

[研究報告]

埼玉県における二酸化炭素濃度の推移

武藤洋介 梅沢夏実

要 旨

大気中のCO₂濃度は北半球中・高緯度で高く季節変化の振幅も緯度の違いにより異なるといわれるが、北緯35度付近に位置する観測所のバックグラウンドデータを比較したところ、人口密集地域に比較的近い観測所では他の観測所よりも高濃度で季節変化の振幅も観測所ごとに異なっていた。また、清浄な地域に位置する観測所では大陸と海洋の濃度差や標高による濃度差は少ないと考えられた。さらに、埼玉県内の観測所(人口密集地域の浦和と人口非密集地域の堂平山)におけるCO₂濃度の観測データからバックグラウンドデータを差し引いて、観測所周辺の局地的な影響を受けていると思われるデータを求め、NO_x等の大気汚染物質との関係を調べた。その結果、観測所に近い地点のバックグラウンドデータで補正を行うことにより、CO₂濃度の上昇や季節変化の影響が少なくなり、大気汚染物質との相関が高くなることが明らかになった。また、CO₂と燃焼起源であるNO_xとの相関は他の大気汚染物質と比べて高かったが、堂平山においては夏季には相関が低くなり植生による影響と考えられた。

キーワード: CO₂、WMO、WDCGG

1 はじめに

温室効果ガスである大気中のCO₂濃度は世界各地で観測され、WDCGG(温室効果ガス世界資料センター)へデータ提供されているが、WMO(世界気象機関)標準ガスを基準とした観測を行っている多くの観測所では、観測所周辺における局地的な汚染等の影響を受けていないと思われるデータをそれぞれ独自の方法でデータセレクションし、それ以外のデータと区別できるようにしている。埼玉県の観測所においても、WMO標準ガスを基準とした観測を継続し、データセレクションを行ってWDCGGへデータを提供してきた。

上記のデータセレクションは、世界的に通用する定義がなされたものではないが、少なくともWDCGGにおいては、この方法で選ばれたデータを「バックグラウンドデータ」としているため、本報においても同様に「データセレクションにより選択されたデータ」を「バックグラウンドデータ」とした。

バックグラウンドデータは、地球規模でのCO₂収支による大気中のCO₂濃度の増減を表わしていると考えられ、北半球の中・高緯度の濃度は他の地域に比べて高く、季節変化の振幅は北半球の中・高緯度で大きく南半球で小さい。また、同程度の緯度であっても地域により濃度や季節変化の振幅

が異なる。これに対して、局地的な汚染の影響を受けていると思われるCO₂濃度の変化は、大気の組成であるCO₂濃度の上昇や季節変化を無視できるほど大きくない。従って、それぞれの観測所における観測データを評価するためには、その観測所におけるバックグラウンドデータを得る必要があると考えられる。

そこで、埼玉県内の観測所とほぼ同じ北緯35度付近に位置する世界各地の観測所におけるバックグラウンドデータを比較し、各地域における濃度や季節変化の振幅等の違いを確認した。さらに、バックグラウンドデータを用いた解析の一例として、埼玉県の観測所におけるCO₂濃度とNO_x、SO₂及びSPM濃度との関係について、各観測所におけるバックグラウンドデータを用いて補正を行った場合、相関に違いが見られたので、その結果を報告する。

なお、世界各地の観測データに合わせてタイムスケールは全てUTC(協定世界時)とした。

2 方法

2.1 バックグラウンドデータの選択方法

浦和、堂平山の観測装置は、気象庁の綾里観測所の観

測装置と同じ仕様である。従って、バックグラウンドデータのデータセレクションは綾里と同様の手順としたが、パラメータとして使用する標準偏差のしきい値を綾里と同じ0.6ppm、前後時間差のしきい値を綾里の0.6ppmに対して0.3ppmとした。詳しい手順については省略するが、WDCGGのホームページ等で最新の情報を確認することができる。

2.2 北緯35度付近に位置する観測所との比較

堂平山(北緯36度)におけるバックグラウンドデータの月平均値を、北緯30度から北緯40度に位置する世界各地の観測所のバックグラウンドデータの月平均値と比較した。比較対象はWMO標準ガスを基準とした観測を行っている観測所のうち観測継続期間が比較的長く、1993年以降に観測を継続している8地点とした。

2.3 大気汚染常時監視データとの関係

浦和及び堂平山におけるCO₂濃度とNO_x、SO₂及びSPM濃度との関係について、観測データと直接比較した場合及び観測データからバックグラウンドデータを差し引く補正を行った場合のそれぞれについて、日平均値単位で比較を行った。

3 結果と考察

3.1 県内の観測所におけるバックグラウンドデータ

3.1.1 堂平山観測所

図1に堂平山におけるCO₂濃度のバックグラウンドデータを「●」で、それ以外のデータを「・」で示した。全データに対するバックグラウンドデータの取得率は、夏季には10%未満、冬季には50%程度であった。次にバックグラウンドデータの特別値から計算した月平均値を図2に示した。月平均値の季節変化は、極大が4月か5月、極小が8月か9月に現

れ、振幅は平均10ppmであった。さらに、月平均値を単純平均した年平均値を表1に示した。1993年から2001年までの8年間で14.39ppm、1年あたり約1.8ppm上昇した。代表的な観測所であるMauna Loa(アメリカ)¹⁾と比較すると年平均値は堂平山が5ppm程度高濃度であったが、上昇率はほぼ等しかった。

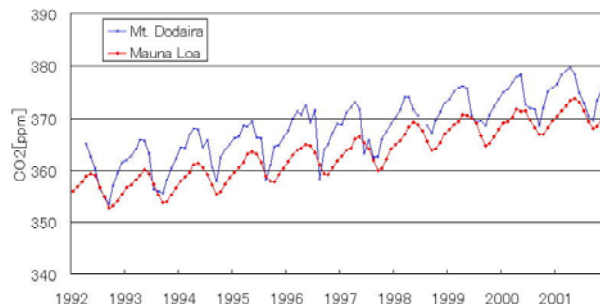


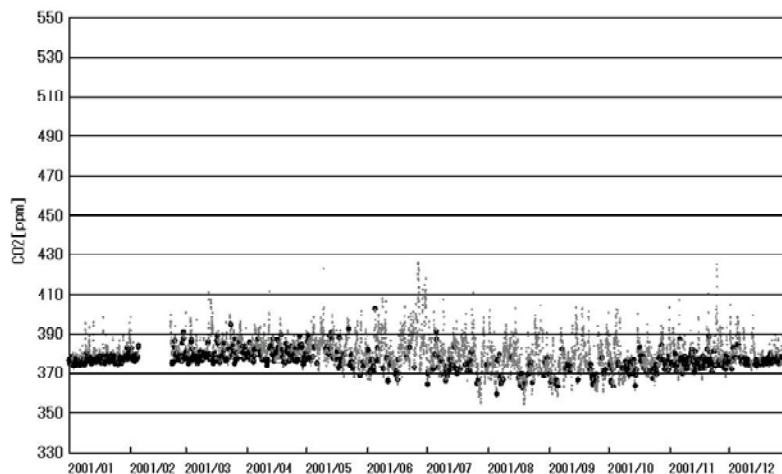
図2 CO₂濃度の月平均値

表1 CO₂濃度の年平均値及び濃度差

(unit:ppm)			
year	Mt. Dodaira	Mauna Loa	
1993	361.02	356.95	(+4.07)
1994	364.34	358.64	(+5.70)
1995	365.58	360.62	(+4.96)
1996	368.06	362.36	(+5.70)
1997	367.82	363.47	(+4.35)
1998	-	366.49	-
1999	372.58	368.13	(+4.45)
2000	374.26	369.42	(+4.84)
2001	375.41	371.09	(+4.32)

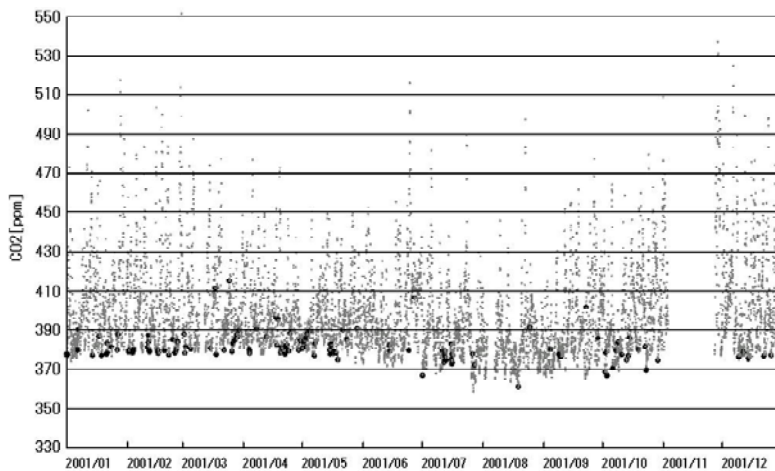
3.1.2 浦和観測所

図3に浦和におけるCO₂濃度のバックグラウンドデータを「●」で、それ以外のデータを「・」で示した。全ての観測デー



◐ selected condition, ◑ no selected condition

図1 CO₂濃度の特別値(堂平山)



<● selected condition, ・ no selected condition>

図3 CO₂濃度の時別値(浦和)

タに対するバックグラウンドデータの取得率は、浦和では年間をとおして10%未満となり、解析するための十分なデータを得ることができなかった。今回は、バックグラウンドデータのデータセレクションを時別値に対して行ったが、浦和では観測所周辺の発生源からの影響が非常に大きいため、データセレクションを30秒値に対して行う等、更に高分解能なデータセレクションが必要であると考えられた。

3.2 世界の各地域との比較結果

堂平山及び世界各地の観測所におけるバックグラウンドデータの月平均値を、アジア地域 (REGION II)^{2),3),4),5)}、北中米地域 (REGION IV)^{6),7),8)}、ヨーロッパ地域 (REGION VI)^{9),10)}のそれぞれの地域ごとに図4から図6に示した。各観測所のサンプリング方法は、綾里及び堂平山が連続サンプリングでそれ以外の観測所が週1回程度のフラスコサンプリングであるが、Mt. Waliguan (中国)では1994年11月から1999年12月まで連続サンプリングも行われていた。

綾里及び堂平山におけるCO₂濃度は、他の観測所と比較して特に冬季に高濃度であったが、冬季には北西風が卓越するため中国大陸からの汚染が拡散され日本付近へ到達するためと考えられた。それ以外の観測所で比較的高濃度であったのはLampedusa (イタリア)だけであった。また、北中米地域において、Niwt Ridge (アメリカ)は北米大陸のほぼ中央に位置して標高は3,457m、Southampton (イギリス)と St. David's Head (イギリス)は大西洋上の島に位置しているが、バックグラウンドデータの月平均値にそれほど差は見られなかったことから、海洋と大陸の濃度差や標高による濃度差は少ないと考えられた。

3.3 大気汚染常時監視データとの比較結果

以上の結果から、同程度の緯度に位置する観測所におい

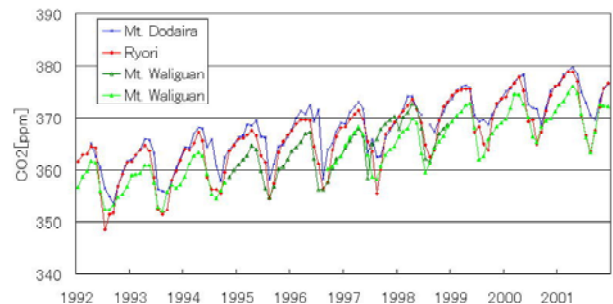


図4 CO₂濃度の月平均値 (REGION II)

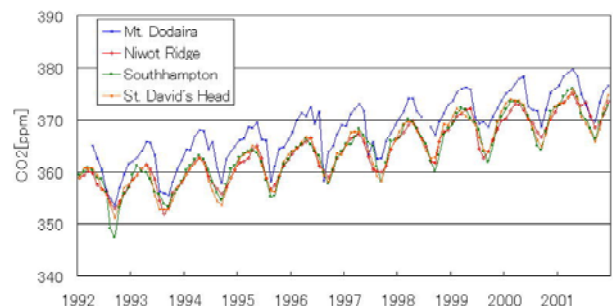


図5 CO₂濃度の月平均値 (REGION IV)

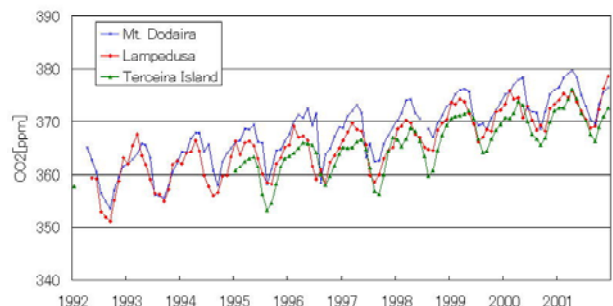


図6 CO₂濃度の月平均値 (REGION VI)

てもバックグラウンドデータの濃度や季節変化の振幅に違いがあることが分かったが、CO₂の汚染による局地的な影響を調べるためには、CO₂濃度の上昇や季節変化の振幅による影響を取り除くため、観測データから適当なバックグラウンドデータを差し引かなければならない。

(1) 浦和観測所

浦和におけるCO₂濃度の日平均値とNO_x、SO₂及びSPM濃度の日平均値との関係を図7に示した。次に、浦和におけるCO₂濃度の日平均値から堂平山におけるバックグラウンドデータの日平均値を引いた値とNO_x、SO₂及びSPM濃度の日平均値との関係を図8に示した。比較のため、浦和におけるCO₂濃度の日平均値から綾里におけるバックグラウンドデータの日平均値を引いた値とNO_x濃度の日平均値との関係を同時に図8に示した。期間は1992年4月から2002年2月までとした。

図7と図8を比較することにより、バックグラウンドデータを差し引く補正を行った場合には、CO₂濃度の上昇や季節変化に伴う影響が少なくなり、これらの大気汚染物質との相関が高くなることが示された。さらに、図8においては、観測所により近い地点のバックグラウンドデータで補正することで相関がさらに高くなることが示された。従って、CO₂による局地的な汚染を調べるためには観測所周辺のバックグラウンドデータを把握することが重要であると考えられた。

また、燃焼起源であるNO_xとの相関は他の大気汚染物質と比べて高いことから、浦和におけるCO₂汚染の主な原因は燃焼によるものと考えられた。

(2) 堂平山観測所

堂平山におけるCO₂濃度の日平均値から堂平山におけるバックグラウンドデータの日平均値を引いた値と堂平山におけるNO_x濃度の日平均値との関係を図9に示した。こちらも期間は1992年4月から2002年2月までとした。堂平山においては、浦和と比べてNO_xの絶対量が少ないため、CO₂濃度とNO_x濃度との相関が低くなったが、夏季(7月)と冬季(1月)でそれぞれ比較すると冬季の方が相関が高かった。図1からも確認できるように、夏季にはバックグラウンドデータより低濃度のデータが存在しており、また観測装置の分析計出力の瞬時値を記録したアナログチャートにおいても低濃度側のピークが現れている。これは、周囲を森林に囲まれた堂平山においては、夏季には植生により盛んにCO₂が吸収され濃度が減少すると考えられ、その結果としてCO₂濃度とNO_x濃度との相関が低くなったと考えられた。

4 まとめ

堂平山におけるCO₂濃度の観測データからバックグラウンドデータを求め、同程度の緯度に位置する世界各地の観測所のバックグラウンドデータと比較したところ、他の観測所よりも高濃度であった。また、人口密集地域からの距離が近いと

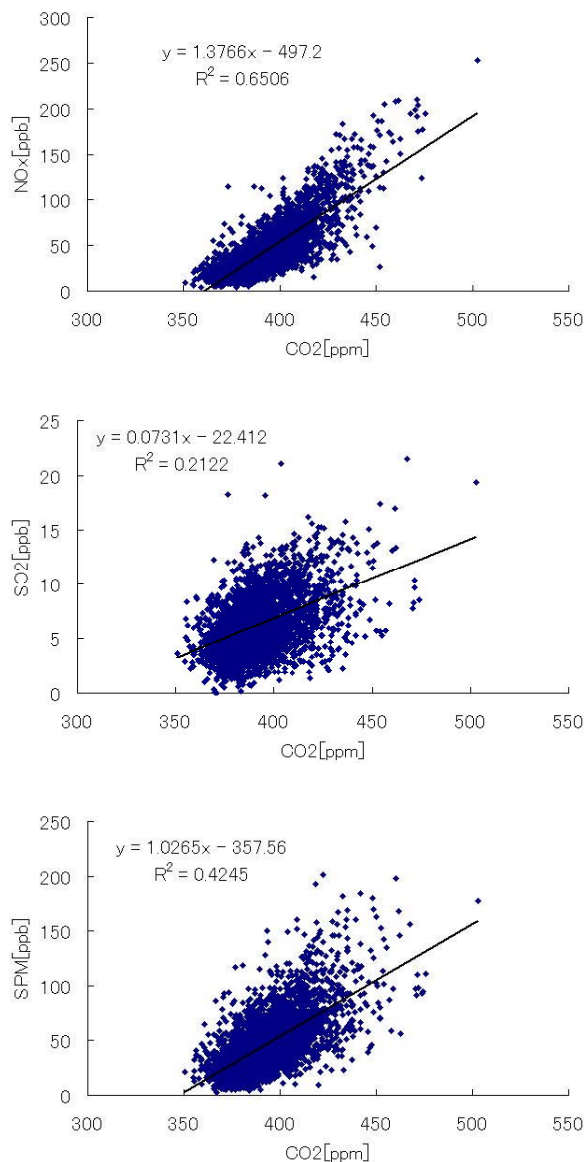


図7 大気汚染物質との関係(浦和)

思われる観測所ほどバックグラウンドデータが高濃度であり、季節変化の振幅も観測所により異なることが分かった。

CO₂濃度の観測データからCO₂濃度のバックグラウンドデータを差し引く補正を行い、NO_x等の大気汚染物質との関係を調べたところ、CO₂濃度の上昇や季節変化による影響が少なくなり相関が高くなることが確認された。また、観測所に近い地点のバックグラウンドデータで補正することで、相関が更に高くなることから、CO₂による局地的な影響を調べるためには、その観測所に近い地点のバックグラウンドデータを把握することが重要であると考えられた。

浦和においては、CO₂濃度と燃焼起源であるNO_x濃度との相関が高く、CO₂汚染の主な原因は燃焼によるものと考えられた。また、堂平山においては夏季にはCO₂濃度とNO_x濃度との相関が低くなり、植生の影響と考えられた。

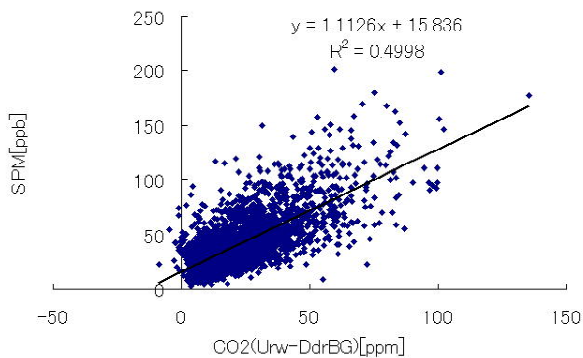
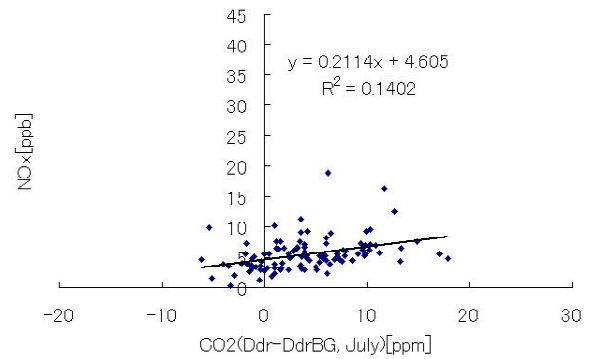
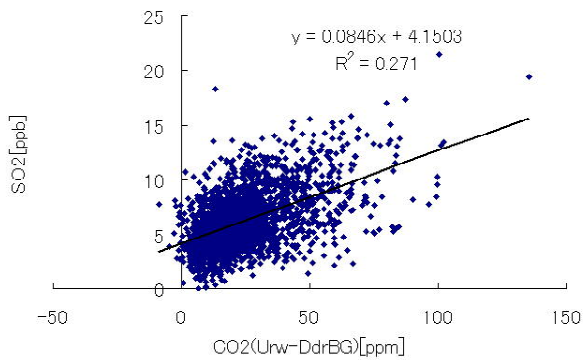
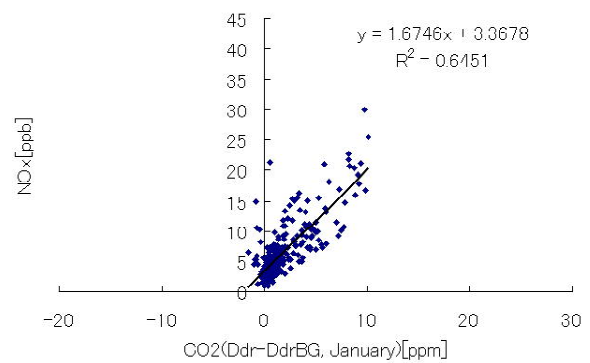
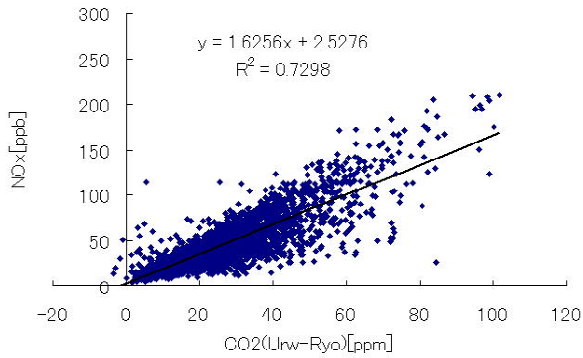
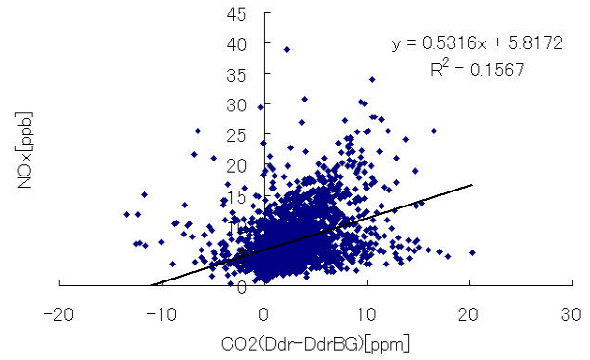
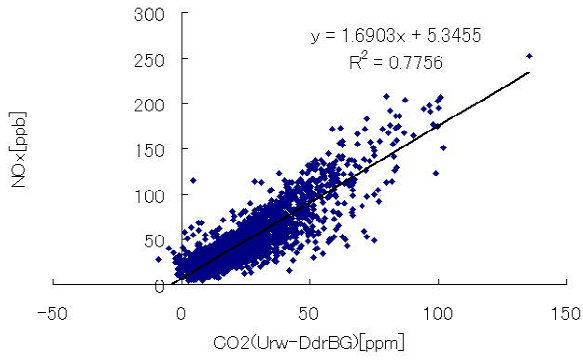


図8 大気汚染物質との関係 (補正あり、浦和)

図9 大気汚染物質との関係 (補正あり、堂平山)

文献

1) Pieter P. Tans, Kirk Thoning, Lee Waterman and Thomas Mefford, Atmospheric CO₂ monthly mean concentration,

Mauna Loa in: WMO WDCGG "Online Data Report", JMA, Tokyo.

2) Y. Tsutsumi, M. Yoshida, S. Iwano, O. Yamamoto, M. Kamada and H. Morishita, Atmospheric CO₂ monthly mean concentration, Ryori. in: WMO WDCGG "Online Data Report". JMA, Tokyo.

3) Wen Yupu and Zhang Xianchun, Atmospheric CO₂ monthly mean concentration, Mt. Waliguan. in: WMO WDCGG "Online Data Report". JMA, Tokyo.

4) T. J. Conway, P. and P. Tans, Atmospheric CO₂ monthly mean concentration, Mt. Waliguan. in: WMO WDCGG "Online Data Report". JMA, Tokyo.

5) T. J. Conway and P. P. Tans, Atmospheric CO₂ monthly mean concentration, Mt. Waliguan. in: WMO WDCGG "Online Data

- Report". JMA, Tokyo.
- 6) T. J. Conway and P. P. Tans, Atmospheric CO₂ monthly mean concentration, Niwot Ridge. in: WMO WDCGG "Online Data Report". JMA, Tokyo.
- 7) T. J. Conway and P. P. Tans, Atmospheric CO₂ monthly mean concentration, Southhampton. in: WMO WDCGG "Online Data Report". JMA, Tokyo.
- 8) T. J. Conway and P. P. Tans, Atmospheric CO₂ monthly mean concentration, St. David's Head. in: WMO WDCGG "Online Data Report". JMA, Tokyo.
- 9) P. Chamard, F. Artuso, L. De Silvestri, A. di Sarra, P. Grigioni, F. Monteleone and S. Piacentino, Atmospheric CO₂ monthly mean concentration, Lampedusa. in: WMO WDCGG "Online Data Report". JMA, Tokyo.
- 10) T. J. Conway and P. P. Tans, Atmospheric CO₂ monthly mean concentration, Terceira Island. in: WMO WDCGG "Online Data Report". JMA, Tokyo.

Atmospheric Carbon Dioxide Concentrations in Saitama Area

Yosuke MUTO and Natsumi UMEZAWA

Abstract

Atmospheric CO₂ concentration is high in the northern high and middle latitudes, and their amplitudes of the seasonal cycles are related to latitude. Comparing the background data of CO₂ concentration at the stations located nearby at north latitude thirty-five degrees, it seems that they are higher in populated areas, and their amplitudes of the seasonal cycles also differ in each station. Moreover, in the areas free from pollution, it is thought that there are little differences in concentration between continent and ocean and by altitude.

In order to evaluate the effects of human activities on CO₂ concentration, CO₂ concentrations which might be affected by human activities are obtained by subtracting the background data from the raw data of CO₂ concentrations measured in Saitama, and compared with concentrations of the other air pollutants, such as NO_x and SO₂. Consequently, the influences of increase and seasonal cycle of CO₂ concentrations are decreased, and the higher correlations with the air pollutants are observed. The correlation with CO₂ and NO_x whose main origin is combustion was high compared with the other air pollutants. However, in Mt. Dodaira, it became low in the summer and it was thought by the influence of vegetation.

Key words: CO₂, WMO, WDCGG