

ばい煙発生施設から排出されるばいじん及び塩化水素の近年の状況について

横山 新紀 井村 正之 星野 充 石井 克巳 堀本 泰秀

1 はじめに

ばい煙発生施設から排出されるばいじんは、大気環境中の粒子状物質生成要因のうち一次粒子として、自動車から排出される粒子状物質と共に重要な物質である。また同じくばい煙発生施設から排出される塩化水素は、二次粒子のうち塩化物塩の原因物質としてきわめて重要である。

近年、大気環境中の浮遊粒子状物質（SPM）濃度が全国的に低下する傾向にあることが指摘されており、その原因として塩化水素排出削減を指摘するものもある¹⁾。千葉県においても全国と同様に濃度低下の傾向が見られ、平成12年度にはこれまで継続してほぼ30%以下であったSPMの環境基準達成率が94%に達するなど、環境濃度の著しい改善が見られる²⁾。環境濃度の低下については気象要因との関連について言及される例が多いが、濃度低下が数年

にわたり継続していることから、原因物質の排出状況の変化に影響を受けている可能性がある。

そこで、今回過去12年間のばい煙発生施設におけるばい煙測定の結果を集計し、ばいじん及び塩化水素排出の動向について検討を行った。

2 調査方法

県が実施する大気汚染防止法に基づくばい煙発生施設に対する立入検査の際に実施したばい煙測定の結果12年分（1989～2000年度）を使用した。施設種別の測定数については、立入検査の性格上、年度によりばらつきがある。

ばいじんについては、大気汚染防止法の施設種別に測定実績の多い施設種について解析した。これは、施設種毎に運転状況や排ガス処理の形態が異なり、排ガスの状況が大きく異なるためである。

表1 ばいじん及び塩化水素濃度年平均値の経年変化(全県)

年度	ボイラー ^{*1} (g/m ³)	焼成炉及び溶融炉 ^{*1} (g/m ³)	廃棄物焼却炉 ^{*1} (g/m ³)	塩化水素 ^{*2} (mg/m ³)
1989	0.036 (58)	0.066 (7)	0.081 (13)	388 (13)
1990	0.027 (53)	0.057 (6)	0.071 (19)	411 (18)
1991	0.016 (45)	0.082 (7)	0.140 (27)	334 (24)
1992	0.018 (43)	0.033 (4)	0.083 (27)	236 (24)
1993	0.014 (55)	0.056 (8)	0.054 (16)	331 (15)
1994	0.009 (61)	0.088 (3)	0.076 (22)	294 (21)
1995	0.014 (51)	0.013 (6)	0.040 (24)	263 (17)
1996	0.023 (32)	0.040 (9)	0.049 (27)	230 (24)
1997	0.012 (28)	0.027 (6)	0.133 (34)	266 (31)
1998	0.012 (18)	0.044 (7)	0.086 (38)	281 (36)
1999	0.008 (11)	0.005 (2)	0.063 (43)	256 (40)
2000	0.017 (25)	0.040 (3)	0.028 (16)	245 (11)

() は測定数を示す

*1 定量下限値未満は0.005 g/m³とした。*2 定量下限値未満は230 mg/m³とした。

(2002年12月10日受理)

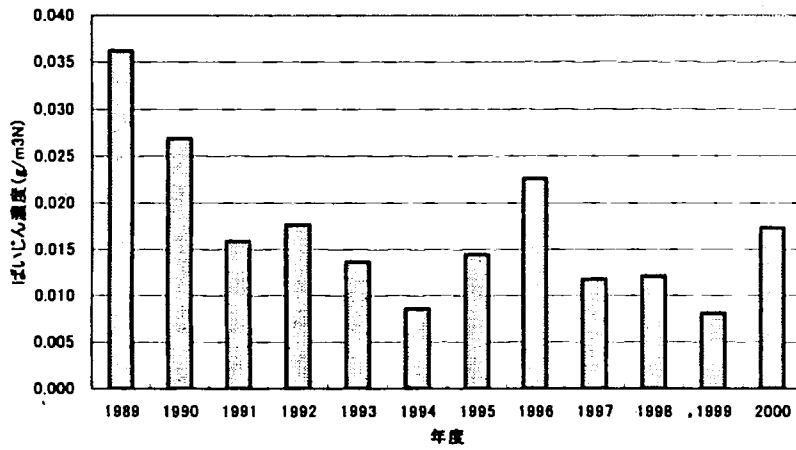


図1 ばいじん濃度年平均値の経年変化(ボイラー)

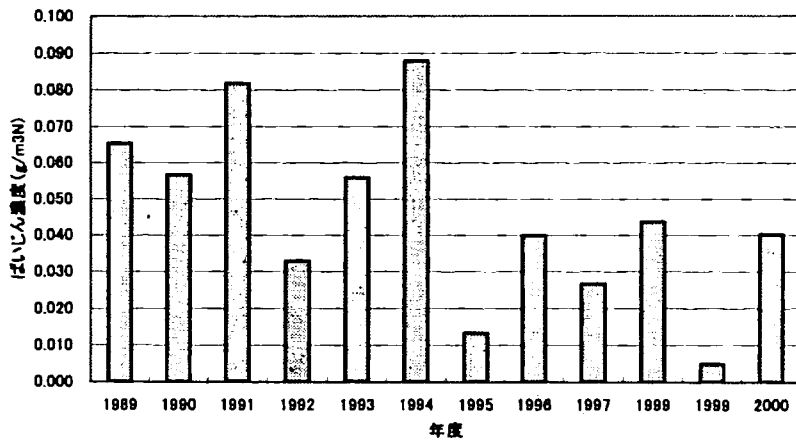


図2 ばいじん濃度年平均値の経年変化(焼成炉及び溶融炉)

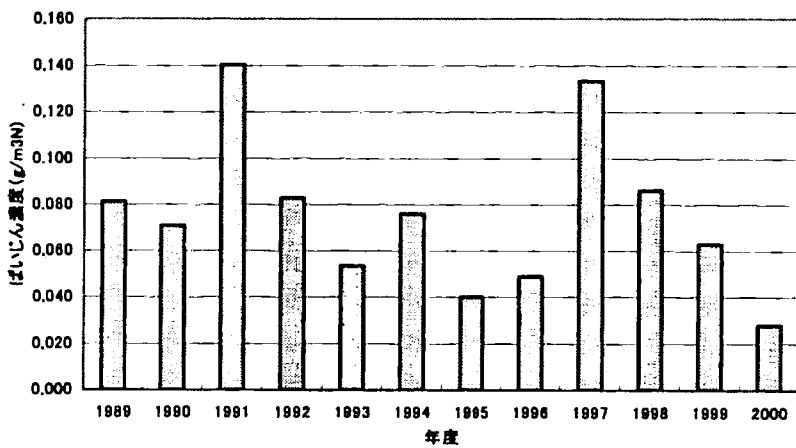


図3 ばいじん濃度年平均値の経年変化(廃棄物焼却炉)

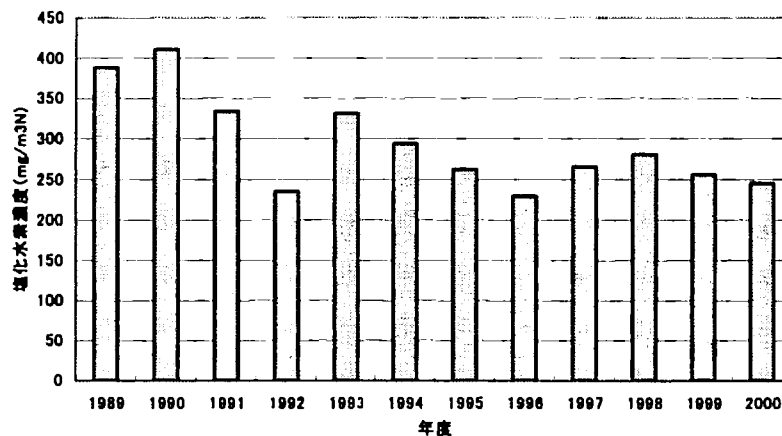


図4 塩化水素濃度年平均値の経年変化(廃棄物焼却炉)

また、塩化水素は大気汚染防止法により排出基準が設定されているのは廃棄物焼却炉だけであるので、全測定値が廃棄物焼却炉のものである。

3 結果

表1及び図1~4にボイラー、焼成炉及び溶融炉、廃棄物焼却炉のばいじん濃度年平均値の経年変化、廃棄物焼却炉の塩化水素濃度年平均値の経年変化を示した。これらは当該年度全測定値の平均値である。このうち、廃棄物焼却炉のばいじん濃度以外は大気汚染防止法に定められた標準酸素濃度換算後の値である。

図1, 2からボイラー、焼成炉及び溶融炉のばいじんについては濃度の低下傾向が見られる。この10年間にボイラーについては0.025 g/m³程度から0.010 g/m³程度へとばいじん濃度は概ね半減した。同様に焼成炉及び溶融炉についても、0.060g/m³程度から0.030g/m³程度へとばいじん濃度は概ね半減している。廃棄物焼却炉のばいじんについては、図3から各年度でややばらつきはあるものの、概ね0.060g/m³程度のレベルで推移していると言える。

図4から塩化水素濃度についてもこの10年間で400 mg/m³程度から250mg/m³程度へと、概ね濃度レベルは4割低下した。

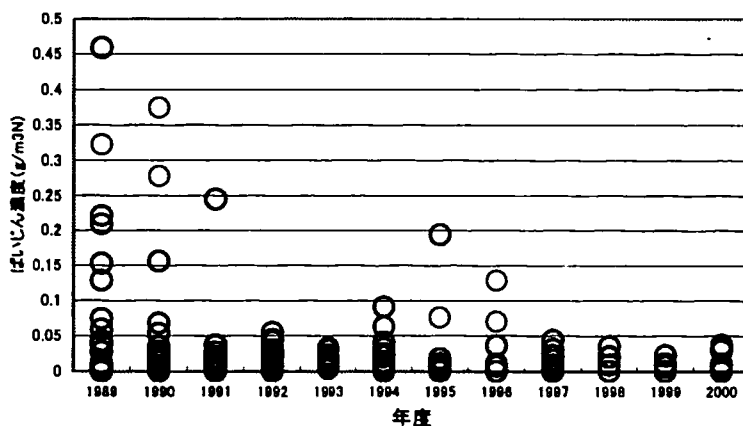


図5 ばいじん濃度の出現分布(ボイラー)

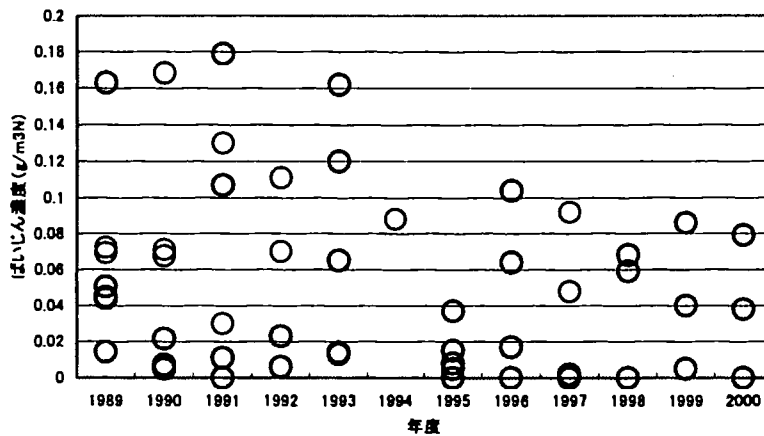


図6 ばいじん濃度の出現分布(焼成炉及び溶融炉)

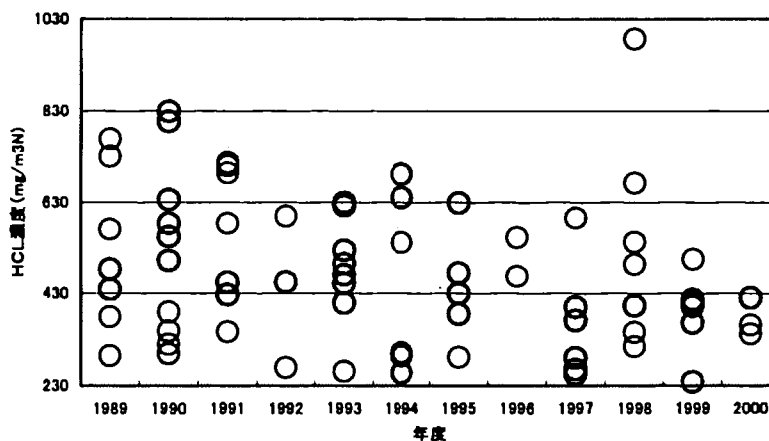


図7 塩化水素濃度の出現分布(廃棄物焼却炉)

また、図5～7にそれぞれボイラー、焼成炉及び溶融炉のばいじん濃度、廃棄物焼却炉の塩化水素濃度の出現分布を示した。各項目ともしだいに高濃度の測定値が出現しなくなる傾向が見られる。

4 考察

4.1 ばいじん及び塩化水素濃度の低下

ばいじん排出の推移については、1970年代について鈴木ら³⁾が検討を行い、全県的に排出濃度がかなり低下していることを指摘した。この中で測定した全施設の平均濃度は1970年代当初と比較して1980年にはほぼ半減した結果、施設種別の平均

濃度はボイラーでは 0.081g/m^3 、溶融炉・焼成炉では 0.048g/m^3 、廃棄物焼却炉では 0.273g/m^3 であることを示した。これらの濃度レベルは、現在と比較してボイラーで約8倍、溶融炉・焼成炉で約1.5倍、廃棄物焼却炉で約4倍も高く、1970年代に引き続きその後の20年間でもかなりの濃度低下があったことを示している。ただし、溶融炉・焼成炉はボイラーや廃棄物焼却炉に比べて濃度低下が小さく、施設種毎の違いがきわだっている。

このばいじん濃度低下の要因について鈴木ら³⁾は燃料の良質化、燃焼管理、燃焼施設の改良が考えられるとし、1970年代には東京湾岸地域を中心

に燃料中硫黄分が著しく低下したことを示した。また、燃料の良質化については鈴木ら¹⁾がばいじん濃度実測値と燃料種類との関連を解析し、ボイラーを例としたばいじん濃度はガス、灯油等の軽質燃料で最も低濃度、B、C重油等の重質燃料で高濃度となり、A重油は両者の中間的な濃度特性を持つことを示した。

そこで、図8に当所で継続して実施している燃料中の硫黄分測定結果の年平均値推移を示した。これは立入検査時の燃料抜き取り検査及び発生源システムの硫黄分分析計の精度確認調査のデータ

を集計したものである。前述のように1970年代に大きく低下したがその後も低下傾向は現在まで継続しており、1970年代と比較して濃度レベルは約1/5まで低下している。このように燃料の低硫黄化が継続していることから、基本的にはばいじん排出の低減に寄与していると考えられる。

また、溶融炉及び焼成炉では濃度低下が小さいが、鈴木ら¹⁾は金属溶解炉、ガラス溶融炉、焼成炉、乾燥炉、廃棄物焼却炉はばいじん濃度のばらつきが大きく、これは燃焼条件の違いや原料由来のばいじんの多少に影響を受けやすいことが原因

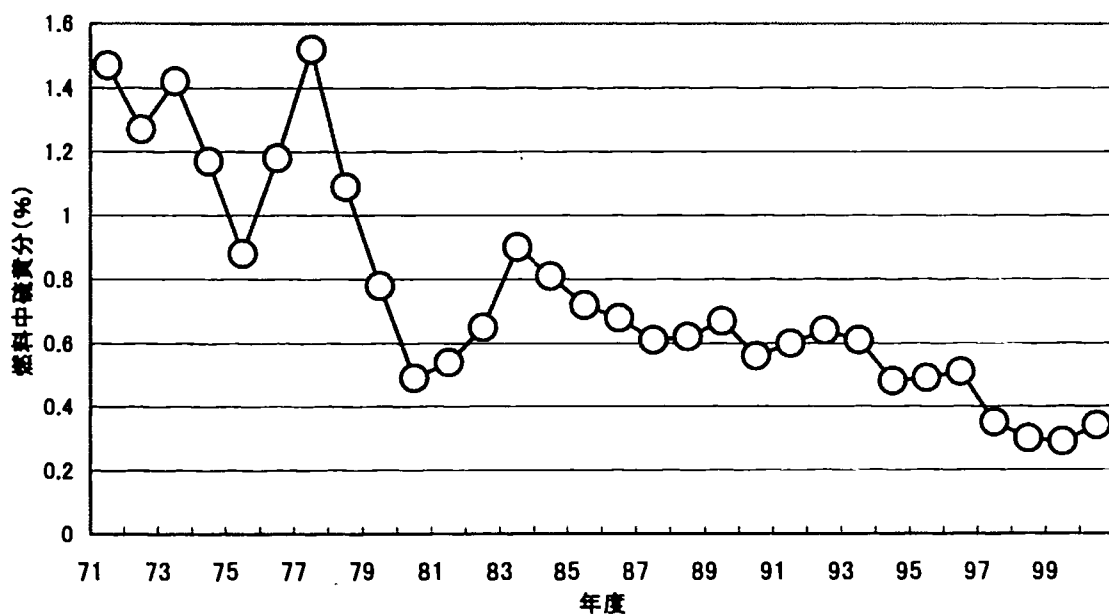


図8 燃料中硫黄分測定結果年平均値の経年変化

と考えられると指摘しており、燃料改善以外の要素が影響を与えているためと見られる。

なお、廃棄物焼却炉については平成14年12月に廃棄物処理法の改正による構造基準適用猶予期間が終了することから、現在多くの施設で集塵機や炉の改修が行われており、今後効果が現れるものと見られる。

塩化水素については、1977年から大気汚染防止法の規制対象物質に指定されている。都市ごみ焼却施設から排出される塩化水素の濃度レベルは、四阿ら⁵⁾、岩崎ら⁶⁾によると未対策の状態ではブ

ラスチック類の分別収集を行いつつ水噴射による排ガス冷却を行う一部の施設を除いて一般的には何らかの塩化水素対策が必要なレベルであると指摘されている。このため、既設炉の大気汚染防止法適用期日である1979年12月までに多くの施設で塩化水素対策がとられて現在に至っていると考えられる。

また、及川ら⁷⁾が東京都におけるごみ中の揮発性塩素について検討を行い、この中で可燃ごみと不燃ごみに含まれる合計の揮発性塩素の量は平成4年度をピークにこの10年間着実に減少して平成11

年度にはピーク時の約 1/3 にまで減少したと報告している。また、可燃ごみが燃焼して揮発性塩素が全て塩化水素に変化したとして塩化水素濃度を計算したところ、揮発性塩素含有率の減少に伴い、塩化水素濃度は大きく減少すると指摘した。

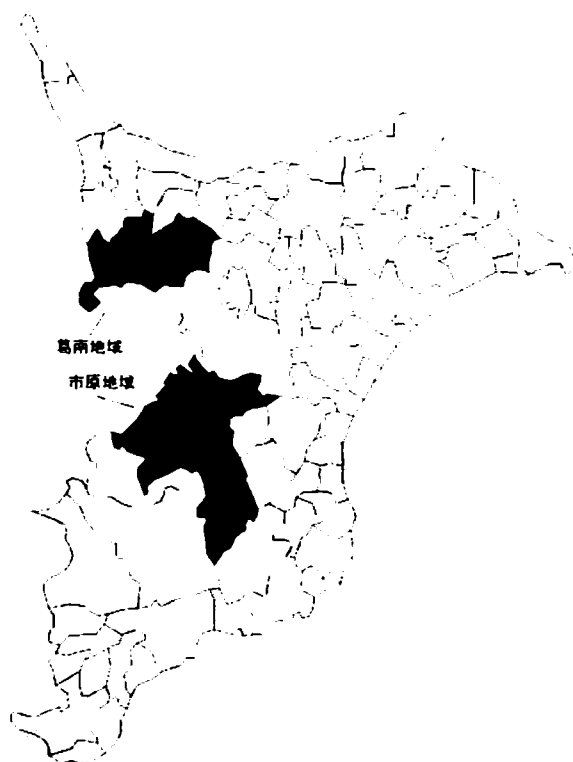


図9 地域区分

このようなごみ中の揮発性塩素量の減少は、家庭系用途での塩素含有プラスチックの消費の減少がごみ中の塩素含有製品含有率の減少をもたらした結果であるとしており、消費者の生活行動の変化が引き起こしているものである。東京都だけの現象とは考えにくく、千葉県でも同様な状況であると見られる。

以上から、塩化水素対策については20年前から継続して実施されていることを考慮すると、最近10年間の塩化水素濃度の低下については都市ゴミ焼却施設による塩化水素対策によるものではなく、むしろ焼却されるごみ質の変化が大きく影響しているものと考えられる。

4.2 ばいじん及び塩化水素排出の地域差

鈴木ら³⁾は、ばいじん排出の状況について市原市等の大規模固定発生源の集中した地域と千葉市以北の東京湾沿いの地域及びその他地域の県内を3地域に区分して論じた。そこで今回も同様に、葛南地域と市原地域に分けて(図9)ばいじん排出状況の比較を行った。

図10及び11にそれぞれ葛南地域と市原地域のボイラーのばいじん濃度年平均値の経年変化を示した。葛南地域では全県の傾向と同様にこの10年間濃度の低下が見られ、1990年当初の0.040g/m³程度から0.010g/m³以下と濃度レベルが1/4程度

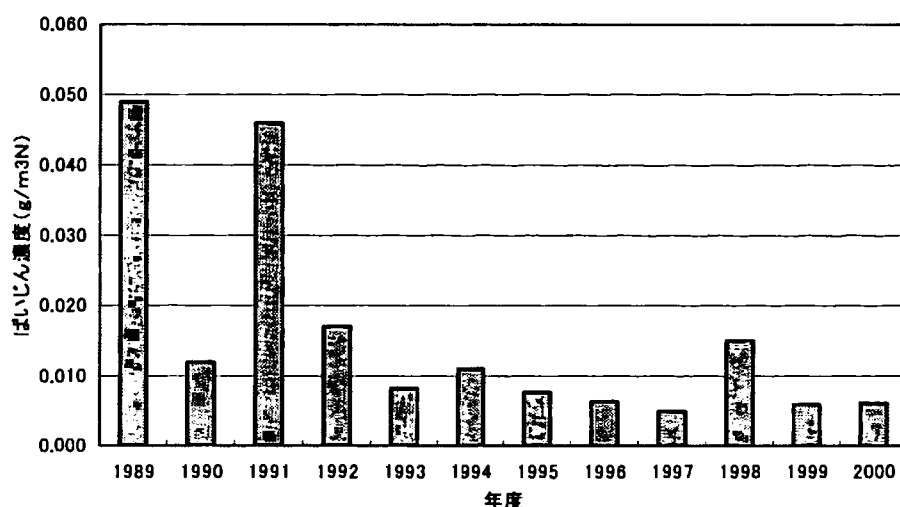


図10 ボイラーばいじん濃度年平均値の経年変化(葛南地域)

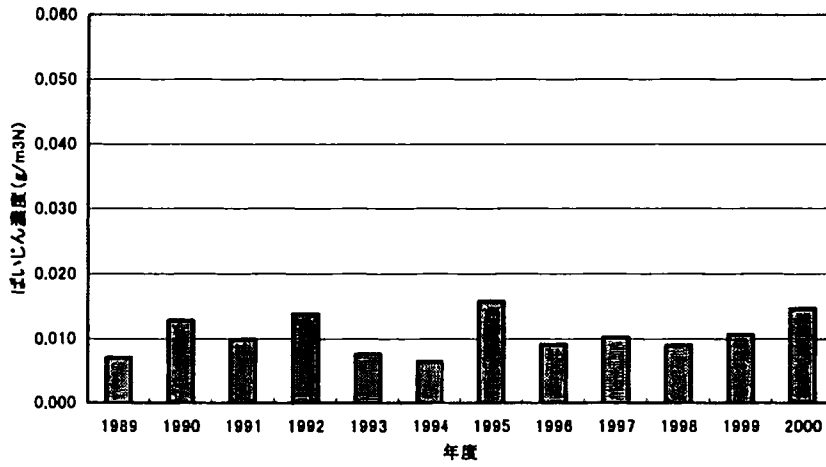


図 11 ボイラーばいじん濃度年平均値の経年変化(市原地域)

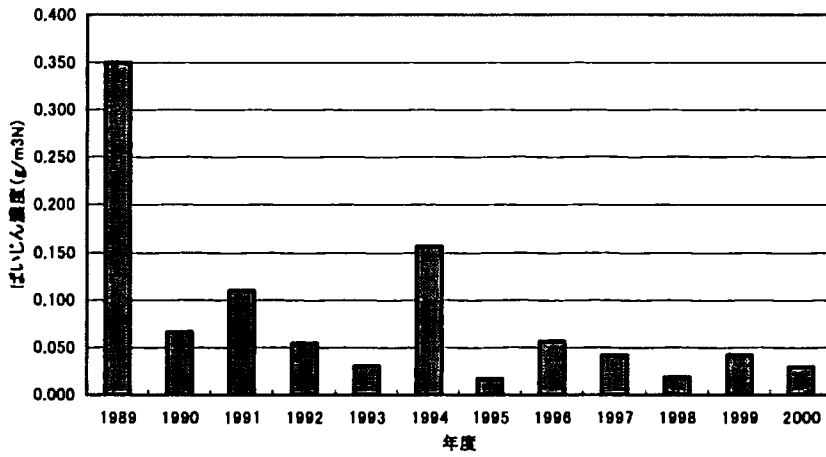


図 12 廃棄物焼却炉ばいじん濃度年平均値の経年変化(葛南地域)

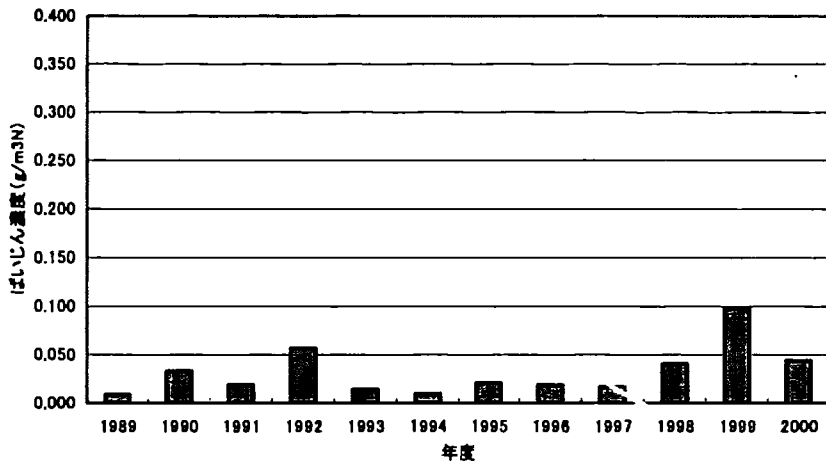


図 13 廃棄物焼却炉ばいじん濃度年平均値の経年変化(市原地域)

に低下している。一方、市原地域では全県の傾向とは異なり 1990 年当初から $0.010\text{g}/\text{m}^3$ 程度と比較的低濃度であり、この濃度レベルが 10 年間概ね継続している。その他地域については葛南地域と同様に概ね濃度が低下する傾向にある。

また、図 12、13 にそれぞれ葛南地域と市原地域の廃棄物焼却炉のばいじん濃度年平均値の経年変化を示した。葛南地域では 1990 年当初にかなり大きな値がありばらつきも大きいものの、1995 年以降は全県の傾向と同様に概ね濃度レベル変わらず

$0.050\text{g}/\text{m}^3$ 程度で推移している。市原地域ではこの 10 年間ほぼ $0.050\text{g}/\text{m}^3$ 以内で推移している。その他地域についても同様にほぼ同じ濃度レベルで推移している。

図 14、15 にそれぞれ葛南地域と市原地域の廃棄物焼却炉の塩化水素濃度年平均値の経年変化を示した。葛南地域では全県の傾向と同様にこの 10 年間濃度の低下傾向が見られ、1990 年当初の $400\text{mg}/\text{m}^3$ 程度から $250\text{mg}/\text{m}^3$ 程度へと 4 割低下している。一方、市原地域では 1990 年当初からほぼ定量

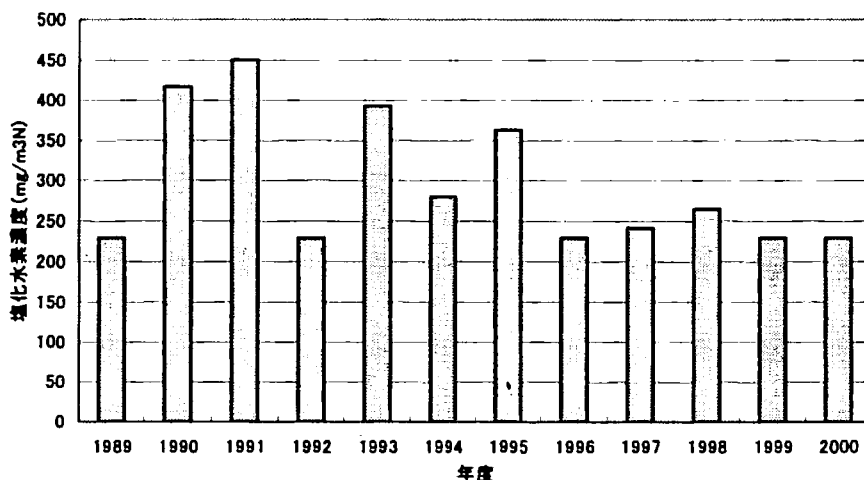


図 14 廃棄物焼却炉塩化水素濃度年平均値の経年変化(葛南地域)

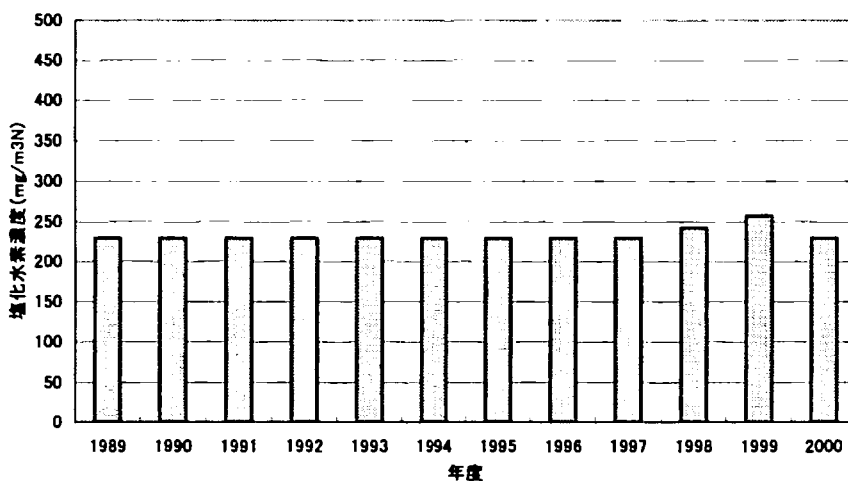


図 15 廃棄物焼却炉塩化水素濃度年平均値の経年変化(市原地域)

下限値 (230mg/m³) 未満と他地域に比べて低いレベルで継続している。

以上のように、ばい煙発生施設のうち施設数の多い代表的な施設種であるボイラーと廃棄物焼却炉の排出濃度の地域差を検討してきたが、葛南地域では全県の傾向と同様に概ねばいじん、塩化水素とも排出の低下傾向が見られるものの、市原地域では低いレベルで継続する傾向が見られる。これは、市原地域では県、市及び事業者の三者による公害防止協定の締結工場が多く、排出濃度は協定値の動向に左右されるためと考えられ、近年では協定値は基本的に維持の方向で推移していることが低い濃度レベルで継続している要因と見られる。

5 まとめ

ばい煙発生施設から排出されるばいじん及び塩化水素の測定結果を集計し、排出の動向について検討を行った。使用したデータが立入検査時のものであるという制約上、年により測定対象や施設数に偏りがあることは否めない。しかし10年以上にわたる結果の検討から以下のことがわかった。

- (1) 施設数の多いボイラー、焼成炉及び溶融炉のばいじんについては全県的に概ね濃度が低下している。
- (2) 廃棄物焼却炉のばいじんについては年度によるばらつきが大きいものの、全県的に概ね濃度レベルは変化していない。
- (3) 廃棄物焼却炉の塩化水素については全県的に概ね濃度が低下する傾向にある。
- (4) 市原地域についてはばいじん及び塩化水素とも低い濃度レベルで継続している。
- (5) ばいじん濃度低下の要因としては燃料中の硫黄分低下が、塩化水素濃度低下の要因としては焼却するごみ質の変化が影響していると考えられる。

謝辞

本研究にあたり、千葉県環境生活部大気保全課の職員の方々には多大の御協力を頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。また、長年にわたりばい煙測定を実施してきた旧環境研究所大気第四研究室の諸先輩の方々にも併せて御礼申し上げます。

文献

- 1) 高橋克行, 國見 均, 箕浦宏明: 第42回大気環境学会年会講演要旨集, 142-144 (2001)
- 2) 千葉県環境生活部: 平成12年度大気環境常時測定結果, (2001)
- 3) 鈴木将夫, 星野 充, 鈴木房宗, 飯豊修司, 内藤季和: 工場調査結果から見た過去10年間の燃料中硫黄分, 排ガス中ばいじん・窒素酸化物の排出状況, 千葉県公害研究所研究報告, 14, 81-89 (1982)
- 4) 鈴木将夫, 鈴木房宗: 統計的に推定した燃料及びばい煙発生施設別の排ガス中ばいじん濃度特性, 千葉県公害研究所研究報告, 15, 27-33 (1983)
- 5) 四阿秀雄, 田原祐介, 近藤高一: ごみ焼却炉における塩化水素対策の実際, 公害と対策, 14-10, 1059-1067 (1978)
- 6) 岩崎好陽, 中浦久雄, 谷川 昇, 矢島恒広, 石黒辰吉: 清掃工場における乾式HC1除去対策について, 東京都公害研究所年報, 3-9 (1982)
- 7) 及川 智, 谷川 昇, 三森啓介, 増子知樹, 恩田敏雄, 長谷川 隆: 東京23区のごみの化学組成とその変化, 揮発性塩素の変化の由来についての検討, 東京都環境科学研究所年報, 249-257 (2001)

Shinki YOKOYAMA, Masayuki IMURA, Mituru HOSHINO, Katsumi ISHII
and Yasuhide HORIMOTO

要旨

ばい煙発生施設から排出されるばいじん及び塩化水素は、自動車排ガスと共に大気環境中の粒子状物質生成の主要な原因となっている。近年、大気環境中の浮遊粒子状物質濃度は全国と同様に千葉県内でも低下する傾向にある。そこで、今回過去 12 年間のばい煙測定の結果を集計し、ばいじん及び塩化水素排出の動向を検討した。その結果、ばいじんについては代表的なばい煙発生施設であるボイラーや熔融炉については、近年高濃度の測定値が出現しなくなる傾向が見られた。また、廃棄物焼却炉から排出される塩化水素についても同様に高濃度の測定値が出現しなくなる傾向が見られた。この原因については、ばいじんは燃料中の硫黄分の低下が、塩化水素についてはごみ質の変化が影響していると考えられた。なお、地域的には市原地域でばいじん及び塩化水素共に 10 年以上にわたり他地域に比べて低い濃度レベルで推移しており、他地域とは異なった傾向を示した。

キーワード： ばい煙発生施設, ばいじん, 塩化水素, 経年変化