

長野県における大気汚染物質の30余年間の推移

長野女子短期大学

和田正道

要 旨

長野県における大気中の汚染物質の測定は1970年代に開始された。これらの測定値からデータベースを作成後、時系列的に解析して長期的な推移を検討した。二酸化硫黄と浮遊粒子状物質の濃度は多くの測定局で減少した。多くの測定局で増加が認められたオキシダントについては健康被害の点から今後の推移を注視していく必要があると思われる。一酸化窒素、二酸化窒素および窒素酸化物の増加傾向は多くの対策にも係わらず自動車排ガスからの影響の増加を示唆していると思われる。

キーワード：大気汚染物質 二酸化硫黄 一酸化窒素 二酸化窒素 窒素酸化物
オキシダント 浮遊粒子状物質 長野県

1. はじめに

長野県における大気中の汚染物質の測定は1970年代に開始され、開始時点が早い測定局では継続して40余年間の測定値が蓄積されている¹⁾。「大気汚染等測定結果」としてまとめられたこれらの測定値からデータベースを作成後、時系列的に解析し、長期的に観て本県の汚染物質濃度の推移を検討した。

2. 調査および解析方法

1. 解析した測定項目²⁾：作成したデータベースには、測定項目として、二酸化硫黄、一酸化窒素、二酸化窒素、窒素酸化物、オキシダント、浮遊粒子状物質、風向、風速、メタン、非メタン、温度、湿度、日射量、紫外線A、紫外線B、露点湿度、全炭化水素、安定度、気温減率の19項目が含まれた。これらの測定項目から、大気汚染に関係が深いと考えられる項目および測定局が多く測定範囲が県内全域に渡る項目として、二酸化硫黄（単位：ppb）、一酸化窒素（単位：ppb）、二酸化窒素（単位：ppb）、窒素酸化物（単位：ppb）、オキシダント（単位：ppb）、浮遊粒子状物質（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の6測定項目を選び解析した。
2. 解析した測定局および期間：県内18箇所に設置された一般環境大気測定用の固定局の内、図1に



図1 解析した17測定局の位置

示す中野（中野保健所）、吉田（長野市吉田局）、須坂（須坂保健所）、環境研（長野県環境保全研究所）、松代（長野市松代局）、篠ノ井（長野市篠ノ井局）、大町（大町合同庁舎）、上田（上田合同庁舎）、小諸（小諸保健所）、佐久（佐久合同庁舎）、松本（松本合同庁舎）、塩尻（塩尻市市民会館）、岡谷（長野県精密工業試験所）、諏訪（諏訪合同庁舎）、木曾（木曾合同庁舎）、伊那（伊那合同庁舎）および飯田（飯田合同庁舎）の以上17測定局の測定値を解析した。測定局および測定項目により測定開始時点が異なるため、各測定開始年から平成16年度までの30余年間分の測定値を解析した。

3. 解析方法：以下の二種類の解析を行った。（1）年代間の測定値の相違：日平均値を週平均値に変換後、変換値を1970、1980、1990および2000年代ごとに集計し、年代間の測定値に相違があるか比較検討した。各年代間全体の同一性はKruskal-Wallisの方法³⁾を用いて、各年代間相互間の同一性はS法を用いて、5%の危険率で検定した。各年代間全体有意差が認められ、且つ測定開始年代と2000年代間に有意差が認められた場合を測定値が増加あるいは減少していると判断した。

環境研（長野県環境保全研究所）のオキシダントについては、上記の解析に加えて環境基準値である0.06ppmを越える日あたりの時間数について同様に解析した。（2）時系列グラフの作成：測定項目ごとの日平均値について、グラフのトレンドが明確になるように任意の月数あるいは年数を移動平均⁴⁾した時系列グラフを作成した。環境研（長野県環境保全研究所）のオキシダントについては、上記のグラフに加えて環境基準値である0.06ppmを越える日あたりの時間数について同様にグラフを作成した。グラフの傾きから系時的な増加あるいは減少を判断した。

3. 解析結果

解析した項目ごとに長野県の地形図上に測定局の位置を示し、測定開始年代に比較した2000年代の測定値の増減を示した。測定開始年代に比較して2000

年代の測定値が減少すれば黄色の逆三角形、増加すれば赤色の上向き三角形、変化しなければ緑の円形を表示した。移動平均した時系列グラフには、表示した測定局ごとに全測定値の平均値および測定年代ごとの平均値を付記した。

3. 1. 二酸化硫黄

図2に各測定局における二酸化硫黄濃度の増減を示す。また、図3に飯田合同庁舎、諏訪合同庁舎および環境保全研究所の3か所の測定局における時系

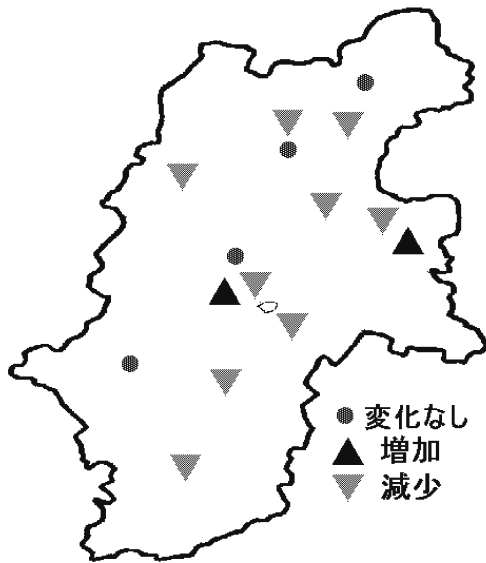


図2 15測定局における二酸化硫黄濃度の増減

列グラフを示す。図2の成績から17測定局の内、15測定局の解析が可能であった。15測定局の内、9測定局で減少、4測定局で増加および2測定局で変化が認められなかった。濃度が減少した測定局が多いことから二酸化硫黄は県全体として減少していると考えられる。図3の成績から3測定局共に、測定を開始した1970年代に最高濃度を示し、1980年代には急速に低下して、2000年代と同程度の濃度水準になった事が分かった。

3. 2. 浮遊粒子状物質

図4に各測定局における浮遊粒子状物質濃度の増減を示す。また、図5に長野市篠ノ井局および諏訪合同庁舎の2測定局における時系列グラフを示す。図4の成績から17測定局の内、15測定局の解析が可能であった。15測定局の内、11測定局で減少、1測定局で増加および3測定局で変化が認められなかった。濃度が減少した測定局が多いことから浮遊粒子状物質は県全体として減少していると考えられる。図5の成績から、諏訪合同庁舎では1980年代に、長野市篠ノ井局では1990年代に最高濃度を示した後、両測定局共、1990年代後半には低下したが、2000年代には、再び上昇に転じた傾向が認められる。

3. 3. 窒素酸化物等

一酸化窒素、二酸化窒素および窒素酸化物の3種類は類似した化合物であり、発生原因も同一と考えられるため、測定成績を一括して示す。図6に各測定局における一酸化窒素、二酸化窒素および窒素酸化物濃度の増減をまとめて示す。また、図7に例として諏訪合同庁舎における一酸化窒素、二酸化窒素および窒素酸化物濃度の経年の推移を示す。図6に示したように、一酸化窒素濃度は17測定局の内、

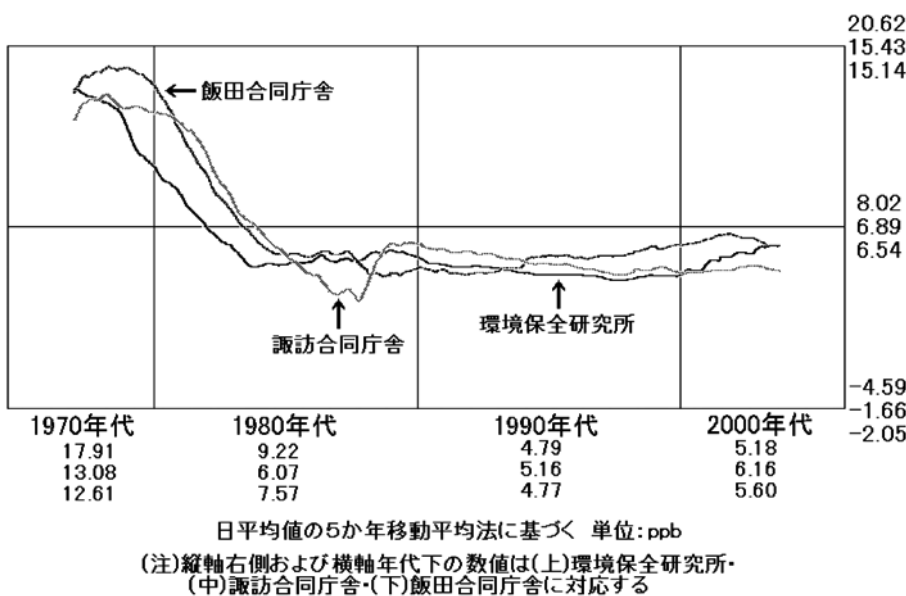


図3 3測定局における二酸化硫黄濃度の経年推移

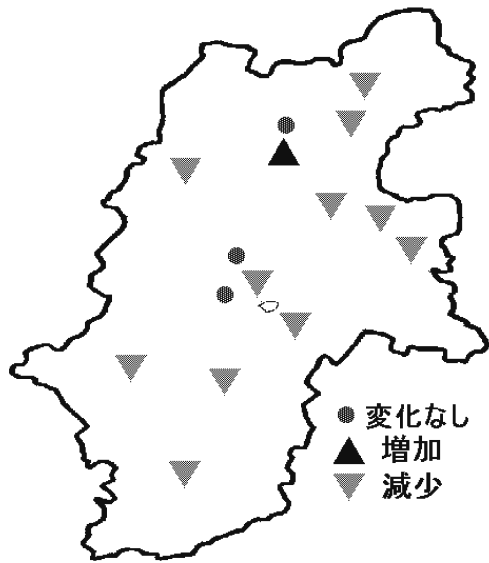
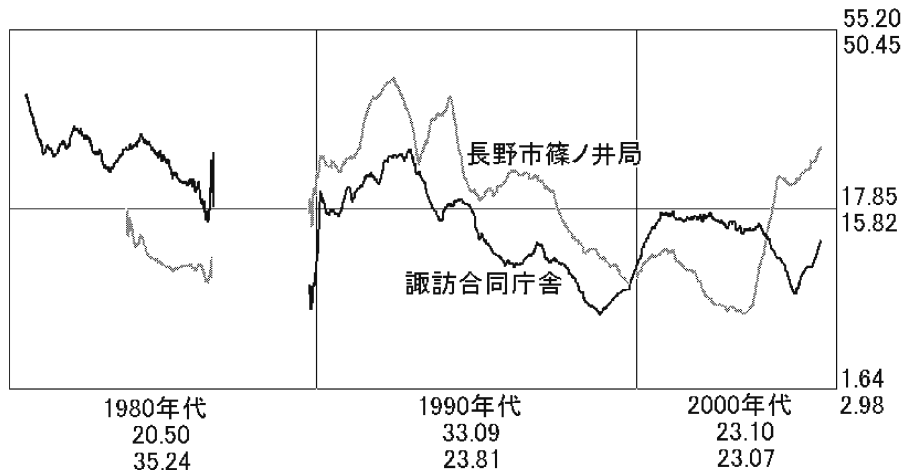


図4 15測定局における浮遊粒子状物質濃度の増減



日平均値の12か月移動平均法に基づく 単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 (注)縦軸右側および横軸年代下の数値は(上)長野市篠ノ井局・
 (下)諏訪合同庁舎に対応する

図5 2測定局における浮遊粒子状物質濃度の経年推移



図6 測定局における一酸化窒素濃度、二酸化窒素濃度および窒素酸化物濃度の増減

13測定局の解析が可能であった。13測定局の内、4測定局で減少、4測定局で増加および5測定局で変化が認められなかった。二酸化窒素濃度は17測定局の内、13測定局の解析が可能であった。13測定局の内、1測定局で減少、3測定局で増加および9測定局で変化が認められなかった。窒素酸化物濃度は17測定局の内、11測定局の解析が可能であった。11測定局の内、2測定局で減少、5測定局で増加および4測定局で変化が認められなかった。一酸化窒素、二酸化窒素および窒素酸化物共に、濃度が増加した測定局数は減少した測定局数を上回っていることから、長野県全体として、一酸化窒素、二酸化窒素および窒素酸化物の濃度は増加していると考えられる。しかし、変化が認められない測定局数および減少した

測定局数の割合が、他の測定項目と比較すると高く、濃度は地域差が大きいと思われる。図7の成績から、他の測定項目と比較して、一酸化窒素、二酸化窒素および窒素酸化物共に、各年代間の測定成績の差は小さく、1970年代から2000年代を通して濃度の増減の幅は小さかった。

3. 4. オキシダント

図8に各測定局におけるオキシダント濃度の増減を示す。17測定局の内、13測定局の解析が可能であった。13測定局の内、8測定局で増加、1測定局で減少および4測定局で変化が認められなかった。濃度が増加した測定局が多いことからオキシダント濃度は県全体として増加していると考えられる。図9に環境保全研究所局におけるオキシダント濃度の経年推移を示す。また、

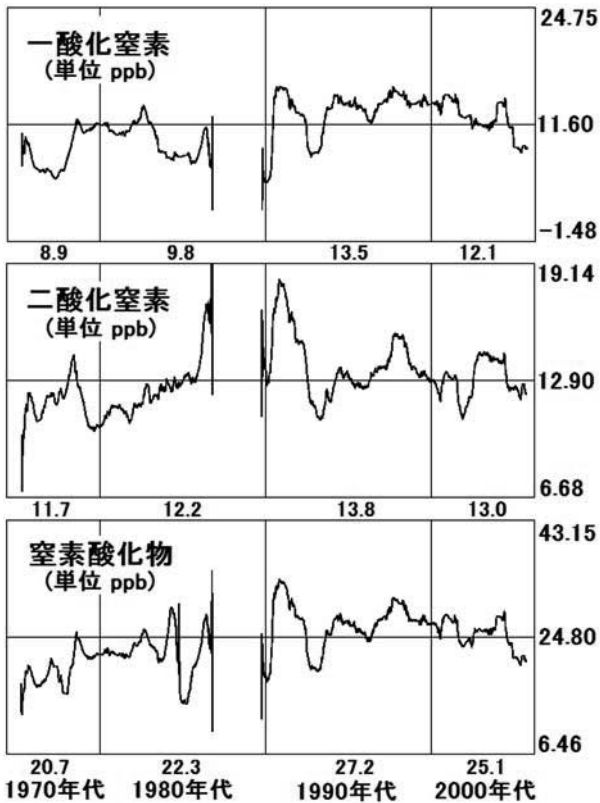


図7 諏訪合同庁舎における一酸化窒素濃度、二酸化窒素濃度および窒素酸化物濃度の経年推移

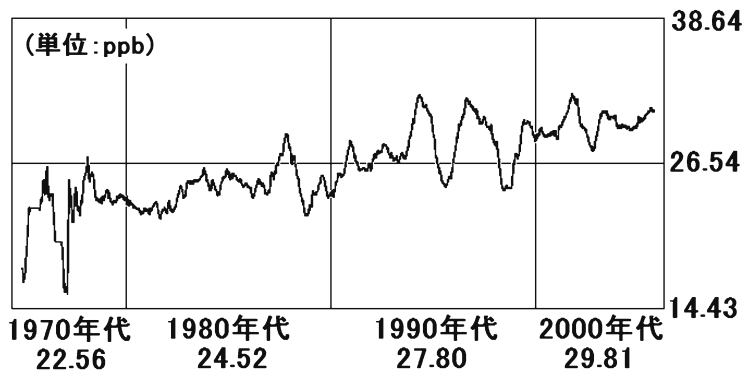


図9 環境保全研究所におけるオキシダント濃度の経年推移

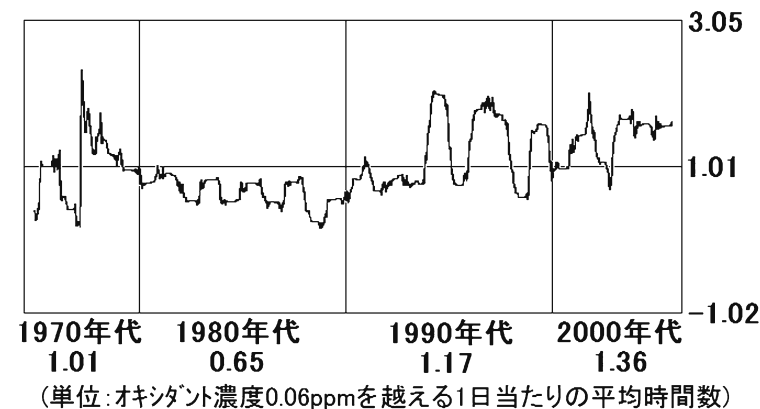


図10 環境保全研究所におけるオキシダント濃度の環境基準値である0.06ppmを越える一日当たりの時間数の経年推移

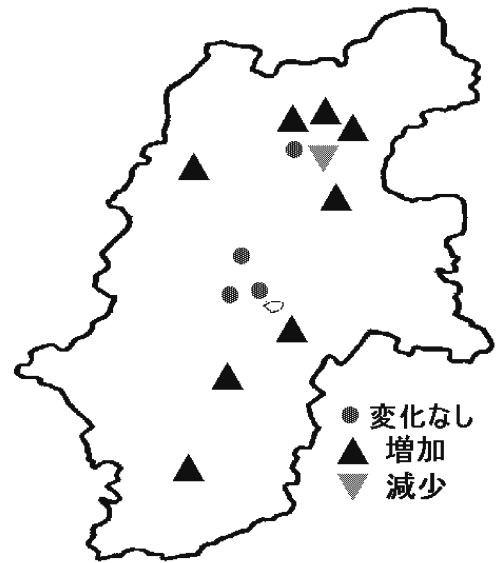


図8 13測定局におけるオキシダント濃度の増減

図10に環境基準値である0.06ppmを越える一日当たりの時間数の経年推移を示す。図9の成績から、1970年代から2000年代までオキシダント濃度は右上がりに上昇しており、1970年代に比較して、2000年代の濃度は約30%高くなっている。図10の成績から、環境基準値である0.06ppmを越える一日当たりの時間数は1970年代に比較して1980年代には減少したが、1990年代後半には増加に転じており、1970年代の1.01日から2000年代の1.36日へと、約30%増加している。

4. 考察

二酸化硫黄（別名亜硫酸ガス）は呼吸器を刺激し、せき、気管支喘息、気管支炎などの障害を引き起こすと考えられている。火山活動や工業活動により産出される。石炭や石油は多量の硫黄化合物を含んでおり、この硫黄化合物が燃焼することで発生する。また、二酸化窒素などの存在下で酸化され硫酸となり、酸性雨の原因となる。濃度は1980年代に減少して以来、2000年代まで低い水準で推移している。減少の理由として、工場および公共施設等での石炭等の使用の減少およ

び原油からの脱硫が進んだことが考えられる。今後共、低水準で推移すると思われる。

浮遊粒子状物質は呼吸器系疾患の原因と考えられている。発生源として、工場、工事現場、道路粉じん、自動車等の排気ガスおよび、季節的であるが、中国大陸から飛来する黄砂等が考えられる。濃度は経年的に徐々に低下していた。しかし、本調査で用いられた測定方法では浮遊粒子状物質の性質や種類を特定することはできないため、低下の理由を解明することはできなかった。浮遊粒子状物質として測定された粒径は10 μ m以下である。最近、中国では粒径が2.5 μ m以下の微小粒子状物質（PM2.5）による大気汚染が問題となっている。長野県では平成22年度から微小粒子状物質の測定も開始しており、より詳細な調査が期待できる。

窒素の酸化物には一酸化窒素（NO）および二酸化窒素（NO₂）以外により多くの酸素が窒素に結合したノックス（NO_x）と総称される化合物が存在する。本稿で記述されてきた窒素酸化物は一酸化窒素および二酸化窒素に前述のノックスを含めたものである。以後、一酸化窒素、二酸化窒素および窒素酸化物を併せてこれらの窒素酸化物として記述する。これら窒素酸化物の発生源は、窒素化合物を含む燃料等を燃焼させた場合もあるが、多くは、車等に搭載されている内燃機関内で、高温・高圧で燃焼させることで本来反応しにくい空気中の窒素と酸素が反応して窒素が酸化される場合である。これらの窒素酸化物は粘膜の刺激、気管支炎、肺水腫などの原因となると考えられ、その多様な生理機能について研究が続けられている。本県においては地域差が認められるが、これらの窒素酸化物の濃度の上昇は、車の台数の増加に起因すると予想される。燃料1リッター当たりの走行距離の増加、ハイブリットカー等の技術の進歩・普及にもかかわらず、車の排気ガスの影響の増大を示唆していると思われる。

オキシダント（光化学オキシダント）は大気中に放出された窒素酸化物及び炭化水素類（揮発性有機化合物）を主体とする一次汚染物質が、太陽光線（紫外線）を受けて光化学反応を起こすことによ

て発生する二次汚染物質である。オキシダントが直接、工場等から排出される訳ではない。高濃度のオキシダントによる粘膜への影響が知られている。また、農作物などへの影響も報告されている。1970年、東京都でオキシダントを原因とする光化学スモッグが発生し、体育の授業をうけていた高校生40数名が病院へ運ばれた。平成25年度まで、県内ではオキシダントによる人への健康被害は報告されていない。しかし、本解析により長期的には多くの測定局で増加が認められた。これに伴い環境基準値を超える時間数も増加している。今後の推移を注視していく必要があると思われる。

5. おわりに

長野県では、1970年代から40余年に渡って大気汚染物質の測定を継続している。本稿では測定開始時から平成16年度までの約30年間分の測定データを解析した。測定開始時点では長野県という限定された地域内での汚染物質の動向調査であったが、21世紀を迎えて、中国等、大陸からの汚染物質の流入を注視する必要が生じている。信州の空は、長野県だけの空では無くなり、世界に繋がる空となっている。県民の健康を守るために、大気汚染物質の調査の重要性は増していると考えられる。

最後になりましたが、40余年に渡る継続的な測定に関与された皆様および現在、関与されている多くの皆様に深謝します。

本文の概要は、第1回信州公衆衛生学会（松本）において発表した。

文 献

- 1) 長野県生活環境部地球環境課：平成16年度大気汚染等測定結果、2006.
- 2) 長野県生活環境部公害課：大気連続測定要領、1992.
- 3) 白旗慎吾編：Kruskal-Wallis検定と多重比較。パソコン統計解析ハンドブックIV、pp136-173、共立出版、1987.
- 4) 藤沢偉作、池内 智：長期傾向変動の分離法。

予測の理論、pp7-11、現代数学社、1988.

- 5) 長野県：大気環境保全.平成17年版環境白書
(長野県)、pp74-77、生活環境部地球環境チー
ム、2006.