

愛知県における光化学オキシダント日最高濃度の重回帰分析

山野内 隆英 林 博之 伊藤 勝巳 佐藤 公喜

愛知県における光化学スモッグの監視に資するために、オキシダント濃度の日最高値の重回帰分析による推定を試みた。2006年から2008年の県内日最高値を示したことのある44局について重回帰分析を行った。年ごとの監視体制強化期間の全データによる回帰係数を、当該年へ適用した場合の相関は低く、2007年が最も低かった。このため、2006～2008年の複数年のデータを季節変化に対応した期間で分割して、期間ごとに回帰係数を求め、対応する期間のデータに適用した。得られた回帰係数による推定値は、2006～2008年のデータに対しては比較的相関が高かったが、2009年のデータでは低い相関であった。2009年の推定値と実測値との誤差の大きい日について、天気図や気象状況等を解析したところ、午前と午後の気象状況が大きく変化する日が多かった。相関の低かった2007年はラニーニャ現象、2009年はエルニーニョ現象が起きており、梅雨の期間等の状況が平年と異なっていた。このため、期間分割の方法の見直しや天候の日間変動を見込んだ係数の選択を行う必要があると考えられた。

キーワード 光化学オキシダント，重回帰分析，日最高値，濃度推定

1 はじめに

愛知県では、大気汚染の常時監視を行うと共に、光化学オキシダントの被害防止のため、愛知県光化学スモッグ緊急時対策要綱及び愛知県光化学スモッグ緊急時対策取扱要領に基づき予報や注意報等を発令するなどの業務を実施している。また、特にオキシダント濃度が高くなることの多い夏期には、休日等においても、緊急時対策に万全を期することのできるような監視体制をとることとしている。

この期間（以下「監視強化期間」という）に環境調査センターでは、県大気環境課の行う監視業務の参考とするために、当日のオキシダント濃度が、どの程度上昇するかについて予測を行っている。この予測は、午前10時半までに大気環境課へ送付することになっている。

予測内容は、県内オキシダント測定局全局を対象に、当日のオキシダント濃度レベルの最高値が表1に示す3段階のいずれの濃度レベルになるかを推定するものである。測定局数は年によって異なるが、2009年度では76局（政令指定都市分を含む）であった。

濃度レベルの予測は、当日の気象状況やオキシダント濃度等の大気汚染データを利用して実施するが、当日の予測確定時刻までに入手可能なデータのみで判定を行う必要があるという制約がある。



図1 解析を実施した大気汚染測定局の位置

表1 予測レベルの範囲

予測レベル	オキシダント日最高濃度
レベル1	0.08ppm未満
レベル2	0.08ppm以上 0.12ppm未満
レベル3	0.12ppm以上

オキシダント生成は光化学反応であり、日照等の気象条件が重要な要素となるため、天気図²⁾、天気予報、

レーダー観測結果，雲の衛星画像³⁾等が最も重要な判定要素である．

一方，入手可能なデータに制限はあるものの，大気汚染測定データや風向，風速，気温等の数値データもその日の気象状況を反映しており，また，最近の気象予報に関する技術の進歩により予測精度が高くなっていることから，これらのデータを利用してオキシダント濃度を直接推定できないかと考え，重回帰によるオキシダント日最高濃度の推定を試みた．

2 方 法

利用したデータは，名古屋地方気象台から送付される，10時の大気汚染気象通報の最大混合層高度，9時の視程及び天気予報の風向，高層観測[RSMのGPV値000イニシャル 850hPa]の気温，風向，風速，量的予想(名古屋)の最高気温，平均風速，最大風速とその風向，予想日照時間並びに県の大気汚染監視システムの測定局ごとの汚染物質の濃度データのうち，O₃，NO，NO₂，SPM，NMHC及び気温，湿度，風向，風速の1時間値である．なお，NMHC，気温，湿度，風向，風速は測定していない局が存在する．気象概況は東海地方，天気予報は愛知県/西部に関するものである．

重回帰式の一般形は $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 \cdots$ のように各独立変数と回帰係数の1次結合で表される．既知の $X_1, X_2 \cdots$ を使用して係数 $b_1, b_2 \cdots$ 及び定数 a 等を重回帰分析で求めておき，新たな $X_1, X_2 \cdots$ を使用して未知の Y を推定するものである．重回帰分析には多変量解析ソフトウェアのSTATISTICAを使用した．

解析対象は過去に県最高濃度を示したことのある44の測定局とした．図1に解析を実施したオキシダント測定局の位置を示す¹⁾．

解析期間は2006年から2008年における「監視強化期間」とした．「監視強化期間」の開始日終了日は年によって多少異なっている．

また，2009年のデータを用い，得られた回帰式の適用性について検討した．

日最高値の推定値の計算にはMicrosoft Excelを用いた．

3 結果と考察

3.1 従属変数と独立変数

対象測定局の局ごとの気象データ及び汚染物質の濃度データと気象台からの気象通報データを用い，重回帰分析を実施した．

いくつかの局で，従属変数(目的変数)を測定局ごとのオキシダント濃度日最高値とした場合と，県全体のオキシダント濃度の日最高値とした場合について検討した．その結果，後者の方が高い相関を示す傾向が大きかった．

気象通報のデータは全局で共通であるため，局地的な気象状況よりある程度広域的な気象条件の方がオキシダント濃度に強く影響しているのではないかと考えられた．予測の目的は，県全体のオキシダント濃度の日最高値を知ることであるため，以下の解析では県全体の日最高値を従属変数とすることとした．

独立変数は，2で述べたように，気象通報の地上の気象，高層気象等のデータ及び各測定地点における気象及び光化学オキシダント生成反応に關与する大気汚染物質の濃度とした．

オキシダント濃度は午後に濃度が最高値となることが多いが，予測は午前中に行うため，予測実施時刻に得られる実測データの他に，気象台提供の気象予報値を独立変数として採用した．

測定局の大気汚染物質の濃度データは，当日の朝の変化率を盛り込むため，オキシダント濃度は午前6時から9時の間の各時間値，その他の汚染物質及び気温等の気象データは6時及び9時の値を採用することとした．

風速データは風向の寄与を取り込むため，風速を南北及び東西方向のベクトルに分解して数値化した．また，オキシダントは，気象条件によっては前日に蓄積したものが夜間にあまり低下せず，翌日の濃度上昇が比較的高いレベルから開始される場合があることから，前日の県内のオキシダント日最高濃度も変数として取り入れた．

風向風速をベクトル分割したこともあり，独立変数の数が多くなった．しかし，未測定項目が存在する測定局での相関が低くなること，利用した全項目を測定している局で独立変数を取捨選択して検討したところ，いずれも全ての変数を取り入れた方が相関は高くなること，日最高値の推定値の計算は，気象台からの気象通報データの入力以外は，Excelの関数とVBAでほぼ自動化しデータの入力作業に関する負担は少ないことから，予測精度を上げるため前述した全項目を独立変数として採用することとした．

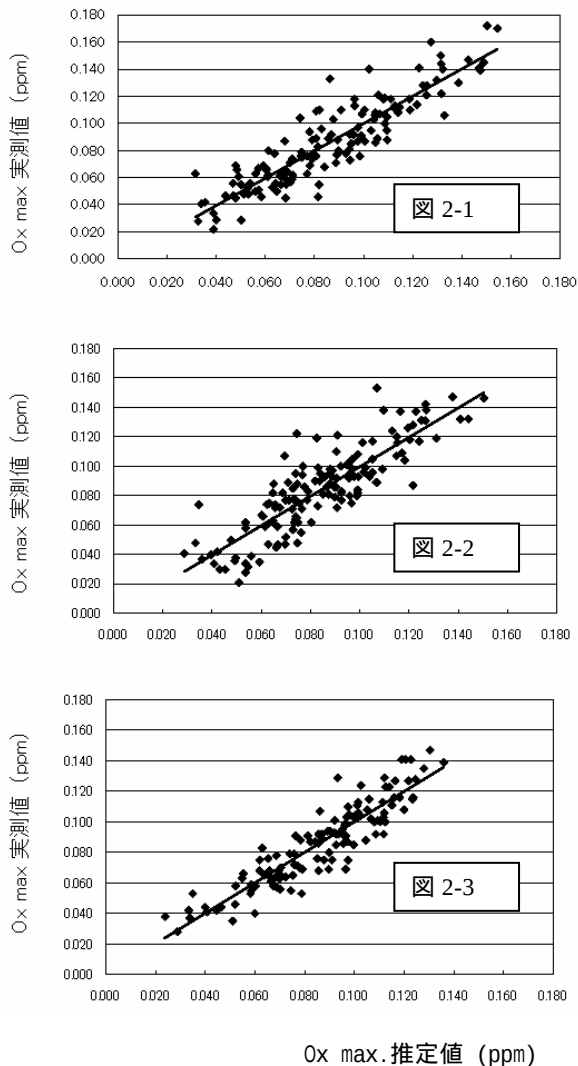


図2 「監視強化期間」全期間の回帰式による国設名古屋局の推定値と各年の県日最高値の実測値の散布図

(図 2-1：2006，図 2-2：2007，図 2-3：2008 年)

3.2 単年データによる重回帰分析

2006 年から 2008 年の年別の「監視強化期間」全期間のデータを使用して，解析対象とした測定局ごとに重回帰分析を実施し回帰係数を求めた．その中で，気象データの測定場所である名古屋地方気象台と近接し，測定局での未測定項目が無く，比較的回帰の相関が高かった国設名古屋局のデータでの単年度データによる回帰結果について述べる．

国設名古屋局の推定値と県日最高値の回帰結果は，2006 年では重相関係数が 0.90，2008 年では 0.91 となり，2007 年では 0.86 と他の 2 年に比べて低かった．図 2 に国設名古屋局の推定値と各年の県日最高値の実測値の散布図を示す．

ところで，リアルタイムで重回帰分析による値の推定を行うためには，事前に得られたデータにより，あらかじめ重回帰係数を求めておく必要がある．そこで，2006 年の回帰係数を用い 2007 年のオキシダント日最高値の推定値を計算した．実測値との重相関係数は 0.73 とあまり良い相関は示さなかった．2008 年への適用も重相関係数は 0.75 と相関は低かった．このような，「監視強化期間」全データによる回帰係数の低い適用性は他の局でも同様であった．2007 年の単年度係数の適用については次節で述べる．

3.3 複数年データによる重回帰分析

3.3.1 解析期間の分割

以上の結果から，単年の「監視強化期間」全期間のデータによる回帰係数では，複数年に対応できないことがわかった．また，気象要因等が異なるため，複数年のデータを全て使用して単一の回帰係数を求めても誤差が大きくなるだけであると考えられる．

ところで，実際の予測業務では，得られた回帰係数は複数年に亘ってある程度精度よく適用できる必要がある．そこで，季節の推移に伴う気象状況の変化に着目して，回帰式を作成する期間を分割した．分割期間ごとに複数年のデータをまとめて回帰係数を求め，推定値を求める月日に相当する期間の係数を用いて推定値を計算する方式を試みた．

2006～2008 年の 3 年分データ(以下 3 年データという)を使用する場合は，分割期間を次の 5 分割とした．1：初夏，気候の特徴(移動性高気圧、低気圧)期間(04/24～06/15)，同様に，2：梅雨のはしり(梅雨前線，北の高気圧の方が優勢)(06/16～07/10)，3：梅雨の終わりから盛夏(太平洋高気圧が優勢)(07/11～08/15)，4：晩夏(台風、低気圧、秋雨前線)(08/16～09/05)，5：初秋(秋雨前線、移動性高気圧)(09/06～10/10)．

また，図 2 に示したように，2007 年と 2006 及び 2008 年ではオキシダントの濃度分布異なる要因が含まれている可能性がある．そこで，2007 年を除いた 2006 と 2008 年の 2 年分のデータ(以下 2 年データという)及び 2007 年「監視強化期間」全体のデータ(以下 1 年データという)で 3 種の回帰係数求めた．以下この回帰係数による式も，同様に「1 年データ係数」のように呼ぶ．2 年分データの組み合わせでは，他に 2006-2007，2007-2008 の組み合わせがあるが，2006-2008 の組み合わせの相関が一番大きかった．

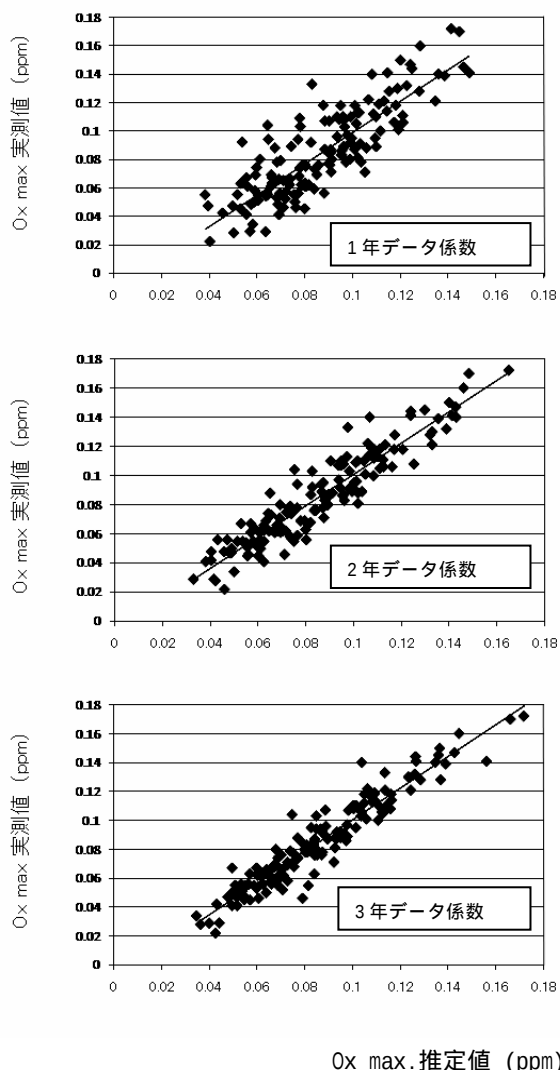


図 3-1 3 種の回帰式による推定値と実測値
(2006 年)

2 年データの場合、分割期間を 5 分割とすると重回帰分析に必要なデータ数が不足する期間があるため、次の 4 分割とした。1: 初夏、気候の特徴(移動性高気圧、低気圧)期間(04/24~06/10)、同様に、2: 梅雨(梅雨前線)(06/11~07/20)、3: 夏期(太平洋高気圧)(07/21~08/25)、4: 初秋(秋雨前線、移動性高気圧)(08/26~10/10)。

3. 3. 2 推定値の要約法

3.3.1 で述べた 3 種のデータの組み合わせで解析対象局の重回帰分析を実施し回帰係数を決定した。

従属変数は、回帰実施局ごとの日最高値及び県全体の日最高値の 2 種類が考えられたが、県全体の日最高値の方が相関が高かったため、これを従属変数とした。得られた重回帰係数を使用して、2006 年から 2008

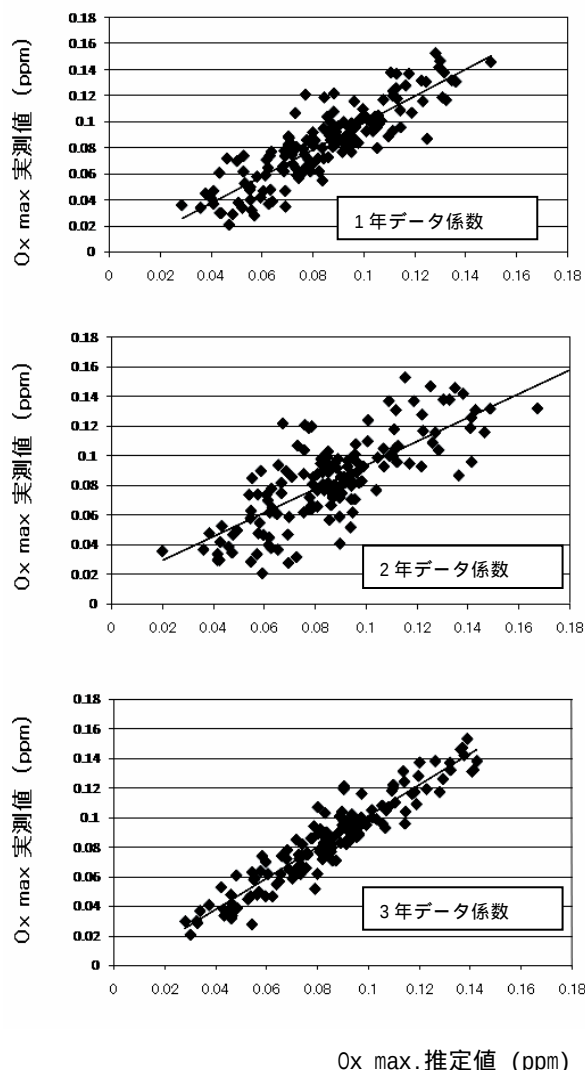


図 3-2 3 種の回帰式による推定値と実測値
(2007 年)

年の独立変数を用い、局ごとに日最高値の推定値を求めた。

ところで、推定値は解析対象局の数だけ生成されるため、これを要約して県日最高値の推定値とする必要がある。その方法として次のような要約法とその問題点が考えられた。

1: 全局の平均値。欠点は、あまり相関が高くない局も含まれる。2: 相関の高い特定の局の推定値を用いる。欠点はその局のデータに欠測があると推定値が得られない。3: 相関の高い局の平均値。欠点はデータの組み合わせと年により対象局が変化する。4: 局別推定値を用いてさらに重回帰分析をおこなう。欠点は 1 局でもデータがそろわないと推定値が得られない。ここでは基礎的な解析を行うため、1: の全局の平均値を推定値とし、実測されたオキシダント県日最高値と比較する

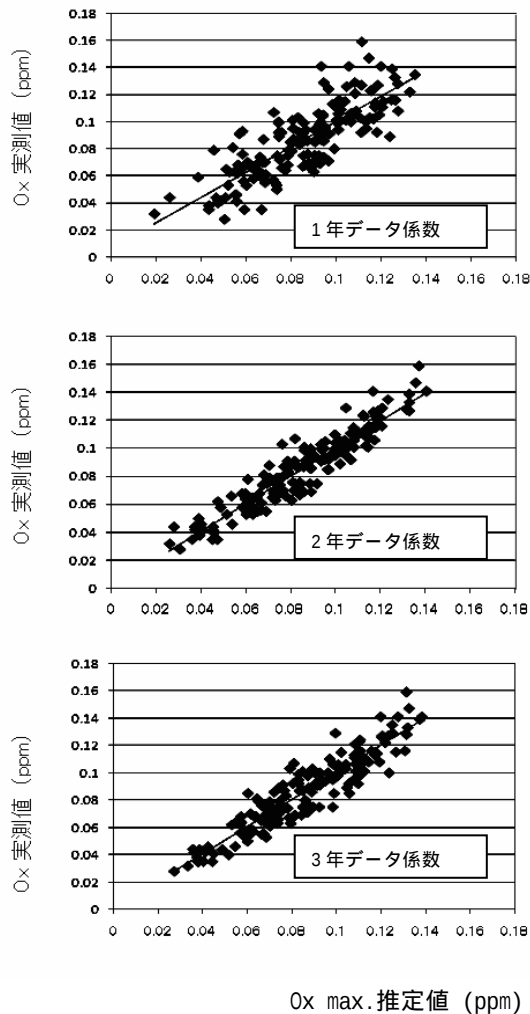


図3-3 3種の回帰式による推定値と実測値
(2008年)

表2 2006～2008年の3種の回帰係数による回帰結果
の相関係数とレベル的中率

年度	項目	式	1年データ係数	2年データ係数	3年データ係数
2006	的中率(%)		77.7	91.4	87.1
	レベル的中日数		108	127	121
	予測日数		139	139	139
	相関係数		0.84	0.96 ㊟	0.94
	抽出局数		44	43	43
2007	的中率(%)		81.3	70.1	81.9
	レベル的中日数		117	101	118
	予測日数		144	144	144
	相関係数		0.87	0.77	0.94 ㊟
	抽出局数		44	44	44
2008	的中率(%)		69.7	85.2	83.2
	レベル的中日数		108	132	129
	予測日数		155	155	155
	相関係数		0.81	0.94 ㊟	0.93
	抽出局数		43	44	43

こととした。

3.3.3 2006～2008年データへの適用

2006～2008年のデータについて、3種の回帰係数で

計算した推定値と実測値の散布図を図3に、相関係数及び濃度推定値をそのまま濃度レベルの推定値とした場合の予測レベルの的中率を表2に示す。

各年で一番相関が高かった回帰式に を付けてある。欠測データが存在するため、回帰による推定値が得られなかった局が存在し、推定値計算に使用した局数は各年と期間で異なっている。

相関係数は、2006年では、2年データ係数、3年データ係数のいずれも0.94を超えたが、2007年の2年データ係数での相関は、年と係数の組み合わせの中で一番低かった。しかし、同年の3年データ係数での相関は高く、また、2008年では、3年データ係数での相関は0.92とやや低いものの、2年データ係数の場合の0.94と共にかなり好い相関を示した。

1年データ係数は2007年の「監視強化期間」全期間のデータでの回帰結果の係数であるため、3年の中では2007年での相関が一番大きかったが2006及び2008年と同様低い相関であった。

2007年の2年データ係数の場合を除くと、2年データ係数、3年データ係数での相関が、1年データ係数の場合より大きくなった。このことから、複数年のデータを、季節の推移を考慮した期間に分割し回帰係数を作成する方法が有効であると思われる。また、2007年における2年データ係数の相関が特に低いことから、2007年と2006年及び2008年とでは気象状況が異なっていると考えられた。一方、3年データ係数では、2007年においても好い相関を示したことから、適用範囲の広い回帰係数を求めるには、気象状況の異なる年のデータ含む必要があると考えられた。

3.3.4 2009年データへの適用

3.3.1で述べたように、回帰式を濃度予測の目的で使用するため、回帰係数は予測実施以前のデータで作成されている。従って、得られた回帰式を利用する場合は、回帰係数の算出に含まれない期間のデータで回帰式の有効性を検証する必要がある。そこで2006～2008年のデータで決定した回帰係数を2009年のデータに適用した。2009年の有効解析対象局は46局である。

2009年データの推定値と実測値の散布図を図4に、相関係数と予測レベルの的中率を表3に示す。

2009年では、3種の回帰係数とも相関係数は0.8を下回り相関は低かった。係数の種類では1年データでの相関が最も高く、期間分割が最も多い3年データ係数の場合が最も低かった。

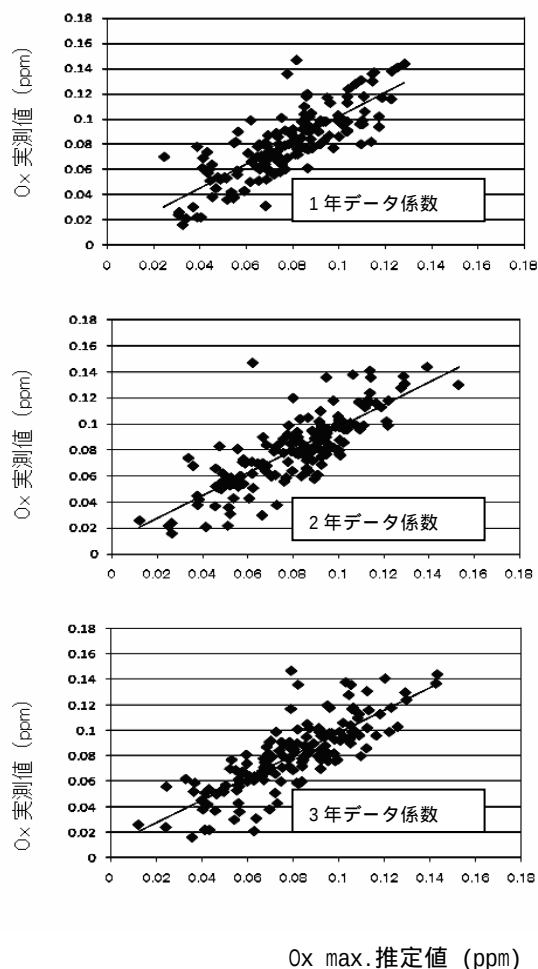


図4 2009年の3種の回帰式による推定値と実測値

表3 2009年における3種の回帰係数による回帰結果の相関係数とレベルの中率(解析対象全局の平均値)

年度	項目	式	1年データ係数	2年データ係数	3年データ係数
2009	的中率(%)		73.7	71.2	71.8
	レベル的中日数		115	111	112
	予測日数		156	156	156
	相関係数		0.79	0.78	0.76
	抽出局数		44	46	46

表4 2009年における3種の回帰係数による回帰結果の相関係数とレベルの中率(2009年データでの相関係数 ≤ 0.72 の12局の平均値)

年度	項目	式	1年データ係数	2年データ係数	3年データ係数
2009	的中率(%)		75.0	70.5	74.4
	レベル的中日数		117	110	116
	予測日数		156	156	156
	相関係数		0.79	0.77	0.80
	抽出局数		12	12	12

比較する数値が全局の平均値であるため、相関が低くなっている可能性もあったので、各年で相関の高い局を選択し、その平均値でも相関を計算した。その結果、やや相関は高くなったが各年で相関の高い局は異なっていた。比較する局を同一とするため2009年の3年データでの相関係数が0.72以上を示した12局の平均値で他の年の相関も計算したが、表4に示すように相関は低かった。

3.3.5 2009年データでの誤差の原因の解析

2009年においては、いずれの回帰係数でも相関が低かったことから、その原因の解析を試みた。

相関係数の大小は実測値と推定値の絶対誤差の大きさによるため、12局の平均値による推定値での絶対誤差が大きかった日の気象状況について天気図、気象衛星の写真及び気象データ等を解析した。

2009年の解析対象日156日のうち、絶対誤差が0.018ppm以上の日は43日あり全体の28%であった。そのうち推定値が実測値より高い正の誤差であった日は22日、推定値の方が低くなった負の誤差であった日は21日であった。

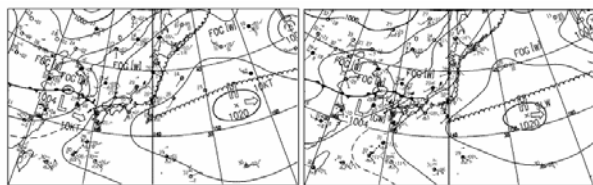
正の誤差を示した日のうち、実測値が0.080ppmを超えたレベル2の日は5日で、残り17日はレベル1であった。レベル3の日は無かった。

天気図と気象状況を見ると、レベル2になった日は、午前中に比べ午後に東海地方での気圧傾度が大きくなった日が多かった。このため、風が強くなりオキシダントの蓄積が進行しなかったものと考えられた。また、午後に雲が発達し、日照が無くなった日もあった。

レベル1となった日は、雨となった日が(1mm以下の雨も含む)16日あった。また、午後に風が強くなるが多かった。このことから、推定値より実測値が低くなったのは、日照が無くなること、降雨によるウォッシュアウト及び風による散乱等が主な原因ではないかと思われた。

正の誤差であった日の9時から15時までの天気図を解析すると、本州南海上に前線が停滞し前線上を低気圧が移動する、東海地方上に前線が停滞している、東海地方に西から前線が延びてくる、東海地方を前線が西から東へ通過する、又は、南北に移動する、東海地方上の前線が消滅する、台風の影響で風の強さや方向が大きく変化する等の現象が見られた。

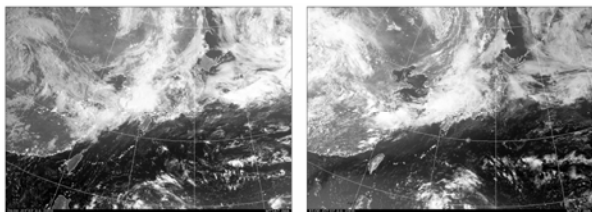
次に、特に誤差の大きかった日について、気象状況の変化を例示する。



09 時(JST)

15 時 (JST)

図 5-1 2009/7/7 の地上解析天気図（部分）



09 時(JST)

15 時 (JST)

図 5-2 2009/7/7 の気象衛星写真（可視）

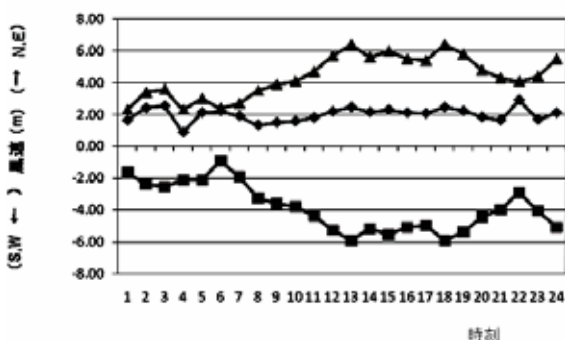


図 5-3 2009/7/7 の名古屋における風の強さ

（○：風速，□：風速のEW成分 ■：風速のNS成分）

正の誤差であった日のうち誤差の一番大きかった日は、2009/7/7 で、推定値 0.063ppm に対して、実測値は 0.021ppm であった。2009/7/7 の 09 時及び 15 時（JST 以下同じ）の地上解析天気図（部分）を図 5-1 に、気象衛星写真（可視）を図 5-2 に示す。

この日は、午前中は太平洋上の高気圧の縁にあったが、黄海にあった低気圧が西進し、前線が西から延びてくるとともに、気圧傾度が大きくなり、風が強くなった。

図 5-3 に 2009/7/7 の名古屋における風の強さと、風を NS（北南）成分と EW（東西）成分の強さに分けた風の強さの時系列変化を示す。風向成分は N 及び E が正の値である。風は 7 時まではあまり強くなかったが、13 時まで次第に強くなった。風向成分をみると東からの風で東西成分は 1 日中あまり強さに変化がなかつ

たが、南からの成分が強くなっていた。

一方、負の誤差であった日のうち、レベル 3 になった日は 8 日、レベル 2 であった日は 9 日、レベル 1 が 4 日であった。このうち誤差が 0.050ppm を超えた日が 2 日（7/12、8/29）あり、いずれも実測値はレベル 3 であった。

このうち、2009/7/12 の気象状況は、9 時には黄海北部に低気圧がありこれから延びる梅雨前線が、山陰から東海道沖に伸びていた。低気圧は東北東へ進み、前線が北上して、15 時には東海地方は日本の南に中心を持つ太平洋高気圧に覆われ、本州上の前線は消滅した。天気は午前中曇り、午後は薄曇りであった。2009/7/12 の天気図を図 6-1 に、衛星写真を図 6-2 に、名古屋での風の強さの時系列図を図 6-3 に示す。

2009/7/12 の風は 15 時まで弱く、朝方は南南東が主であったが、10 時から 15 時までは徐々に南から北に変わり、15 時以降はまた南の成分がやや強くなった。

2009/8/29 は、2009 年の解析したデータの中で誤差が一番大きく、推定値 0.079ppm とレベル 1 の値であったが、実測値は 0.147ppm とレベル 3 まで上昇し誤差は 0.068ppm となった。

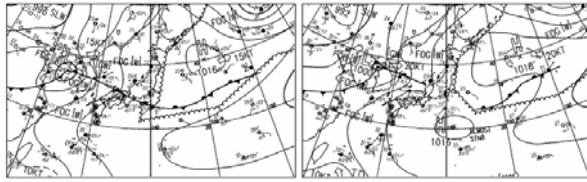
この日は、午前 3 時には本州西岸に沿って寒冷前線があり、北海道付近から東北にかけて気圧の谷となっていた。前線は次第に南下し、9 時には本州中央部に達した。その後次第に太平洋高気圧に覆われてきて、15 時には岐阜県南部以南の前線が消滅した。このため、名古屋では 9 時頃は雨であったが、12 時には快晴となり、午後には晴れて日照が強くなった。風は、8 時まで弱く、9 時から 15 時まで次第に西からの成分が強くなった。

負の誤差であった日における、その他の気象状況の特徴は、天気図上では気圧傾度が低く、朝方から 14、15 時まで風が弱かった、午前中雨で午後は晴れた、午後に煙霧が発生した、前線や高圧部の移動等が起きオキシダント濃度が上昇しにくい、又は上昇しやすい気圧配置に変化した等であった。また、夏の期間にあたっているが、天気図を見ると梅雨型の気圧配置である日が 3 日あった。

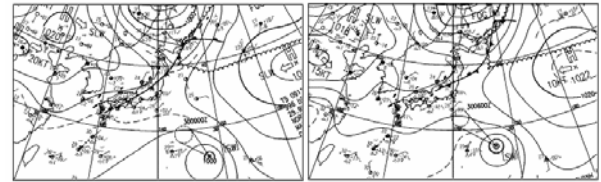
以上に例示したような、日中の気象状況の大きな日変化が誤差の原因となっていた。

3. 3. 6 誤差の発生する原因と精度向上対策

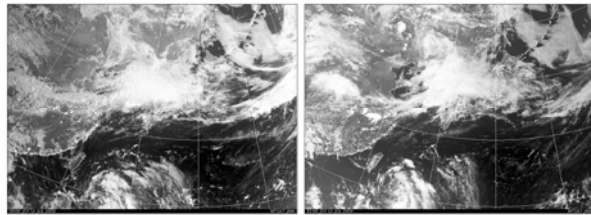
前節では、誤差の特に大きかった日について例示し、誤差が起きた原因と考えられる事項について述べた。



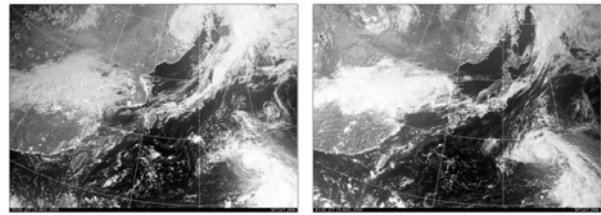
09 時(JST) 15 時 (JST)
図 6-1 2009/7/12 の地上解析天気図（部分）



09 時(JST) 15 時 (JST)
図 7-1 2009/8/29 の地上解析天気図（部分）



09 時(JST) 15 時 (JST)
図 6-2 2009/7/12 の気象衛星写真（可視）



09 時(JST) 15 時 (JST)
図 7-2 2009/8/29 の気象衛星写真（可視）

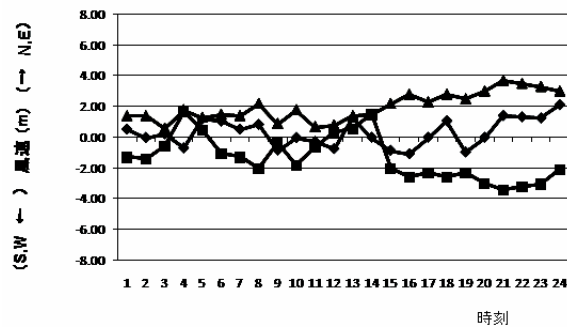


図 6-3 2009/7/12 の名古屋における風の強さ
(○：風速，△：風速のEW成分 ■：風速のNS成分)

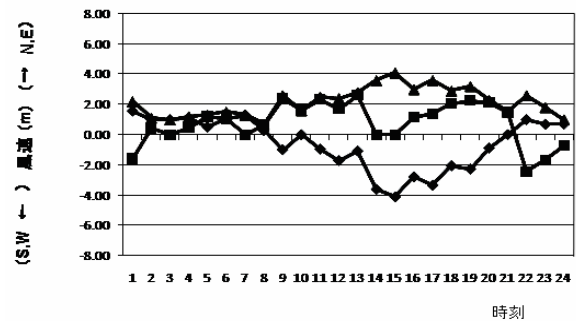


図 7-3 2009/8/29 の名古屋における風の強さ
(○：風速，△：風速のEW成分 ■：風速のNS成分)

誤差の大きい日には、前線や台風の影響による天候不順、午前と午後の気象状況の大きな変化等が考えられた。

2009 年に特に誤差が大きい日が多かった理由を探るため 2006～2009 度の気象の特徴について調査した。気象庁による各年の東海地方における梅雨の統計情報⁴⁾とエルニーニョ、ラニーニャの発生状況⁵⁾を表 5 に示す。

単年度データによる回帰での推定値と実測値とのばらつきが大きかった 2007 年には、ラニーニャ現象が起きており、梅雨の期間は平年と大きく変わらなかったが、梅雨期の降水量が平年に比べ大きくなっていた。

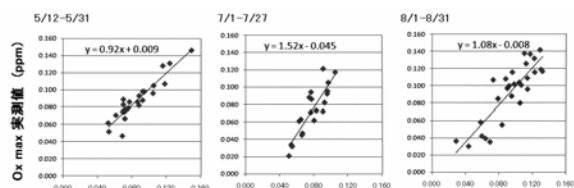
回帰式には降雨の影響を取り込む変数がないため、降雨が激しい場合、推定値より実測値の方が小さくなる傾向がある。図 3-2 に示した 2007 年の 1 年データ係数による散布図を梅雨前（5/12-5/31）梅雨後期（7/1-7

表 5 東海地方の梅雨の統計情報とエルニーニョ，ラニーニャの発生状況

年	東 海		梅雨の時期の降水量の年平均比（地域平均値）(%)	梅雨の期間（日）	気象庁エルニーニョ監視速報
	入り	明け			
2006年	6月8日ごろ	7月26日ごろ	101	49	基準値並み
2007年	6月14日ごろ	7月27日ごろ	126	44	ラニーニャ
2008年	5月28日ごろ	7月12日ごろ	75	46	基準値並み
2009年	6月3日ごろ	8月3日ごろ	104	61	エルニーニョ
平 年	6月 8日ごろ	7月20日ごろ	100	43	-

/27) 及び梅雨明け後（8/1-8/31）に分割してプロットした散布図を図 8 に再掲する。

プロットを推定値（Y）と実測値（X）の単純な 1 次回帰とみた場合、回帰直線の回帰式は、梅雨前は $Y=0.92X+0.009$ 、梅雨明け後は $Y=1.08X+0.008$ と、傾きが 1 に近かったが、梅雨後期では $Y=1.52X-0.045$ と大きく異なっていた。



Ox max. 推定値 (ppm)

図8 2007年の1年データ係数による散布図
(期間分割: 5/12-5/31:7/1-7/27:8/1-8/31)

平年であった2006年の梅雨後期における同じ1年データ係数による回帰式は、 $Y=1.06X-0.008$ 、2007年は $Y=1.052X+0.000$ 、2009年は $Y=0.98+0.007$ であった。同じ回帰係数を使用した回帰結果においてこのような違いが見られたことから、2007年度の梅雨時期は、平年と異なる気象状況を示し、これが相関係数に影響したと考えられた。このことから、オキシダント濃度レベルの予測実施にあたっては、天気予報や気象衛星等の情報から、推定される降雨の強度等を推測し、使用する回帰係数を選択する必要があると思われる。

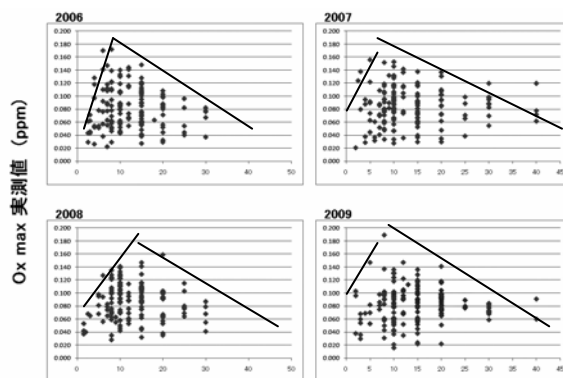
一方、特にばらつきの大きかった2009年は、エルニーニョ現象が起きており梅雨の期間が長くなっていた。また、梅雨以降も天候不順が多く、前線の発生や台風の接近等による天候の変動も特徴的であった。

天候の変化の指標として、日中の天気がある。天気が曇りから後に雨と変化するとオキシダント濃度の予測に大きく影響すると考え、名古屋における各年の6月及び7月の天気の変化を気象庁の気象統計の「日中の天気(日ごとの値)」⁶⁾の語句で解析した。「曇り後一時雨」、「曇り後雨」のように曇りと雨の双方が語句に入った日数は2006年は12日、2007年は13日、2008年は9日であったのに対して、2009年は21日であり、この年は、梅雨時期に天候が変化しやすい状況にあったと思われる。

このような、日変化の大きい気象状況での、重回帰式によるオキシダント濃度の推定を利用する場合には、天気の変化を考慮する必要があると思われる。

このため、天気図の解析や気象情報からオキシダント濃度が最高となりやすい14時から16時における気象状況や適用期間を予想し、適用する回帰係数の選択や推定値の有効性を判定する必要があると思われる。

また、今回は、回帰係数の適用範囲の期間を単純に月日で分割したが、季節の推移と共に天気図等を基に気象状況によりグループ分けし、予測を行う日の気象状況に応じて適用する係数の選択を行うことが必要で



視程 (km)

図9 名古屋における9時の視程とオキシダント県日最高値の散布図

はないかと考えられた。

回帰式に採用した独立変数は、3.1で述べたようにオキシダントの生成反応及び気象状況を反映する項目を、気象の変化も考慮して選択したが、午後の気象の数値的な予測値が入手できれば、これを追加することにより精度をあげることが可能ではないと思われる。

さらに、回帰式への影響が大きいと思われる主要な気象データは、東海地方もしくは名古屋における測定値や予報値を県内全ての局について適用している。しかし、県内の地域変動に対応した予測値や測定値が得られれば、これを用いることにより重回帰による推定値の精度を上げるとともに、地域別の濃度予測が可能になる可能性があると考えられる。

個々の測定項目に関しては、名古屋の9時の視程は、その値が大きい場合にはオキシダント濃度が上昇しにくいことが、当所の過去の蓄積データでわかっている。2006～2009年の9時の視程とオキシダント最高濃度の散布図を図9に示す。各年とも、9時の視程が10km以上の場合には、視程が大きくなるほどオキシダント日最高濃度の上限は小さくなる傾向があった。また、視程が10km以下の場合には、視程が小さくなるとオキシダント濃度の上限は低くなる傾向がみられた。

図8には視程に対しておおむね濃度上限となる範囲の直線を付加してある。この直線を目安として、たとえば視程が40km以上の場合には、レベル3の濃度になることはほとんど無い等、日最高値のレベルを予測する場合の参考として利用できる。

ところで、名古屋市の場合には、都市光化学反応型オキシダントであり光化学反応による2次生成SPMの寄与が大きいとされている⁷⁾。2009年の「監視強化期間」

のオキシダント濃度が 0.110ppm以上となった 20 日間において、名古屋地方気象台ではそのうちの 7 日で煙霧が観測されていた⁶⁾。これらの煙霧により、主に午後に視程の低下がおきていた。

煙霧は、乾燥したエアロゾルにより視程が 10km未満になることとされているが、9 時の視程は、光化学反応によるオキシダント上昇が起きる前の大気の状態を示しており、9 時の視程が 10km未満でオキシダント日最高濃度が低くなることは矛盾しない。

9 時の視程が 10kmより小さい場合は、視界を遮る原因が雨や霧であることも多く、その場合は降雨等の影響でオキシダント濃度が上昇しないことが多いため、このような傾向となったと思われる。一方 5kmでもオキシダントが高濃度になったこともあった。

このことから、9 時の視程が 10km以下の場合、実際の気象状況から視程を小さくしている主要因を判定し、回帰式へ適用する数値を補正することにより、予測式の精度を上げることが可能ではないかと思われた。

4 ま と め

光化学オキシダントの挙動解明に関する研究は、光化学スモッグ気象予測モデル⁸⁾や環境GIS⁹⁾があるが、オキシダント濃度の事前の予測については未解明な部分が多い。これらの研究は数値モデルによる予測であるが、当日の最高濃度を単純に経験則で推定することができないかと考え、重回帰分析により愛知県内のオキシダント日最高値の推定を試みた。

回帰係数の適用期間を分割することで相関を高めることができた。一方、日中に大きく気象状況が変化すると推定値と実測値の誤差が大きくなることがわかった。

気象の日変化が大きい日が多かった年は、エルニーニョ、推定値との誤差が大きかった年は、ラニーニャ現象が起きており、平年と異なった気象状況をしめしていたと思われた。

重回帰による濃度予測の推定値と実測値の誤差を小さくし、精度を上げるため問題点を整理したが、これらをふまえ、さらに検討を行う必要があると思われる。

文 献

- 1) 愛知県大気汚染常時監視結果,WEBページ,
<http://taiki-kankyo-aichi.jp/kankyo/>, (2011.1.11)
- 2) HBC 北海道放送専門天気図,WEBページ,
<http://www.hbc.co.jp/pro-weather/>, (2011.1.11)
- 3) 気象庁 気象衛星,気象庁WEBページ,
<http://www.jma.go.jp/jp/gms/>, (2011.1.11)
- 4) 気象庁:梅雨入りと梅雨明け,気象庁WEBページ,
http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/baiu/kako_baiu08.html, (2011.1.11)
- 5) 気象庁エルニーニョ監視速報,気象庁WEBページ,
http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/elnino/kanshi_joho/kanshi_joho1.html, (2011.1.11)
- 6) 気象庁:過去の気象データ検索,気象庁WEBページ,
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, (2011.1.11)
- 7) 大原利真編:日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究,国立環境研究所研究報告,第 193 号, (2006)
- 8) 光化学スモッグ気象予測モデル,気象研究所WEBページ,
http://ds.data.jma.go.jp/pco/mri_ccm2/kaisetsu.html, (2011.1.11)
- 9) 環境GIS,国立環境研究所WEBページ,
<http://www-gis5.nies.go.jp/osenyosoku/index.php>, (2011.1.11)