

A-6 フロン等の分解技術に関する研究

(3) 燃焼・熱分解に関する研究

研究代表者 物質工学工業技術研究所 新 重光

通商産業省 工業技術院 物質工学工業技術研究所

基礎部 新 重光

基礎部 反応化学研究室 近藤重雄・徳橋和明

極限反応部 河村光隆

高圧化学研究室 堀口貞茲

通商産業省 工業技術院 資源環境技術総合研究所

水圏環境保全部 平井正直

水圏環境保全部 水質計測研究室 宮崎 章・今川 隆

熱エネルギー利用技術部 燃焼システム研究室 竹内 正雄

平成2年度～4年度合計予算額 39,392千円

[要旨] 予混合燃焼法および熱分解法によりフロン等を分解処理する技術の確立を行った。予混合燃焼法ではフロンと燃料の比がある一定値以上であればフロンは完全分解できる。完全分解できる範囲はバーナーの改良により大きく拡大することができる。熱分解法でも同様の実験を行い、温度および滞留時間が十分であればフロン-113、ハロン-1301等を安全に分解処理できることを示した。

[キーワード] フロン分解、ハロン分解、燃焼法、熱分解法

1. 序

オゾン層保護のためにはフロン排出抑制のため廃フロンの破壊処理技術の確立が必要である。そこで本研究は、現在考えられているフロン破壊方法の中で最も実用に近いところにあるとされる燃焼・熱分解法をとり上げ、安全で効率のよいフロン分解技術の確立を目指して研究を行った。以下に、平成2年度～4年度に行なった研究の結果について報告する。便宜上、燃焼法についてまず最初に記し、続いて熱分解法について述べる。

2. 燃焼法によるフロンの分解処理

2-1. はじめに

ここでは、バーナーを用いた燃焼法によってフロン-12の分解処理が可能かどうかについて検討を行なった。最初に実験に使用したのはフロン-12 (CCl₂F₂、CFC-12) である。燃料としては天然ガスの主成分であり、またガス分析が簡便であることからメタンを使用した。続いて、フロン-12以外の特定フロン、すなわちフロン-11、-113、-114、およびフロン-115の4種類について予混合燃焼法で分解処理が可能かどうか、また、フロン/メタン比等の燃焼条件と分解率等との関係について詳細に検討した。

さらに、フロン/メタン/空気の予混合燃焼と比較する目的で、フロン-12/メタンのみの混合ガスをバーナーに供給し周りの空気中で拡散的に燃焼させる方法も試み、両者の燃焼方式の相違、処理条件によってフロン分解率等がどの様に変化するかについて検討した。

最後に、予混燃焼法においてフロン濃度が大きくなると分解率および燃焼速度が急速に低下する問題を解決するために、バーナー及び燃焼方法を改良する試みを行った。

2-2. 実験装置と方法

実験に使用したバーナーは内径が9.6mmφの円筒状バーナーであり、これを内径53.6mmφ、長さ約500mmのステンレス製燃焼筒内に設置して実験を行なった。火炎の様子は燃焼筒に取り付けたアクリル製の観測窓を通して観察した。予混合燃焼法による実験では、バーナーにフロン/メタン/空気予混合ガスを、燃焼筒内でガスが滞留するのを防ぐため燃焼筒下部から窒素を流した。また、観測窓の曇りを防止するため窓へ窒素を吹き付けた。拡散燃焼法による実験では、バーナーに空気無しのフロン-12/メタンのみの混合ガスを、燃焼筒下部と観測窓には一定流量の空気を流して、周りの空気によりフロン-12/メタンを拡散的に混合燃焼させた。

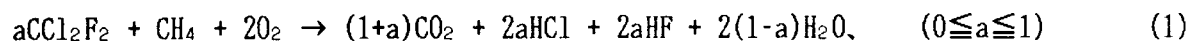
各々のガスは、マスフローコントローラで流量の制御と測定を行ない、バーナーに供給した。フロン-11、およびフロン-113は沸点が室温程度若しくは室温よりも高いため、バーナーに供給する空気の一部を別のマスフローコントローラで流量を制御し、これにフロンの蒸気を同伴させ、さらにその流量を計測・制御することで、任意の流量に保って実験を行なった。各成分の濃度は、それぞれの流量比から求めた。

燃焼生成ガスは冷却器で冷却し、水のトラップで酸を除去した後、熱伝導度セル型のガスクロで分析した。燃焼速度は、拡大したシュリーレン写真から火炎面積を求めることで測定した。

2-3. 実験結果と考察

(1) 予混合燃焼法によるフロン-12の分解処理

メタンを燃料としてフロン-12の分解処理を行なうと次式に従って反応すると予想される。



ここで、係数aはフロン-12/メタンのモル比である。(1)式は、係数aが0および1の場合にそれぞれ191.8および229.9kcal/molの発熱反応であるため、熱力学的にも反応の可能性が期待される。図1-1に、メタン/空気比を一定(化学量論組成)としてフロン-12/メタン比を変えた場合の火炎の変化の様子を示した。ここで、化学量論比(φ)はフロン濃度に係わらず次式で定義した。

$$\phi = 2 \times \text{メタン流量} / (0.21 \times \text{空気流量}) \quad (2)$$

火炎の色は、メタン/空気の場合青色であったものが、フロンを加えると若干白味がかかった色に変化した。フロンを加えて行くと、後に述べる様に燃焼速度が低下するため、高さの低い火炎で

ないと安定しなくなると同時に、火炎が安定に存在し得る流量範囲が狭くなる。また、フロン-12/メタン比の増加と共に、火炎の縁が上方にめくれた様な形状に変化し、フロン-12/メタン比がさらに増加すると図1-1(d)の様な皿型の火炎となった。

燃焼速度とフロン-12/メタン比の関係を図1-2に示した。図で、 α はフロン-12/メタン比である。フロンを加えると初めの内は燃焼速度が急激に低下するが、フロン-12/メタン比の増加に伴って燃焼速度の低下の割合は徐々に小さくなった。また、この傾向は量論比が0.9から1.1の間では同じであった。

図1-3にはフロン分解率（供給したフロンに対する分解したフロンの割合）とフロン-12/メタン比の関係を示した。量論比が0.9~1.1の間でフロン-12/メタン比がおよそ0.2以下の場合には、既燃ガス中のフロン濃度はガスクロの検出限界以下であり、フロンはほぼ完全に分解することが分かった。一方、フロン-12/メタン比がおよそ0.2以上になると、フロン-12/メタン比の増加と共にフロン分解率は低下し、 $\phi = 1$ でフロン-12/メタン比が0.53になると分解率はおよそ0.92にまで低下した。この傾向は量論比が0.9、および1.1の場合の方が著しいことが分かった。なお、予混合燃焼法の場合は図の実験範囲内では煤の生成は認められなかった。

図には示さなかったが、各ガスの分析結果から炭素収支（消費されたメタンとフロン-12の和に対する生成した一酸化炭素と二酸化炭素の和の割合、モル比）を求めたところ、フロン-12/メタン比が大きくなるか、量論比が1から大きく離れると炭素収支は1よりも若干小さくなった。しかしながら、フロン-12/メタン比が小さく量論比が1に近い場合には、炭素収支はほぼ1であったことから、消費されたメタンとフロン-12中の炭素の大部分は一酸化炭素と二酸化炭素に変化しており、これは予混合燃焼の場合に煤の生成が認められなかった事実とも一致している。

フロン-12/メタン比が増加すると火炎の縁が上方にめくれた様な形状の火炎に変化したが、これは火炎の縁から未燃ガスが漏れていることを示していると考えられ、これがフロン-12/メタン比が増加するとフロン分解率が低下する原因の一つであると思われる。また、フロン濃度が増加すると火炎の安定化が次第に困難になってくることから、実用化に当たってはこれらの点を考慮に入れてバーナーの改良を行なう必要があるものと考えられる。

(2) 予混合燃焼法によるフロン-11、-113、-114、-115の分解処理

次に、メタンを燃料とした予混合燃焼法でフロン-11、-113、-114、-115の分解処理が可能かどうかについて検討した。

フロン-113等エタン系列のフロンの場合にも、(1)式と同様にメタン中の水素がHCl、およびHFの生成に使われると考え、反応は次式に従って進行する。



(1')式で、XはFあるいはClを表わす。この場合、化学量論比はフロン流量にも影響され

$$\phi = (2 \times \text{メタン流量} + \text{フロン流量} / 2) / (0.21 \times \text{空気流量}) \quad (2')$$

で表わされる。ただし、 $0 \leq \text{フロン流量} \leq \text{メタン流量} \times 2/3$ である。

エタン系列のフロンが(1')式に従って反応すると、係数 a' は0から2/3の間で変化する。そこで、エタン系列のフロンの場合はメタンに対するフロンのモル比に3/2を掛けた値を α とおいて、メタンに対するフロンの比と定義した。すなわち、 α はメタンおよびエタン系列のフロンについて、それぞれ(3)式および(3')式で定義した。

$$\alpha \equiv a = \text{フロン流量} / \text{メタン流量} \quad (3)$$

$$\alpha \equiv a' \times 3/2 = \text{フロン流量} / \text{メタン流量} \times 3/2 \quad (3')$$

図1-2に、量論比を一定 ($\phi = 1$) として、 α を変化させたときの燃焼速度の変化の様子を示した。いずれの場合にも、フロンを加えると燃焼速度が低下すると共に、 α の増加に伴って燃焼速度の低下の割合が小さくなる傾向にある。図1-1に示したように、フロン-12の場合にはフロン-12/メタン比が増加すると高さの低い火炎でないかと安定しなくなると同時に火炎が安定に存在する流量範囲が次第に狭くなり、火炎の安定化が困難になること、また、フロン-12/メタン比が大きくなると火炎の縁が上方にめくれた様な形状に変化することが明かとなったが、これらの傾向は他の4種類のフロンについても同様であった。なお、火炎の形状はフロンの種類によらず燃焼速度が同じであれば大略同じような形状であり、燃焼速度が十数cm/secまで低下すると図1-1(d)のように中心部が平坦で火炎の外周部が上方にめくれたような形状になった。この様な火炎では、予混合ガスの流量が僅かに増減すると火炎の吹き消え、あるいは逆火が起こり、火炎の安定化が極めて困難になるため、それ以上のフロン濃度で実験を行なうことはできなかった。 α の増加に伴う燃焼速度の低下の割合は、CFC-114 < CFC-113、-115 < CFC-12 < CFC-11の順に大きくなり、エタン系列のフロンに比べて、メタン系列のフロンの方が燃焼速度の低下の割合が大きいことが分かった。

図1-3にはフロン分解率と α の関係を示した。フロン-12の場合には、 α がおよそ0.2以下の範囲内では燃焼生成ガス中の未反応のフロン濃度はガスクロの検出限界以下であったが、他の4種類のフロンについてもフロン-12と同様に α が小さい範囲内ではガスクロの検出限界以下にまでフロンを分解できることが分かった。フロン濃度が大きくなると、いずれの場合にも分解率は低下するが、これはフロン-12の場合と同様に未燃ガスの一部が火炎帯を通らずに外に漏れることが主な原因であると考えられる。 α の増加に伴う分解率の低下の割合はメタン系列のフロンではCFC-11 < CFC-12、エタン系列のフロンの場合には、CFC-114 < CFC-113 < CFC-115の順に大きいことが分かった。なお、図には示さなかったが、 α を一定として量論比を変化させた場合には、量論比が1~1.05の間で分解率が最も高く、量論比がこの範囲から離れるに従って分解率も低下することが判明した。

(3) 拡散燃焼法によるフロン-12の分解処理

拡散燃焼法による実験は、バーナーに一定流量のメタン (100cm³/min) と種々の流量のフロン-12を、燃焼筒下部と観測窓には一定流量の空気 (それぞれ2700、および950cm³/min) を流して実験を行なった。従って、実験はメタンの完全燃焼に必要な空気量に対しておよそ3.8倍空気過剰の条件で行なった。メタン/空気拡散火炎にフロンを加えて行くと、煤が多量に生成し、その生成量はフロン-12/メタン比の増加と共に多くなったが、火炎が安定する範囲内 (フロン-12/メタン比が0.6以下) では燃焼生成ガス中には未反応のフロンは検出されず、予混合燃焼の場合と同様にフロンはほぼ完全に分解していることが分かった。

予混合燃焼の場合と同様にして、炭素収支を求めたところ、フロン-12/メタン比が小さい場合には炭素収支もほぼ1であった。この場合、一酸化炭素は殆ど検出されなかったことから、消費されたメタンとフロン-12中の炭素は大部分が二酸化炭素に変化していることが分かった。一方、フロン-12/メタン比がそれ以上になると炭素収支は急激に低下したが、この分析結果と拡散燃焼の場合にはフロン濃度が大きくなると煤が多量に生成したことを考え合わせると、炭素収支の減少分は煤の生成に関与していると考えられた。

以上の様に、拡散燃焼法の場合でもフロンはほぼ完全に分解できるが、煤の生成は実用化にとって大きな障害になると思われる。

(4) 改良型バーナーによるフロン-12の分解実験

先に述べたように、予混合燃焼法でフロン/メタン比が大きくなると分解率が低下するのは火炎の縁から未燃ガスが火炎帯を通らずに外に漏れるためであり、これはフロン/メタン比が大きくなると燃焼速度が小さくなるために火炎基部での火炎の付着力が低下することに起因すると考えられる。したがって、火炎基部での保炎力を強化することで、フロン/メタン比が大きな場合におけるフロン分解率の低下を抑えることができると同時に火炎の安定性を増すことができるものと期待される。そこで、バーナーの構造をこれまでの単純な円筒形から、図1-4に示すような同軸二重管構造とし、外側の管と内側の管の間のリング状の部分にガスを独立に流せるように改良したバーナーを用いて、内側の管からはフロン-12/メタン/空気予混合ガスを、リング状の部分からはメタン/空気予混合ガスを流して実験を行なった。また、燃焼筒下部と観測窓には一定流量の空気を流した。

改良型バーナーでは、図1-4に示したように、リング状の部分に流したガスで小さなリング状の火炎が形成され、この火炎で中心部の火炎が安定化されるため、これまでのバーナーに比べて高さの高い火炎でも安定することができ、火炎の安定性が格段に向上した。なお、リング状の部分にメタンのみを流した場合でも圧力変動のない場合には火炎の安定性は向上するが、僅かな圧力変動で火炎が吹き消えることが分かった。このバーナーでは、火炎の安定性が大きく向上したため、メタンと空気流量を一定としておいてフロン流量を増加させることでフロン/メタン比を大きくすることができた。図1-5の結果は、中心部及びリング状の部分のメタン流量をそれぞれ100及び40cm³/minで一定とし、それぞれの空気流量は化学量論比になるようにした場合の結果である。また、図の横軸は中心部のバーナーに流したメタン (100cm³/min) を基にしたフロン/メタン比である。図に示したように、フロン/メタン比が1.1程度までは分解率が1、すなわちフロンはほぼ完全に分解でき、リング状の部分に流したメタン (40cm³/min) を考慮に入れても、フロン/メタン比がおよそ0.8まではフロンを完全に分解できることが分かった。燃焼法では燃料中の水素原子がHFあるいはHClになるため、メタンを燃料としてフロン-12を分解した場合にはフロン/メタン比は最大でも1であることを考えると、今回の改良型バーナーの分解効率はきわめて高いことが分かる。

3. CFC-113及びハロン1301の酸化熱分解

3-1. はじめに

フロン類 (クロロフルオロカーボン。以下 CFC) の内、CFC-113(1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroethane) は、洗浄用として多く使用されてきた。しかし、CFC は有機ハロゲン化合物であるため、焼却などのように高温で処理した場合に塩化ダイオキシン等の有害物質が生成することが報告されている¹⁾。従って、微量分解生成物を含めて分解特性を詳しく調べる必要がある。

また、フロン類の一種であるハロン (ブロロフルオロカーボン) は、フロンよりもはるかに高いオゾン層破壊能力がある事が知られている。ハロンは強い燃焼抑制効果を持つため、廃棄する場合にも燃焼処理には適さないものと考えられるが、熱分解等の高温処理した場合に臭化ダイオ

キシンの有害物質が生成する可能性があるため、微量分解生成物を含めて分解特性を詳しく調べる必要がある。

本研究では、CFC-113の焼却の基礎研究としてCFC-113の熱分解による生成物質と、分解生成物に対する共存物質の影響を調べた。また、酸素を十分供給した状態での熱分解（以下、酸化熱分解）によりハロンを処理する事を想定して、ハロン1301（Bromotrifluoromethane）の熱分解特性を測定した。

3-2. 実験装置と方法

使用した実験装置は内径12mmの透明石英反応管を電気炉中においた管型反応装置である。滞留時間は原則として約2秒である。試料の供給は、CFC-113 と共存物質の場合は、ヘキサン、メタノールはCFC-113と混合してHPLC用ポンプで、H₂OについてはCFC-113と独立に2台のポンプを用いて供給した。一方、ハロン1301はボンベから供給し、共存させるヘキサンはHPLC用ポンプで供給した。その他、乾燥空気とメタンはボンベから供給し、内容積1000ccの蒸発器内で試料の蒸発と混合を行った。反応管出口にはアルカリトラップを設けてその後方でサンプリングを行った。

生成物の分析は、有機ハロゲン化合物は ECDガスクロマトグラフで、その他の成分の内、C₂以下の炭化水素及び無機ガスは自動ガスクロマトグラフにより定量した。ただし、アルカリトラップにより除去されるCO₂とHCl、HF、HBr等は定量していない。なお、より高沸点の生成物の探索は、必要に応じてガスクロマトグラフ質量分析計により行った。

3-3. 実験結果と考察

(1) CFCの場合

図2-1は、CFCと共存物質の混合比の影響を見るため、分解温度1123KにおけるCFC-12の生成量を、HとCl+Fの原子数の比ARを変えて実験した。共存物質はn-ヘキサンを主に、メタン、メタノール、H₂Oの場合も合わせて示した。分解温度は1123Kで、この条件でのCFC-12以外の生成物は、CO₂、COそれに微量のC₂H₆であり、他のCFC や有機ハロゲン化合物は定量限界以下であった。また、横軸の当量比φは通常の当量比を拡大したものである²⁾。図2-1より、AR=2 の場合はAR=1に比べてはるかにCFC-12の生成量が大きく、空気による希釈効果を考慮に入れてもその差は大きい。AR=1では実験条件の設定のずれでAR<1となる可能性があるため、以降の実験はすべてAR=2で行った。

図2-2にCFC-113 および生成物質の質量残留率を示す。反応は空気過剰条件であるので、反応前後の総モル数は変化しないと仮定して計算した。また、この時の当量比は同一では無いが、基本的にφ=0.1前後で極めて酸素は過剰な状態である。図2-2より、ヘキサンを共存させた場合のCFC-113の分解に注目すると、1023Kで残留率から計算した分解率は約99%となり、Grahamら³⁾が99%分解温度を1043Kとしているのと良い一致を示した。しかし、この時CFC-12の分解率は約98%であり、CFC-113のみを考慮した場合に比べて低い。CFC-12を含めてCFC全体の分解率を99%以上とするためにはメタンで1063K、n-ヘキサンでは1093Kとすることが必要であることがわかる。また、共存炭化水素の違いにより生成したCFC-12の分解に多少の差はあるが、99%分解温度は大差なくSenkan⁴⁾が指摘するメタンによる分解抑制効果は、少なくともCFC-113に関してはまったく現れないことがわかった。

また、メタノールを共存させた場合の分解性は、ヘキサンの場合に比べて全体的に若干良くな

っており、同じ濃度まで分解するのにほぼ30K 程度低い温度で可能であることが分かった。また、温度変化に対する生成物質の減少の傾向はヘキサンとほとんど同じである。それに対して、 H_2O を加えた場合は、特に1100K以上の高温ではヘキサンとほぼ同様な分解性を示すが、低温時は分解性が悪いことが分かる。また、他の共存物質においては低温時に残留するCFC-113が検出されない等、明らかに異なる生成物パターンを示すことが分かった。

(2) ハロン1301の場合

図2-3に、ハロン1301の分解特性を見るため、ARを変えて熱分解実験を行った結果を示す。ハロン1301はHを含まないため、n-ヘキサンを共存物質として同時に供給した。分解温度は、有機ハロゲン化合物の分解がある程度進行する温度として標準的な1073Kとした。図2-3より、この実験条件では、ARによる分解率の差は小さいものと判断できる。また、この条件では有機ハロゲン分解生成物はまったく検出されなかった。

図2-4にハロン1301とCFC-113（及び生成したCFC-11とCFC-12）との質量残留率の比較を示す。反応は空気過剰条件であるので、反応前後の総モル数は変化しないと仮定して計算した。また、ハロン1301とCFC113ではARが違うが、図2-3よりハロンの場合はARの影響は小さいので同一図に示した。ハロン1301の熱分解温度は、ほぼCFC-113やそこから生成したCFCとほぼ同じであることがわかる。また、CFC113が容易に分解してCFC-11等に変換するのに比べ、ハロン1301では他の化合物への転化は見られなかった。

4. 本研究により得られた成果

4-1. 燃焼法

バーナー燃焼法によるフロン-12の分解処理の可能性についてまず予混合燃焼法により実験的に検討した。フロン-12/メタン/空気の予混合燃焼では、フロン-12/メタン比の増加と共に燃焼速度が小さくなり、火炎の安定化が次第に困難になるが、量論比が0.9から1.1の間で、フロン-12/メタン比がおよそ0.2以下の場合にはフロンはほぼ完全に分解することが分かった。

続いて、フロン-11、-113、-114、-115について、同様の実験を行なった。その結果、いずれのフロンについてもフロン濃度の増加と共に燃焼速度が低下し、火炎の安定化が次第に困難になるが、化学量論組成付近でフロン濃度が小さい場合にはフロンはほぼ完全に分解できることが分かった。フロン濃度が大きくなると分解率が低下するのは、未燃ガスの一部が火炎帯を通らずに外へ漏れることが主な原因である。

一方、空気中でフロン-12/メタンの拡散燃焼を行なった場合は、フロンはほぼ完全に分解できるものの、煤が多量に生成することが分かった。つまり、予混合および拡散燃焼法の何れの方法でもフロンを分解することが可能であるが、拡散燃焼法では多量の煤が生成することから、実用化に当たっては予混合燃焼法あるいは部分予混合燃焼によって燃焼装置の最適化を図ることが必要であると結論された。

フロン濃度が大きな場合のフロン分解率及び火炎の安定性を改善するため、バーナー及び燃焼方法の検討を行なった。その結果、同軸二重管構造のバーナーを用いて、外側の管と内側の管の間のリング状の部分にメタン/空気予混合ガスを流し、その火炎で中心部のフロン/メタン/空気予混合火炎を安定化させることにより、フロン濃度が大きい場合の火炎の安定性および分解率が大幅に改善できることが分かった。

4-2. 熱分解法

CFC-113 にヘキサン、メタノール、水等を共存させて酸化熱分解実験を行った結果、有害な有機ハロゲン化合物の生成する可能性は比較的少なく、生成するCFC-12等を抑制する条件も明らかになったため、補助燃料を使用したCFC-113 の焼却処理は、分解生成物の観点から見ても基本的に問題はないものと考えられる。また、ヘキサンに比べてメタノールについては分解を促進する効果が、水については低温条件では抑制する効果が認められた。

一方、ヘキサンを共存させたハロン1301の分解性はCFC-113とほぼ同じ程度である事がわかった。また、塩素系の化合物とは異なり、AR<1においても分解率は大差なく、有害化合物の生成も見られない事がわかった。

5. 参考文献

- (1) Hassel,G.R., EPA/600/S7-91/010 (1992)
- (2) 竹内、今川、宮崎、田中 日本機械学会第68期全国大会講演論文集C,337 (1990)
- (3) Graham,J.L.,Hall,D.L. and Dellinger,D.,Environ.Sci.Technol.,20,703 (1986)
- (4) Senkan,S.M.,Environ.Sci.Technol., 22(4),368 (1988)

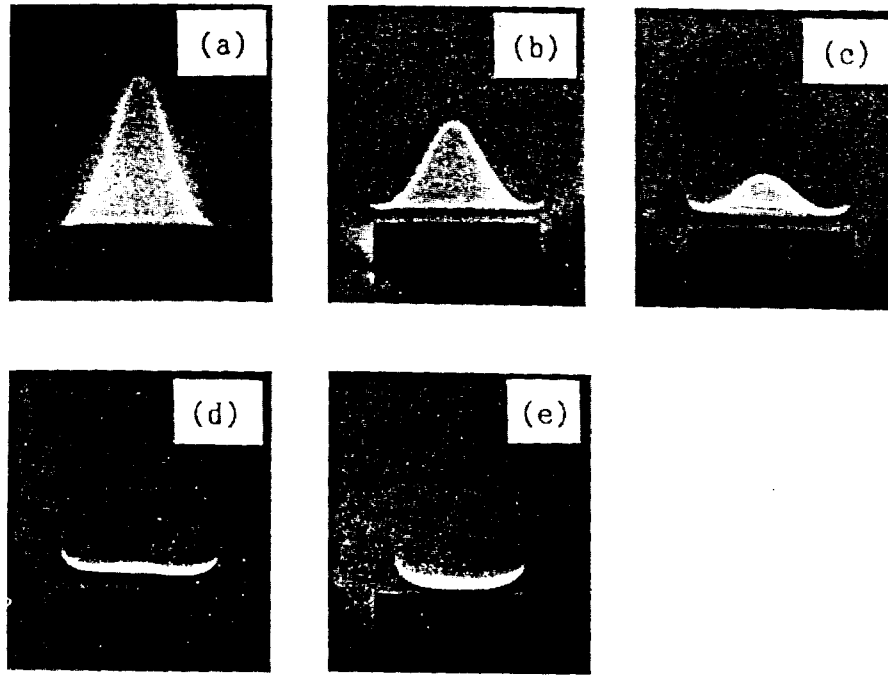


図1-1 フロン-12/メタン/空気予混合火炎 ($\phi = 1$)
 (a) フロン-12/メタン=0、(b) フロン-12/メタン=0.21、(c) フロン-12/メタン=0.30、
 (d) フロン-12/メタン=0.44、(e) フロン-12/メタン=0.53

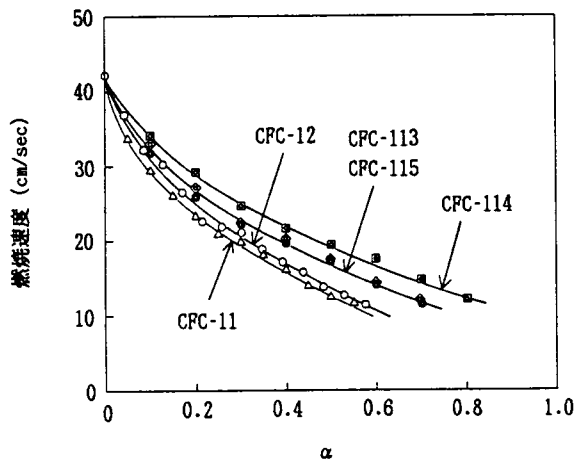


図1-2 燃焼速度と α の関係 ($\phi = 1$)
 Δ : フロン-11、 \circ : フロン-12、 \odot : フロン-113、
 \square : フロン-114、 \diamond : フロン-115

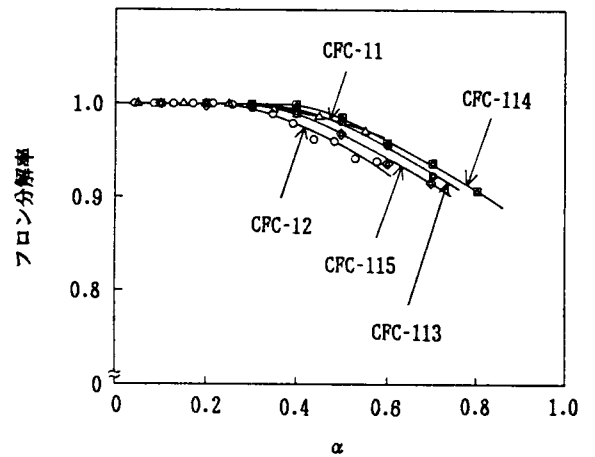


図1-3 フロン分解率と α の関係 ($\phi = 1$)
 Δ : フロン-11、 \circ : フロン-12、 \odot : フロン-113、
 \square : フロン-114、 \diamond : フロン-115

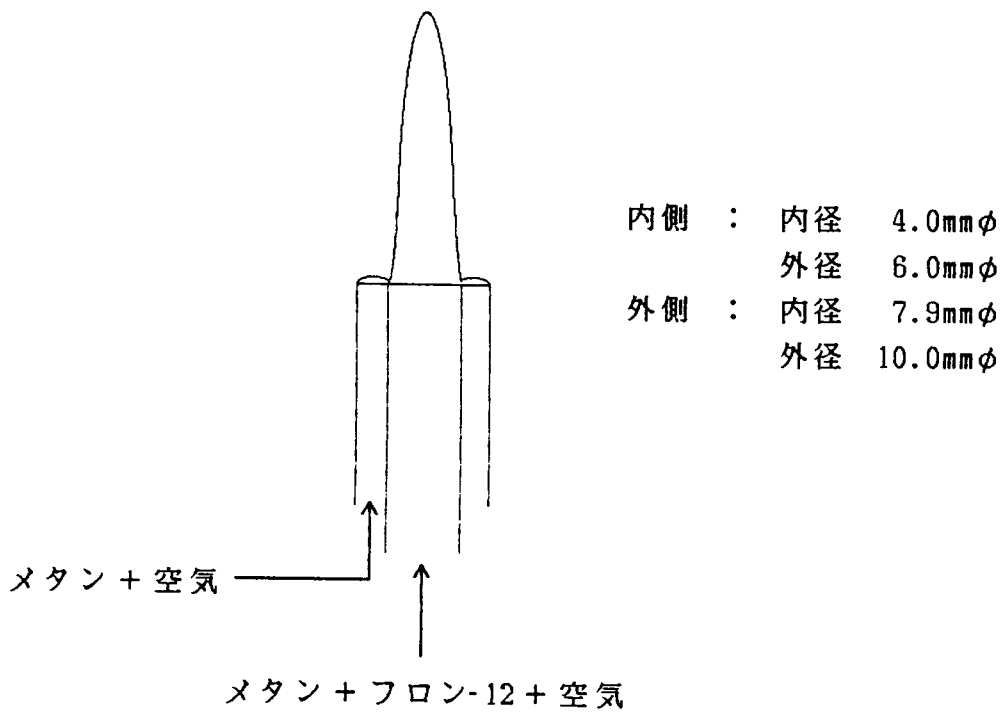


図1-4 改良型バーナーの構造

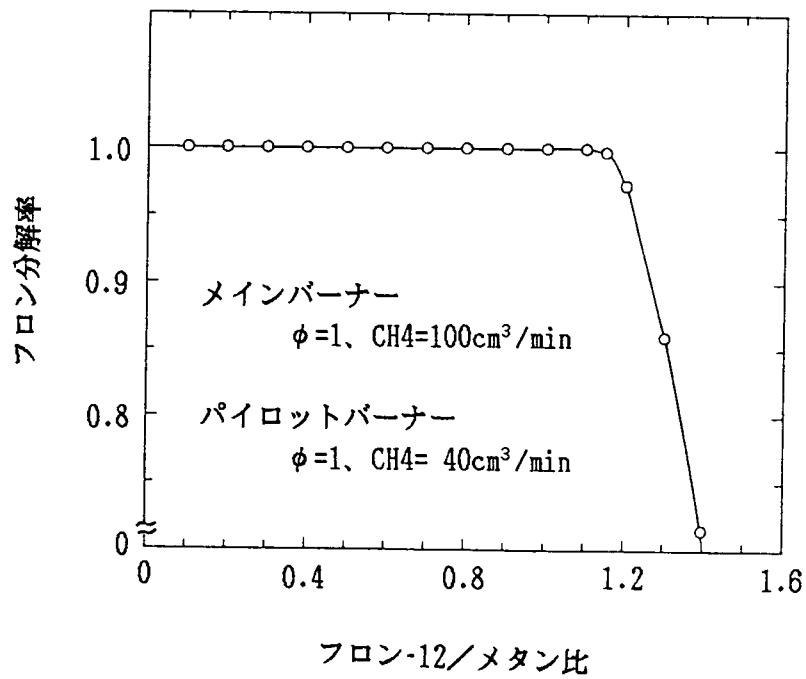


図1-5 改良型バーナーによるフロン分解率とフロン-12/メタン比の関係

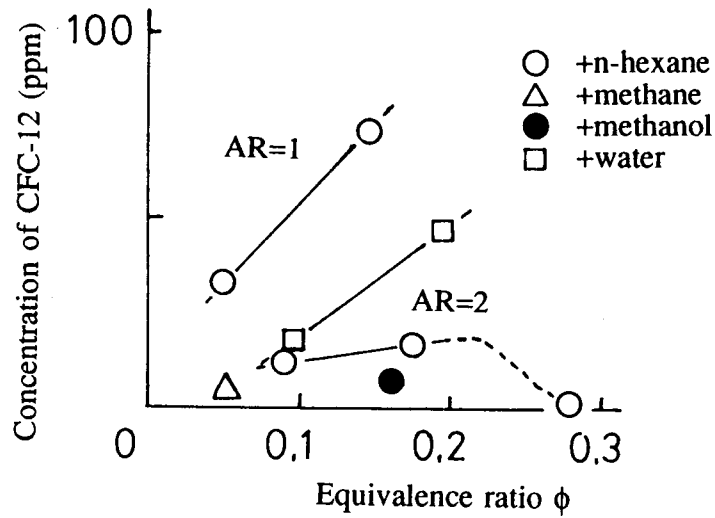


図2-1 1123KにおけるCFC-12生成に及ぼすARの効果

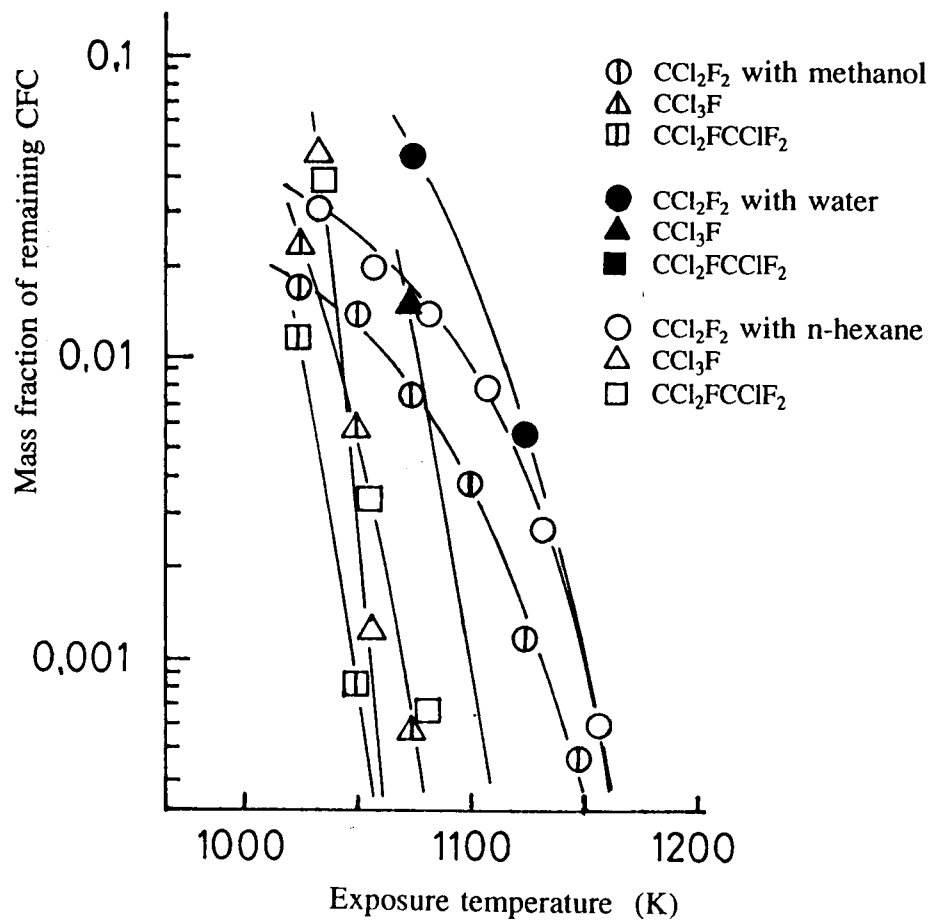


図2-2 CFC-113と他の生成物の質量残留率と分解温度の関係

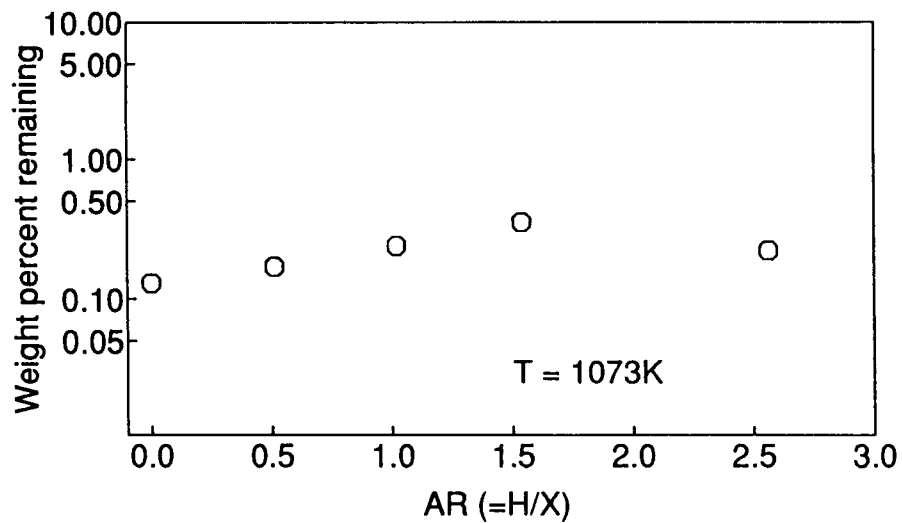


図2-3 1073Kにおけるハロン1301の分解に及ぼすARの効果

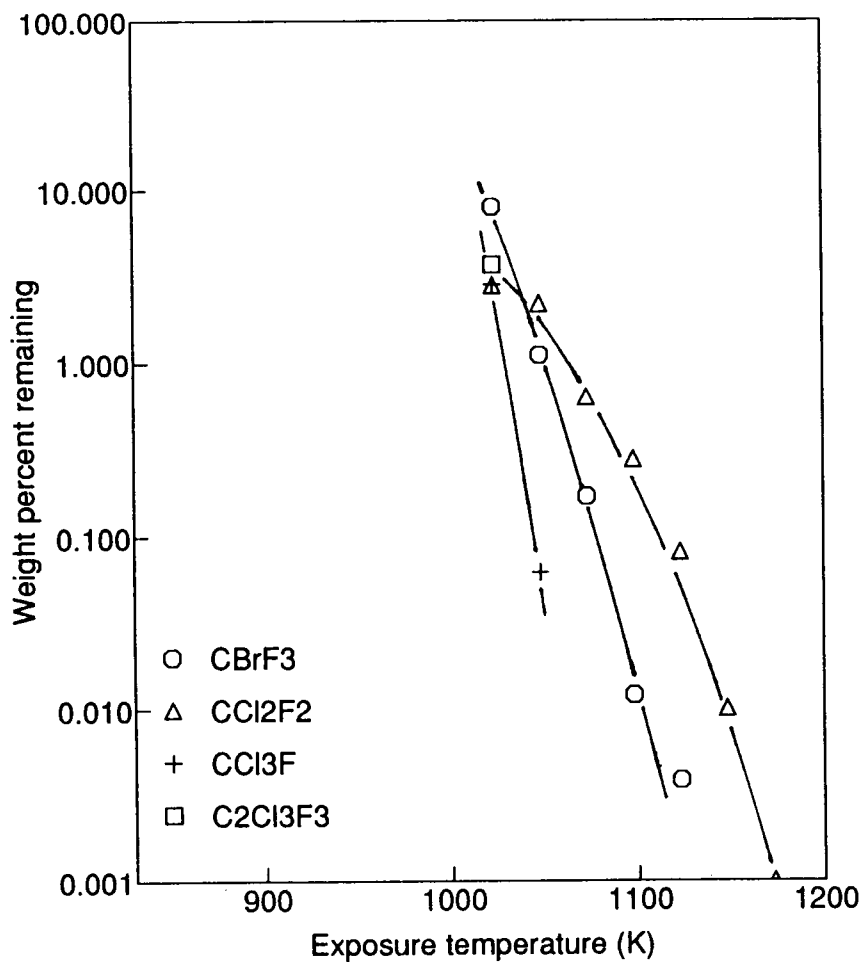


図2-4 ハロン1301の質量残留率と分解温度の関係

[研究発表の状況]

- (1) K.Tokunashi, Y.Urano, S.Horiguchi, and S.Kondo, Combustion Science and Technology, 72, p.117 (1990)
- (2) 徳橋、浦野、堀口、近藤、第20回安全工学シンポジウム講演予稿集、p.275 (1990)
- (3) 徳橋、浦野、堀口、近藤、化技研ニュース、8, (5), p.3 (1990)
- (4) 徳橋、浦野、堀口、近藤、第16回産業公害研究総合推進会議総会研究発表会資料、p.138 (1990)
- (5) 近藤、徳橋、災害の研究、23, 156 (1992).
- (6) 徳橋、近藤、高圧ガス、29, 178 (1992).
- (7) 竹内、今川、宮崎、田中、日本機械学会第68期全国大会 (1990年9月)
- (8) 竹内、今川、宮崎、田中、公害 (1990年9月)
- (9) 竹内、今川、宮崎、田中、工業技術院産業公害総合推進会議 (1990年12月)
- (10) 宮崎、工業技術連絡会議産業公害連合部会合同分科会 (1991年2月)
- (11) 竹内、TED Newsletter (日本機械学会熱工学部門) No.5 (1991年3月)
- (12) 竹内、今川、宮崎、田中、公害 Vol.27 No.2 (1992年3月)
- (13) 宮崎、工業技術院資源研究成果発表会 (1992年2月)