2</sub>濃度の長期的な変動の特徴について報告するとともに、浦和と堂平山における観測値から観測所周辺の発生源や植生による直接的な影響を除去する解析を行うと、堂平山では綾里や南鳥島で得られる我が国のバックグラウンド濃度に匹敵する観測値が得られることがわかったので報告する。

#### 2 観測地点及び観測方法

##### 2・1 観測地点

##### 2・1・1 浦和観測所

観測地点である埼玉県公害センター(35°51'55"N, 139°36'59"E)は、東京の北約30km、関東平野のほぼ中心に位置し、周辺は住宅、学校等の多い住宅地域である。公害センターの南約150mに県道が、東約600m

には国道17号バイパスが通っており、北東約500mには与野市の清掃工場がある。

### 2・1・2 堂平山観測所

堂平山観測所(35°0'5"N, 139°11'35"E)は、東京の北西約60km, 外秩父山地の東端にある堂平山の山頂付近に設置されており、観測地点の標高は約840m, 西には秩父盆地, 東には関東平野が広がっている。

### 2・2 観測装置

観測装置は、試料空気除湿装置、非分散型赤外線分析計(堀場製作所(株)製VIA-500R型)及びデータ処理装置等から構成される。大気試料空気採取口は、発生源や植生の直接的な影響を避けるため地上約20mの高さに設置されており、そこから導入されたサンプルは、水蒸気による赤外線吸収の影響を取り除くため-65°Cまで3段階に冷却、除湿され、連続的に分析計に流される。分析計からの出力電圧は毎秒A/D変換され、その30秒平均値が1データとしてフロッピーディスクに保存される。観測中は、約20ppmv間隔に設定された4本の観測用標準ガスを2時間間隔で装置に流し、濃度と電圧の関係から検量線を求め、大気中のCO<sub>2</sub>濃度が算出される。

観測用標準ガスは、観測装置に付属している検定装置(二次検定装置)で、二次標準ガスを用いて使用前後に精密に濃度を決定する。二次標準ガスの検定は、毎年、気象庁の検定装置でWMO標準ガス(1985年スケール)を用いて行っている。

### 2・3 データ処理

大気中のCO<sub>2</sub>濃度を計算する際、分析計の周囲温度変化等による誤差を少なくするため、1データに対してその前後の検量線からそれぞれ濃度を求め、それらを時間加重平均して30秒値を求めた。その中から観測装置不調時等の異常データを削除し、残った30秒値を毎正時から毎正時まで単純平均して1時間平均値を求めた。ただし、1時間内の30秒値のデータ数が40以下の場合は、その1時間を欠測とした。日平均値は、1時間平均値を単純平均して求め、測定時間が20時間以上の日を有効測定日とした。月平均値は、有効測定日の日平均値を単純平均して求め、年平均値は、4月から翌年3月までの月平均値を単純平均して求めた。

今回の報告の対象期間は、浦和については1991年4月から1996年3月までの5年間、堂平山については1992年4月から1996年3月までの4年間とした。

## 3 観測結果

### 3・1 CO<sub>2</sub>濃度の月平均値

浦和と堂平山におけるCO<sub>2</sub>濃度の月平均値の変動を図1に示す。両地点において主として高濃度となる時期に違いがみられた。

浦和では、1991年4月から1996年3月までの最高値は406.2ppmv(1994年12月)、最低値は368.8ppmv(1992年9月)で、概ね11月から12月頃の冬期に濃度が高くなり、7月から9月頃に濃度が低くなる傾向がみられた。季節変動のパターンは、毎年かなり不安定で1995年7月のように他の年の同じ月に比べて極端に濃度が高くなることもあった。

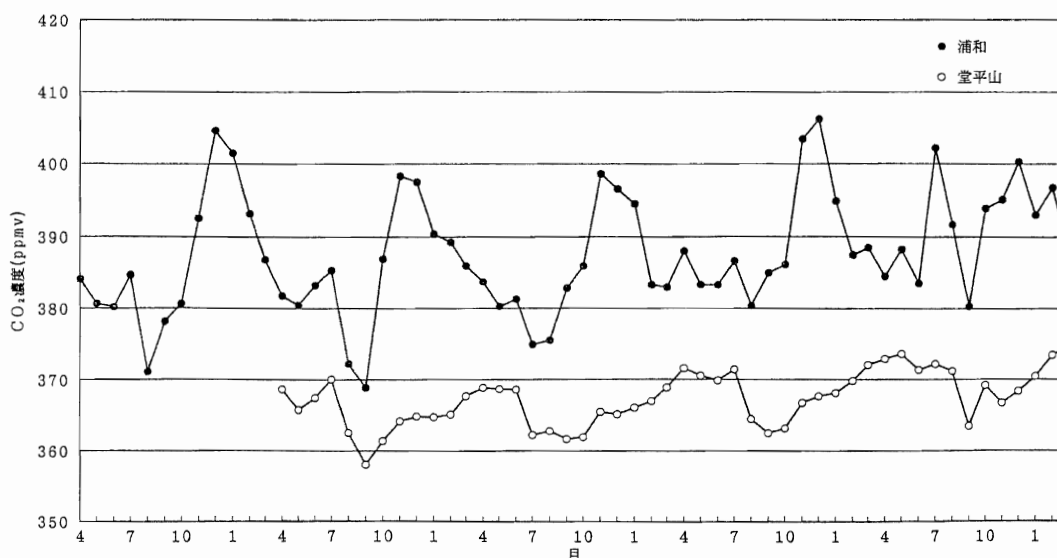


図1 CO<sub>2</sub>濃度の月平均値(1991年4月~1996年3月)

堂平山では、1992年4月から1996年3月までの最高値は374.6ppmv(1996年3月)、最低値は358.0ppmv(1992年9月)で、概ね4月から7月頃の春から夏にかけて濃度が高くなり、8月から9月頃に濃度が低くなる傾向がみられた。この変動パターンは比較的安定しており、年による大きな違いは無かった。

北半球中緯度地域のCO<sub>2</sub>濃度は、極大値が4月頃現れ、極小値が8月頃現れる<sup>2)</sup>とされているが、第2報<sup>1)</sup>で明らかにしたように、都市部に位置する浦和では、発生源の影響が大きいため大気安定する冬期に濃度が高く、堂平山では、その地形的条件から、市街地方向からの風が卓越する夏期に濃度が高くなっていると考えられる。

次に、公害センターに設置されている大気汚染常時監視測定局の観測データから求めた、大気安定度分類表<sup>3)</sup>を表1に示す。1995年7月は、他の年に比べて大気不安定なランクAからランクBの割合が少なくなっていた。また、同測定局における7月のNO<sub>x</sub>濃度

の月平均値<sup>3)</sup>についても、1991年から1994年までは0.033ppmvから0.040ppmvであったのに対し、1995年には0.046ppmvと高濃度で、CO<sub>2</sub>濃度の変動と同じ傾向がみられた。浦和においては、気象条件の違いもCO<sub>2</sub>濃度の変動にかなり影響を与えていると考えられる。

### 3・2 CO<sub>2</sub>濃度の年平均値

浦和と堂平山における、4月から翌年の3月までのCO<sub>2</sub>濃度の年平均値を表2に示す。1年間の上昇率は、浦和では-1.5ppmvから4.1ppmv、堂平山では0.6ppmvから2.6ppmvで、1992年から1995年までの平均上昇率は、浦和では2.1ppmv、堂平山では1.9ppmvであった。また、都市部に位置する浦和は、堂平山よりも年平均値で19.7ppmvから21.2ppmv高濃度であった。これは、発生源活動に起因するものと考えられる。

浦和では1年間の上昇率がかなり変動していたが、これは、各年の気象条件の違いがCO<sub>2</sub>濃度に影響を与えているためと考えられる。

表1 浦和における大気安定度分類表

	ランク	A	A-B	B	B-C	C	C-D	D	E	F	G	計
1991年7月	時間数	93	66	54	56	78	189	199	0	0	0	735
	(%)	12.7	9.0	7.3	7.6	10.6	25.7	27.1	0.0	0.0	0.0	
1992年7月	時間数	87	71	54	55	68	190	193	0	0	0	718
	(%)	12.1	9.9	7.5	7.7	9.5	26.5	26.9	0.0	0.0	0.0	
※1993年7月	時間数	38	43	37	72	91	271	41	0	0	0	593
	(%)	6.4	7.3	6.2	12.1	15.3	45.7	6.9	0.0	0.0	0.0	
1994年7月	時間数	107	65	50	45	62	176	208	0	0	0	713
	(%)	15.0	9.1	7.0	6.3	8.7	24.7	29.2	0.0	0.0	0.0	
1995年7月	時間数	65	60	45	60	85	252	147	0	0	0	714
	(%)	9.1	8.4	6.3	8.4	11.9	35.3	20.6	0.0	0.0	0.0	

(注) 1993年7月は、1日1時から6日11時までは欠測であったため、参考値とした。

表2 CO<sub>2</sub>濃度の年平均値

(単位: ppmv)

	浦和(前年比)	堂平山(前年比)	濃度差
1991年4月～1992年3月	386.5		
1992年4月～1993年3月	385.0(-1.5)	365.0	20.0
1993年4月～1994年3月	385.3(0.3)	365.6(0.6)	19.7
1994年4月～1995年3月	389.4(4.1)	368.2(2.6)	21.2
1995年4月～1996年3月	391.5(2.1)	370.6(2.4)	20.9
1992年4月～1996年3月の平均上昇率	2.1/年	1.9/年	

また、両地点とも1993年の対前年上昇率に対して、1994年と1995年の上昇率がやや増加していたが、これは、CO<sub>2</sub>濃度の上昇率が1988年から1992年にかけては減少し、1992年から1993年頃に最低となり、1994年にはもとに戻りつつあるというWDCGG（温室効果ガス世界資料センター）の調査結果<sup>4)</sup>と同じ傾向であった。

#### 4 本県における観測所の性格

WMOが発足させたBAPMON（大気バックグラウンド汚染観測網）観測所では、人間活動が大気に及ぼす長期的な影響を把握することを目的として、都市汚染等の局地的な影響を受けていない地点における大気成分の濃度レベル及びその長期変動の観測を行っている。そのため、マウナ・ロアのように人間活動による直接的な影響がほとんどない観測所では、観測データをそのままバックグラウンド濃度としている<sup>5)</sup>が、気象庁が観測を行っている綾里や南鳥島では、発生源や植生の直接的な影響を除去する解析を行い、バックグラウンド濃度を求めている<sup>6)</sup>。今回は、綾里と南鳥島のデータと直接比較を行うため、気象庁と同一の手順により浦和と堂平山の観測データの解析を試みた。以下にその手順を示す。

- ① 30秒値から、1時間平均値、標準偏差、データ数を求める。
- ② データ数が60以上あり、かつ標準偏差が1ppmv以下の1時間平均値が12以上ある日に対して日平均値を求める。
- ③ 1月1日から12月31日までの日平均値に対し、時間の関数で表される曲線

$$F(t) = C_1 \sin 2\pi t + C_2 \cos 2\pi t + C_3 \sin 4\pi t + C_4 \cos 4\pi t + C_5 t + C_6$$

を最小二乗法により求める。ここで、 $t$ は1月1日を起点とした時間（1年を1とする）、 $C_1 \sim C_6$ は定数である。

- ④  $F(t)$ に対する日平均値の偏差から標準偏差（ $\sigma$ ）を計算する。
- ⑤  $F(t)$ から $2\sigma$ より大きく離れた日平均値を棄却する。
- ⑥ ⑤で求めた日平均値に対し、③と同様に新たに $F(t)$ を求める。
- ⑦ ③～⑥を繰り返し、新旧の $\sigma$ の差が0.05ppmvより小さくなれば終了する。
- ⑧ 最終的に得られた日平均値を日平均バックグラウンド濃度とする。

解析結果を図2、図3に示す。浦和では、全測定日に対して最終的に得られた日平均値の割合が5.1%であった。浦和の観測値にこの解析方法を適用しても、バックグラウンド濃度を求めることはできず、浦和観測所は地域汚染観測所といえる。一方、堂平山の観測値にこの解析方法を適用すると、夏期に市街地方向からの風によって受けた発生源の影響などがほとんど除去され、全測定日に対して日平均バックグラウンド濃度が59.2%の割合で得られた。そして、その変動パターンは北半球中緯度の変動パターン<sup>2)</sup>と一致した。堂平山観測所は、バックグラウンド観測所としての性格を持つといえる。

次に、我が国のバックグラウンド観測所である綾里と南鳥島における観測値との比較を行うため、堂平山

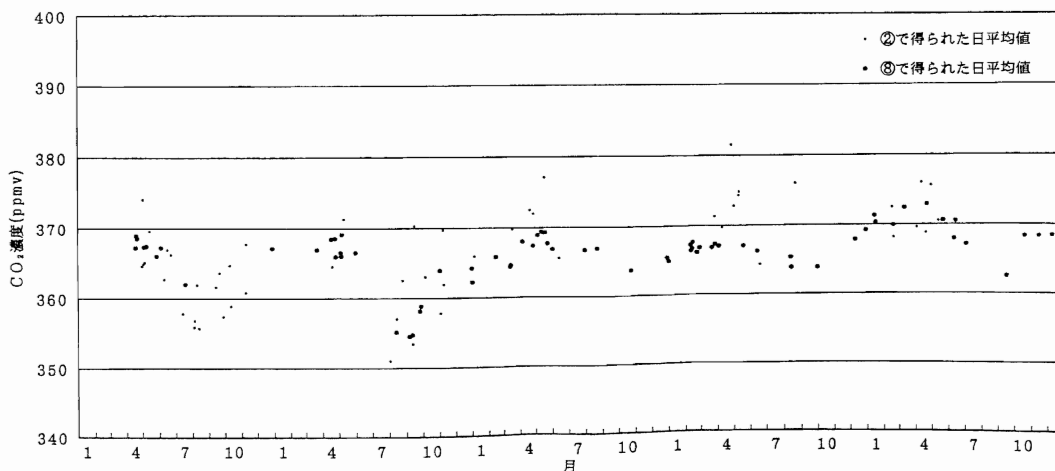


図2 浦和における日平均バックグラウンド濃度（1991年1月～1995年12月）

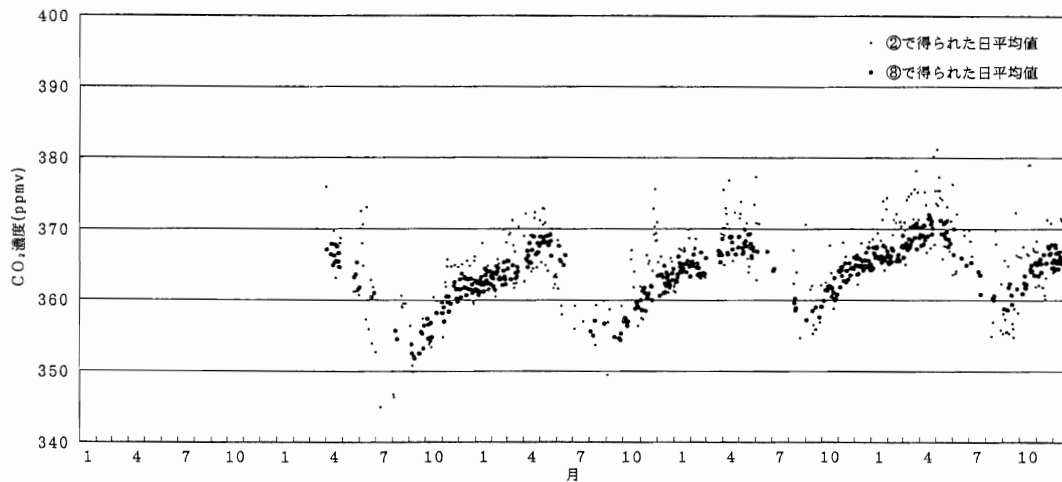


図3 堂平山における日平均バックグラウンド濃度 (1991年1月～1995年12月)

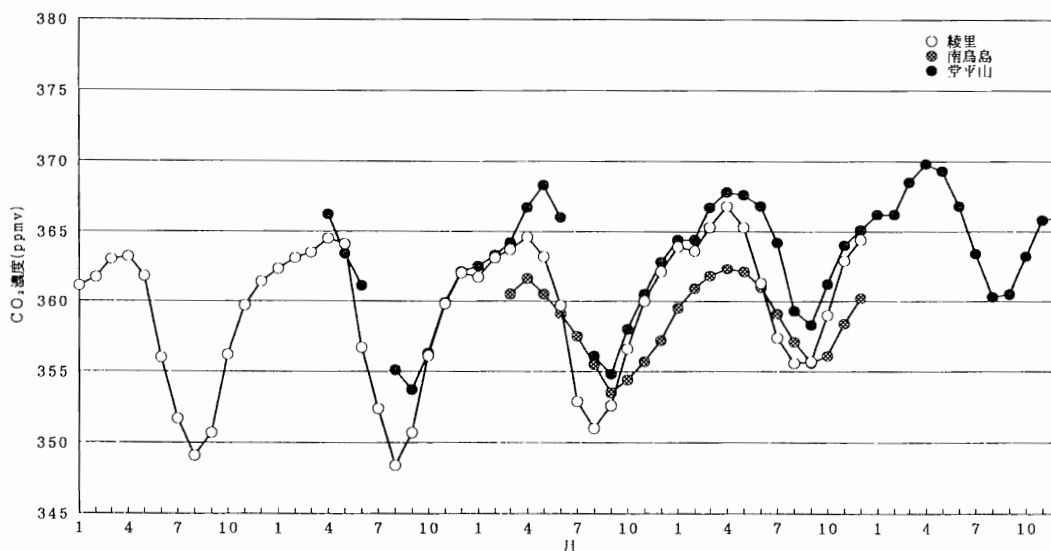


図4 月平均バックグラウンド濃度 (1991年1月～1995年12月)

の日平均値を単純平均して月平均値を求め、綾里と南鳥島の月平均値<sup>6)</sup>を含め図4に示す。綾里と堂平山における濃度差は、11月から12月にかけては1ppmv以下であったが、6月から8月には最大7ppmv程度まで広がった。1994年1月から12月までの年平均値は、綾里が361.8ppmv、南鳥島が359.5ppmv、堂平山が363.9ppmvであった。

緯度別にみると工業活動の最も盛んな北半球中緯度でCO<sub>2</sub>濃度が最も高い<sup>2)</sup>とされているように、東京などの都市部に近い堂平山のCO<sub>2</sub>濃度が最も高く、低緯度の南鳥島が最も低いという結果になった。

また、対流圏では、高濃度あるいは低濃度のピークは、上空ほど遅れて現れている<sup>2)</sup>とされているように、標高の高い堂平山のCO<sub>2</sub>濃度は、標高230mの綾里に比べてピークが遅れて現れ、夏期に濃度差が広がったと考えられる。

## 文 献

- 1) 町田茂：埼玉県における二酸化炭素濃度(第2報)，埼玉県公害センター研究報告，〔20〕，13～18，1993.
- 2) 気象庁：異常気象レポート'94，1994.
- 3) 埼玉県環境部：大気汚染常時監視測定結果報告書，1992～1995。(一部データ未発表)
- 4) THE JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY：WMO WDCGG DATA SUMMARY, No. 8, 1995.
- 5) THE JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY：WMO WDCGG DATA REPORT, No. 6, 1994.
- 6) 気象庁：大気バックグラウンド汚染観測年報，1992～1994.