

第2部 特定物質等の大気中濃度

1. オゾン層破壊物質の種類と特性

オゾン層破壊物質

人間活動によって塩素原子や臭素原子を含有するオゾン層破壊物質が排出されている。これらの物質の多くは、非常に安定で反応性がなく、雨や海水にも溶解しないため、大気中の寿命が極めて長く、下層の対流圏大気中に蓄積する（大気中寿命の短いものは一部が大気中に蓄積する）。これらは非常にゆっくりではあるが大気の運動を通じて成層圏に輸送され、そこでオゾン層で遮蔽されない短波長の太陽紫外線によって分解され、反応性の高い物質に変換される。生じた反応性物質が、成層圏オゾンを連鎖反応により破壊する。

塩素系オゾン層破壊物質には、主としてCFC、四塩化炭素、1,1,1-トリクロロエタン（別名メチルクロロホルム）があり、影響は小さいがHCFC、塩化メチルなどがある。CFCは、炭素、塩素及びフッ素原子のみから構成される物質であり、冷凍機や空調機器の冷媒、発泡剤、エアゾル噴射剤、金属や電子機器の洗浄剤などとして、多くの用途に使われてきた。四塩化炭素はCFCの製造原料として、1,1,1-トリクロロエタンは金属等の洗浄用溶剤として使われてきた。

臭素系オゾン層破壊物質では、反応性や水溶性のないハロンが主なものであり、その他臭素系の人工物質や臭化メチルがある。ハロンは消火剤として、臭化メチルは農業用薫蒸剤等として使用される。

オゾン層保護法における特定物質

「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」（1987年）によって規制対象とされたオゾン層破壊物質は、「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律」において「特定物質」として規制されている。具体的には、CFC、HCFC、ハロン、四塩化炭素、1,1,1-トリクロロエタン、HBFC、ブromoclorometan、臭化メチルである。各物質の特徴と用途については参考資料1（P83参照）参照。

成層圏中の塩素・臭素の発生源

図2-1-1は、塩素・臭素を含む主要な物質が2004年の成層圏中の塩素・臭素の全量にそれぞれどの程度寄与しているかを示している。ただし同図では、塩素系化合物（左）と臭素系化合物（右）でフルスケールが大きく異なっており、成層圏中の全臭素量は全塩素量の150分の1以下である。なお、自然発生源の割合は、全塩素よりも全臭素において大きい（量としては塩素系化合物の方がはるかに大きい）。

塩素源については、成層圏に達する塩素のほとんどを人間活動が占める。CFCは人間活動によって排出される塩素系オゾン層破壊物質のうち最も多量にあるものである。塩化メチルは大部分が自然発生源である。CFCの代替物質であるHCFCによる塩素系化合物中の割合は小さいが、その大気中濃度は近年急増している。

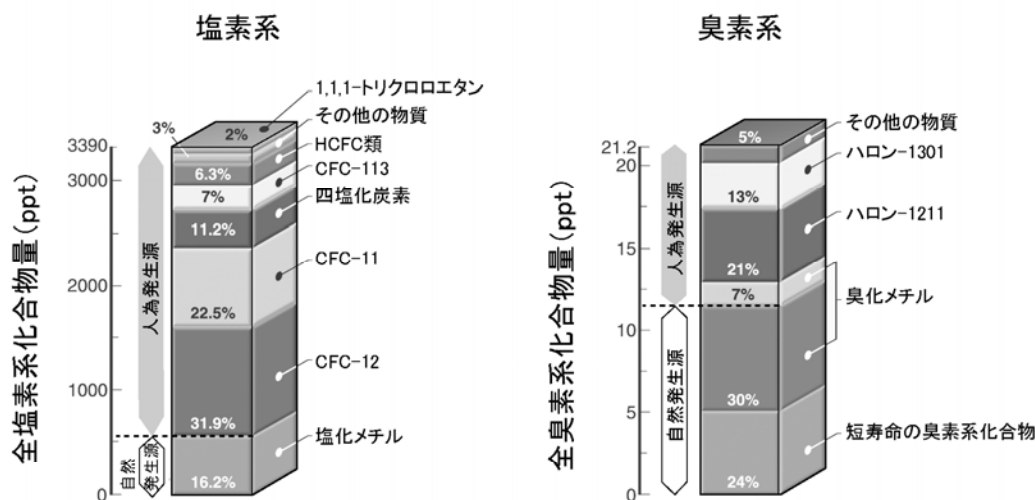


図 2-1-1 2004 年の成層圏中の塩素・臭素の主要源

大気中のガスの濃度の単位として「1 兆分の 1」(ppt) を使用している。1ppt は、他の 1 兆の大気分子中に 1 つのガス分子が存在することを示す。

(出典) Scientific Assessment of Ozone Depletion:2006 (WMO, 2007)

主なオゾン層破壊物質の大気中寿命・オゾン層破壊係数

主なオゾン層破壊物質の大気中の寿命や成層圏オゾン破壊への影響を表2-1-1に示す。成層圏オゾン破壊への影響は「オゾン層破壊係数 (ODP)」で示されている。ODPとはOzone Depletion Potentialの略で、CFC-11のオゾン層破壊係数を1とし、物質ごとに重量あたりで計算される。

表 2-1-1 主なオゾン層破壊物質の大気中寿命、オゾン層破壊係数^a

	大気中寿命 (年)	オゾン層破壊係数
塩素系	CFC-12	100
	CFC-113	85
	CFC-11	45
	四塩化炭素 (CCl ₄)	26
	HCFC	1~26
	1,1,1-トリクロロエタン (CH ₃ CCl ₃)	5
	塩化メチル	1.0
臭素系	ハロン1301	65
	ハロン1211	16
	臭化メチル (CH ₃ Br)	0.7
	極短寿命ガス (CHBr ₃ など)	<0.5

a 人間活動及び自然発生源の両方を含む

b 推計が不確実

(出典) Scientific Assessment of Ozone Depletion:2006 (WMO, 2007)

2. 特定物質等の観測状況

(a) 大気試料の採取法・分析法

特定物質の分析を目的とした大気試料の採取は、一般に、高真空にした超清浄の金属製容器に大気をそのまま採取するGrabサンプリング法又は液体ヘリウムで冷却して採取するクライオジェニックサンプリング法により行われる。連続測定装置では、一定量の大气を低温カラムに通し、大気中成分を濃縮捕集する。

特定物質の分析には、ECD（電子捕獲型検出器）がハロゲンに対して比較的高い感度と選択性を示すことから ECD を備えたガスクロマトグラフ、又は種々の物質が検出できるガスクロマトグラフ／質量分析計（GC/MS）が用いられる。

(b) 大気試料の採取地点

地球規模の特定物質の平均濃度（バックグラウンド濃度）を知るためには、特定物質の発生源からの局地的な汚染の影響がない清浄大気について測定を行う。日本付近では、北海道の根室、稚内周辺などにおいて、気象条件によって局地的汚染のない北半球中緯度の代表的な大気を採取することができる。

一方、都市部などの発生源に近い場所では、大気中の特定物質の濃度は通常バックグラウンド濃度よりも高い値になる。このような場所での大気中濃度は、時間的にも地域的にも変動が大きく、風向・風速などの気象条件や人間の生産活動サイクル（週末や休日には低くなる）などによって左右されることが多い。

(c) 特定物質の観測体制

我が国での観測体制

我が国では、東京大学において特定物質の大気中濃度を正確かつ精密に分析するための装置と手法が開発され、1979年（南極昭和基地については1981年）から、特定物質の広域分布や経年変化の観測が続けられている。

環境省は1988年から北海道及び川崎市で特定物質の観測を開始している。

気象庁では、1990年から岩手県三陸町綾里で、また1990年から観測船「凌風丸」によって北西太平洋における特定物質の観測を行っている。

また、多くの都道府県及び政令指定都市においても、1989～1990年頃から特定物質の大気中濃度の測定が行われている。その多くは、現在も継続されている。

他の機関によるオゾン層破壊物質の大気中濃度観測体制

世界において行われているオゾン層破壊物質の大気中濃度観測は、以下のようなネットワークでなされており、主なものとして、AGAGE・NOAA、ESRL、UCI などがある（表 2-2-1）。

表 2-2-1 観測ネットワーク

観測ネットワーク	観測点
AGAGE – Advanced Global Atmospheric Gases Experiment	Cape Grim, Tasmania (41°S, 145°E) Cape Matatula, Samoa (14°S, 171°E) Ragged Point, Barbados (13°N, 59°W) Mace Head, Ireland (53°N, 10°W) Trinidad Head, USA (41°N, 124°W)
NOAA/ESRL – National Oceanic and Atmospheric Administration/Earth System Research Laboratory	South Pole, Antarctica Palmer Station, Antarctica Cape Grim, Tasmania Cape Matatula, Samoa Mauna Loa, USA Cape Kumukahi, USA Niwot Ridge, USA Wisconsin, USA Harvard Forest, USA Barrow, USA Alert, Canada
UCI – University of California at Irvine	71°N ~ 47°S の40~45の太平洋上の地点

（出典） Scientific Assessment of Ozone Depletion:2006 (WMO, 2007)

3. 特定物質等の大気中濃度の監視結果

3-1. 特定物質等の大気中平均濃度の状況

3-1-1. 環境省による観測結果

北海道における特定物質等の大気中平均濃度の経年変化

環境省は、1988 年から北海道の根室・稚内周辺において、15 物質の大気中濃度を測定している。測定対象物質は、CFC-11、CFC-12、CFC-113、CFC-114、CFC-115、ハロン 1211、ハロン 1301、ハロン 2402、1,1,1-トリクロロエタン、四塩化炭素（1989 年～）、HCFC-22（1992 年～）、HCFC-141b（2001 年～）、HCFC-142b（1992 年～）、臭化メチル（1997 年～）、HFC-134a（2000 年～）である。

(a) 測定対象 15 物質の大気中平均濃度のトレンド

表 2-3-1 は、特定物質等の大気中平均濃度のトレンドについてまとめたものである。

表 2-3-1 北海道における特定物質等の大気中平均濃度のトレンド

（評価期間は原則として 1996 年 1 月～2009 年 1 月）

物質名	平均年間変化量 ⁽¹⁾ (pptv/年)	評価期間 ⁽²⁾ (～2009 年 1 月)	現在の濃度 ⁽³⁾ (2009 年 1 月) (pptv)	年間変化率 ⁽⁴⁾ (%)
CFC-11	-1.9 ±0.1	1996 年 1 月～	238	-0.8
CFC-12	-1.5 ±0.4	2005 年 1 月～ ⁽⁵⁾	544	-0.3
CFC-113	-0.71 ±0.03	1996 年 1 月～	76	-0.9
CFC-114	-0.02 ±0.007	1996 年 1 月～	15	-0.1
CFC-115	0.06 ±0.009	1998 年 1 月～ ⁽⁵⁾	9.1	0.6
ハロン-1211	-0.04 ±0.009	2005 年 1 月～ ⁽⁵⁾	4.6	-0.9
ハロン-1301	0.05 ±0.002	1996 年 1 月～	3.5	1.5
ハロン-2402	-0.005 ±0.0007	1996 年 1 月～	0.47	-1.0
四塩化炭素	-1.3 ±0.1	1996 年 8 月～ ⁽⁶⁾	94	-1.4
1,1,1-トリクロロエタン	-3.1 ±0.1	2004 年 1 月～ ⁽⁵⁾	10.4	-29
HCFC-22	5.6 ±0.2	1996 年 1 月～	200	2.8
HCFC-141b	0.45 ±0.08	2003 年 1 月～ ⁽⁵⁾	22	2.1
HCFC-142b	0.86 ±0.03	1996 年 1 月～	20	4.2
臭化メチル	-0.07 ±0.05	2000 年 1 月～ ⁽⁵⁾	9.3	-0.7
HFC-134a	4.7 ±0.1	2000 年 8 月～ ⁽⁷⁾	56	8.4

- (1) 平均年間変化量には±に続く数値により一定の幅を示したが、これは95%以上の確率で、真の平均年間変化量がこの範囲（95%信頼区間）に収まることを意味する。
- (2) 過去13年間（1996年1月～2009年1月）の調査結果に基づく（CFC-12、CFC-115、ハロン-1211、四塩化炭素、1,1,1-トリクロロエタン、HCFC-141b、臭化メチル及びHFC-134aの評価期間については(5)～(7)を参照）。
- (3) 表中の「現在の濃度」とは、回帰式から算出される2009年1月での計算値であり、実測値ではない。
- (4) 年間変化率は、平均年間変化量を現在の濃度で除したものである。
- (5) CFC-12については濃度の低下が始まったため2005年1月から、CFC-115については、濃度の変動の傾向が安定した1998年1月から、ハロン-1211については、濃度の低下が始まったため2005年1月から、1,1,1-トリクロロエタンについては、濃度の変動の傾向が安定した2004年1月から、HCFC-141bについては濃度の変動の傾向が安定した2003年1月から、臭化メチルについては濃度の変動の傾向が安定した2000年1月からをそれぞれ評価期間とした。
- (6) 四塩化炭素については、1996年1月及び同3月に測定結果が得られなかったため、1996年8月からを評価期間とした。
- (7) HFC-134aについては、測定を開始した2000年8月からを評価期間とした。
- （出典）環境省 平成 20 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査

(b) CFC-11、CFC-12、CFC-113、1,1,1-トリクロロエタン、四塩化炭素の大気中平均濃度の変化

図 2-3-1 に CFC-11、CFC-12、CFC-113、1,1,1-トリクロロエタン、四塩化炭素の測定結果を示す。このうち、CFC-11、CFC-12、CFC-113 及び四塩化炭素については、濃度変化を見やすくするために、縦方向（濃度）に拡大したものを図 2-3-2 に示す。図 2-3-2 には測定結果の標準偏差もあわせて示した。北海道では、1990 年代後半以降 CFC-12 はほぼ横ばい、CFC-11、CFC-113 及び四塩化炭素は 1%/年前後の割合で減少している（図 2-3-2）。また、大気中での寿命の短い 1,1,1-トリクロロエタンの減少率は極めて大きい（図 2-3-1）。これらは、図 2-3-9 とほぼ同様の傾向を示している。

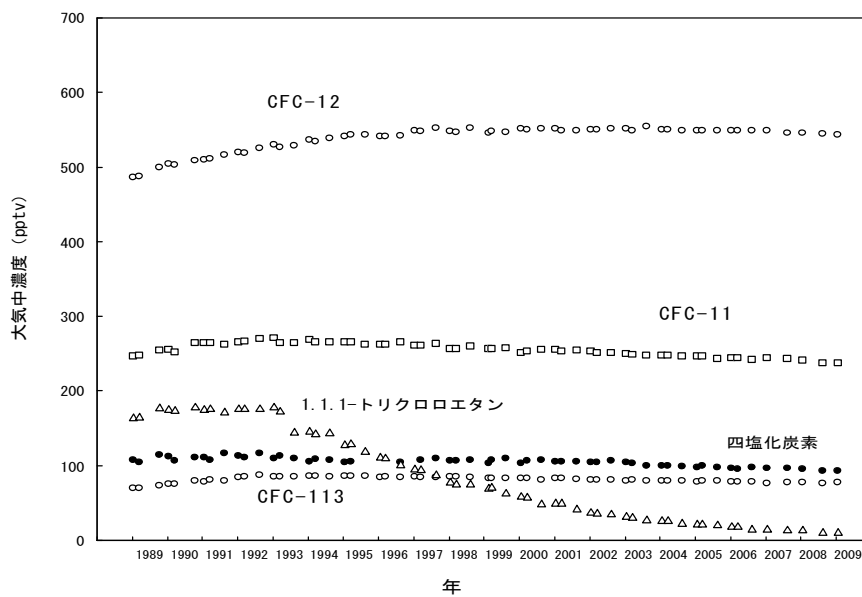


図 2-3-1 北海道における特定物質の大気中平均濃度の経年変化

(出典) 環境省 平成 20 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査

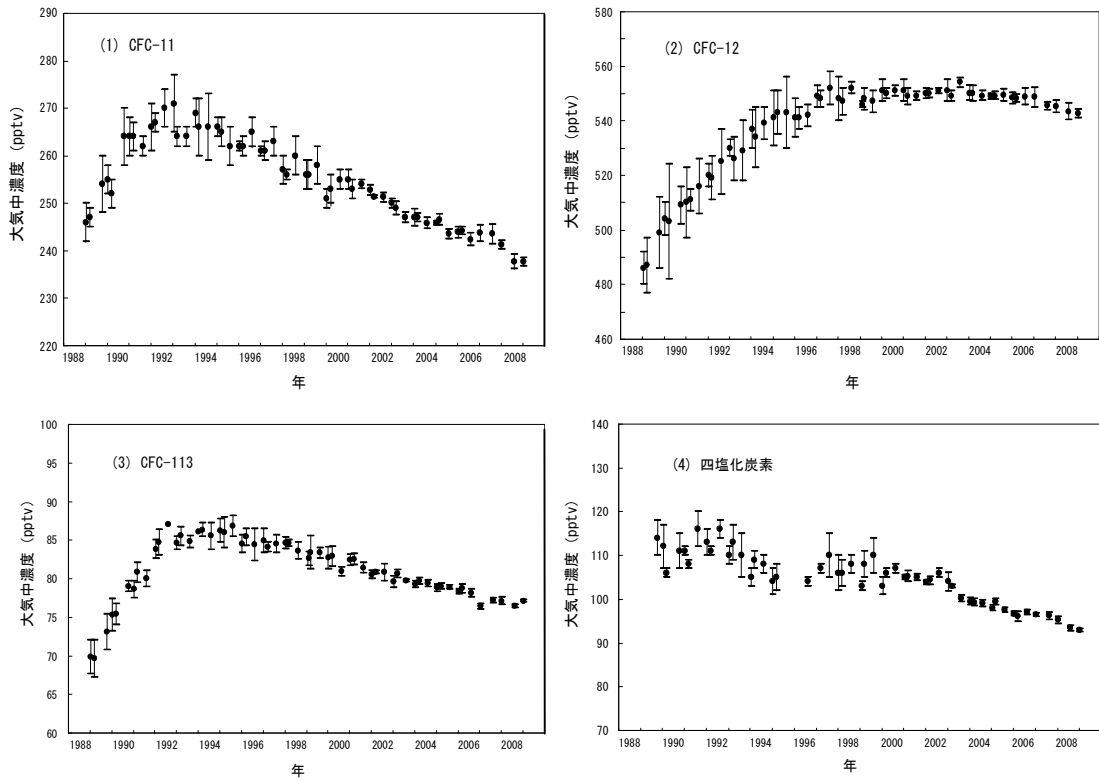


図 2-3-2 北海道における CFC-11、CFC-12、CFC-113 及び四塩化炭素の大気中平均濃度の経年変化

図中の各点につけた短い縦線は測定結果の標準偏差を示す。

(出典) 環境省 平成 20 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査

(c) CFC-114 及び CFC-115 の大気中平均濃度の変化

CFC-114 の大気中平均濃度は 15pptv 程度で近年はほとんど変化していない。CFC-115 の大気中平均濃度は増加してきたが、増加の割合は鈍化している（図 2-3-3）。

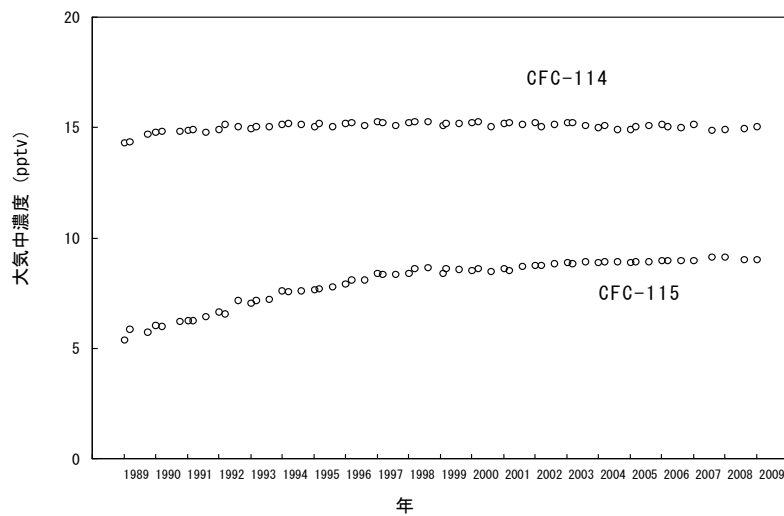


図 2-3-3 北海道における CFC-114 及び CFC-115 の大気中平均濃度の経年変化

(出典) 環境省 平成 20 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査

(d) ハロン-1211、ハロン-1301 及びハロン-2402 の大気中平均濃度の変化

ハロン-1211 の濃度は 1990 年代は急増してきたが、2000 年代に入って増加傾向が鈍化し、最近数年間はほとんど変化していない。ハロン-1301 の大気中平均濃度は継続して約 1.5%/年の割合で増加している。一方、ハロン-2402 の大気中平均濃度はわずかであるが減少している（図 2-3-4）。

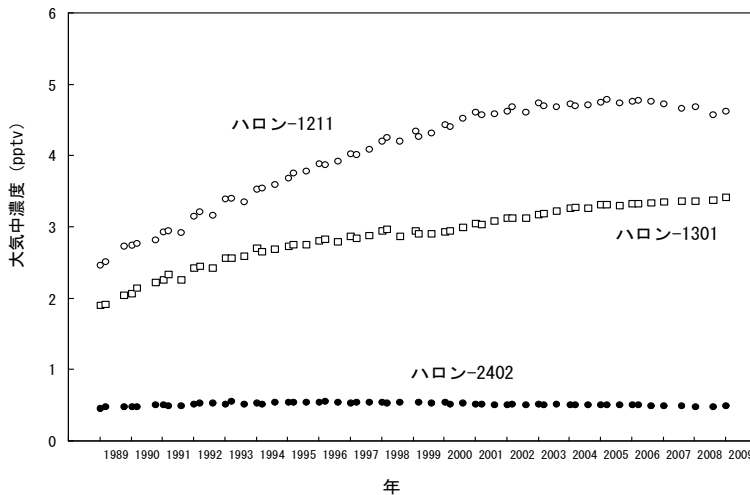


図 2-3-4 北海道におけるハロン類の大気中平均濃度の経年変化

（出典）環境省 平成 20 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査

(e) HCFC-22、HCFC-141b、HCFC-142b 及び HFC-134a の大気中平均濃度の変化

HCFC-22、HCFC-141b 及び HCFC-142b の大気中平均濃度は、それぞれ約 2.8%/年、約 2.1%/年及び約 4.2%/年の割合で増加している（図 2-3-5、図 2-3-6）。また、HFC-134a の大気中平均濃度の増加率は、約 8.4%/年と極めて大きい（図 2-3-6）。

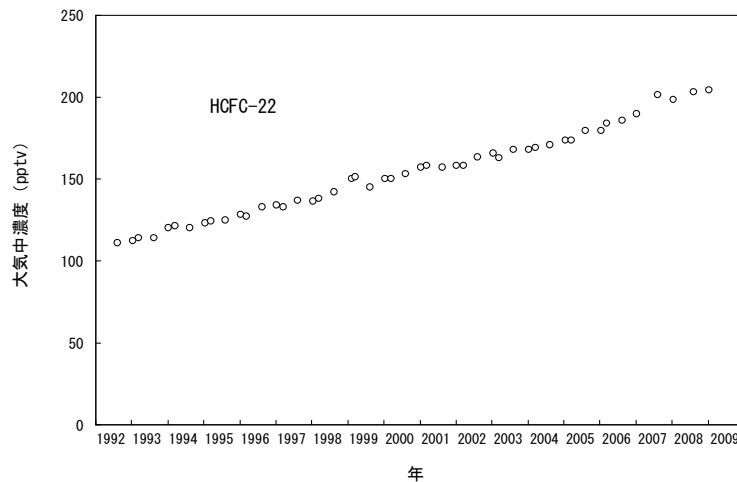


図 2-3-5 北海道における HCFC-22 の大気中平均濃度の経年変化

（出典）環境省 平成 20 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査

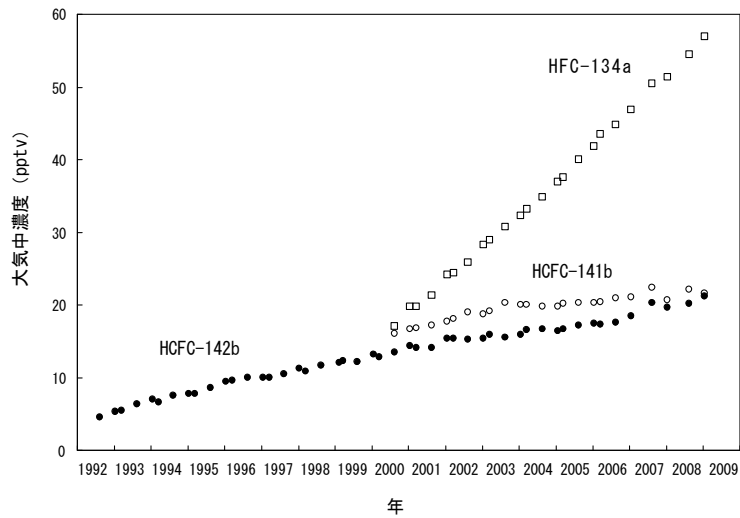


図 2-3-6 北海道における HCFC-141b、HCFC-142b 及び HFC-134a の大気中平均濃度の経年変化
 (出典) 環境省 平成 20 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査

(f) 臭化メチルの大気中平均濃度の変化

臭化メチルの大気中平均濃度は減少してきたが、近年はほぼ横ばいである (図 2-3-7)。

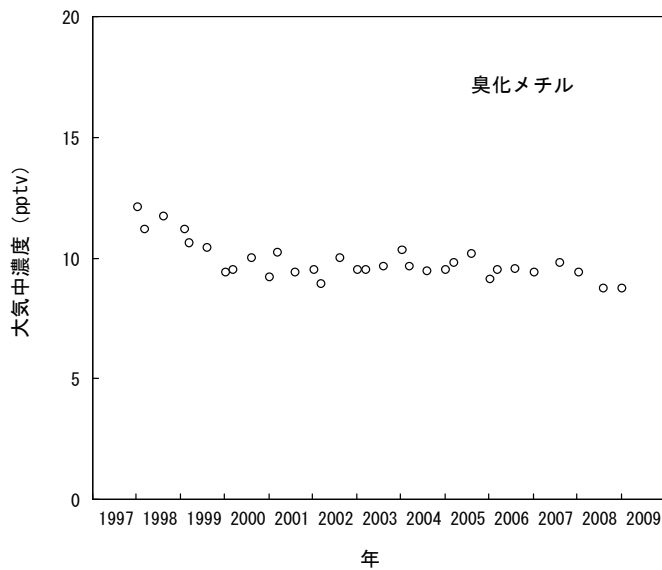


図 2-3-7 北海道における臭化メチルの大気中平均濃度の経年変化
 (出典) 環境省 平成 20 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査

3-1-2. 気象庁による観測結果

岩手県大船渡市綾里における特定物質の大気中濃度の経年変化

気象庁では、1990 年から岩手県大船渡市綾里において、CFC 等の観測を行っている。綾里における CFC-12、CFC-11 及び CFC-113 濃度の経年変化を図 2-3-8 に示す。いずれも季節変化はみられない。CFC-12 濃度は 1995 年頃まで増加し、その後もごく緩やかに増加していたが、最近はほとんど変化していない。CFC-11 濃度は 1993～1994 年の約 270pptv をピークとして減少傾向にある。CFC-113 濃度はこの間ほとんど変化しなかったが、2000 年代に入って緩やかな減少傾向がみられる。

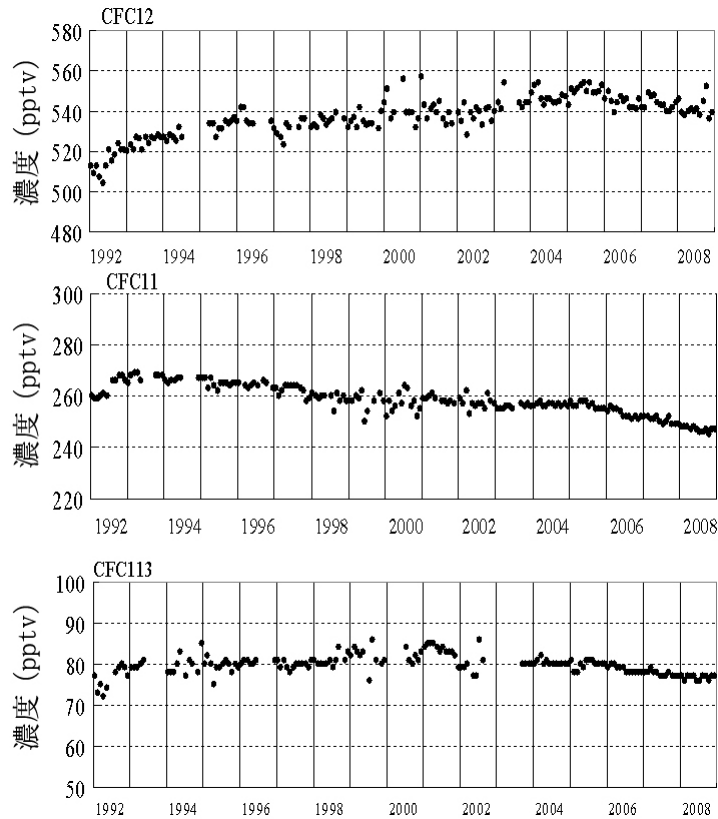


図 2-3-8 岩手県大船渡市綾里における大気中のクロロフルオロカーボン類濃度の経年変化

綾里における大気中の CFC-12（上）、CFC-11（中）、CFC-113（下）の月平均濃度の経年変化を示す。
（出典）気象庁 オゾン層観測報告:2008

3-1-3. 大学・国際機関による観測結果

東京大学による観測結果

我が国では、環境省が観測を開始する以前の 1979 年から東京大学で観測が行われており、北海道と南極昭和基地での観測データが蓄積されている。

東京大学によって継続的に測定されている CFC-11、CFC-12、CFC-113 及び 1,1,1-トリクロロエタン（ CH_3CCl_3 ）の、北海道及び南極昭和基地における大気中平均濃度の経年変化を、図 2-3-9 に、それぞれ実線（N）及び破線（S）で示す。

北半球中緯度の平均的な状況を代表する北海道において、1980 年代の年増加率は CFC-11 及び CFC-12 が約 4%、CFC-113 が約 10%であったが、モントリオール議定書による国際的な CFC の生産・消費の規制開始（1989 年 7 月）に伴って 1990 年以降これら CFC の増加は鈍り、さらに先進国における CFC の全廃（1995 年末）を反映して、1990 年代後半以降濃度変化はほぼ横ばい、2000 年代ではゆっくり減少している。

南半球を代表する南極昭和基地では、1980 年代には CFC 類の主要な放出域である北半球に約 1.5 年遅れて大気中濃度が増加した。世界的な放出規制に伴って次第に北半球に従って濃度増加が小さくなり、さらに南北両半球間における濃度差がなくなりつつある。

大気中寿命が短い 1,1,1-トリクロロエタンについては、先進国が集中する北半球から南半球に拡散する対流圏内でも分解されることから、南極では、1980 年代には北半球より約 30%低い濃度で増加した。両半球の大気中濃度は、短寿命を反映して、国際的な規制が始まった 1993 年以降急速に減少し、特に 1997 年以降、指数関数的に減少している。

その他の、東京大学による HCFC-22、HCFC-142b、HCFC-141b 及び HFC-134a の両半球における観測結果については、参考資料 4（P93）に掲載されている。

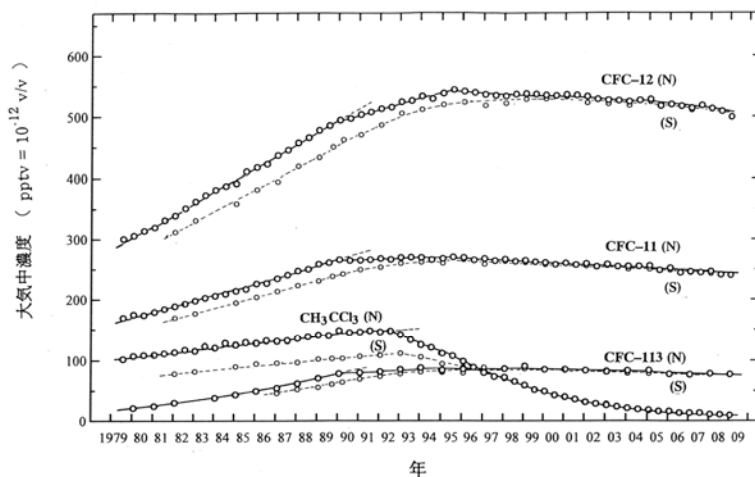


図 2-3-9 北半球中緯度（北海道）及び南半球（南極昭和基地）における特定物質の大気中平均濃度の経年変化

北半球中緯度（北海道：N）及び南半球（南極昭和基地：S）
（出典）東京大学測定結果

国際機関による観測結果

「オゾン層破壊の科学アセスメント：2006」（WMO、2007）では、世界各地で観測されたオゾン層破壊物質の全球濃度がとりまとめられている。以下はその抜粋である。

(a) CFC

全球的な CFC 濃度の経年変化を図 2-3-10 に示す。

CFC-12 の大気中濃度は、北半球では減少しているところもあるものの、全球的なトレンドとしては、ほぼ横ばいである。CFC-11 及び CFC-113 の大気中濃度は近年減少している。CFC-11 及び CFC-12 の北半球と南半球の濃度差は小さくなってきたが、依然として北半球の濃度の方が高い。

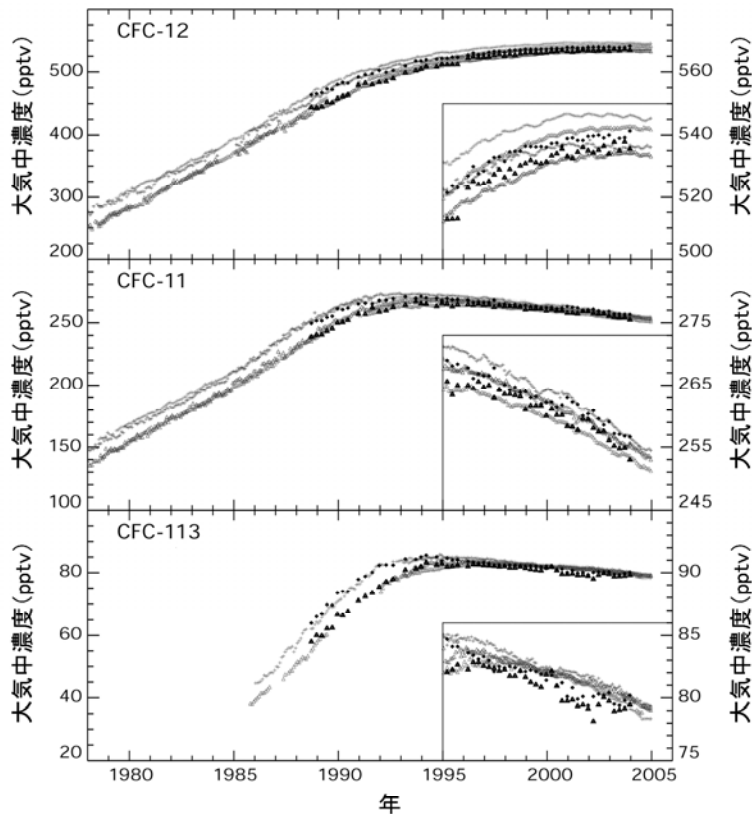


図 2-3-10 海外のネットワークで観測された CFC-12、CFC-11 及び CFC-113 の濃度変動
各観測ネットワークによる観測結果（+印は北半球、△印は南半球を示す）。なお、1995 年以降の結果が右下に拡大表示されている（右軸）。※口絵 IV 参照。口絵では、AGAGE のネットワークによる観測結果を赤色、NOAA/ESRL を青色、UCI を黒色で表している。

（出典）Scientific Assessment of Ozone Depletion:2006 (WMO, 2007)

(b) 四塩化炭素及び 1, 1, 1-トリクロロエタン

全球的な四塩化炭素と 1,1,1-トリクロロエタン濃度の経年変化を図 2-3-11 に示す。

四塩化炭素の濃度は 1990 年代初期に最大値となり、その後は着実に減少している。
1,1,1-トリクロロエタンの濃度は、1992 年頃に最大値となり、その後着実に減少している。

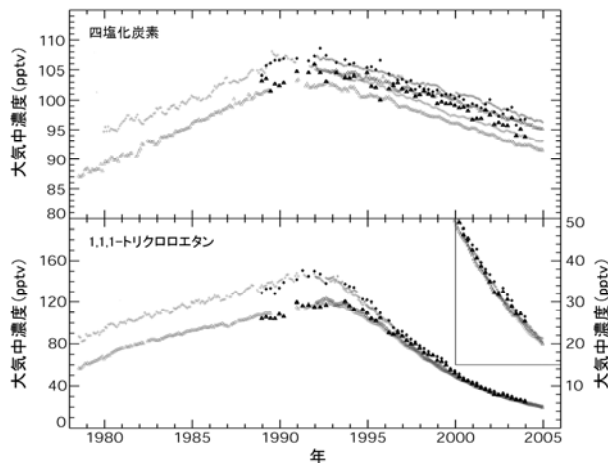


図 2-3-11 海外のネットワークで観測された四塩化炭素及び 1,1,1-トリクロロエタンの濃度変動

各観測ネットワークによる観測結果（+印は北半球、△印は南半球を示す）。2000 年以降の結果が右側に拡大表示されている（右軸）。

（出典）Scientific Assessment of Ozone Depletion:2006 (WMO, 2007)

(c) ハロン

全球的なハロン 1211 とハロン 1301 の濃度の経年変化を図 2-3-12 に示す。

ハロン 1301 の大気中濃度と変化率に関しては、調査機関によって大きな相違がある。
ハロン 1211 の大気中濃度は増加しているものの、増加率は緩やかになっている。

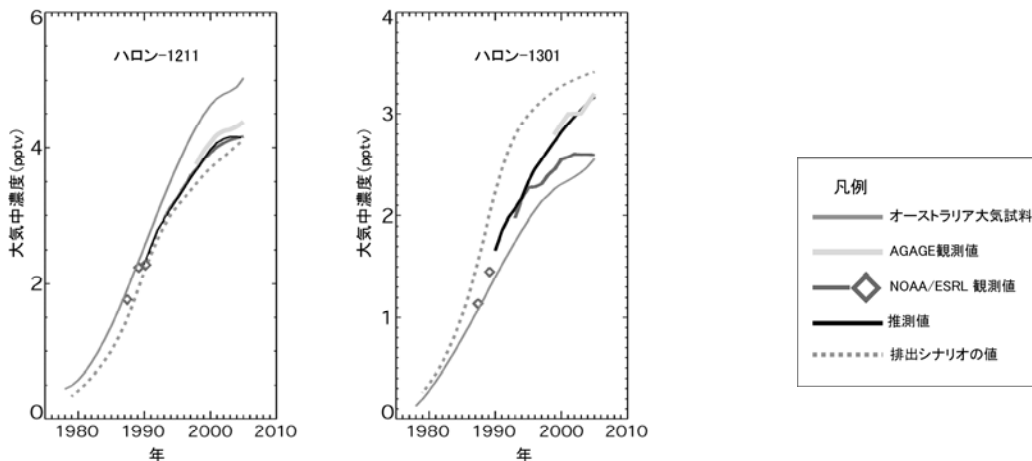


図 2-3-12 海外のネットワークで観測されたハロン 1211 及びハロン 1301 の濃度変動

「オーストラリア大気試料」は、モデルを用いて全球平均値を算出している。推測値は、Scientific Assessment of Ozone Depletion:2002 (WMO, 2003) における Ab シナリオ（モントリオール議定書北京改正（1999 年）に定められた生産量・消費量規制が遵守されると想定したシナリオ）に基づく 1990 年代初頭から 2005 年までのもの。排出シナリオの値は、UNEP Halons Technical Options Committee の排出シナリオに基づいて算出。（出典）Scientific Assessment of Ozone Depletion:2006 (WMO, 2007)

(d) HCFC

全球的な HCFC 濃度の経年変化を図 2-3-13 に示す。

HCFC-22、HCFC-141b、HCFC-142b の大気中濃度はいずれも急速に増加している。ただし、HCFC-141b 及び HCFC-142b の濃度は近年増加率が緩やかになってきている。

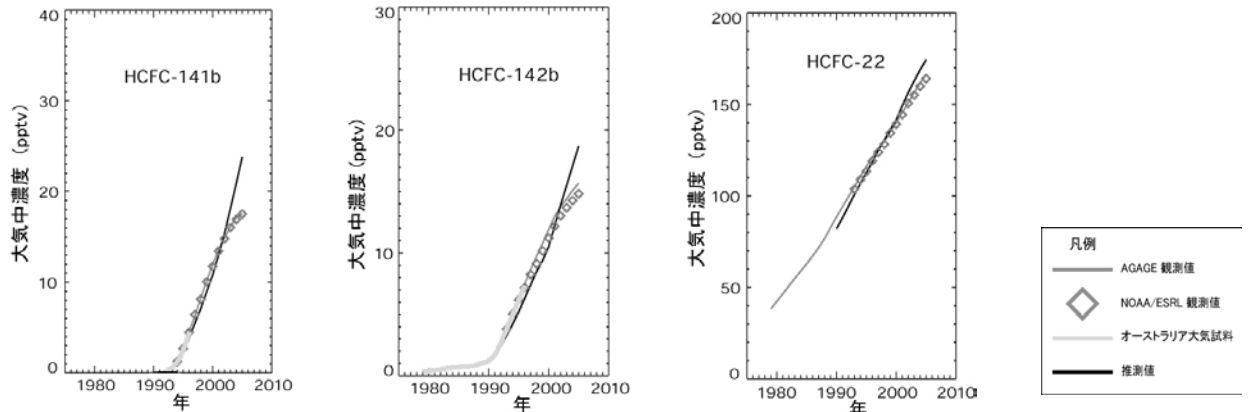


図 2-3-13 海外のネットワークで観測された HCFC-22、HCFC-141b 及び HCFC-142b の濃度変動

「オーストラリア大気試料」は、モデルを用いて全球平均値を算出している。推測値は、Scientific Assessment of Ozone Depletion:2002 (WMO, 2003) における Ab シナリオ (モントリオール議定書北京改正 (1999 年) に定められた生産量・消費量規制が遵守されると想定したシナリオ) に基づく 1990 年代初頭から 2005 年までのもの。計算に用いた半減期は、それぞれ 9.3、17.9、12.0 年。

(出典) Scientific Assessment of Ozone Depletion:2006 (WMO, 2007)

(e) HFC-134a

図 2-3-14 は全球的な HFC-134a 濃度の経年変化である。

HFC-134a は CFC-12 の代替として冷媒に用いられ、消費量が増加している。このため、大気中の平均濃度も急速に増加している。

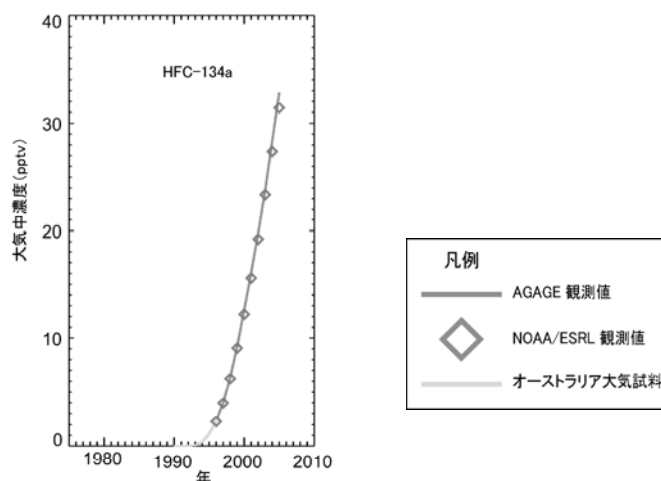


図 2-3-14 海外のネットワークで観測された HFC-134a の濃度変動

1995 年以前の観測値は、オーストラリアで採取された大気の分析に基づいている。

(出典) Scientific Assessment of Ozone Depletion:2006 (WMO, 2007)

(f) 臭化メチル

臭化メチルの濃度は、1999 年以前と比べて減少している（図 2-3-15）。

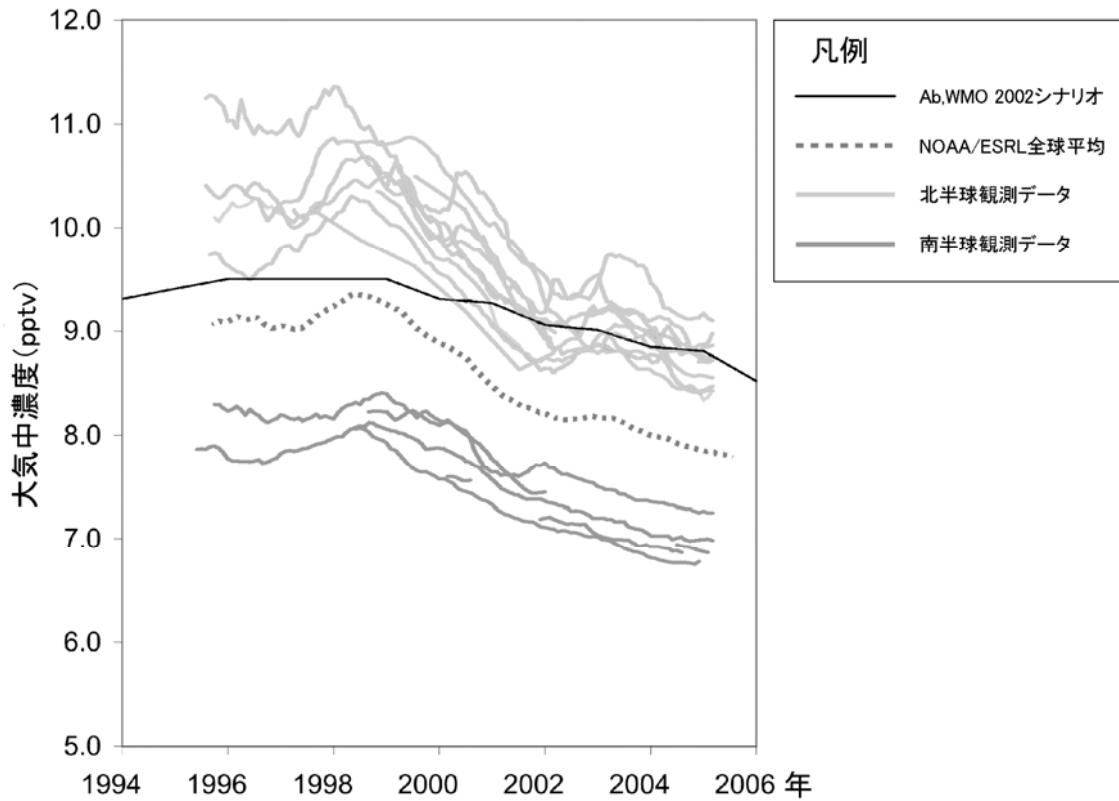


図 2-3-15 世界各地で観測された臭化メチルの濃度変動

世界各地での臭化メチルの観測結果。黒線は Scientific Assessment of Ozone Depletion:2002 (WMO, 2003) における Ab シナリオ (モントリオール議定書北京改正 (1999 年) に定められた生産量・消費量規制が遵守されると想定したシナリオ) に基づく推測値。

(出典) Scientific Assessment of Ozone Depletion:2006 (WMO, 2007)

3-2. 日本の都市域における大気中濃度の状況

特定物質等の大気中濃度の推移(川崎市)

環境省では、1988 年以降、都市域における特定物質等の排出の状況を把握するため、川崎市内において特定物質等の大気中濃度の連続測定を実施している。

図 2-3-16 に、1991 年 3 月から 2009 年 2 月までの CFC-11、CFC-12、CFC-113、四塩化炭素及び 1,1,1-トリクロロエタンの測定結果（CFC-113、四塩化炭素及び 1,1,1-トリクロロエタンについては 2006 年 2 月まで）並びに 2006 年 3 月から 2009 年 2 月までの HCFC-22、HCFC-141b、HCFC-142b、臭化メチル及び HFC-134a の測定結果を示す。これらの図は、月間の測定データの集計結果の経時変化を示しており、変動幅の大きさを示すため、中央値に加え 80%値と 20%値についても記載してある。

CFC-11、CFC-12、CFC-113、四塩化炭素及び 1,1,1-トリクロロエタンの大気中濃度はいずれも次第に図 2-3-1 に示す北海道における大気中濃度とほとんど変わらなくなっている。また、近年では 1990 年代前半のような顕著な変動は収まっており、変動の幅が小さくなっている。これらは日本における生産量等の削減及び排出抑制等の結果と考えられる。

ただし、CFC-11 及び CFC-12 については、低い頻度ではあるがときどき高い濃度が検出される場合もあり、現在も放出される場合があることを示している。CFC-113、四塩化炭素及び 1,1,1-トリクロロエタンについては、大気中濃度変動幅は非常に小さくなり、都市域での放出量が非常に小さくなっていることを示している。HCFC-22、HCFC-141b 及び HFC-134a は頻繁に高い濃度で検出されている。これらの物質は冷媒や発泡剤として多く使用され、機器装置類の中に大量に存在しており、それらからの放出を反映していると考えられる。HCFC-142b 及び臭化メチルでは、その濃度も変動の値も北海道に比較してさほど大きくはなく、都市部でも放出は限定的と考えられる。

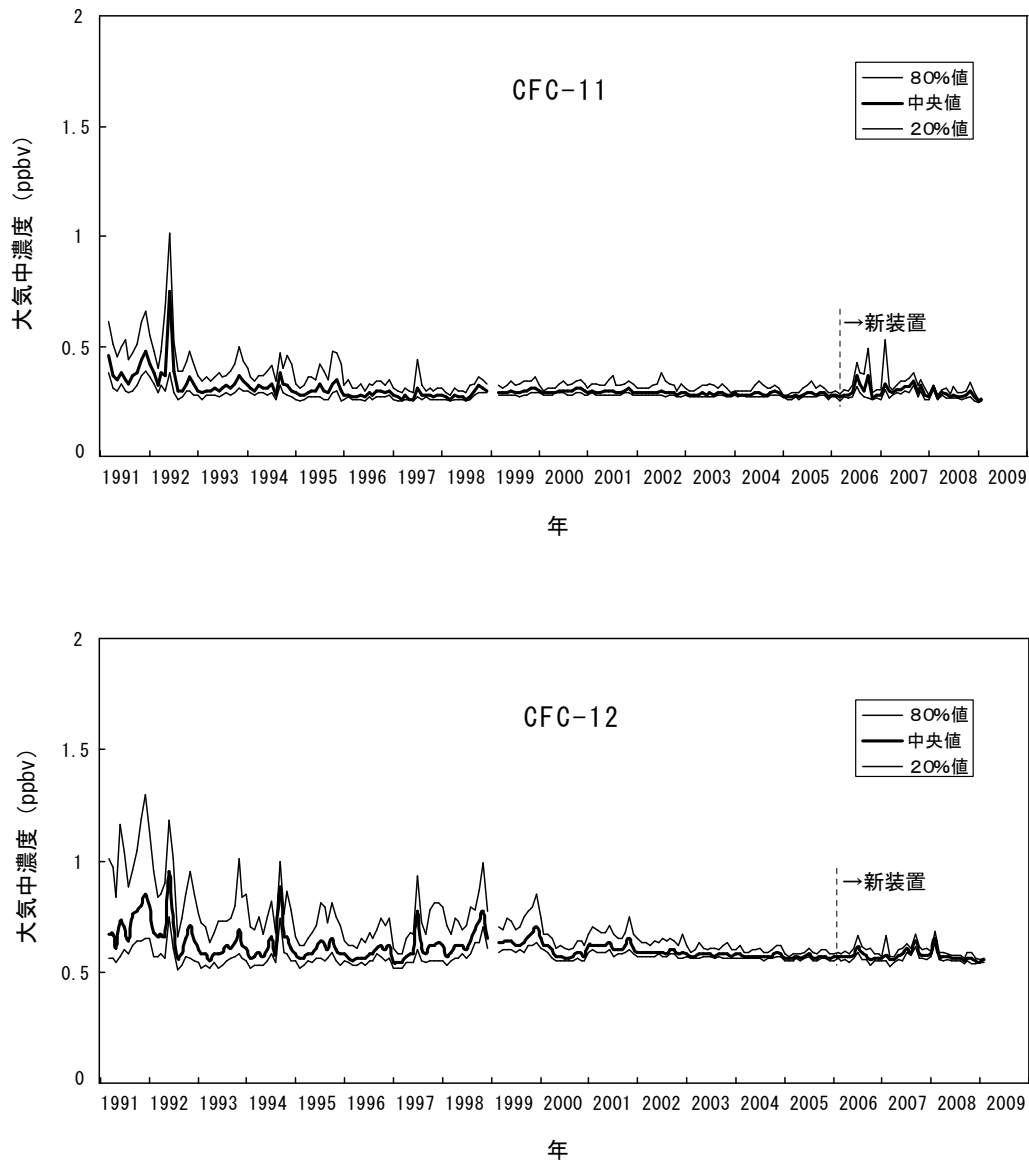


図 2-3-16 川崎市における特定物質等の月別濃度の推移

2006 年 3 月から GC/MS を中心に構成した新装置による測定を開始した。

(出典) 環境省 平成 17 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査
及び平成 20 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査

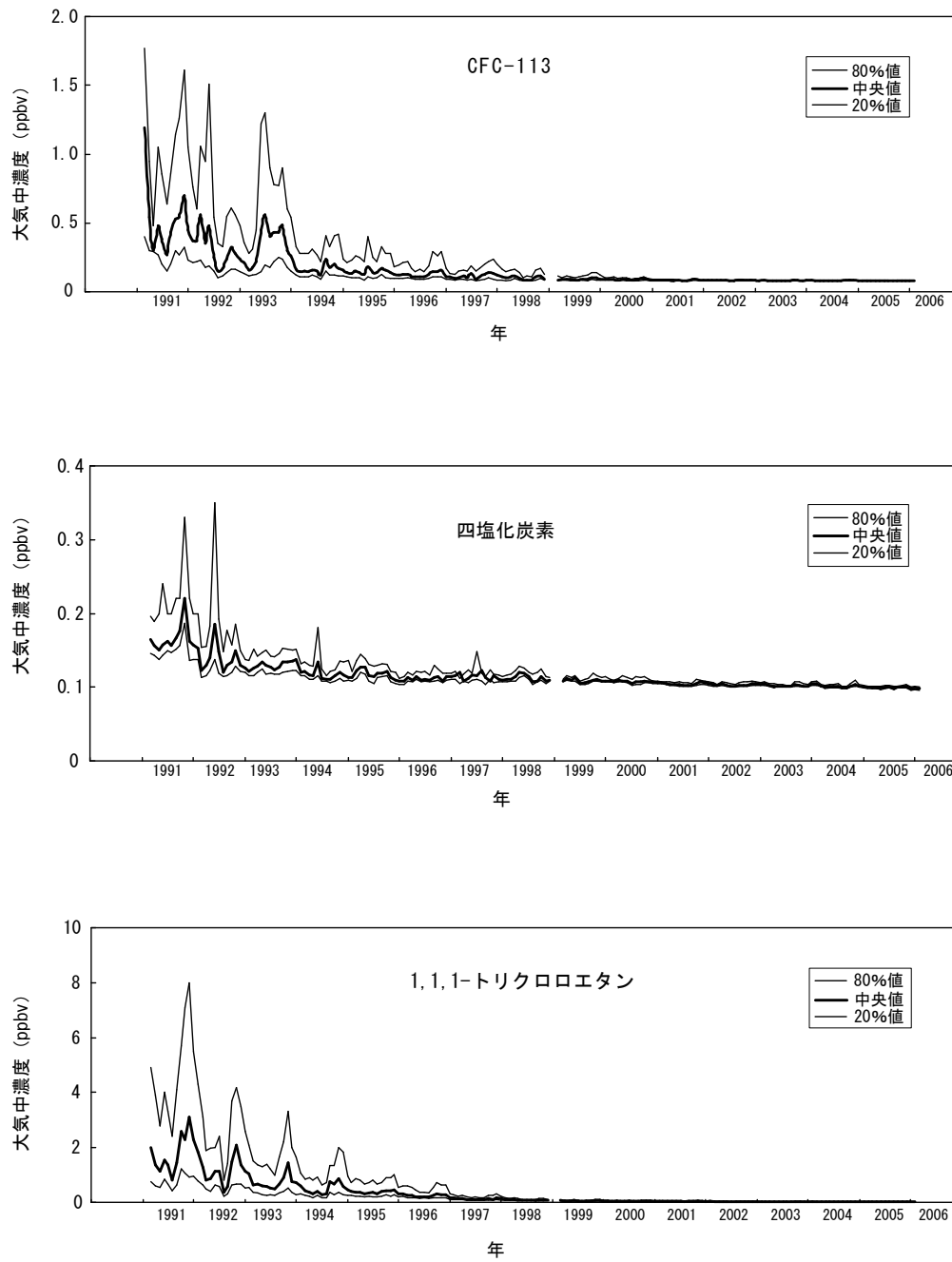


図 2-3-16 川崎市における特定物質等の月別濃度の推移（続き）

（出典）環境省 平成 17 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査
及び平成 20 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査

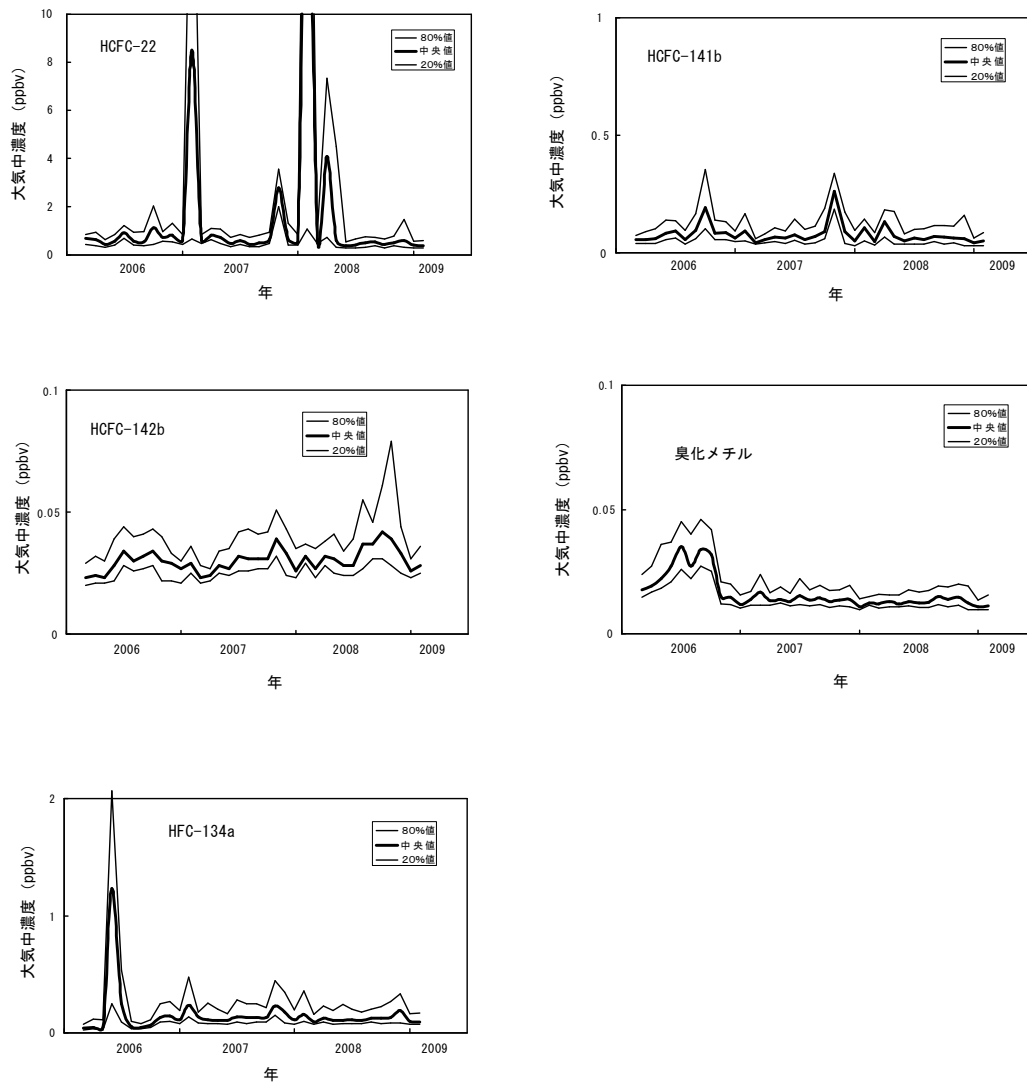


図 2-3-16 川崎市における特定物質等の月別濃度の推移（続き）

（出典）環境省 平成 17 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査
及び平成 20 年度フロン等オゾン層影響微量ガス監視調査

4. 特定物質の大気中濃度の将来予測

オゾン層破壊物質の大気中濃度の将来予測については、「オゾン層破壊の科学アセスメント：2006」（WMO,2007）に詳しく述べられている。

図 2-4-1 の左上の図は、オゾン層破壊の潜在的脅威を示す等価実効成層圏塩素量（P12 脚注参照）の経年変化を示す。等価実効成層圏塩素量は、1990 年まで急速に増加してきたが、モントリオール議定書の規制によって 1990 年代以降減少に転じた。等価実効成層圏塩素量の減少傾向は、21 世紀を通じて継続すると考えられるが、1980 年レベルにまで回復するには数十年かかると考えられる。

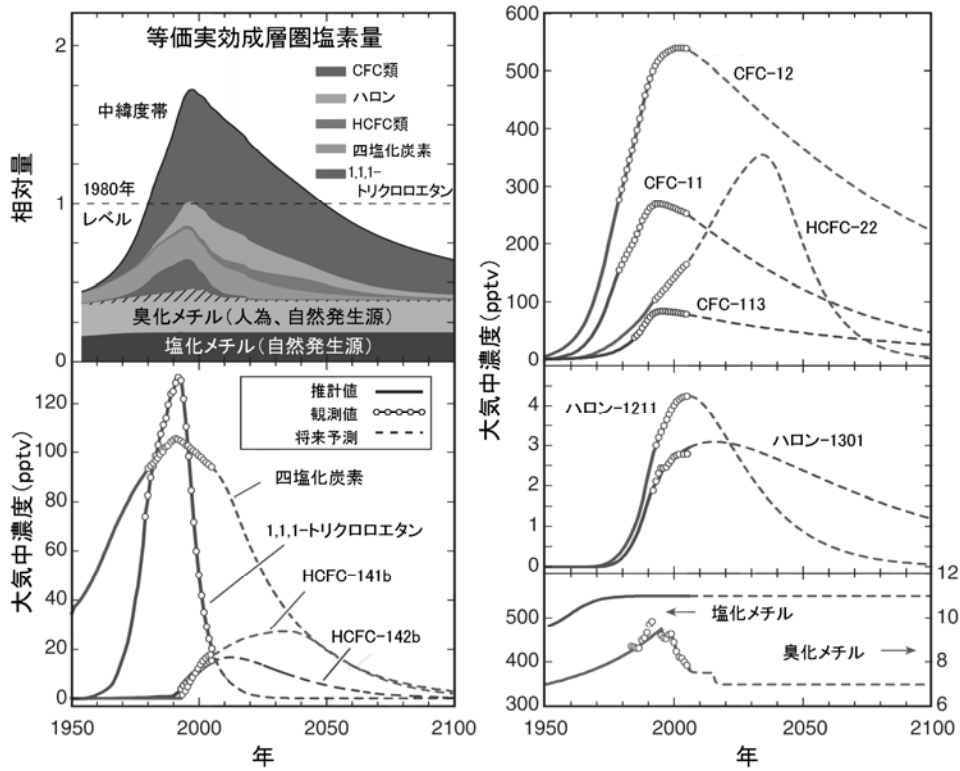


図 2-4-1 大気中のオゾン層破壊物質の推移と将来予測

(出典) Scientific Assessment of Ozone Depletion:2006 (WMO, 2007)

CFC の将来予測

CFC の大気中寿命は非常に長く、また、CFC は冷凍空調機器や断熱材に使用されており大気中にゆっくりと放出されるので、CFC の大気中の濃度は、1,1,1-トリクロロエタンに比べると極めてゆっくり減少する。

HCFC の将来予測

モントリオール議定書では、当面の間 HCFC を使用できることになっているため、HCFC-22、HCFC-141b、HCFC-142b の大気中濃度は、引き続き増加すると考えられる。HCFC は、対流圏内で一部破壊されるので、CFC に比べるとオゾン層に対する影響は少ない。

モントリオール議定書に基づくと、先進国での HCFC の生産は 2020 年までに、途上国においても 2040 年までに、原則全廃される。「オゾン層破壊の科学アセスメント：2006」（WMO,2007）では、HCFC の大気中濃度は 2020～30 年でピークに達し、その後減少するとされていたが、2007 年 9 月の第 19 回締約国会議において、これら HCFC の規制スケジュールの前倒しが決定されたため、同スケジュールが遵守されれば、HCFC の大気中濃度の上昇速度の抑制や減少の加速が期待される（P145～146 参照）。

ハロン類の将来予測

ハロン類は、先進国では 1993 年に全廃となっているものの、消火機器中の多量のハロンがゆっくりと大気中に放出されるため、また、途上国において生産・消費がまだ認められているため、引き続き増加すると考えられる。ハロンは大気中寿命も長いため、大気中濃度は今後も高水準が続くと考えられる。

塩化メチルと臭化メチルの将来予測

塩化メチルと臭化メチルは、その多くが自然起源であるという点で、他のオゾン層破壊物質とは異なっている。

モントリオール議定書の規制対象となっていない塩化メチルの大気中の平均濃度は、自然発生源に変化がなければ、今世紀を通して変化なく推移すると考えられる。

臭化メチルは、モントリオール議定書の規制対象となっており、近年、大気中の濃度は減少しており、今後さらに規制により減少すると自然発存量に近づくが、その値は定かではない。