

埼玉県における二酸化炭素濃度（第2報）

町田 茂

要 旨

浦和と堂平山において大気中のCO₂濃度の観測を行い、1992年4月から1993年3月までの一年間のCO₂濃度のデータの解析を行った。

堂平山でのCO₂濃度は、1時間平均値で339.1～408.8ppmvの範囲で変動し、浦和の変動範囲341.3～511.6ppmvと比べると変動幅が1/2以下であった。堂平山は夏期に変動が大きく、冬期に小さかったが、これには観測地点での風の挙動が大きく関与していると推察された。

月平均値の推移をみると、堂平山ではCO₂バックグラウンド濃度に近い濃度レベルであったが、夏期には差が大きく、市街地方向からの高濃度のCO₂の移流が原因の一つであると推察された。

CO₂濃度とSO₂、NO₂、SPMといった大気汚染物質濃度との関係を調べたところ、堂平山においても浦和と同様に関連性があり、周辺の発生源の影響を受けていると推察された。また、大気汚染物質との相関を季節別にみると夏期よりも冬期～春期に相関が高く、堂平山では特にこの傾向が顕著であった。

1 はじめに

当センターでは、大気中のCO₂濃度の観測を1991年4月から浦和市にある当センター屋上において行っている。また、1992年3月からは東秩父村にある堂平山においても観測を開始した。

浦和での観測結果については、筆者が前報¹⁾において、都市部のCO₂濃度は気象庁が観測を行っているCO₂バックグラウンド濃度よりも高く、また、観測地点周辺の発生源や風向、風速等の気象要素にも影響され複雑に変動していることを報告した。

本稿では、埼玉県のバックグラウンドとしての堂平山のCO₂濃度レベル及び濃度変動の季節的な特徴を述べるとともに、同期間の浦和でのCO₂濃度の観測結果や、気象庁観測のCO₂バックグラウンド濃度との比較を行ない、その相違について大気汚染物質や気象要素との関連性を検討した。

2 観測地点および観測期間

(1) 堂平山観測所

堂平山は標高約900mで、外秩父山地の東端にあり、東京の北西約60kmに位置している。観測地点は山頂から約60mほど下がった所にある。

堂平山観測所では埼玉県のバックグラウンド測定局として大気汚染物質の常時測定を行っている。

(2) 浦和観測所

観測地点は埼玉県公害センター（浦和市）屋上である。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、また、北東約500mには与野市の清掃工場がある。

今回の報告の対象期間は1992年4月1日から1993年3月31日の一年間とした。また、CO₂濃度の解析に用いた風向・SO₂濃度・NO₂濃度等の測定値は観

測地点にある常時監視測定局の同時測定データである。

3 観測装置

観測装置は大きく分けて、試料空気採取装置、試料空気除湿装置、CO₂測定装置（非分散型赤外線分析計）、システム制御及びデータ収録装置からなる。堂平山観測所で使用している装置は浦和観測所の装置とほぼ同じ仕様であり、既報²⁾に詳しく述べたので参照されたい。一部異なるのは、試料空気採取装置で、堂平山観測所では高さ20mの自立鉄塔を建て、塔の先端近くに取り付けられた空気採取口から内径約10mmのステンレス製の採取管で観測室まで空気を導いている。採取管は外面にリボンヒーターを巻き付け、冬期には保温して結露を防止している。

4 結果及び考察

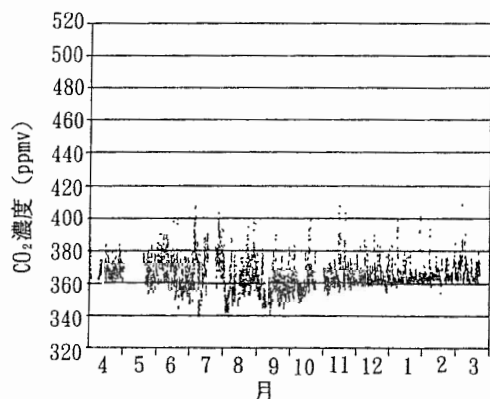


図1 CO₂濃度1時間平均値の変動（堂平山）

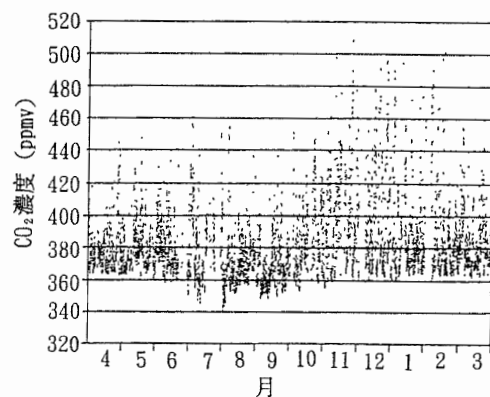


図2 CO₂濃度1時間平均値の変動（浦和）

4・1 1時間平均値の変動

図1および図2に堂平山と浦和のCO₂濃度の1時間平均値の一年間の変動をそれぞれ示した。変動の範囲は、堂平山が339.1~408.8ppmv（変動幅69.7ppmv）、浦和が341.3~511.6ppmv（変動幅170.3ppmv）であり、堂平山は浦和に比べて変動幅が1/2以下であった。

浦和ではCO₂の急激な濃度変動が頻繁に観測された。この傾向は前報¹⁾の観測結果と同様であり、CO₂濃度が自動車、工場、家庭などの発生源の影響を直接受けているためと考えられ、都市部のCO₂の一つの特徴である。これに対し堂平山では急激な濃度変動は浦和と比べると極端に少なかった。これは観測地点の周辺に発生源が特にないためと推察される。

また、堂平山のCO₂濃度は、夏期（6月~8月）には変動幅が大きいが、冬期（12月~2月）には小さく濃度が安定していることが季節的な特徴としてあげられる。夏期と冬期の濃度変動の違いを明らかにするために、周辺の発生源の影響等の可能性を考え、風向別出現頻度、およびその時の濃度を求め検討した。図3に夏期と冬期の風配図を昼夜別に示した。夏期は昼にE~ESEの風が、夜にはWNWの風が卓越し、昼と夜で風が逆になる。表1に夏期と冬期の風向別濃度を昼夜別に示した。データ数の多いE~ESE、およびWNWの3方向に限って評価すると、夏期には風の方向によって濃度に顕著な差がみられ、昼のE風時の濃度は

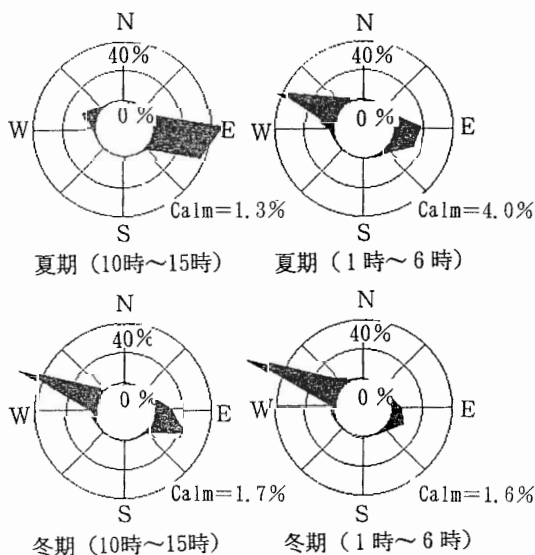


図3 風配図（堂平山）

表1 CO₂の風向別濃度(堂平山)

夏期(6~8月)					冬期(12~2月)				
風向	昼(10~15時)		夜中(1~6時)		風向	昼(10~15時)		夜中(1~6時)	
	CO ₂ (ppmv)	データ数	CO ₂ (ppmv)	データ数		CO ₂ (ppmv)	データ数	CO ₂ (ppmv)	データ数
N	—	0	363.6	4	N	369.1	2	362.2	4
NNE	—	0	370.3	5	NNE	—	0	—	0
NE	—	0	366.1	3	NE	—	0	366.6	5
ENE	357.9	2	363.2	3	ENE	379.3	1	362.2	4
E	366.8	186	364.0	61	E	366.9	49	366.0	32
ESE	366.2	137	364.0	60	ESE	365.2	111	368.0	47
SE	355.4	7	368.4	13	SE	363.4	8	366.1	10
SSE	—	0	364.8	4	SSE	359.9	1	—	0
S	—	0	375.5	1	S	366.3	5	366.0	6
SSW	359.8	2	353.5	2	SSW	369.4	1	362.7	3
SW	—	0	381.3	2	SW	—	0	—	0
WSW	—	0	369.2	3	WSW	362.9	3	363.4	7
W	364.4	8	364.6	10	W	361.8	25	364.0	16
WNW	358.6	32	370.2	172	WNW	362.2	274	364.4	320
NW	355.3	6	369.8	33	NW	363.1	6	363.9	28
NNW	364.7	2	372.6	5	NNW	—	0	369.0	7
Cal m	364.8	5	374.9	17	Cal m	365.6	9	368.9	8

WNW風時の濃度を8.2ppmv上回っている。一方、冬期は昼も夜もWNWの風が卓越しており風向の変化が少ない。また、風向による濃度差も夏期に比べて小さかった。このことから、CO₂濃度の変動には風の挙動が大きく関係しているものと推察された。

浦和でのCO₂濃度変動の季節的な特徴は図2をみると、堂平山とは異なる傾向をみせた。高濃度は冬期に多く出現し濃度変動幅が大きかった。冬期には接地逆転層が形成されるために都市部ではSO₂やNO₂、SPMといった大気汚染物質は高濃度となるが、CO₂も同じ理由で自動車、工場、家庭などから排出されたCO₂が拡散されず地表付近に滞留し高濃度になるものと思われる。この点、堂平山の観測地点は標高840mにあり、接地逆転層の上部であるため高濃度が現れにくかったものと推察された。

4・2 月平均値の推移

図4にCO₂濃度の月平均値の推移を示す。比較のために気象庁が岩手県三陸町綾里で行っている大気バックグラウンド汚染観測による1992年4月から1993年3月のバックグラウンド濃度を図4に示した。

堂平山の月平均値の最高は7月の370.0ppmv、最低は9月の358.0ppmvであり、年平均値は365.3ppmvであった。

浦和の月平均値の最高は11月の398.3ppmv、最低は9月の368.8ppmvであり、年平均値は385.0ppmvであった。

堂平山のCO₂濃度はバックグラウンド濃度に近い濃度レベルで推移しているが、夏期にはバックグラウンド濃度との差が大きかった。これは、図3でみるように夏期にはE~ESEの風が卓越し、また、表1からE~ESE風時に高濃度になることから、市街地方向からの高い濃度のCO₂の移流が原因の一つとして考えられた。

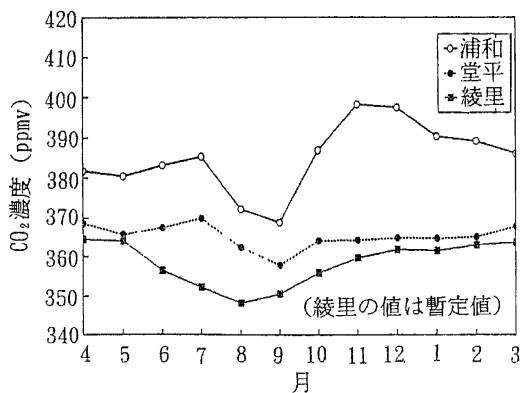


図4 CO₂濃度の月平均値の推移

4・3 CO₂濃度の日変化

季節別のCO₂濃度の日変化を図5、図6に示す。これは1時間平均値を基本データとし、測定時刻別に平均したものである。

この結果によると堂平山では日較差は小さく、また季節的な差はあまりみられなかった。日較差は7月～9月が8.3ppmvで最も大きく、1月～3月は4.7ppmvで最も小さかった。

夏期の日較差の原因について考えてみると、表1の夏期のWNWを中心とする山岳部方向からの風向の濃度は昼間(358.5ppmv)と夜間(370.2ppmv)で11.7ppmvの差があったのに対し、E～ESEの市街地方向からの風向の濃度は昼間と夜間で差(ESEで2.2ppmvの差)が小さかった。このことは、夏期の日較差の主要な原因が地上の植物の活動に影響されていることを示唆している。即ち、植物は夏期の日中に活発な光合成を行いCO₂を吸収し、夜間は逆に放出する。堂平山の昼間の濃度はこれを反映したものと考えることがで

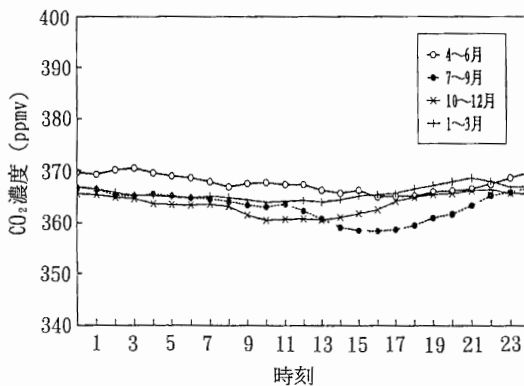


図5 CO₂時刻別平均濃度の推移(堂平山)

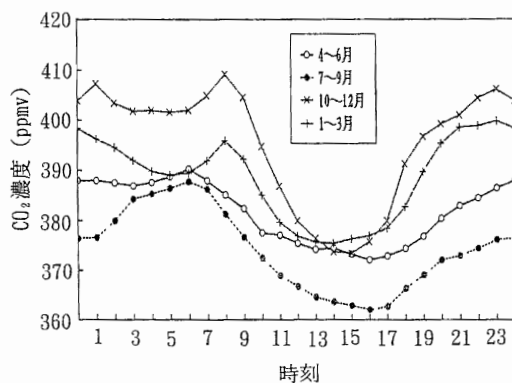


図6 CO₂時刻別平均濃度の推移(浦和)

きる。また冬期はWNW方向からの風向の濃度は昼間(362.2ppmv)と夜間(364.4ppmv)で差が小さかった。冬期は常緑樹であっても光合成は極端に低下しているため、大気中のCO₂濃度に影響を与えなかったためと考えられる。

浦和で観測される日較差は堂平山と比べると著しく大きく(10月～12月は最も大きく35.7ppmv)、また季節的な差異も大きかった。浦和は発生源による汚染の程度が大きく、そのことによって日中の大気の拡散状態の変化がCO₂濃度に影響することが主な原因であると推察されるが、地上の植物の活動(光合成)による影響や、先述した風の挙動(風向・風速)等も加味して今後さらに検討していく必要がある。

4・4 大気汚染物質との関係

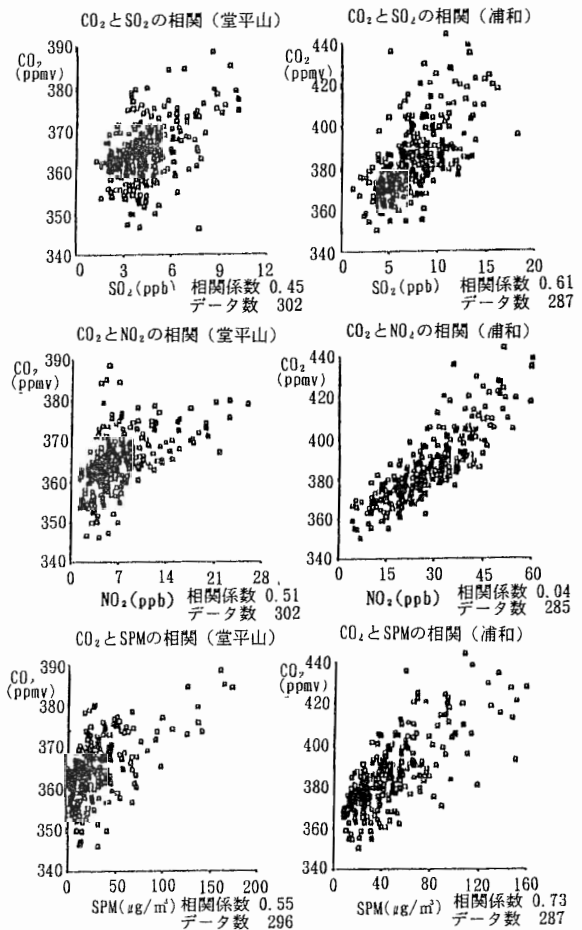


図7 CO₂濃度と大気汚染物質濃度との関係

注：日平均値を基に計算

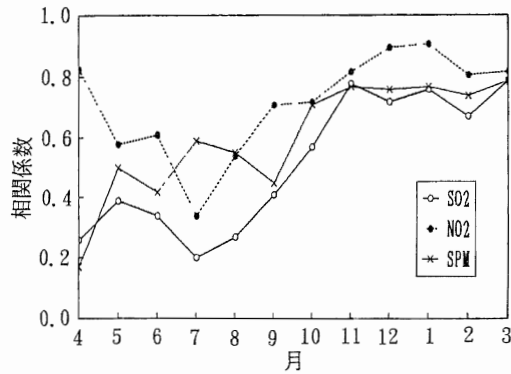


図8 CO₂と大気汚染物質との相関係数の推移 (堂平山)

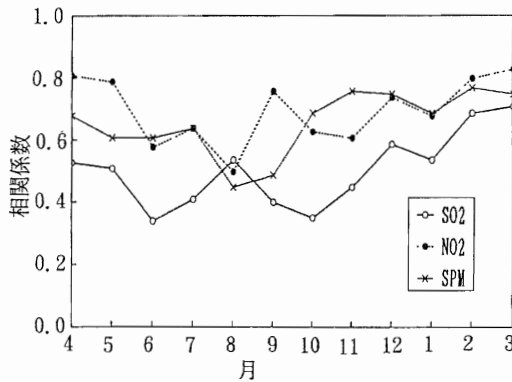


図9 CO₂と大気汚染物質との相関係数の推移 (浦和)

筆者は既報²⁾において、浦和で観測されたCO₂濃度は、SO₂、NO₂、SPMといった大気汚染物質と正の高い相関があったことを報告した。これは観測されたCO₂濃度が自動車、工場、家庭等の発生源の影響を受けていることを示唆するものであった。

図7に日平均値を基本データとして求めたCO₂濃度とSO₂、NO₂、SPM濃度との相関を示した。

この結果によると、堂平山においてもSO₂とは0.45、NO₂とは0.51、SPMとは0.55の相関関係が得られ、大気汚染物質との間に関連性があることが示唆され、周辺の発生源の影響を受けているものと推察された。

図8および図9に1時間平均値を基本データとして月別に求めたCO₂濃度と大気汚染物質濃度との相関係数の推移を示した。この結果によると、大気汚染物質との相関は夏期よりも冬期～春期に高く、堂平山では特にこの傾向が顕著であった。

冬期に相関が良くなる原因を探るために、一例として堂平山の観測結果を基に相関係数の小さかった夏期

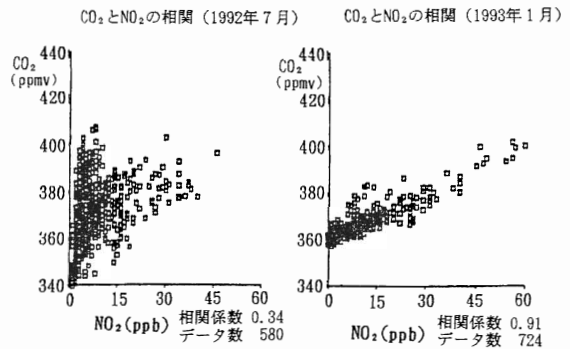


図10 CO₂濃度とNO₂濃度との関係 (堂平山)
注：1時間平均値を基に計算

(7月)と相関係数の大きかった冬期(1月)に分けてCO₂濃度とNO₂濃度との関係を図10に示した。

7月の散布図からCO₂濃度の上昇には2通りのケースが考えられた。

- (1) CO₂濃度の上昇がNO₂濃度の上昇と共に起こる。
- (2) CO₂濃度の上昇がNO₂濃度が低濃度の時に起こる。

(1)のケースは、NO₂濃度に対する自動車の寄与が80%程度ある³⁾と言われることから、自動車の排気ガス等発生源からの直接的な影響によるCO₂濃度の上昇であると推察される。

(2)のケースは、発生源以外の何か他の原因によるCO₂濃度の上昇である。

1月のCO₂とNO₂との関係をみると、(2)のケースが少なく、結果的に冬期のCO₂濃度とNO₂濃度の相関は夏期に比べ良くなっている。

(2)のケース、つまり夏期に周辺の発生源からの直接的な影響ではなくCO₂濃度が上昇する原因については、今後の観測結果もあわせて、気象条件や植物の活動、大気汚染物質との関係などをさらに詳しく検討していく必要がある。

5 謝 辞

本観測は、気象庁観測部副候課の城尾泰彦氏、宮本仁美氏、気象庁観測部統計室温暖化情報センターの斉藤三行氏、永田洋二氏にご指導をいただいている。また、本稿をまとめるにあたり、資料の提供と、貴重なご意見を賜った。ここに記して謝意を表します。

文 献

- 1) 町田茂：埼玉県における二酸化炭素濃度（I），
埼玉県公害センター研究報告，19，pp50－pp56，
1992
- 2) 町田茂・昆野信也：都市部における二酸化炭素濃
度観測，全国公害研究会誌，17（3），pp2－pp7，
1992
- 3) 埼玉県環境部：大気環境情報システムの運用に係
る報告書，1988