

令和3年度二酸化炭素濃度観測結果

1 背景

人間活動に伴い排出される二酸化炭素は、地球温暖化に対して最も影響の大きい温室効果ガスであり、1960年代の前半からWMO（世界気象機関）の主導により、世界各国で大気中の二酸化炭素濃度の定点観測が継続的に実施されてきた。これらは火山や離島など人為的汚染の少ない清浄な地域における二酸化炭素濃度を観測することを主な目的としており、大都市近郊において二酸化炭素濃度の高精度な観測が連続的に行われた例はなかった。そこで埼玉県では人為的な汚染の影響を把握するため、平成3年度から浦和観測所（さいたま市桜区上大久保 639-1）において、その翌年度から堂平山観測所において「地球環境モニタリング事業」の一環として二酸化炭素濃度の精密観測を開始した。さらに、旧公害センターから環境科学国際センターへの移転に伴い平成12年度から騎西観測所において観測を開始し、浦和観測所における観測は平成13年度で終了した。また、埼玉県における二酸化炭素の濃度や排出量の実態を総合的に把握するため、平成23年度から「ストップ温暖化・埼玉ナビゲーション2050推進事業」、令和2年度から「地球温暖化対策実行計画推進事業」の一環として観測を継続している。

二酸化炭素濃度の観測は、世界各国の長期間にわたる観測値を相互に比較するため、世界的な基準の統一が必要とされている。このため、日本国内においては、WMO標準ガスにより校正された二酸化炭素標準ガスを気象庁が管理し、各観測所の観測値のトレーサビリティが確保されている。埼玉県においても、気象庁の協力によりWMO標準ガスを基準とした観測を行っている。このような精密観測を行う観測所は国内に数地点しかなく、大都市近郊での観測データは、世界的にもあまり例がないため貴重なものとなっている。また、県内の観測結果は、WDCGG（温室効果ガス世界資料センター）へ定期的に提供しており、特に堂平山観測所のデータについては、気象庁が観測を行っている国内3地点の観測所のデータとともにWDCGGによる全球逆解析に利用され、地球全体の二酸化炭素濃度分布等が算出されている。本報では令和3年度までの観測結果について取りまとめを行った。

2 観測地点

- (1) 堂平山観測所 秩父郡東秩父村白石 601-2（東秩父局）
- (2) 騎西観測所 加須市上種足 914（環境科学国際センター）

3 観測期間

- (1) 堂平山観測所 平成4年4月～
- (2) 騎西観測所 平成13年1月～

4 観測方法

植生の直接的な影響を避けるため、地上約 20m の高さの所に設置された試料採取口から大気試料を採取する。大気試料は除塵及び 3 段階の除湿（最終段では -65°C 以下の露点温度まで）を行い、非分散型赤外線分析計（NDIR）に導入する。分析計からの出力電圧値は 1 秒毎にコンピュータに取り込み、30 秒間の平均値を得る。これを 1 データとし磁気ディスクまたはフラッシュメモリに記録する。二酸化炭素濃度への換算は、WMO 標準ガスと比較校正を行った国産標準ガス 4 本を 2 時間毎に分析計に流し、このときの濃度と出力の関係を示す二次式による検量線から未知の大気試料の二酸化炭素濃度を得る。なお、WMO 標準ガス濃度の更新により、今後も濃度の再計算が随時行われるため、報告データは全て暫定値である。

5 二酸化炭素濃度の算出方法

二酸化炭素濃度の各平均値は、大気汚染常時監視データの平均値の算出方法を参考に以下の手順に従い求めた。なお、WDCGG へ提供するデータについては、気象庁の観測所と同様に標準偏差等を用いてデータを選択し平均値を算出しているため、本報の算出結果とは異なっている。

- (1) 30 秒平均値から観測装置故障等による明らかな異常値を取り除く。
- (2) 毎正時から次の正時までの異常値を取り除いた 30 秒平均値を単純平均して 1 時間平均値を求める。ただし、1 時間内の 30 秒平均値のデータ数が 40 以下の場合はその 1 時間を欠測とする。
- (3) 1 時間平均値を単純平均して日平均値を求める。ただし、測定時間が 20 時間以上の日を有効測定日とする。
- (4) 有効測定日の日平均値を単純平均して月平均値を求める。
- (5) 4 月から翌年 3 月までの月平均値を単純平均して年度平均値を求める。

6 観測結果及び考察

参考までに浦和観測所における結果も同時に示した。

(1) 年度平均値

各観測所における年度平均値を表 1 に示した。令和 3 年度の平均値は堂平山で 424.86ppm、騎西で 436.65ppm となり、前年度と比べてそれぞれ 2.26ppm、1.95ppm 増加した。また、令和 3 年度の平均値は、堂平山よりも騎西の方が 11.79ppm 高く、人為的な排出源からの影響が大きいと考えられた。なお、令和 2 年度の平均値は、世界平均と比較して堂平山で 8.75ppm、騎西で 20.85ppm 高濃度であった。

(2) 月平均値の推移

各観測所における月平均値と 12 か月移動平均値を図 1 に示した。観測を開始してから全ての月において、人為的な排出源からの影響が大きいと考えられる騎西の月平均値が堂平山の月平均値よりも高濃度であった。

(3) 地点間の濃度差の推移

浦和及び騎西における移動平均値と堂平山における移動平均値の濃度差を図 2 に示した。騎西と堂平山における濃度差には減少傾向がみられ、県内から排出された二酸化炭素が減少したためと考えられた。

(4) 二酸化炭素濃度の季節変化

濃度の経年的な増加による影響を取り除いて季節変化を把握するため、月平均値と 12 か月移動平均値の濃度差を求め、それを月別に平均して図 3 に示した。堂平山においては、同程度の緯度に位置する世界各地の清浄地域の季節変化と同様に、4 月頃に極大となり 9 月頃に極小となる季節変化を示した。北半球中緯度の清浄地域では、春から夏にかけて植物の光合成により二酸化炭素が吸収されるため、地球規模で上記のような季節変化を示すとされている。一方、騎西においては、人為的な排出源からの影響を受けて、大気が安定して上空に拡散しにくくなる冬季に、二酸化炭素濃度が増加した。

(5) 二酸化炭素濃度の増加率

各観測所における二酸化炭素濃度の年度平均値から求めたそれぞれの重複する観測期間及び 10 年間ごとの増加率を表 2 に、5 年間ごとの増加率の推移を図 4 に示した。最も長期間での比較が可能な平成 13 年度から令和 2 年度までの増加率は、堂平山で 2.18ppm/年度、騎西で 2.09ppm/年度となり、世界平均の 2.20ppm/年度よりも小さかった。

同一地点における期間別の増加率にはある程度の差がみられたが、同一期間内で比較すると県内の地点別の増加率の差は少なかった。このことから、各地点における濃度増加の原因は、局地的な濃度増加の影響よりも、地球規模（東アジア）での濃度増加の影響の方が大きいと考えられた。また、図 4 に示した短期間での推移では、各地点の増加率が減少傾向にあるときには、浦和や騎西における増加率が堂平山における増加率よりも先に小さくなる傾向がみられたが、これは、県内からの排出量が減少傾向にあるとき、このような傾向となるためと考えられた。

表 1 二酸化炭素濃度の年度平均値及び前年度との差 (ppm)

年度	浦和	堂平山	騎西	世界平均※
平成 3	386.27			355.75 (1.13)
平成 4	384.89 (-1.38)	364.92		356.46 (0.71)
平成 5	385.37 (0.48)	365.90 (0.98)		357.48 (1.02)
平成 6	389.57 (4.20)	368.61 (2.71)		359.09 (1.61)
平成 7	391.86 (2.30)	371.09 (2.48)		361.05 (1.96)
平成 8	392.74 (0.87)	372.42 (1.33)		362.52 (1.48)
平成 9	394.49 (1.76)	373.03 (0.61)		363.98 (1.45)
平成 10	397.77 (3.28)	376.96 (3.93)		366.83 (2.85)
平成 11	395.94 (-1.82)	377.02 (0.06)		368.50 (1.67)
平成 12	399.09 (3.14)	379.06 (2.04)		370.01 (1.51)
平成 13	401.02 (1.93)	379.97 (0.91)	392.94	371.56 (1.56)
平成 14		382.31 (2.34)	395.96 (3.02)	373.67 (2.11)
平成 15		385.40 (3.09)	398.47 (2.51)	376.02 (2.35)
平成 16		385.93 (0.54)	400.62 (2.15)	377.70 (1.68)
平成 17		389.78 (3.84)	403.92 (3.30)	380.00 (2.30)
平成 18		392.82 (3.05)	405.57 (1.65)	381.88 (1.88)
平成 19		392.85 (0.02)	406.72 (1.15)	383.93 (2.05)
平成 20		394.52 (1.67)	407.79 (1.06)	385.82 (1.89)
平成 21		396.15 (1.64)	409.24 (1.45)	387.41 (1.59)
平成 22		399.53 (3.37)	412.30 (3.06)	389.72 (2.31)
平成 23		399.99 (0.46)	414.34 (2.04)	391.59 (1.88)
平成 24		402.70 (2.71)	414.69 (0.35)	394.00 (2.40)
平成 25		405.31 (2.61)	417.61 (2.92)	396.54 (2.55)
平成 26		406.37 (1.06)	419.82 (2.21)	398.52 (1.98)
平成 27		410.28 (3.91)	423.24 (3.42)	401.09 (2.57)
平成 28		412.81 (2.52)	424.40 (1.16)	404.23 (3.14)
平成 29		415.50 (2.69)	427.61 (3.21)	406.37 (2.14)
平成 30		417.54 (2.04)	430.36 (2.75)	408.67 (2.30)
平成 31・令和元		419.84 (2.30)	431.91 (1.55)	411.33 (2.66)
令和 2		422.60 (2.76)	434.70 (2.79)	413.85 (2.52)
令和 3		424.86 (2.26)	436.65 (1.95)	

※ Global monthly mean mole fractions (WDCGG 提供) より算出

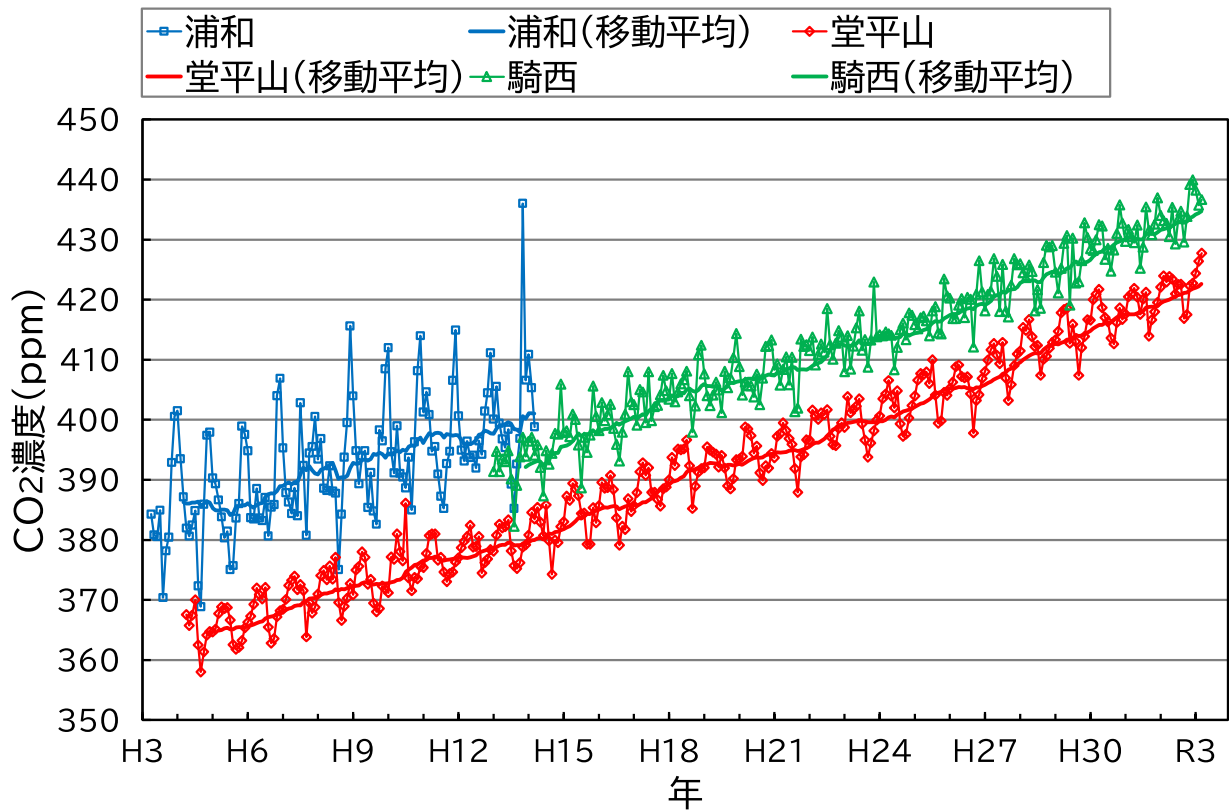


図1 二酸化炭素濃度の月平均値の推移

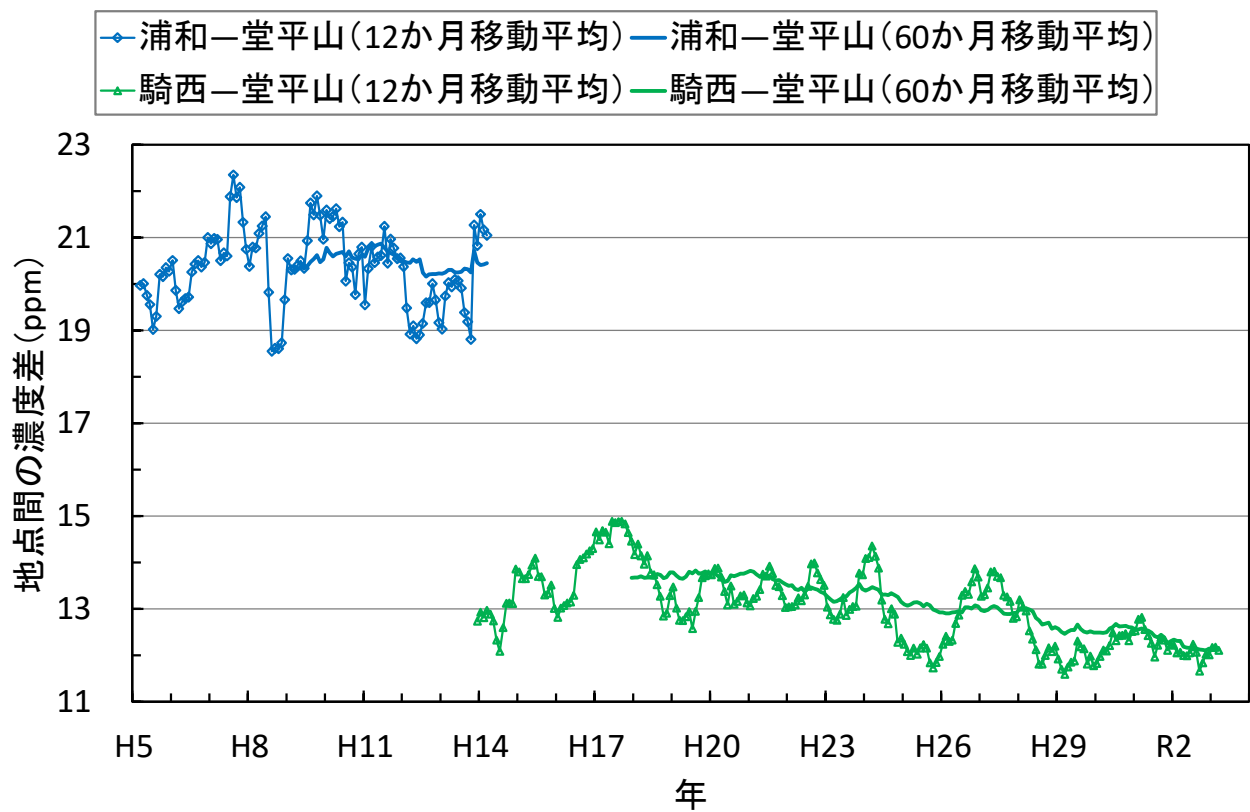


図2 二酸化炭素濃度の地点間の濃度差の推移

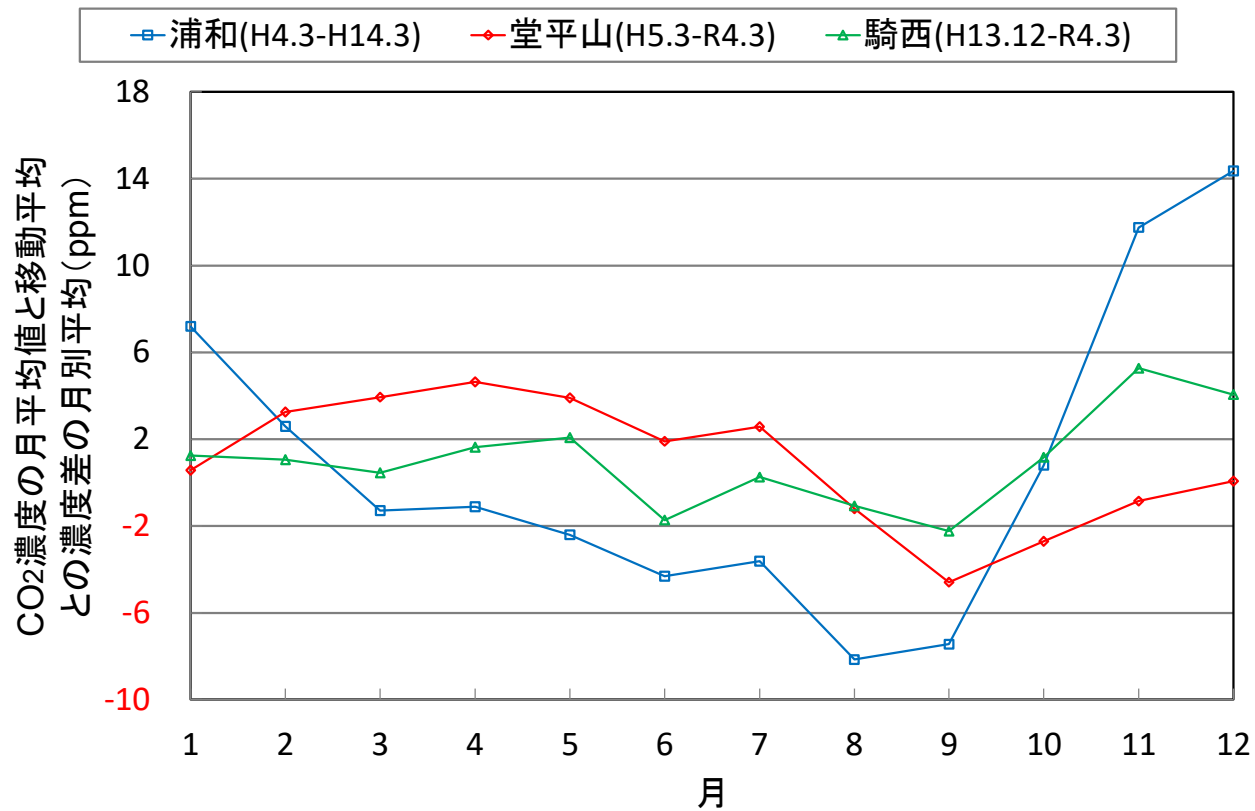


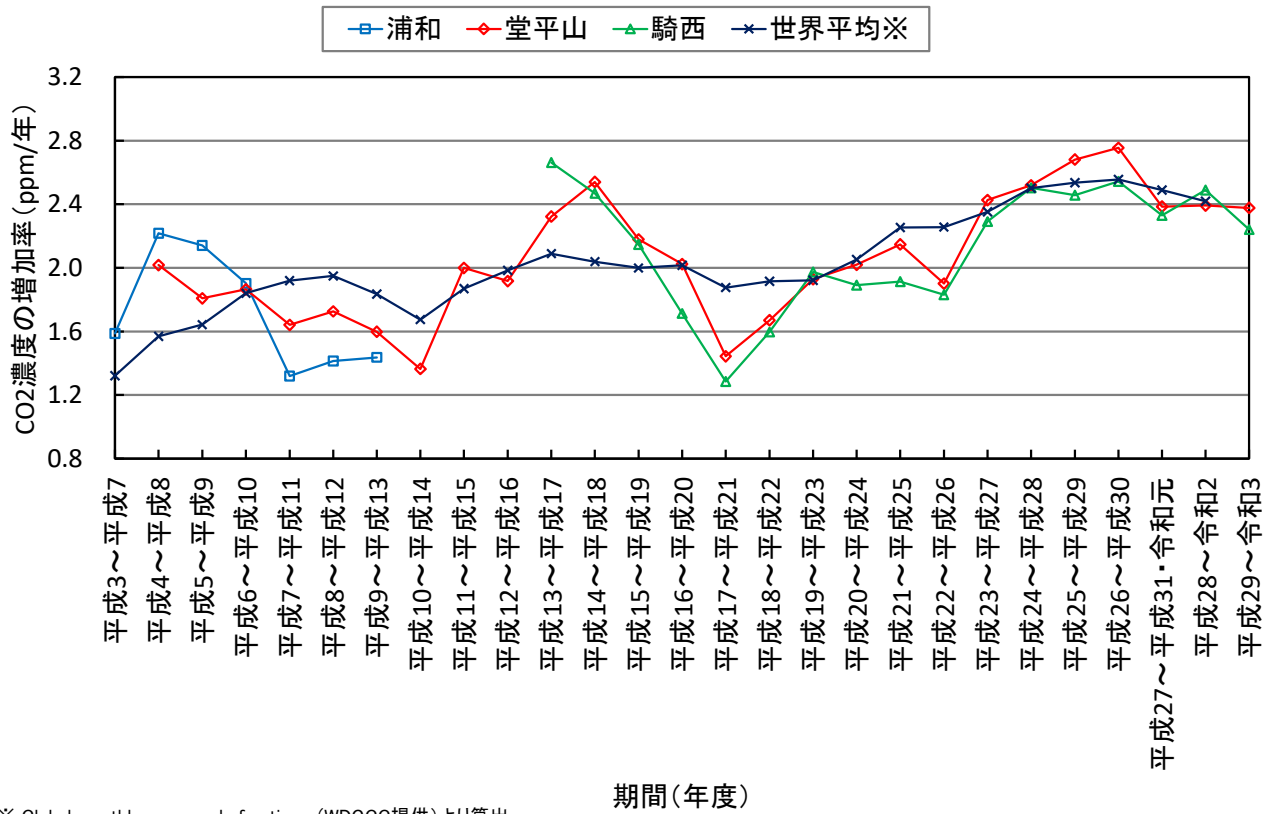
図3 二酸化炭素濃度の季節変化

表2 二酸化炭素濃度の増加率 (ppm/年度)

年度	浦和	堂平山	騎西	世界平均※
平成4～平成13	1.77	1.74		1.75
平成13～令和2		2.18	2.09	2.20

年度	浦和	堂平山	騎西	世界平均※
平成3～平成12	1.64			1.67
平成4～平成13	1.77	1.74		1.75
平成5～平成14		1.73		1.81
平成6～平成15		1.73		1.85
平成7～平成16		1.71		1.87
平成8～平成17		1.85		1.92
平成9～平成18		2.02		1.94
平成10～平成19		1.99		1.93
平成11～平成20		2.07		1.97
平成12～平成21		2.03		1.99
平成13～平成22		2.07	2.02	1.99
平成14～平成23		1.96	1.93	1.97
平成15～平成24		1.91	1.79	1.98
平成16～平成25		1.95	1.76	2.03
平成17～平成26		1.85	1.76	2.06
平成18～平成27		1.98	1.93	2.12
平成19～平成28		2.19	2.04	2.23
平成20～平成29		2.31	2.17	2.32
平成21～平成30		2.38	2.28	2.39
平成22～平成31・令和元		2.40	2.28	2.43
平成23～令和2		2.51	2.38	2.48
平成24～令和3		2.50	2.44	

※ Global monthly mean mole fractions (WDCGG 提供) より算出



※ Global monthly mean mole fractions (WDCGG提供)より算出

図4 二酸化炭素濃度の増加率の推移