

# 長崎県における大気環境の長期変動

長崎県衛生公害研究所 森 淳子・竹野大志・香月幸一郎・白井玄爾

## 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（図 1）。



図 1 長崎県における大気常時測定期局と大型火力発電所等の位置

## 大気汚染発生源の変動

### 1 固定発生源

長崎県下には、2002年（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2に示す<sup>1)2)3)4)5)6)</sup>。

なお、長崎県内の大型火力発電所については、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、2002年（平成14年）度末現在871,

117台で、2001年（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。1972年（昭和47年）以来の保有台数の推移を図3に示す<sup>1)2)3)4)5)6)</sup>。

## 大気汚染物質濃度の長期変動

### 1 二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）

一般大気環境測定局の内、県が直接管理する15局について、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に示した<sup>1)2)3)4)5)6)</sup>。

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

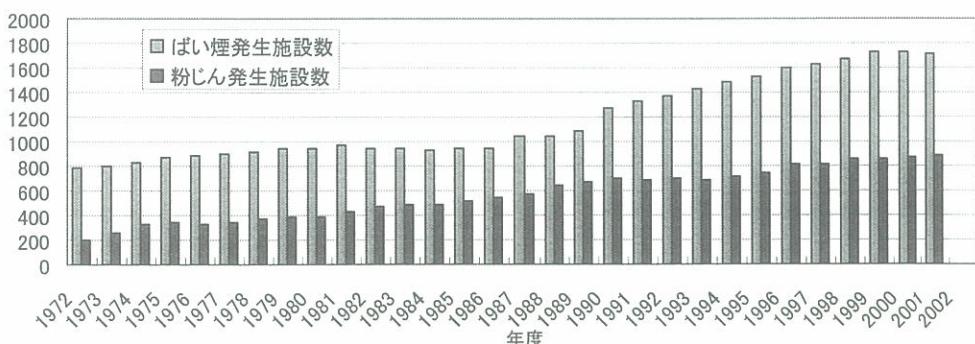


図2 長崎県内大気汚染物質排出事業所数の推移

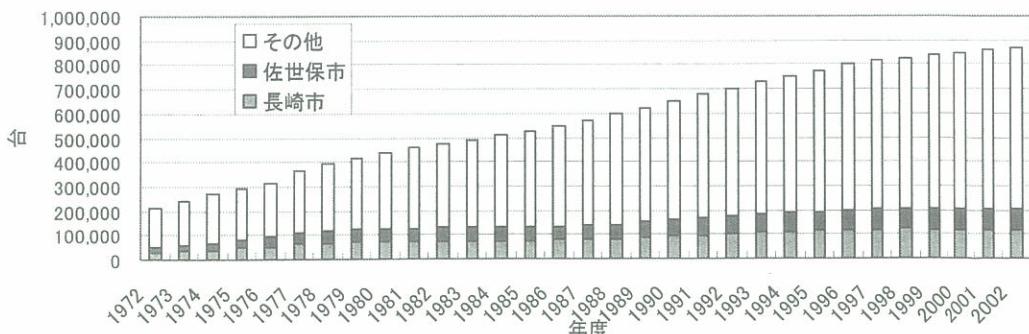


図3 自動車保有台数の推移（軽自動車を除く総計）

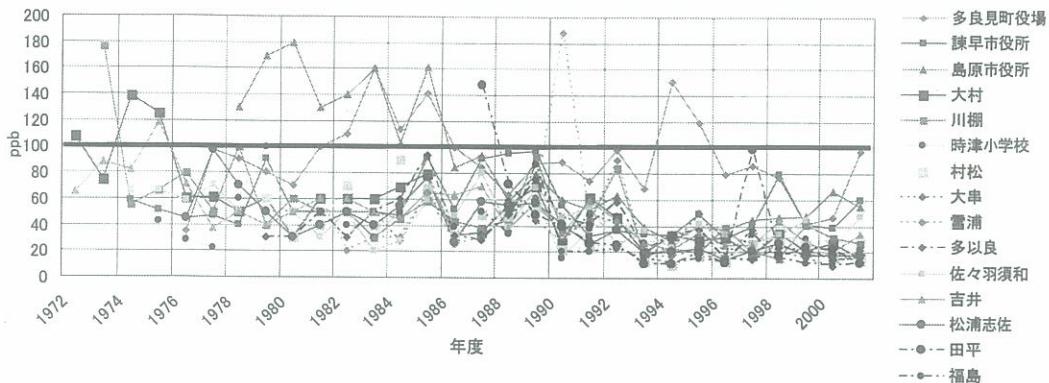


図4  $\text{SO}_2$  の1時間値最高値の経年変化 環境基準：短期的評価 100ppb 以下

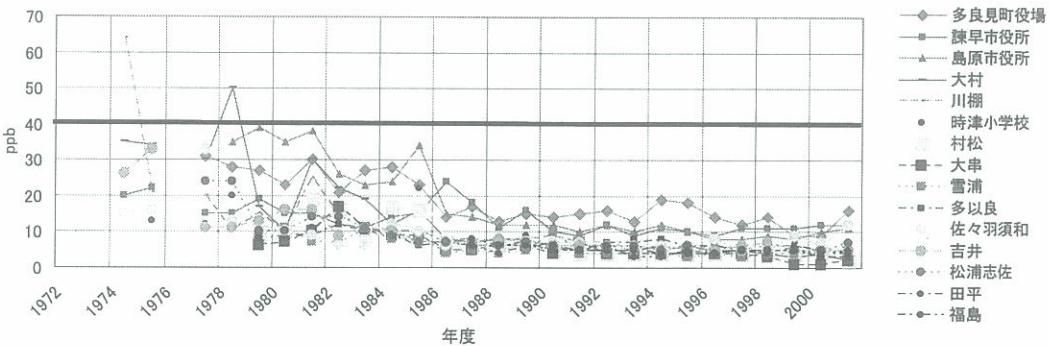


図5  $\text{SO}_2$  の日平均値 2%除外値の経年変化 環境基準：長期的評価 40ppb 以下

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（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<sup>7)</sup>。

一方図5に示す日平均値2%除外値の経年変化では、都市部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 二酸化窒素 ( $\text{NO}_2$ )

一般大気環境測定局の内、県が直接管理する15局について、観測開始以来の日平均値年間98%値を図6に示した<sup>1)2)3)4)5)6)</sup>。図7には、長崎市（3局 長崎駅前、中央橋、長崎市役所）、佐世保市（2局 福石、日宇）の自動車排出ガス測定局における二酸化窒素濃度の経年変化を示した。

一般大気環境測定局では、概ね 0.04 ppm 以下で推移している。相浦、松島、松浦各火力

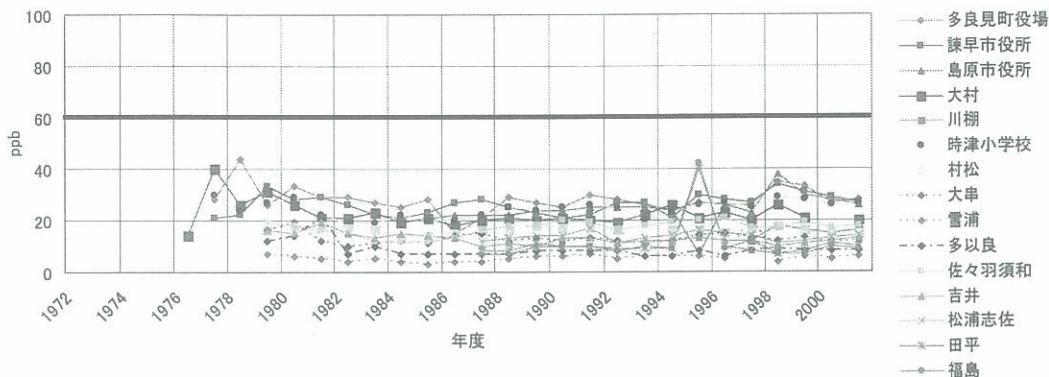


図6 一般大気環境局におけるNO<sub>2</sub>日平均値年間98%値の経年変化 環境基準：60ppb以下

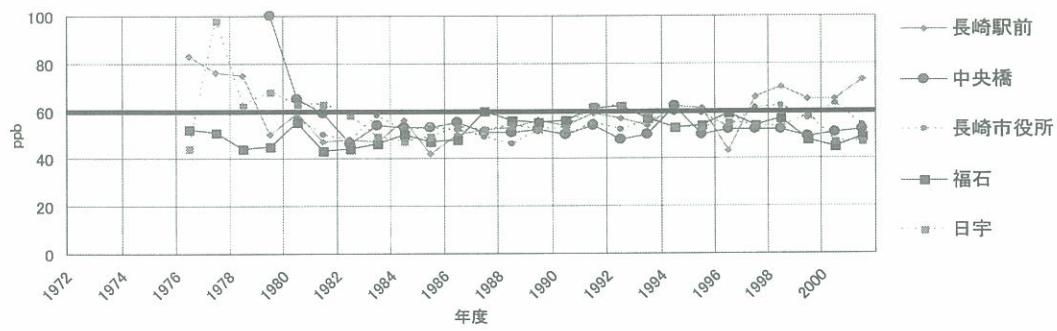


図7 自動車排ガス局におけるNO<sub>2</sub>日平均値年間98%値の経年変化 環境基準：60ppb以下

表1 過去10年における自動車排出ガス測定局におけるNO<sub>2</sub>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	日字
1993(平成5)	0.054	0.050	0.056	0.057	0.057
1994(平成6)	0.062(9)	0.062(9)	0.059	0.053	0.053
1995(平成7)	0.061(9)	0.050	0.059	0.054	0.053
1996(平成8)	0.043	0.052	0.053	0.059	0.055
1997(平成9)	0.066(23)	0.052	0.061(9)	0.054	0.054
1998(平成10)	0.070(33)	0.052	0.062(10)	0.057	0.053
1999(平成11)	0.065(18)	0.049	0.057	0.048	0.058
2000(平成12)	0.065(23)	0.051	0.053	0.045	0.047
2001(平成13)	0.073(73)	0.052	0.054	0.049	0.047
2002(平成14)	0.073(50)	0.052	0.051	0.061(2)	0.037

単位 NO<sub>2</sub>: ppm (日数: 日)

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。

自動車排出ガス測定局では1970年代、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。

自動車排出ガス測定局における二酸化窒素の過去10年間の環境基準達成状況を表1に示した。

一般大気環境局では過去10年間すべての局で環境基準を達成しているが、自動車排出ガス測定局では1993年、1996年(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1997年(平成9年)度以来二桁となっている。

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。2002年(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。日平均値の年間98%値が0.06ppmを超えた日数は、長崎駅前で50日、福石で2日であった。

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NO<sub>2</sub>日平均値が0.06ppmを超過した。

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。

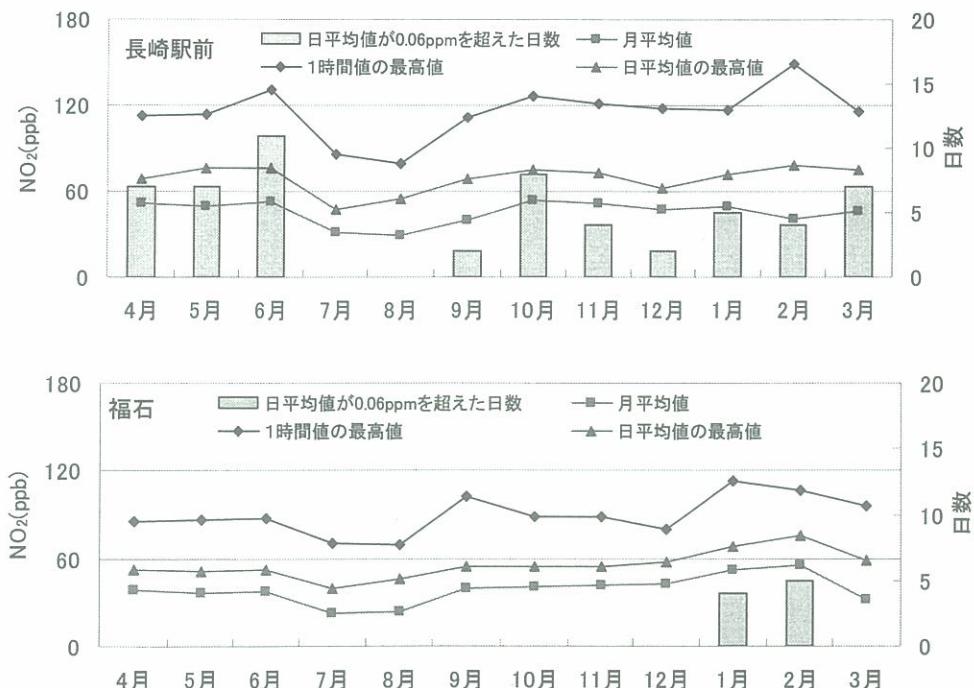


図8 長崎駅前局、福石局におけるNO<sub>2</sub>濃度月平均値等の変化 2002年(平成14年)度

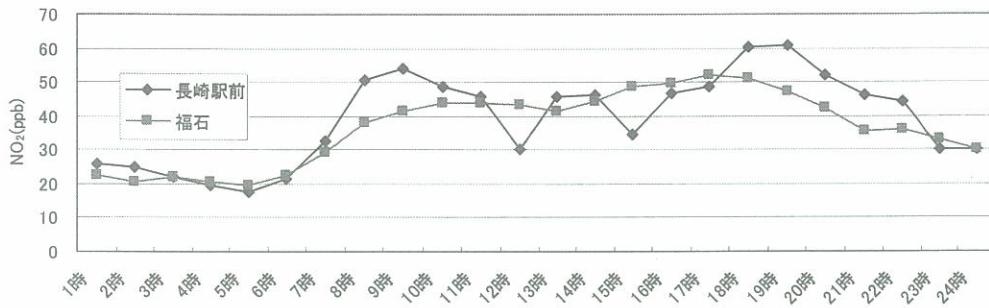


図9 長崎駅前局、福石局におけるNO<sub>2</sub>の時刻別平均濃度 2002年（平成14年）度

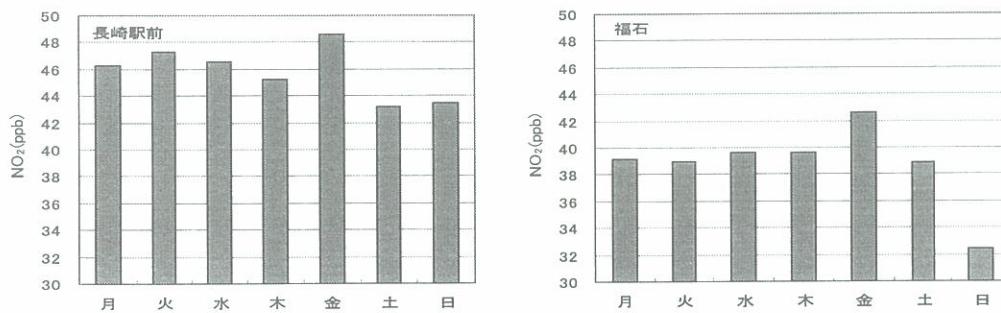


図10 長崎駅前局、福石局におけるNO<sub>2</sub>の曜日別平均濃度 2002年（平成14年）度

### 3 浮遊粒子状物質（SPM）

一般大気環境測定局の内、県が直接管理する15局について観測開始以来の1時間値最高値の経年変化を図11に、年間の日平均値の2%除外値の経年変化を図12に示した<sup>1)2)3)4)5)6)</sup>。

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お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（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/m<sup>3</sup>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お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（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2に示す。達成状況は、年度による変動が大きい。2001年（平成13年）度、2002年（平成14年）度は大規模な黄砂現象のため、大部分の局で環境基準を達成できなかった。

2002年（平成14年）度の環境基準超過状況を表3に示す。

49測定局全ての測定局において1時間値ま

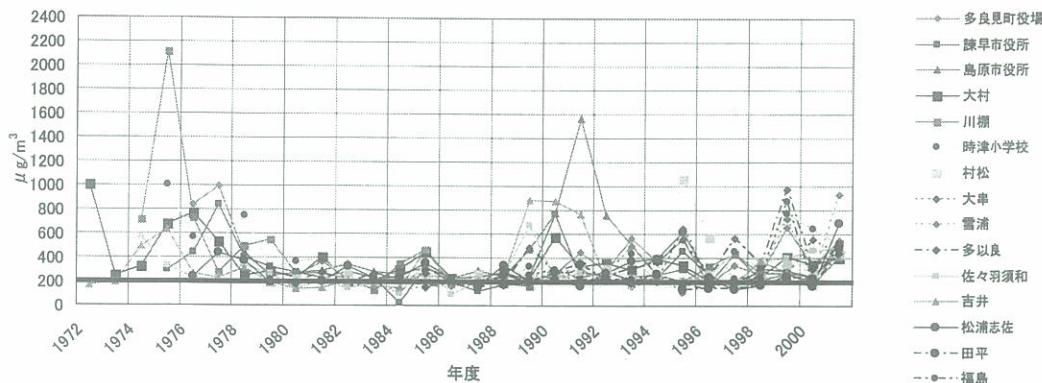


図 11 SPM の 1 時間値最高値の経年変化 環境基準：短期的評価  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下

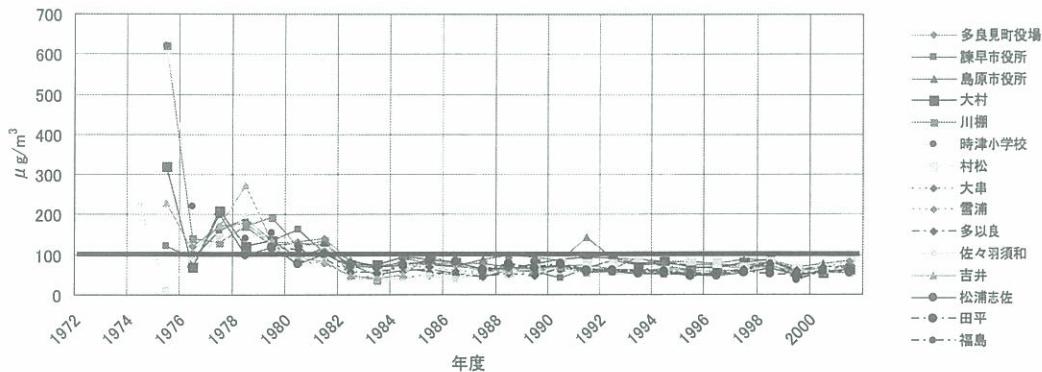


図 12 SPM の日平均値 2 %除外値の経年変化 環境基準：長期的評価  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下

表 2 SPM 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 (%)
1993 (平成 5)	44	3	41	6.8	42	13	29	31.0
1994 (平成 6)	48	3	45	7.0	48	48	0	100.0
1995 (平成 7)	48	22	26	45.8	47	44	3	93.6
1996 (平成 8)	45	18	27	40.0	44	44	0	100.0
1997 (平成 9)	45	9	36	20.0	45	42	3	93.3
1998 (平成 10)	45	5	40	11.1	45	26	19	57.8
1999 (平成 11)	46	7	39	15.2	46	46	0	100.0
2000 (平成 12)	47	5	42	10.6	47	32	15	68.1
2001 (平成 13)	48	0	48	0.0	48	2	46	4.2
2002 (平成 14)	49	0	49	0.0	49	1	48	2.0

表3 2002年(平成14年)度 SPMの環境基準超過状況

		1時間値が 0.20mg/ m <sup>3</sup> を超 えた時間数	1時間値の 最高濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	1時間値の 最高濃度出 現日	日平均値 が0.10mg/ m <sup>3</sup> を超 えた日数	日平均値が0.10mg/m <sup>3</sup> 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		
	稻佐小学校	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	
佐世保市	東長崎支所	11	0.283	4月8日	3	8,9,17					
	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					
相浦火電周辺局	大塔	12	0.361	4月8日	5	8,9,10	3		12		
	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					
	三重櫻山	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	
その他	平戸	30	0.517	4月8日	5	8,9,10,11			12		
	紐差	5	0.394	4月8日	3	8,9			12		
	多良見町役場	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					
その他	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					
その他	口之津	0	0.193	4月8日	1	9					

表4 長崎海洋気象台（長崎市）における黄砂観測日

2002年4月	2002年5月	2002年11月
1, 2, 3, 7~14日, 17日	23日	12~13日

たは日平均値が基準に満たなかったため、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  $0.20\text{mg}/\text{m}^3$  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  $0.705\text{mg}/\text{m}^3$ （長崎市北消防署、4月17日）であった。

長期的評価では49測定局中48測定局が環境基準を達成できなかった。（49測定局中48測定局で4月8, 9日、または9, 10日に日平均値  $0.10\text{mg}/\text{m}^3$  を2日以上連続して超過。年間の日平均値の2%除外値による評価では長崎駅前局（ $0.105\text{mg}/\text{m}^3$ 、11月12日）、及び長崎市役所局（ $0.106\text{mg}/\text{m}^3$ 、6月5日）で環境基準を超過した。）

平成14年度、気象庁による黄砂観測日は表4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  $0.10\text{mg}/\text{m}^3$  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  $0.10\text{mg}/\text{m}^3$  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  $0.10\text{mg}/\text{m}^3$  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。

#### 4 光化学オキシダント（Ox）

県が直接管理する15局の内、オキシダントを測定している12局について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13に、環境基準超過日数の推移を図14に示した<sup>1)2)3)4)5)6)</sup>。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オキシダント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、注意報発令濃度（120ppb）に迫っている。また、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  $0.06\text{ppm}$ 以下）を達成していないが、2002年（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。

#### 5 非メタン炭化水素（NMHC）

非メタン炭化水素を測定している6局について観測開始以来の6~9時の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15に、指針値超

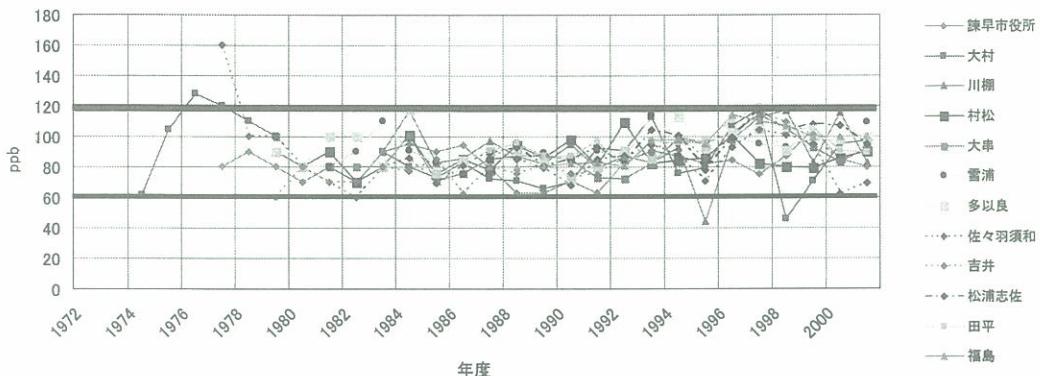


図 13 Ox 昼間の 1 時間値の最高値 (ppb) の経年変化 環境基準 : 60ppb

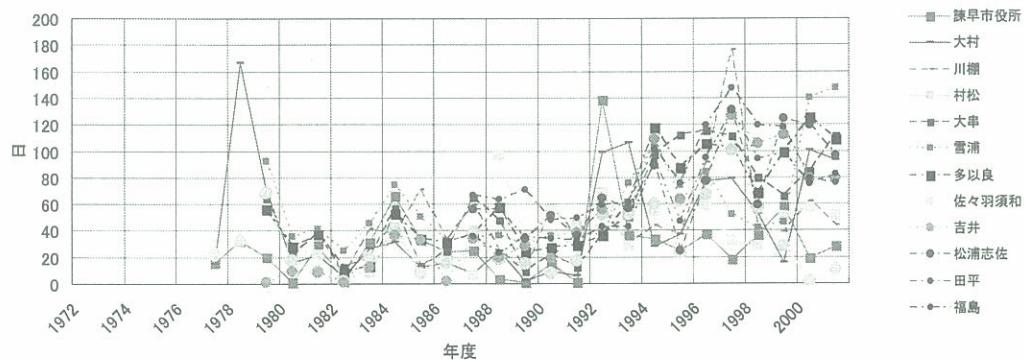


図 14 Ox 昼間 1 時間値が環境基準を超えた日数の経年変化

過日数を図 16 に示した<sup>1) 2) 3) 4) 5) 6)</sup>。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 0.07~0.13 ppmC、自動車排出ガス測定局 0.42~0.47 ppmC 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。

### 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、粉じん発生施設からの代表的な大気汚染物質である硫黄酸化物、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

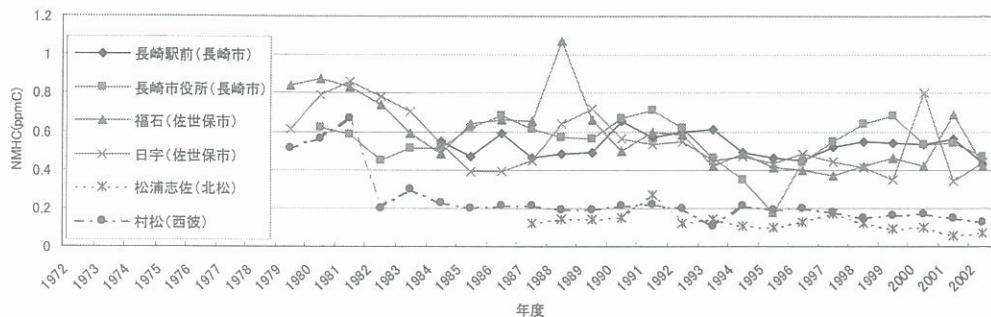


図 15 NMHC の 6~9 時 3 時間の年平均値の経年変化 指針値 : 0.20ppmC~0.31ppmC の範囲

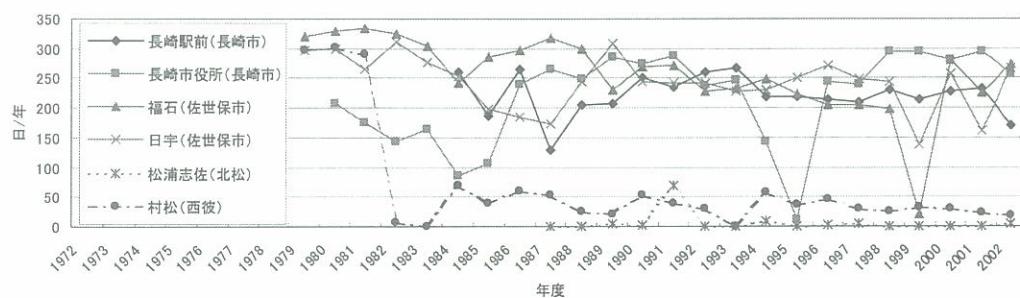


図 16 NMHC の 6~9 時 3 時間平均値が指針値の上限を超えた日数の経年変化

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、硫黄酸化物、窒素酸化物とも、環境基準の  $1/3 \sim 1/4$  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など

の他、都市部の局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、黄砂などの土壤粒子は、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 $2.5\mu m$ 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る。オキシダントについては、成層圏から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<sup>8)9)</sup>。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SO<sub>2</sub>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)