

二酸化炭素濃度の地域格差に関する検討

早福正孝* 古明地哲人 岩崎好陽 小峯美奈子**
(*現環境評価部 **非常勤研究員)

要 旨

東京とバックグラウンド地点における1994年から2001年までの二酸化炭素濃度の地域格差について検討した。1994年から2001年までの都内とバックグラウンドの二酸化炭素濃度の平均増加率は約0.5%/年であるが、近年の増加率は鈍化傾向にある。各観測地点間の年平均濃度は非常に高い相関を示した。

月別濃度変化を見ると、都内は初冬に高濃度を示し、バックグラウンド地点は春季に高濃度を示した。1日の最高・最低濃度の差は、都内はバックグラウンド地点の12.6～4.7倍であった。日中の濃度の減少・増加速度から、都内の二酸化炭素濃度はその地域の植物の多少に影響を受け、バックグラウンド地点は海洋の影響を受けている可能性が示された。

キーワード：二酸化炭素、地域格差、濃度変動、バックグラウンド

1 はじめに

地球温暖化に寄与する温室効果ガスは、地球温暖化京都会議（C O P 3）で削減割合等を定めた議定書は採択されたが、その発効については未だに国際合意に至っていない。温室効果ガスの中でも、発生量の最も多い二酸化炭素については、各国ともその削減対策には苦慮している。

削減対策が効果を上げたかどうかは、最終的には大気中の二酸化炭素濃度の低下という形で現れる。二酸化炭素は、物質としては化学的に安定した物質であり、地球レベルではかなり均一化した濃度を示すが、観測地域の特性により濃度に差が生じる。都内3ヵ所で観測してきた観測結果については既に報告してきたが^{1,2)}本稿では、世界的に見ても大都市といえる東京の二酸化炭素濃度の地域格差を検討するために、気象庁が綾里、南鳥島、及び与那国島で観測しているバックグラウンドレベルの結果と併せて比較考察した。

2 調査方法

(1) 観測地点、観測高さ及び観測期間

調査は、図1に示す4地点で行った。各地点の概要は次の通りである。

A：江東（環研）；準工業地域ではあるが、近隣に永代通りと明治通りの幹線道路がある。採取は東京都環境科学研究所屋上（採取高さ約33m）。

B：新宿（都庁）；商業地域である副都心の都庁屋上で観測を行った（採取高さ約230m）。観測は平成10年度をもって終了した。

C：町田（能ヶ谷）；郊外の住宅地域であり田園地域でもある（採取高さ約18m）。観測は平成10年度をもって終了した。

D：檜原；東京都西方の山岳部に位置する。周囲は約1,000mの山並みに囲まれており、スギ、ヒノキ等の樹林帯の中にあり、観測地点周囲には少数の民家が点在化している（標高約450m）。観測は檜原大気汚染常時測定室で行った。観測は平成12年10月から平成13年7月までの、森林の影響をみるために臨時特別観測として行った。

平成14年度現在観測を継続しているのは、江東のみである。

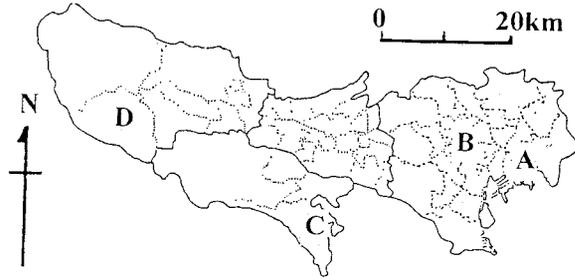


図1 観測地点図

表1 各地点の年平均値の比較

年	単位: ppm					
	江東	町田	新宿	綾里	南鳥島	与那国島
'93	381.5	380.2	374.9	359.2	357.9	—
'94	386.7	383.7	377.6	361.6	359.8	—
'95	386.9	385.9	379.8	363.6	361.6	—
'96	391.4	387.5	382.5	365.2	363.5	—
'97	391.8	387.8	384.6	366.4	364.8	366.0
'98	397.4	397.5	389.8	369.4	367.4	369.1
'99	394.2	—	—	371.3	369.1	370.8
'00	396.6	—	—	372.7	370.4	372.0
'01	395.9	—	—	373.4	371.8	373.5

(2) 測定方法

測定は、非分散赤外線吸収法（島津製）で行った。

測定範囲は、320～1020ppm

(3) データ処理

江東、町田、新宿のデータは既にデータブック³⁾に年度単位で処理された形で毎年刊行されている。本稿では、気象庁のバックグラウンド地点である綾里、南鳥島、与那国島との比較を行うため、年度を年単位の値に変換処理した。綾里の年平均の公表値は暫定値として扱われていた時期があり、値が年によってわずかに異なっていたため、気象庁に問い合わせ確定値となったものを扱った。綾里、南鳥島、与那国島の各種のデータ処理は、公表されているCD-ROM等⁴⁻⁷⁾のデータを用いて行った。

増加（約0.8%）は1997年から1998年への大規模なエルニーニョによるものとされている。⁷⁾ 一方都内3地点の1998年も、前年に比べ江東1.4%、町田2.5%、新宿1.4%の観測開始以来の最大の増加となった。この都内の増加率からバックグラウンドの増加率を差し引いて都内の増加率を補正しても、江東と新宿は約0.6%、町田は約1.7%の大きな増加となった。1999年の江東は、前年に比べ-0.8%の大幅な減少となった。この年度の各地の一般大気汚染測定室の浮遊粒子状物質濃度は急激な減少を示した。この原因は、夏季の気象（風速）が大きな影響を与えたものとされており⁸⁾ CO₂もその影響を受けたものと推測される。この9年間の濃度の平均増加率（表2）は、江東、綾里、南鳥島、与那国島のいずれも約0.5%/年である。しかしながら、ここ数年の増加は、表2に示すように、それ

3 結果と考察

(1) 経年変化

表1に、東京都が観測を開始してからの年平均値を載せてある。併せて気象庁が観測している綾里、南鳥島、与那国島の3地点をバックグラウンド地点として、同時期の観測結果を載せた。

綾里は1987年、南鳥島は1993年、与那国島は1997年から観測されているが、本稿では東京都が観測を始めた1994年以降のデータについてのみ扱った。檜原のデータは年平均値を求めるだけの観測期間がないため省略した。表中の都内の3カ所の濃度は、観測期間中ほぼ江東>町田>新宿の濃度順であった。

近年における江東とバックグラウンド地点との濃度比較では、江東はバックグラウンドの約1.06倍（'99～'01年）である。1993年から2001年までの9年間で、江東は14.4ppm、綾里が14.2ppm、南鳥島が13.9ppm増加した。バックグラウンド地点の1998年の大幅な濃度

表2 年増加率の経年変化

	単位: %					
	江東	町田	新宿	綾里	南鳥島	与那国島
'94	1.4	0.9	0.7	0.7	0.5	—
'95	0.1	0.6	0.6	0.6	0.5	—
'96	1.2	0.4	0.7	0.4	0.5	—
'97	0.1	0.1	0.5	0.3	0.4	—
'98	1.5	2.5	1.4	0.8	0.7	0.8
'99	-0.8	—	—	0.5	0.5	0.5
'00	0.6	—	—	0.4	0.4	0.3
'01	-0.2	—	—	0.2	0.4	0.4
平均	0.5	0.9	0.8	0.5	0.5	0.5

以前に比べやや鈍化傾向を示すようになってきているのがわかる。大気中のCO₂の観測で最も注目されるのは、濃度の経年変化であるため、この結果が削減対策の効果によるものか、気象的な影響なのかは、今後の観測結果を見極める必要がある。

各観測地点における年平均値間の関連を示したのが、表3である。表中、町田-与那国島及び新宿-与

那国島は、合致した観測期間が短いため割愛した。江東一与那国島は相関が非常に低いが、これは両地点の同時観測期間が少なく、かつ江東の近年の濃度変動の大きさが原因となっている。その他の組み合わせではかなりの相関が高い。特にバックグラウンドの3地点の相関は非常に高い。これは、これらの観測地点は概して近傍の大きな発生源の影響を直接受けることが少ないため、濃度変動幅が小さく、かつ年々増加していることによる当然の結果と思われる。2地点間の関連を、例えば綾里(X)と南鳥島(Y)を相関式で表すと、

表3 観測地点間の相関

年	江東	町田	新宿	綾里	相関係数R ²	
					南鳥島	与那国島
江東						
町田	0.918					
新宿	0.964	0.940				
綾里	0.871	0.911	0.986			
南鳥島	0.862	0.895	0.989	0.997		
与那国島	0.388	-	-	0.990	0.998	

$$Y = 0.964X + 11.367 \quad (R^2 = 0.997)$$

となり、一地点から他地点の濃度が推測可能なほど相関が高い。同様に都内の江東(X)と現在観測されていない町田や新宿(Y)の年平均値の関連を見てみたのが、図2である。図中の式から、江東の年平均値に比べ町田は約0.5%、新宿は約2%濃度が低いことが推測される。

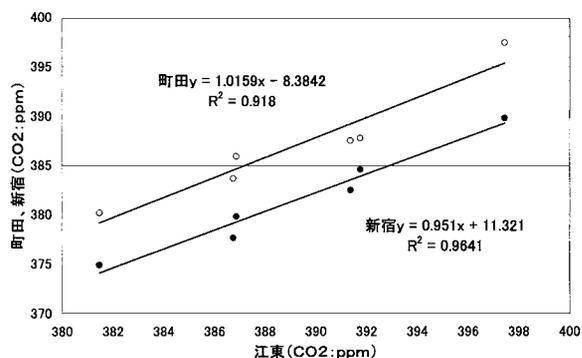


図2 CO₂年平均値の観測地点間の関連

(2) 月変化

図3、4に都内、図5にバックグラウンドの月別濃度の平均割合を示す。縦軸は、12ヵ月における各月の濃度割合の通年平均値を示している。いずれも9月に年間の最低濃度比を示している。江東・町田とバックグラウンドの大きな違いは江東・町田が冬季に最高濃度を示すのに対して、バックグラウンドは春季に最高濃度を示すパターンを示している。江東と町田のパターンは二酸化窒素や浮遊粒子状物質等の大気汚染物質と同様に、初冬の気象安定度の高い時期に発生する高濃度現象と同類の現象といえる。バックグラウンド地点は直接的な人為的な影響を受けることが少ないた

クグラウンドの大きな違いは江東・町田が冬季に最高濃度を示すのに対して、バックグラウンドは春季に最高濃度を示すパターンを示している。江東と町田のパターンは二酸化窒素や浮遊粒子状物質等の大気汚染物質と同様に、初冬の気象安定度の高い時期に発生する高濃度現象と同類の現象といえる。バックグラウンド地点は直接的な人為的な影響を受けることが少ないた

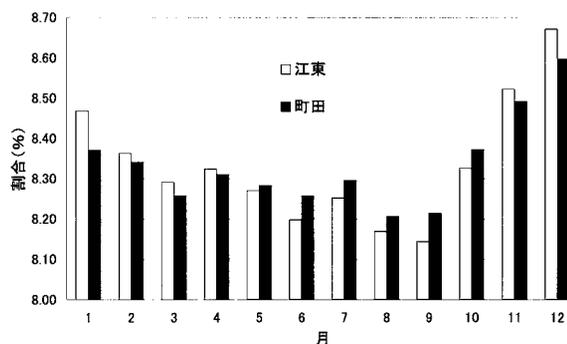


図3 江東と町田の月別濃度の割合 ('94~'98)

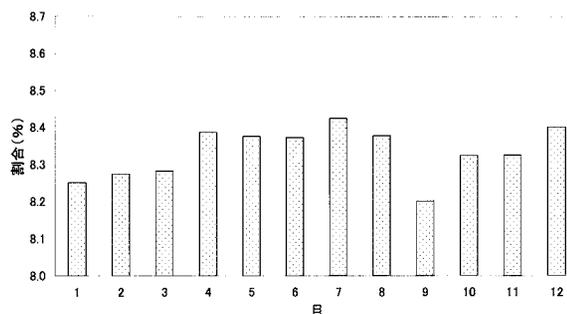


図4 新宿の月別濃度の割合 ('94~'98)

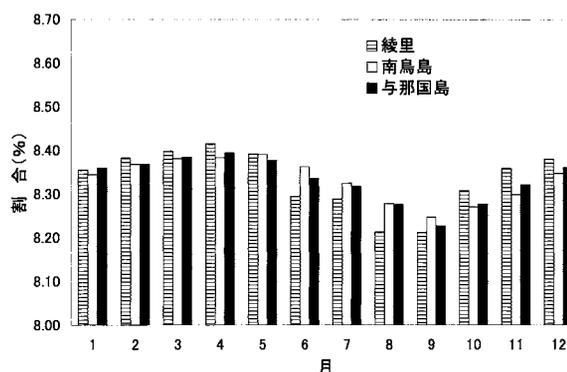


図5 バックグラウンドの月別濃度の割合 ('97~'00)

め、陸域におけるCO₂の吸収と放出のサイクルは、植物の成長活動によって、春から夏にかけてCO₂の吸収力が活発となることにより大気中のCO₂濃度が低下し、夏から冬にかけて植物からのCO₂の放出が大となり大気中のCO₂濃度が増加する季節変化を繰り返す。⁹⁾ 一方、海域におけるCO₂の吸収と放出は、海域の温度及び植物プランクトン等が海水中のCO₂分圧 (PCO₂) にかなり影響を与えている。概して、冬季から春季にかけてPCO₂の減少、春季から夏季にかけてPCO₂の増加するが、海域により不確定さが多いとされている。¹⁰⁾ 都内の月別濃度変化は、基本的には陸域におけるバックグラウンド濃度変動に冬季の高濃度が上乗せになったものと考えられる。しかし、新宿は江東・町田のパターンよりもむしろバックグラウンドのパターンに近い結果を示している。これは高所の観測地点のため、自動車排ガス等の直接的な影響を受けにくい反面、杉山ら¹⁾が指摘しているように都庁の南方向の発生源の影響を受けている可能性がある。あるいは、近隣の高層ビル群からの排ガスによる可能性もあるが、バックグラウンドのパターンになる原因については、現時点では不明である。

(3) 経時変化

陸域の植物は、CO₂の吸収と放出を繰り返している。その影響を受けて大気中のCO₂濃度は1日の中で増減を繰り返している。従って、CO₂は観測地点の周囲の環境によってその影響の度合いは異なるものと推測される。その影響の度合いを経時変化から見てみる。

各観測地点の平均濃度の経時変化を図6、7に示す。CO₂濃度の1日の中の経時変化は、植物の炭酸同化作用と密接な関係があることは周知のことである。太陽が昇るに従って植物は炭酸同化作用を始め、大気中のCO₂を吸収することによって、CO₂の炭素 (C) を体内に取り込み、一方酸素を大気へ放出する。夜間は葉の呼吸によりCO₂を放出する。これらの一連のサイクルにより大気中のCO₂濃度は、通常日中の低濃度、夜間の高濃度というパターンを示す。山岳部の檜原や緑の多い郊外の住宅地域である町田はこのパターンを示している。都内各地点の濃度変化は図6に示すように14時から16時頃に最低濃度を示す場合が多い。特異的なパターンを示しているのが新宿である。都庁屋上約230mの高所の観測地点新宿は、近隣に大きな公園

がいくつかあるが、樹木によるCO₂の吸収・放出パターンは見られない。地上には自動車を始めとした数多くの排出源があるが、その直接的な影響よりも遠方からの移流¹⁾による影響が大きいものと思われる。江東も8～9時には近隣の交通の影響を受けていることが示されている。バックグラウンド地点は檜原や町田と類似の増減パターンを示している。

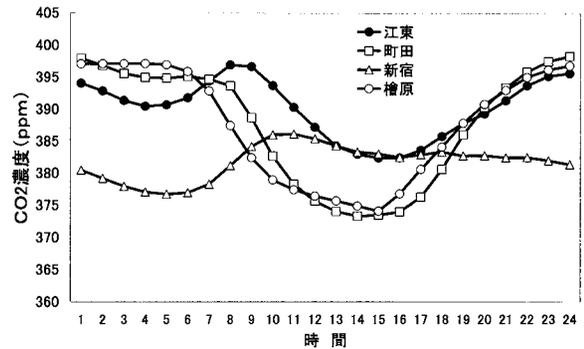


図6 地点別濃度の経時変化 (都内) ('94~'98、檜原は'00~'01)

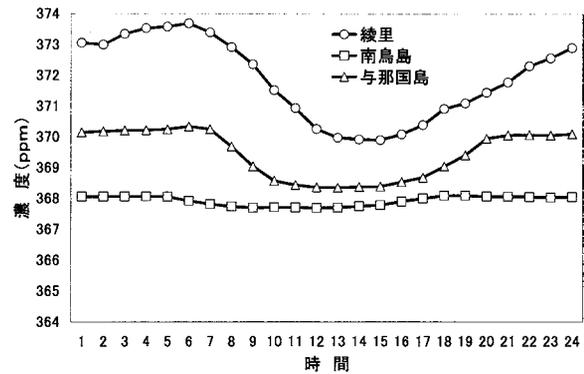


図7 地点別濃度の経時変化 (バックグラウンド) ('97~'01)

1日の中における最高値と最低値の差は、都内では江東14.6ppm、町田25.1ppm、新宿9.4ppm、檜原23.0ppmで、バックグラウンドでは綾里3.8ppm、南島島0.4ppm、与那国島1.9ppmである。町田と檜原は格差の大きいことがわかる。都内の格差はバックグラウンド3地点の平均2.0ppmに対して12.6(町田)~4.7(新宿)倍にもなる。

この午前中の減少速度と午後後の増加速度を図6、7から求めたのが表4である。これは森林地域であれば樹木や土壌のCO₂の吸収・放出に相当すると見なせる。

表4 CO₂の減少速度（午前）と増加速度（午後）

単位: ppm/hr

	午前	午後	[午前-午後]
江東	-3.1	1.9	1.2
町田	-5.2	4.6	0.6
新宿	-1.0	—	—
檜原	-5.3	3.5	1.8
綾里	-0.66	0.37	0.29
南鳥島	-0.12	0.10	0.02
与那国島	-0.56	0.42	0.14

これは図中濃度変化の最大傾斜から求めたものである。午前の負号は大気濃度の減少を意味する各地点間の減少速度の大小は、前述の最高・最低値の格差に相当する大きさになっている。午前の減少（吸収）速度は、太陽高度が高くなるにつれ光合成活動により大きくなるが、太陽高度が低くなる午後は樹木からの呼吸によるCO₂の放出により大気中のCO₂濃度の増加速度は高くなっていく。都内の減少・増加速度はその地域の植物の多少による大きさを示しているものと考えられる。午前と午後の速度は同一ではなく、いずれの地点も午前の方が大きい。午前と午後の差をとると表4の右欄の値になる。これは植物であれば吸収・放出の差だけ植物に蓄積される結果となる。排ガスの影響が少なく、森林や土壌の影響が大きい山岳部の檜原の蓄積量が大きい。江東の値は午前中の排ガスの影響が現れているため大きめに出的ものと思われる。バックグラウンド地点は観測地点の周囲の状況から見ると陸上植物よりも海洋の影響が大きいものと思われる。

4 まとめ

都内4地点と気象庁が観測しているバックグラウンドの3地点9年間の観測結果からCO₂の観測地点の格差について検討を加えた。その結果以下のことが明らかとなった。

- 1) 1994年からの各年のCO₂増加濃度の平均増加率は江東、綾里、南鳥島、与那国島（97～）のいずれも約0.5%/年であり、これらの観測地点のここ数年の増加率は鈍化傾向にある。
- 2) 各観測地点間の年平均濃度の相関は、1例を除いて極めて高い結果が得られた。
- 3) 都内とバックグラウンドの月別濃度の割合を見ると、都内は大気安定度の高い初冬に高濃度になるの

に対して、バックグラウンド地点は春季に高濃度を示した。

- 4) 1日の経時変化における最高・最低濃度の差は、都内はバックグラウンド地点の12.6～4.7倍の格差があった。
- 5) 午前と午後の濃度の減少・増加速度から、都内ではその地域の植物の多少に大きな影響を受け、バックグラウンド地点は海洋の影響を受けている可能性が示された。

5 おわりに

現在東京都は強力に地球温暖化対策を進めているが、最終的にはこれが大気環境濃度に反映されなければならない。現在CO₂の観測を継続している江東は、他の地点に比べ濃度レベルは高いが、江東の年増加率の変動がバックグラウンド地点と類似した動きを示している。これらのことは、フロンガス削減対策効果が観測結果で裏付けられたように¹¹⁾、同一地点の観測を継続すれば大都会であっても、CO₂の削減対策効果の判定が可能であることを示しているといえる。

本調査は、環境局総務部計画課より執行委任を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) 杉山 孝一ら：地球環境物質に関する調査研究（第二報）東京都環境科学研究所年報、p.267-274（1995）
- 2) 古明地 哲人ら：都市における二酸化炭素の濃度特性、東京都環境科学研究所年報、p.235-241（1993）
- 3) 東京都環境科学研究所：地球環境関連データ集（平成7年度版～平成12年度版）
- 4) 気象庁：気象・海洋環境観測報告（第2号；C D - R O M）、2002年3月
- 5) 気象庁：地球温暖化監視レポート（1994）
- 6) 気象庁：同上（1995）
- 7) 気象庁：気候変動監視レポート、(1996)～(2001)
- 8) 東京都環境局：大気汚染常時測定結果解説（平成11年度）
- 9) 国立環境研究所等：森林の二酸化炭素吸収の評価手法確立のための大気・森林相互作用に関する研究（環境省地球環境研究総合推進費終了研究報告書）

平成11年度～平成12年度

- 10) 国立環境研究所等：北太平洋の海洋表層過程における二酸化炭素の吸収と生物生産に関する研究（環境省地球環境研究総合推進費終了研究報告書）平成8

年度～平成12年度

- 11) 小峯美奈子ら：生産中止後の都内のフロンの大気濃度について、東京都環境科学研究所年報、p.129～134（1999）

Study on the Area Differences of Carbon Dioxide

Masataka Soufuku* , Tetsuhito Komeiji

Yoshiharu Iwasaki , Minako Komine**

*Environmental assessment division

** Associate researcher

Summary

The area differences of carbon dioxide concentration in Tokyo and background points in Japan from 1994 to 2001 were analyzed. The average rate of carbon dioxide concentration in Tokyo and background points were about 0.5% / year from 1994 to 2001, and the rates of increase in the recent years are becoming the slowdown trends. The average annual concentrations among each observation points showed very high correlation.

The monthly concentration trends indicated that high concentrations were winter season as for Tokyo and spring season as for background points. The differences of maximum and minimum concentration in a day showed that Tokyo was from 12.5 to 4.5 times as against the background points. From the decreasing and increasing velocity of the carbon dioxide concentration in the daytime and nighttime, the concentrations of carbon dioxide in Tokyo are considered to be receiving the influence to the quantity of the plants, and at the background points receiving the influence of the ocean.

Key Words :Carbon Dioxide , Area Difference, Concentration Fluctuation, Background