

I 報 文

長崎県における大気環境の特徴

- 平成14年度大気汚染常時監視結果の解析と長期変動解析 -

森 淳子・竹野 大志・香月 幸一郎・白井 玄爾

Features of the Air Environment in Nagasaki Prefecture

Long-term Fluctuation Analysis and Analysis of the 2002 Fiscal Year Air Pollution Continuous Monitoring Result

Atsuko MORI, Taiji TAKENO, Koichiro KATSUKI and Genji SHIRAI

Long-term fluctuation analysis of the air environment in Nagasaki Prefecture was carried out.

The number of the fixed source in the Nagasaki prefecture became about the double in past 30 years. And, though multiple and large thermal power plant have been located, according to pollution prevention countermeasure, etc., the air environment has secularly been improved on sulfur oxide and nitrogen oxides in the general environment measurement station.

The car ownership unit number became about 4 times for 30 years. In this interval, the concentration of nitrogen dioxide is in the upward trend in Motor Vehicle Exhaust Monitoring Stns. in Nagasaki and Sasebo City.

For recent 2 years, the suspended particulate matter has exceeded environmental standard in most station in the prefecture. Though main cause of the environmental standard excess is the yellow sand, except for the yellow sand swoop day, there is a case of becoming high density with the nitrogen dioxide, and it is necessary to verify from the viewpoint of the local pollution.

On the photochemical oxidant, the condition that environmental standard was exceeded since the observation start in most station continues. Since 1980's, oxidant concentration is in the upward trend. In the future, it is necessary to investigate the cause including transfer of the intercontinental of the oxidant, etc..

Key words: Air pollution, Monitoring station, Long-term fluctuation analysis

キーワード: 大気汚染, 常時観測局, 長期変動解析

はじめに

長崎県における大気環境調査は、大気汚染防止法に基づき1971年度に開始されている。その後、九州電力株式会社相浦発電所(1973年、1976年)、電源開発株式会社松島火力発電所(1981年)、九州電力株式会社松浦発電所(1989年)、電源開発株式会社松浦火力発電所(1990年、1997年)、と大型発生源の立地に対応し、順次大気環境監視システムを充実、拡大して今日に至っている。

平成14年度の大気汚染常時監視結果については、別途資料として報告しているが、ここでは昨年度の監視結果のなかから、特徴的な大気現象を解析すると

もに、長期変動を検証することによって、常時監視体制の成果と今後の課題を検証する。

大気汚染発生源の変動

1 固定発生源

長崎県下には、平成14年3月現在大気汚染防止法の対象となる固定発生源のうちばい煙発生施設が1,711施設、粉じん発生施設は881施設ある。1972年(昭和47年)以来の施設数の推移を図1に示す¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

なお、長崎県内には、大型の大気汚染物質発生施設として火力発電所が立地する。これらの概要を表1に示す。発電開始から現在まで、環境保全協定値を超え

たことはない。

2 移動発生源

主要な移動発生源である県内の自動車保有台数は、平成14年度末現在871,117台で、平成13年度同期とくらべ約1万台増加しており、この10年間で約16%増加し

ている。昭和47年以來の保有台数の推移を図2に示す(1)2)3)4)5)6)。

3 排出量

県内の硫黄酸化物と窒素酸化物の発生量の推移を図3に示す。

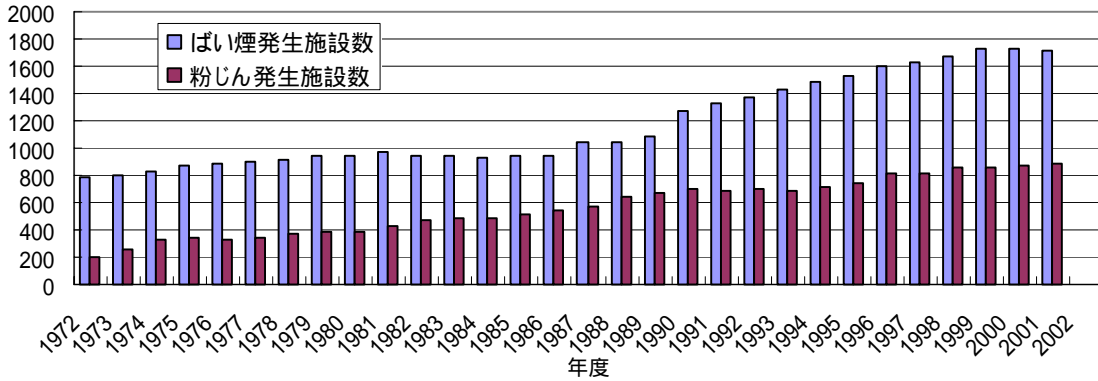


図1 長崎県内大気汚染物質排出事業所数の推移

表1 長崎県内の主な火力発電所と長崎県及び立地自治体との環境保全協定値

	硫黄酸化物 排出量(Nm ³ /時) 濃度(ppm)	窒素酸化物 排出量(Nm ³ /時) 濃度(ppm)	発電開始年度
九電(株)松浦1号機	221Nm ³ /時 100ppm	139Nm ³ /時 60ppm	1989年度
九電(株)松浦2号機	123Nm ³ /時 42ppm	111Nm ³ /時 36ppm	-
電発(株)松浦1号機	305Nm ³ /時 100ppm	191Nm ³ /時 60ppm	1990年度
電発(株)松浦2号機	235Nm ³ /時 80ppm	186Nm ³ /時 60ppm	1997年度
九電(株)相浦1号機		170ppm	1973年度
九電(株)相浦2号機	828Nm ³ /時	150ppm	1976年度
電発(株)松島1号機		300ppm	1981年度
電発(株)松島2号機	804Nm ³ /時	300ppm	1981年度

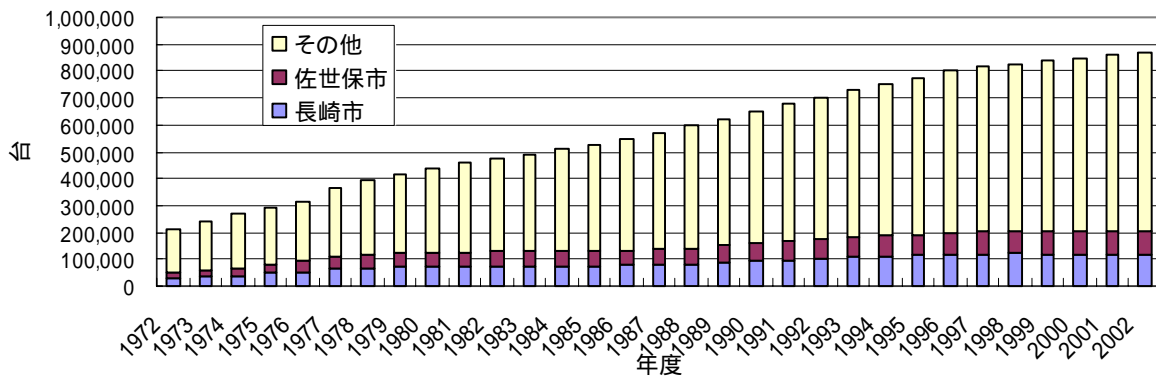


図2 自動車保有台数の推移(軽自動車を除く総計)

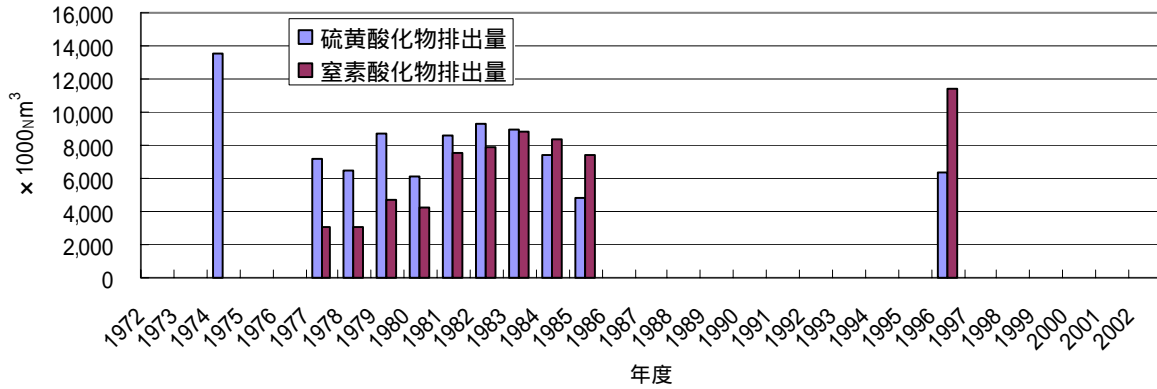


図3 硫黄酸化物と窒素酸化物の発生量の推移

昭和49～60年度:長崎県大気汚染調査結果 平成8年度:1996年 環境庁大気汚染物質排出量総合調査

硫黄酸化物、窒素酸化物の長期変動

1 二酸化硫黄

各測定局観測開始以来の1時間値最高値の経年変化を図4に、日平均値の2%除外値の経年変化を図5に、県下各地域ごとに示した¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

1時間値最高値の経年変化では、島原市役所局、多良見町役場局など、中小の固定発生源が立地する測定局において過去に環境基準を短期的評価で超過した経過があったが、現在では基準の超過はない。

1986年度(昭和61年度)以降、佐世保市、松島、松浦火力発電所周辺において、環境基準を超過する局があったが、一部桜島火山の影響があったことも確認されている⁷⁾。

一方図5に示す日平均値2%除外値の経年変化では、長崎市、佐世保市の局などを中心に人為活動の活発な測定局において1970年代(昭和45～54年度)環境基準を長期的評価において超過した局もあったが、低硫黄燃料への転換、規制の徹底などにより経年的に減少傾向を示し、現在では環境基準の約1/4のレベルで推移している。

なお、相浦、松島、松浦各火力発電所周辺局においては、発電開始前後において大きな二酸化硫黄濃度の変動はない。

2 一般環境局の二酸化窒素

各測定局観測開始以来の日平均値年間98%値を図6に県下各地域ごとに示した¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

1970年代、長崎市、佐世保市の一部の局で大幅な環境基準超過があった。1980年代に一旦低濃度化したものの、最近やや増加傾向にある局もみられ

る。

一般環境測定局では概ね0.04ppm以下で推移している。相浦、松島、松浦各火力発電所周辺局においては、発電開始前後において概ね0.02ppm以下で推移しており大きな二酸化窒素濃度の変動はない。

地域的汚染現象

1 自動車排出ガス局の二酸化窒素

二酸化窒素の過去10年間の環境基準達成状況を表2に示した。一般環境局では過去10年間すべての局で環境基準を達成しているが、長崎市(3局 長崎駅前、中央橋、長崎市役所)と佐世保市(2局 福石、日宇)の自動車排出ガス測定局では平成5、8年度を除き1ないし2局で環境基準を達成していない。また、環境基準超過日数は平成9年度以来二桁となっている。

二酸化窒素の環境基準は日平均値が0.04～0.06ppmのゾーン内であることとなっている。観測開始以来日平均値が0.04～0.06ppmとなった日数の推移を図7に示す。1988年から1994年にかけて佐世保市では日平均値が環境基準ゾーン内になる日数が年間200日を超えていた。道路網の整備などにより、一端は下降線をたどっているが、長崎市の自動車排出ガス局では観測開始以来上昇傾向にある。

平成14年度の測定結果では、自動車排出ガス測定局5局のうち長崎市長崎駅前局及び佐世保市福石局が環境基準を超過した。

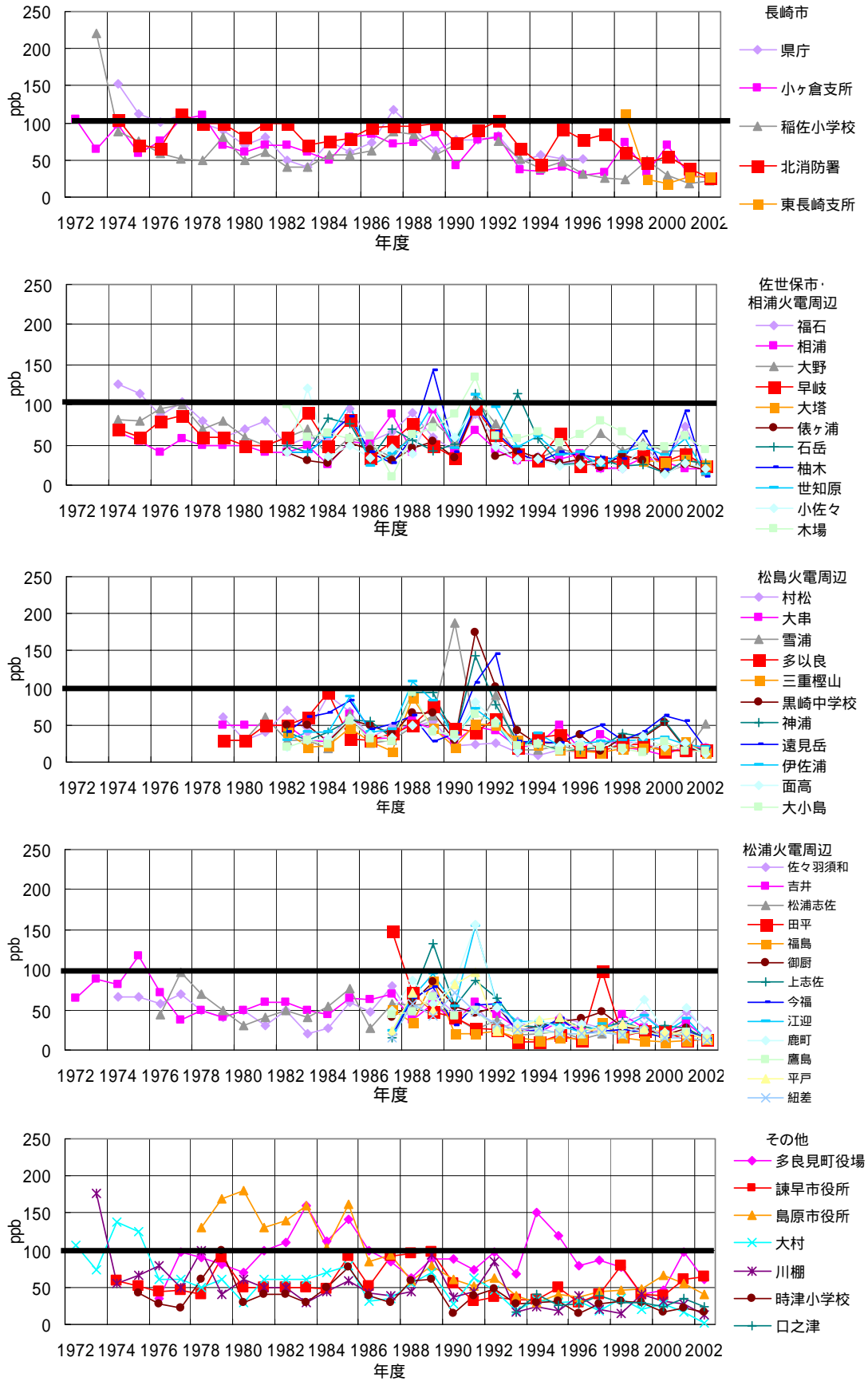


図4 二酸化硫黄の1時間値最高値の経年変化 短期的評価による環境基準値:100ppb

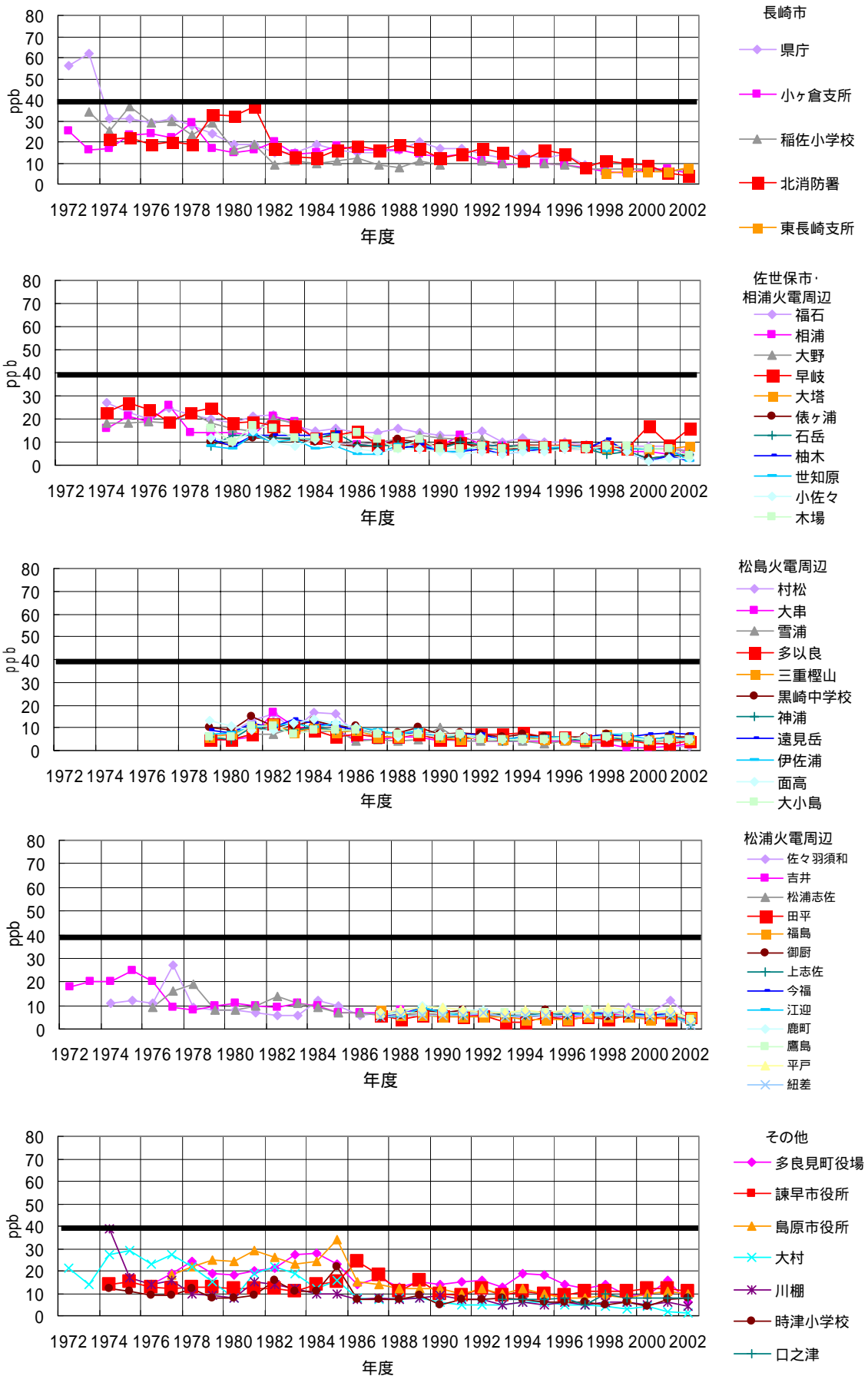


図5 二酸化硫黄の日平均値の2%除外値の経年変化 長期的評価による環境基準値:40ppb

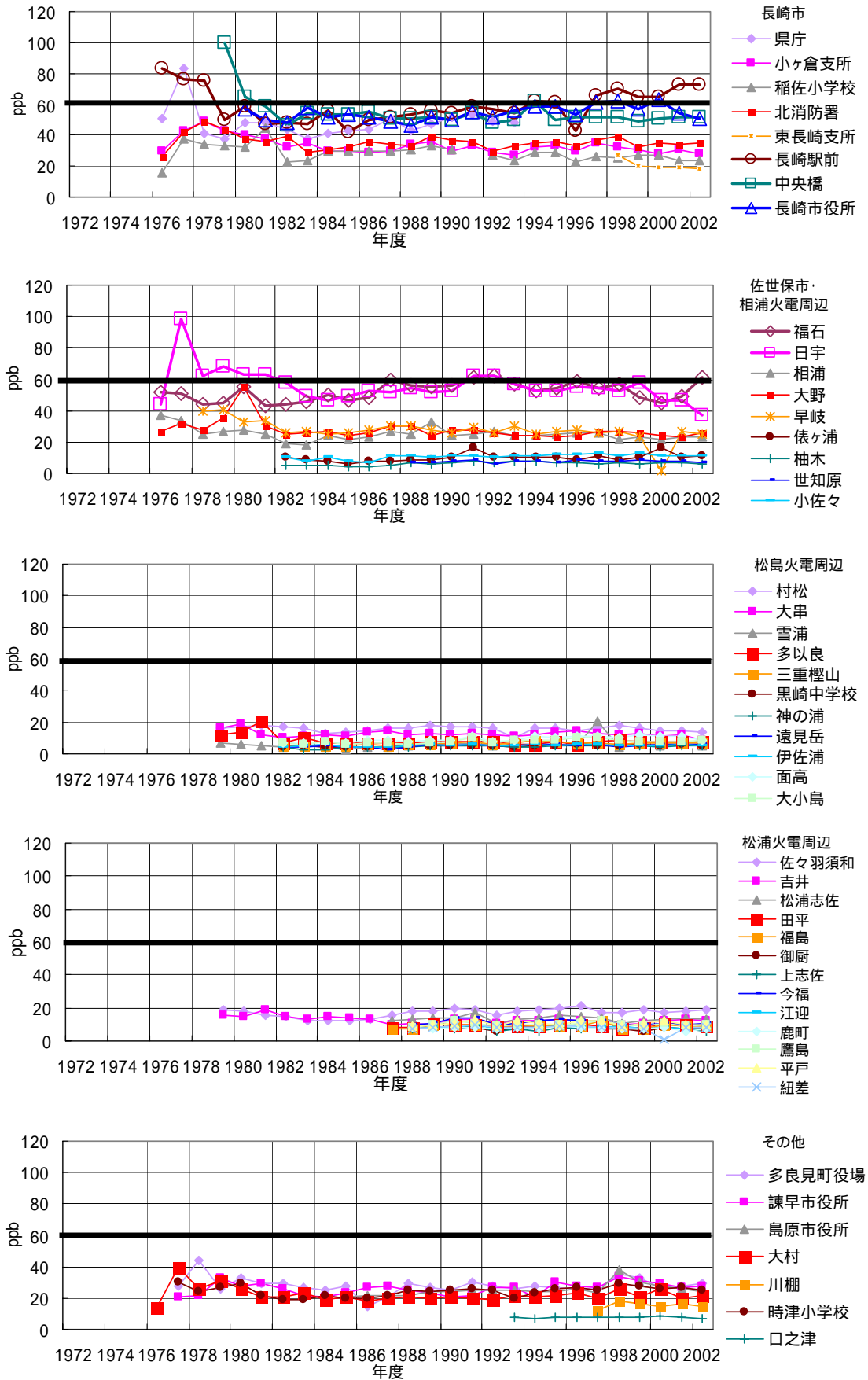


図6 二酸化窒素日平均値の年間98%値の経年変化 環境基準値:60ppb

表2 過去10年における自動車排出ガス測定局における二酸化窒素の「98%値」の推移と環境基準超過日数

年 度	長崎駅前	中央橋	長崎市役所	福石	日宇
平成5	0.054	0.050	0.056	0.057	0.057
" 6	0.062 (9)	0.062 (9)	0.059	0.053	0.053
" 7	0.061 (9)	0.050	0.059	0.054	0.053
" 8	0.043	0.052	0.053	0.059	0.055
" 9	0.066 (23)	0.052	0.061 (9)	0.054	0.054
" 10	0.070 (33)	0.052	0.062 (10)	0.057	0.053
" 11	0.065 (18)	0.049	0.057	0.048	0.058
" 12	0.065 (23)	0.051	0.053	0.045	0.047
" 13	0.073 (73)	0.052	0.054	0.049	0.047
" 14	0.073 (50)	0.052	0.051	0.061 (2)	0.037

単位 二酸化窒素:ppm (日数:日)

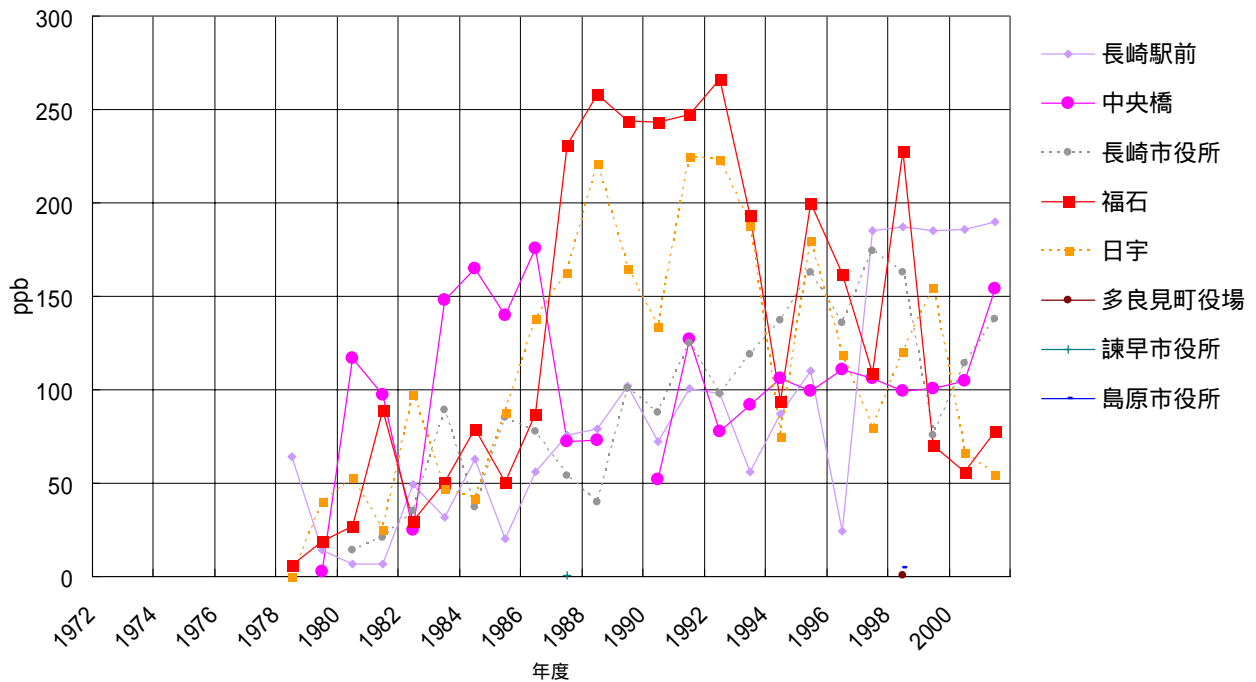


図7 二酸化窒素の日平均値が40～60ppbとなった日数の経年変化

日平均値が0.06ppmを超え、年間98%値以下であった日数は、長崎駅前で50日、福石で2日であった。

図8に長崎駅前局、福石局の月平均値等の月変化を示した。長崎駅前局では6月に日平均値が0.06ppmを超える日数が最も多かったが、これらは、6月3日から9日に

かけて、煙霧現象が観測され、SPM濃度が環境基準を超過した時期と一致していた。

同様に、煙霧現象が確認され、SPMが高濃度化した2月19日、3月下旬においてもNO₂日平均値が0.06ppmを超過した。

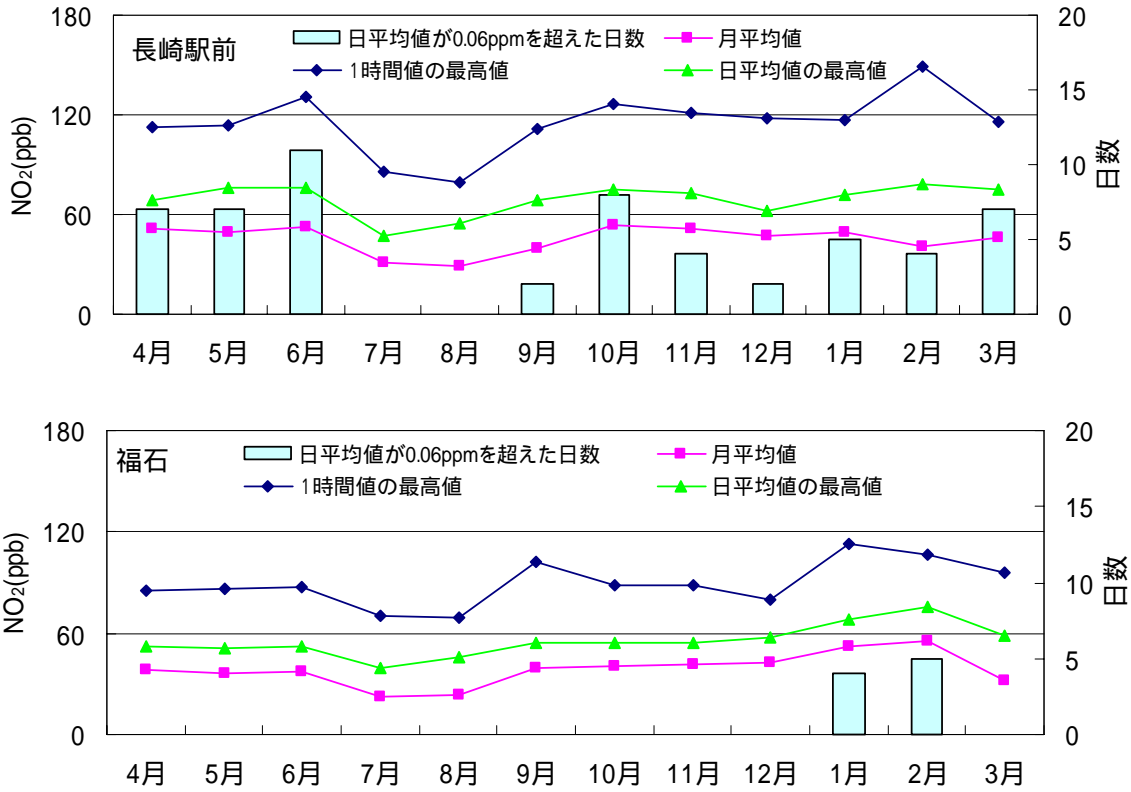


図8 長崎駅前局、福石局における二酸化窒素濃度月平均値等の変化(平成14年度)

図9に示した年間の時刻別平均濃度では、両局とも朝と夕方にピークを示したが、両者に若干のずれがあった。また図10に示した曜日別平均濃度では、両局とも金曜日に最も高濃度となった。

2 非メタン炭化水素

各測定局観測開始以来の6～9時3時間の平均値(ただし1981年度(昭和56年度)以前は日平均値の最高値)の経年変化を図11に、指針値超過日数を図12に示した¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。やや濃度低下傾向にあるものの、自動車排出ガス局4局では指針値を上回るレベルで推移している。長期的には濃度低下傾向にある。また、指針値超過日数では年ごとに変動があるものの、自動車排出ガス局では年間200日を超えるレベルで推移している。一方一般環境局では低いレベルで推移しており、付近の大気環境は光化学オキシダント生成に関与していないことが伺われる。

平成14年度の6～9時における年平均値は一般環境大気測定局0.07～0.13ppmC、自動車排出ガス測定局0.42～0.47ppmCであった。すべての局で6～9時の3時間平均値が指針値の上限を超えたが、超過日数は一般環境局では5(松浦志佐)～18日(村松)であったのに対し、自動車排出ガス測定局では171～273日であった。

広域的汚染現象

1 浮遊粒子状物質

各測定局観測開始以来の1時間値最高値の経年変化を図13に、年間の日平均値の2%除外値の経年変化を図14に、県下各地域ごとに示した¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

1時間値最高値の経年変化では、1970年代(昭和45～54年度)は川棚など中小の固定発生源が立地する測定局に置いて環境基準を短期的評価で超過した経過があった。1991年度(平成3年度)島原市役所局は、雲仙普賢岳噴火の影響で最高1.56mg/m³を観測した。また1990年代(平成2～11年度)以降、大規模の黄砂飛来時に短期的評価において環境基準を超過する傾向がある。

年間の日平均値の2%除外値の経年変化では、1970年代(昭和45～54年度)に中小の固定発生源が立地する測定局に置いて環境基準を長期的評価で超過する局があったが、1980年代(昭和55～平成元年度)以降は1991年度(平成3年度)の雲仙普賢岳噴火の影響を除き、大きく基準値を超過する現象はみられていない。

短期的評価及び長期的評価による過去10年間の環境基準達成状況を表3に示す。達成状況は、年度による変動が大きい。平成14年3月に大規模な黄砂現象があり、平成13年度は48局中46局で長期的評価による環境基準を達成できなかった。

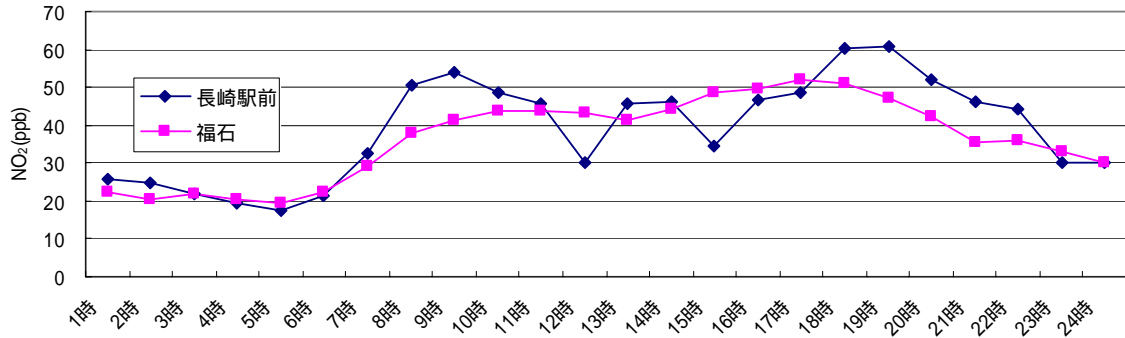


図9 長崎駅前局、福石局における二酸化窒素の時刻別平均濃度(平成14年度)

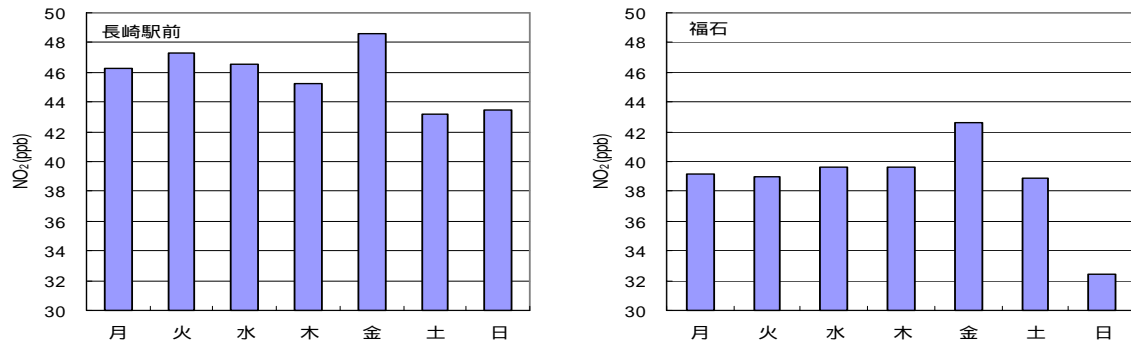


図10 長崎駅前局、福石局における二酸化窒素の曜日別平均濃度(平成14年度)

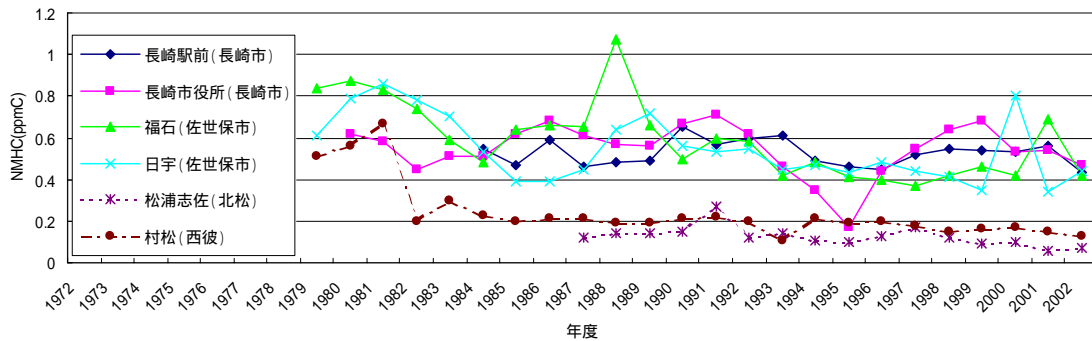


図11 非メタン炭化水素 6～9時3時間の年平均値の経年変化 指針値:0.20ppmC～0.31ppmCの範囲

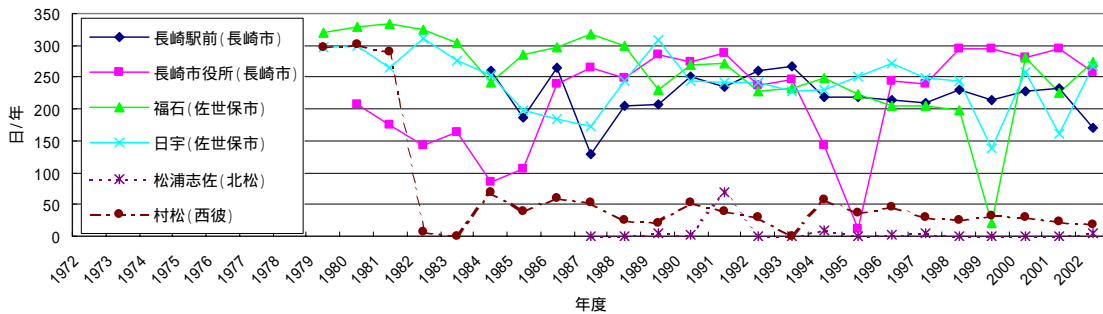


図12 非メタン炭化水素 6～9時3時間平均値が指針値の上限を超えた日数の経年変化

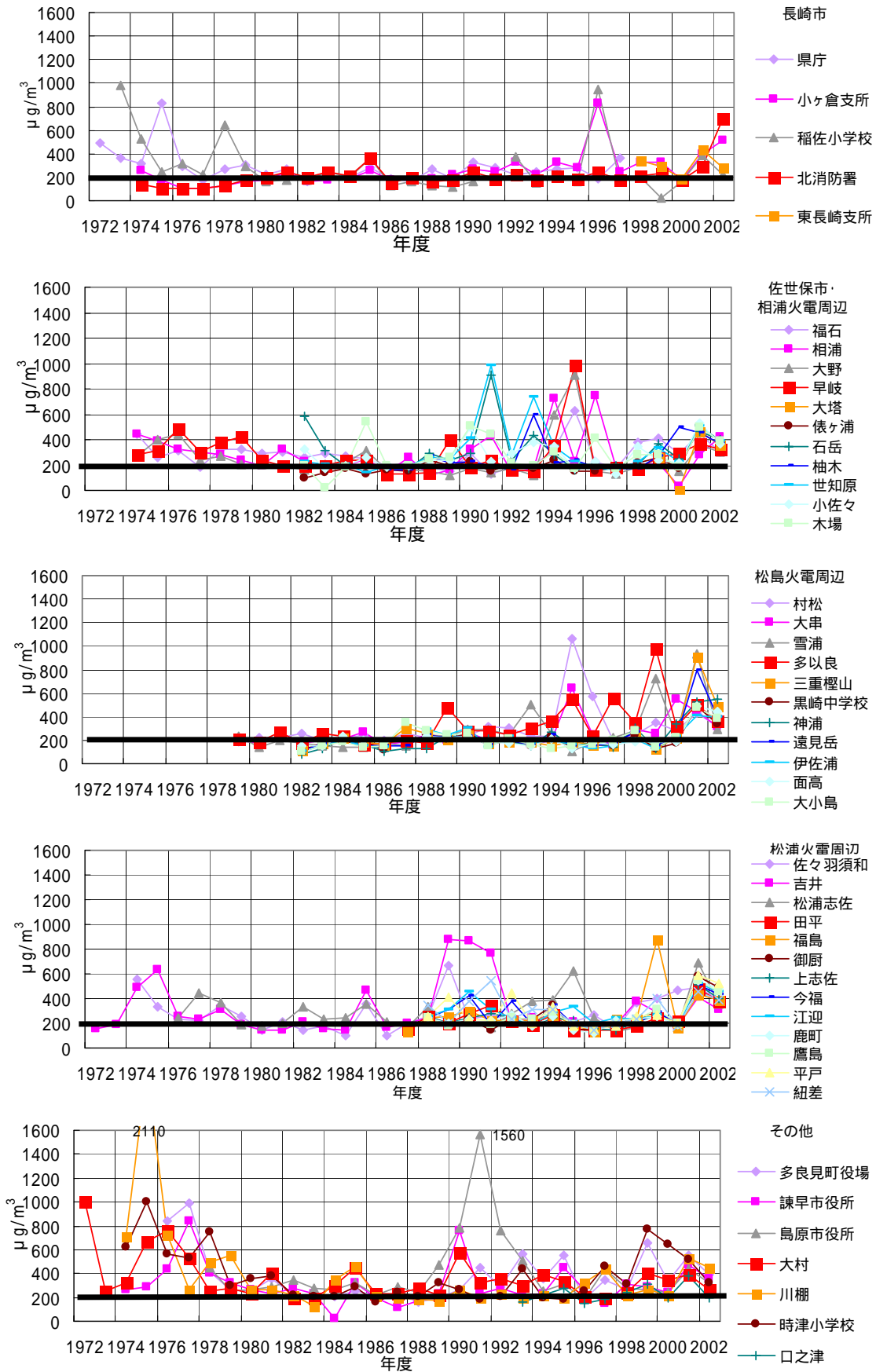


図13 浮遊粒子状物質の1時間値最高値の経年変化 短期的評価による環境基準値:200µg/m³

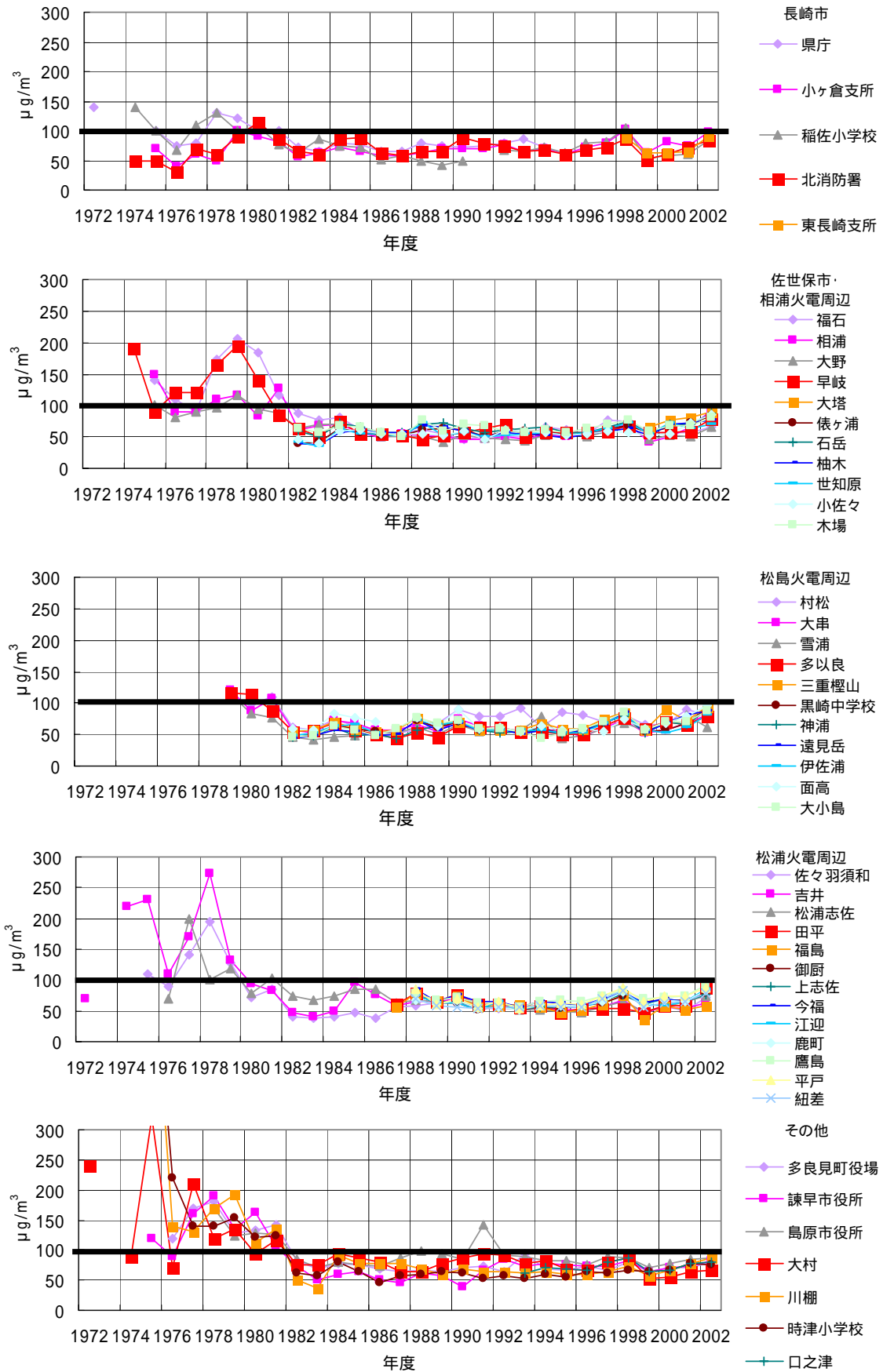


図14 浮遊粒子状物質の年間日平均値2%除外値の経年変化 長期的評価による環境基準値:100µg/m³

表3 浮遊粒子状物質の過去10年間の環境基準達成状況(短期的評価、長期的評価)

年度	測定局数	短期的評価			長期的評価			
		達成局数	非達成局数	達成率(%)	有効測定局数	達成局数	非達成局数	達成率(%)
平成 5	44	3	41	6.8	42	13	29	31.0
" 6	48	3	45	7.0	48	48	0	100.0
" 7	48	22	26	45.8	47	44	3	93.6
" 8	45	18	27	40.0	44	44	0	100.0
" 9	45	9	36	20.0	45	42	3	93.3
" 10	45	5	40	11.1	45	26	19	57.8
" 11	46	7	39	15.2	46	46	0	100.0
" 12	47	5	42	10.6	47	32	15	68.1
" 13	48	0	48	0.0	48	2	46	4.2
" 14	49	0	49	0.0	49	1	48	2.0

平成14年度の長期的評価では年間の日平均値の2%除外値による評価では長崎駅前局(0.105mg/m³、11月12日)、及び長崎市役所局(0.106mg/m³、6月5日)で環境基準を超過した。また49測定局中48測定局が4月8、9日、または9、10日に日平均値0.10mg/m³を2日以上連続して超えており、環境基準を達成できなかった(表4)。

また49測定局全ての測定局において1時間値が0.20mg/m³を超え短期的評価による環境基準を達成できなかった。1時間値が0.20mg/m³を超えた時間数の最高は31時間(川棚局)、1時間値の最高値は0.705mg/m³(長崎市北消防署、4月17日)であった。

平成14年度、気象庁による黄砂観測日は表5のとおりである。平成14年度の各測定局における1時間値の最高値は49局中44局が黄砂観測日に出現した。

また、日平均値による評価では、すべての局で4月8日または9日に0.10mg/m³を超過した。また秋の黄砂としては6年ぶりに観測された11月12日においても26局で日平均値が0.10mg/m³を超過した。

このように、環境基準非達成の主たる要因は黄砂であった。

黄砂飛来日以外では、6月3～6日、2月19日及び3月26日に長崎市または佐世保市を中心として複数の局で日平均値が0.10mg/m³を超過した。長崎海洋気象台によると6月3～6日及び3月26日は視程障害現象として、もや及び煙霧が、2月19日には煙霧現象が記録されており、いずれも白くかすんだ空模様であった。前述のように、6月3～6日は、長崎市、佐世保

市で二酸化窒素が環境基準を超過したが同じ日に県下の広い範囲で浮遊粒子状物質が環境基準を超過した。

2 光化学オキシダント

各測定局観測開始以来の光化学オキシダントの昼間1時間値の最高値の経年変化を図15に、環境基準超過日数の推移を図16に県下各地域ごとに示した¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。オキシダントの主成分であるオゾンは、一酸化窒素との光化学反応により酸素と二酸化窒素になる。長崎市、佐世保市ほか、自動車排出ガスの影響で一酸化窒素濃度が高い測定局では比較的低濃度で推移している。しかし、1990年代(昭和55～平成元年度)以降県下全域で高濃度化する傾向にあり、環境基準超過日数は100日から150日のレベルに達している。

光化学オキシダントは、例年大部分の測定局が環境基準(昼間の1時間値0.06ppm以下)を達成していないが、平成14年度においても、すべての測定局が環境基準を達成しなかった。

表6に平成14年度の光化学オキシダント濃度の上位測定局の状況を示した。昼間の1時間値が0.06ppmを超えた時間数では柚木が一番多く1000時間を超えた。また、昼間の1時間値が0.06ppmを超えた日数では表に示した局を含め、全30局中11局で年間100日を超えている。更に昼間1時間値の年平均値での濃度上位局では環境基準値に迫っている。

表4 平成14年度 浮遊粒子状物質の環境基準超過状況

	1時間値が 0.20mg/m ³ を超えた時 間数	1時間値の 最高濃度 (mg/m ³)	1時間値の 最高濃度 出現日	日平均値 が 0.10mg/m ³ を超えた日 数	日平均値が0.10mg/m ³ を超えた日						
					4月	6月	8月	11月	2月	3月	
長崎市	小ヶ倉支所	19	0.518	4月17日	6	8,9,10,17	3		12		
	稲佐小学校	1	0.221	4月17日	3	8,9	3				
	北消防署	3	0.705	4月17日	4	8,9,17	3				
	長崎駅前	3	0.379	4月17日	9	8,9,17	3,4,5,6		12	19	
	中央橋	8	0.275	4月8日	6	8,9,10	3,5,6				
	長崎市役所	10	0.278	4月8日	10	8,9,10,13	3,5,6	27	12	19	
	東長崎支所	11	0.283	4月8日	3	8,9,17					
佐世保市	福石	5	0.307	4月8日	3	8,9,10					
	相浦	6	0.424	4月8日	6	8,9,10	3			19	26
	大野	3	0.306	4月8日	2	8,9					
	早岐	4	0.327	4月8日	2	8,9					
	大塔	12	0.361	4月8日	5	8,9,10	3		12		
相浦火電周 辺局	俵ヶ浦	12	0.390	4月8日	4	8,9,10			12		
	石岳	11	0.403	4月8日	5	8,9,10	3		12		
	柚木	13	0.370	4月8日	4	8,9,10			12		
	世知原	17	0.388	4月8日	4	8,9,10			12		
	小佐々	18	0.367	4月8日	3	8,9,10					
	木場	13	0.389	4月8日	4	8,9,10			12		
	松島火電周 辺局	村松	9	0.310	4月8日	4	8,9,10			12	
大串		12	0.317	4月8日	4	8,9,10	3				
雪浦		6	0.290	4月8日	3	8,9,10					
多以良		18	0.367	4月8日	3	8,9,10					
三重檜山		20	0.493	4月28日	6	8,9,10	3		12	19	
黒崎中学校		13	0.343	4月8日	6	8,9,10,13	3		12		
神浦		20	0.551	4月8日	6	8,9,10,13	3		12		
遠見岳		22	0.402	4月8日	4	8,9,10			12		
伊佐浦		8	0.395	6月19日	3	8,9,10					
面高		21	0.438	11月17日	7	8,9,10,17	3		12	19	
松浦火電周 辺局	大小島	15	0.382	4月8日	4	8,9,10			12		
	佐々羽須和	14	0.393	4月8日	4	8,9,10			12		
	吉井	7	0.311	4月8日	3	8,9,10					
	松浦志佐	9	0.358	4月8日	3	8,9,10					
	田平	13	0.375	4月8日	3	8,9,10					
	福島	12	0.392	4月8日	4	8,9,10			12		
	御厨	24	0.487	4月8日	4	8,9,10			12		
	上志佐	20	0.405	4月8日	3	8,9,10					
	今福	17	0.433	4月8日	4	8,9,10			12		
	江迎	17	0.456	4月8日	4	8,9,10			12		
	鹿町	21	0.482	4月8日	3	8,9,10					
	鷹島	17	0.455	4月8日	6	8,9,10	4,5			19	
	平戸	30	0.517	4月8日	5	8,9,10,11			12		
その他	紐差	5	0.394	4月8日	3	8,9			12		
	多良見町役所	12	0.386	4月8日	4	8,9,10	3				
	諫早市役所	13	0.359	4月8日	5	8,9,10,17			12		
	島原市役所	6	0.324	4月20日	5	1,9,10			12	19	
	大村	4	0.267	10月24日	2	8,9					
	川棚	31	0.444	4月8日	5	8,9,10			12	19	
	時津小学校	9	0.319	4月8日	3	8,9,10					
口之津	0	0.193	4月8日	1	9						

表5 長崎海洋气象台(長崎市)における黄砂観測日

平成 14 年 4 月	平成 14 年 5 月	平成 14 年 11 月
1、2、3、7～14日、17日	23日	12～13日

表6 光化学オキシダント濃度の上位測定局(平成14年度)

昼間の1時間値の最高値 (ppm)			昼間の1時間値が0.06ppmを超え た時間数(日数)			昼間の1時間値の年平均値 (ppm)		
順位			順位			順位		
1	柚木	0.121	1	柚木	1,060(143)	1	柚木	0.059
1	小佐々	0.121	2	石岳	959(130)	1	小佐々	0.059
3	石岳	0.120	3	黒崎中学校	953(137)	3	大串	0.057
4	大串	0.118	4	鹿町	934(125)	3	鹿町	0.057
5	俵ヶ浦	0.117	5	小佐々	912(139)			

ま と め

本県には、1970年代以降、大型火力発電所が複数立地した。また、大気汚染防止法にかかる固定発生源は30年間で約2倍になった。

同法の主たる規制対象となるばい煙発生施設、ふんじん発生施設からの代表的な大気汚染物質である硫酸化物、窒素酸化物、浮遊粒子状物質の環境中濃度の推移をみると、硫黄分の高い燃料が使われ、また法の成立間もなく公害防止装置の普及が不十分であった1970年代には環境基準を超える濃度が観測されているが、規制の徹底などにより経年的に減少傾向にある。

また、大型火力発電所においては、公害防止装置の整備、環境保全協定の締結などにより、立地前後において大気汚染物質濃度の大きな変化はなく、硫酸化物、窒素酸化物とも、環境基準の1/3～1/4という低濃度で推移している。

一方、移動発生源である自動車保有台数の推移は30年間で4倍強の増加となっている。大気環境の観測結果では、交通量の多い長崎市、佐世保市の自動車排出ガス測定局の他、都市部では郊外局に比べ二酸化窒素濃度が高い傾向にある。特に自動車排出ガス測定局では1980年代以降濃度が増加傾向にあり、環境基準超過日数も増えつつある。

非メタン炭化水素は、窒素酸化物と反応して光化学オキシダントを生成することから濃度指針が定めら

れているが、長崎市と佐世保市の自動車排出ガス測定局4局では指針値を超えた日数がおおむね200日を超えるレベルで推移している。

これらのことから、長崎市、佐世保市は、二酸化窒素の直接的影響に加え、非メタン炭化水素等と反応することにより、光化学オキシダントを生成しやすい大気環境にあり、両者を視野に入れた対策が必要と思われる。

浮遊粒子状物質では、平成13年度、14年度と続けて県内大部分の局で環境基準を達成できなかった。要因として大規模黄砂の飛来があげられた。

平成14年度の観測結果において、黄砂以外に浮遊粒子状物質が環境基準を超過した事例に着目すると、気象官署で大気現象として煙霧とされた日と一致した事例があり、白くかすんだ空となり視程障害が認められた。特に6月3～6日は長崎市、佐世保市で二酸化窒素が高濃度になった日と一致した。

一般に、黄砂などの土壌粒子は、粒の粒径が比較的大きいが、大気汚染ガスの二次粒子は粒径が2.5 μ m以下の微小粒子(PM2.5)が主成分である。都市部において二酸化窒素が高濃度となった際の浮遊粒子状物質の組成は、窒素酸化物の二次粒子である可能性があり、今後PM対策を含めた移動発生源対策が必要と思われる。

さらに、光化学オキシダントは経年的に濃度が上昇傾向にあり、オキシダントについては、成層圏から

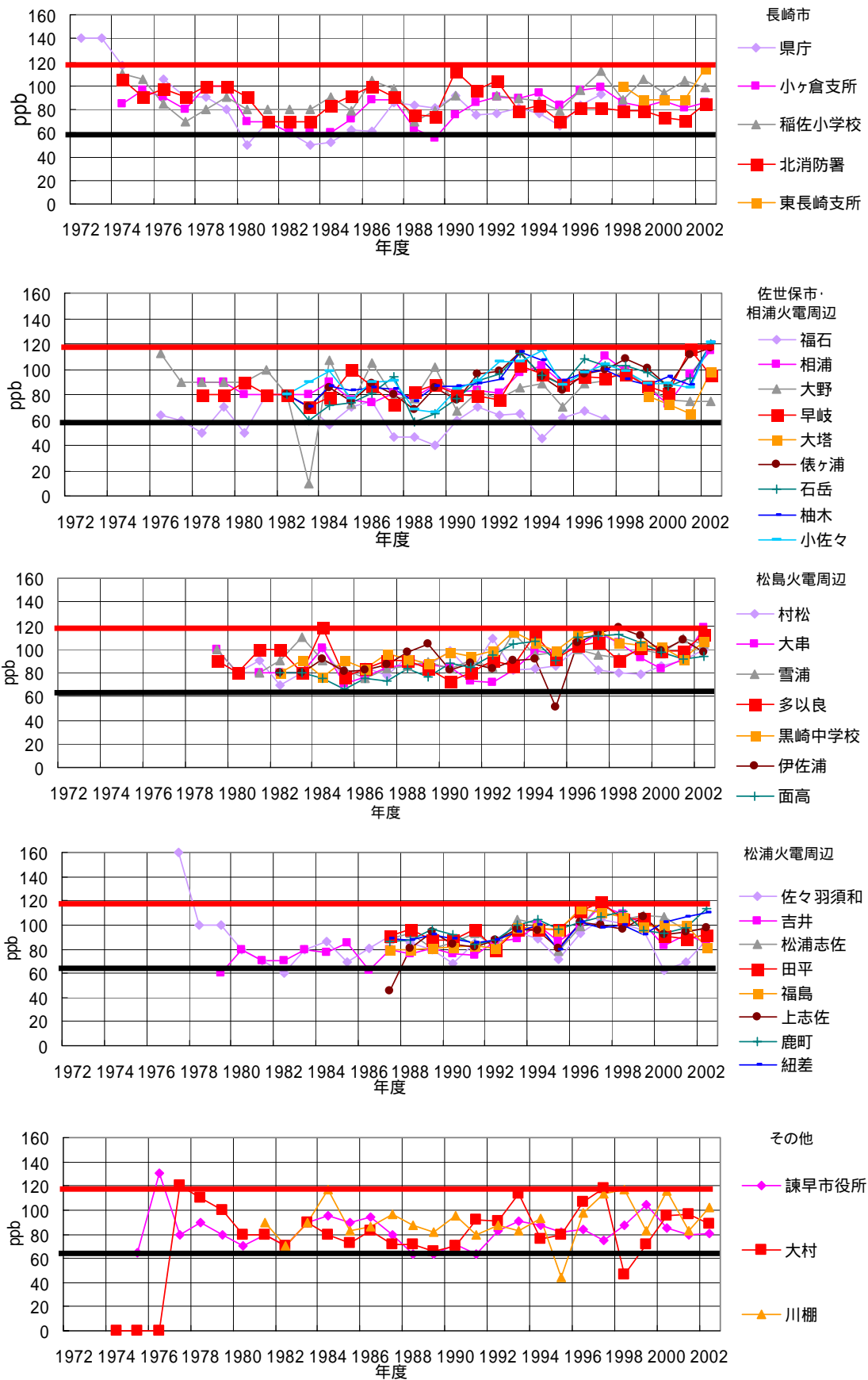


図15 光化学オキシダントの昼間1時間値の最高値の経年変化

環境基準値:60ppb 注意報発令基準値:120ppb

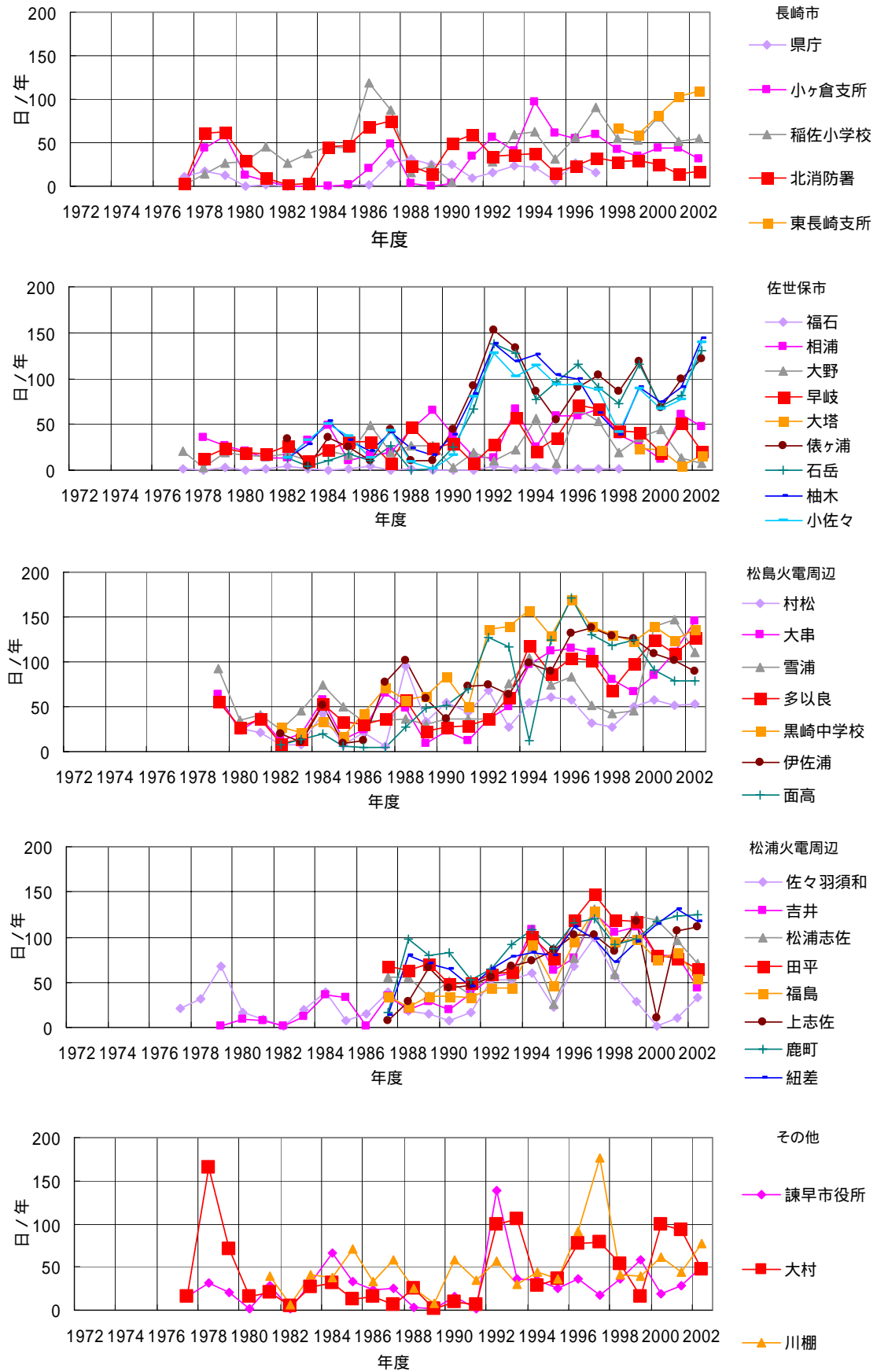


図16 光化学オキシダントの環境基準超過日数の推移

対流圏への降下とともに、対流圏内での大陸間、大陸内移流、地域間、地域内移流が複雑に寄与しているといわれている⁸⁾⁹⁾。本県の高濃度化要因については、広い視野から原因を究明することが求められている。

長崎県大気汚染常時監視テレメータシステムの運営に従事された関係機関各位に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 長崎県環境保全局：昭和46、47年度 大気汚染調査結果、(1972、1973)
- 2) 長崎県環境部：昭和48～59年度 大気汚染調査結果、(1974～1985)
- 3) 長崎県保健環境部：昭和60～63年度 大気汚染調査結果、(1986～1989)
- 4) 長崎県保健環境部：平成元～5年度 大気環境調査結果、(1990～1994)
- 5) 長崎県生活環境部：平成6～9年度 大気環境調査結果、(1995～1998)
- 6) 長崎県県民生活環境部：平成10～13年度 大気環境調査結果、(1999～2002)
- 7) 山下敬則，森 淳子，本多雅幸，鶴野伊津志，若松伸司：長崎県における高濃度SO₂汚染の解析，大気汚染学会誌，**26**，320-332(1991)
- 8) Roelofs,G,-J.,J.Lelieveld and R.van Dorland:A three-dimensional chemistry / general circulation model simulation of anthropogenically derived ozone in the troposphere and its radiative forcing,*J.Geophys.Res.*,**102**,23389-23401 (1997)
- 9) Wild,O. and H.Akimoto:Intercontinental transport of ozone and its precursors in a three-dimensional global CTM,*J.Geophys.Res.*,**106**,27729-27744(2001)