

物性科学 最終レポート

61908697 佐々木良輔

2020 年 7 月 20 日

名称 (総称): フロンガス

1. 用途

フロンガスは 1970 年代に人工的に開発された物質であり、炭素や水素の他にフッ素や塩素などのハロゲンを含むガスの総称である。アンモニアに代わる当初はエアコンや冷蔵庫などの冷媒ガスとして開発されたが、人体に無害であり化学的、熱的に安定であるため、冷媒ガスだけでなく、スプレーの噴射剤や洗浄剤、断熱発泡剤として広く用いられるようになった [1]。

2. 問題点

2.1 オゾン層破壊

塩素を含む特定フロン (クロロフルオロカーボン: CFC, ハイドロクロロフルオロカーボン: HCFC) は大気中で安定であるため、分解されことなく対流によって成層圏まで運ばれる。ここでこれらのフロンガスは紫外線を吸収して塩素ラジカルを発生し、これがオゾンと反応することによってオゾン層を破壊する。[4] 表 1 にいくつかのフロンガスのオゾン破壊係数を示す。オゾン破壊係数とは CFC-11 単位質量あたりのオゾン層破壊効果を 1 とし、各物質のオゾン層破壊効果を表した数値である。1987 年に採択されたモントリオール議定書により 1996 年時点でオゾン層破壊効果の大きい CFC は全廃され、比較的オゾン層破壊効果の小さい HCFC も段階的に生産量を削減している。図 1 にオゾン全量の経年変化を示す。80 年代以降オゾン全量は減少傾向だったが、CFC の全廃によりその傾向は見られなくなった。一方でオゾン全量は未だ 1970 年代の水準までは回復していない。

表 1 代表的なフロンガスのオゾン破壊係数 [6]

グループ	名称	オゾン破壊係数
CFC	CFC-11	1.0
	CFC-12	1.0
	CFC-113	0.8
HCFC	HCFC-22	0.055
	HCFC-123	0.02
	HCFC-141b	0.11

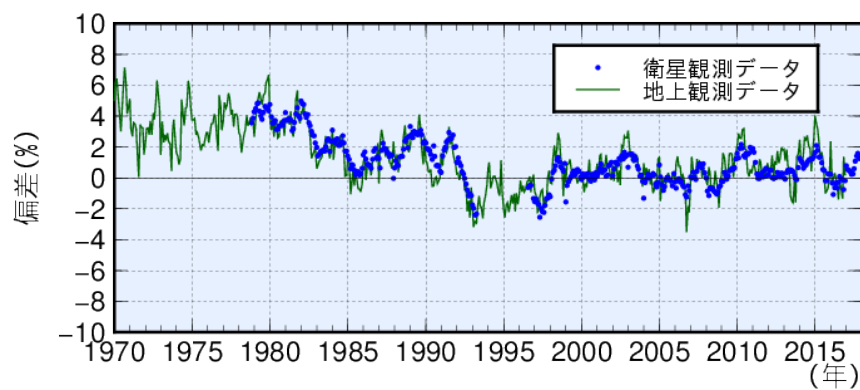


図 1 世界のオゾン全量の経年変化 [4]

2.2 温室効果

オゾン層破壊効果のある特定フロンを代替するものとして、代替フロン（ハイドロフルオロカーボン:HFC）が冷媒などとして用いられるようになった。しかし、代替フロンは非常に大きな温室効果があり、地球温暖化の促進が懸念される。表 2 にいくつかのフロンガスの地球温暖化係数を示す。地球温暖化係数とはガス単位質量あたりの温室効果を二酸化炭素の温室効果を 1 として換算した量である。平成 30 年度において、日本では 2.856×10^6 t の CO_2 に相当するフロンガスが流出しており [7]、オゾン層破壊に並んで重大な懸念である。

表 2 地球温暖化係数 [3]

グループ	名称	地球温暖化係数
CFC	CFC-11	4750
	CFC-12	10900
	CFC-113	6130
HCFC	HCFC-22	1810
	HCFC-123	77
HFC	HFC-23	14800
	HFC-32	675
	HFC-143a	1430

3. 解決方法

3.1 オゾン層破壊

特定フロンはモントリオール議定書により、CFC は全廃、HCFC の段階的な削減が定められている。これにより、オゾン量の減少は止まったものの回復には数十年を要する。現在ではスプレーなどの噴射剤として、CO₂ やジメチルエーテルなどが用いられている。また冷媒としては、HFC などの代替フロンが主に用いられているがこれは前述の通り温室効果があり、2008 年のキガリ改正では代替フロンを含むフロンガスの削減が採択され、日本を含む先進国は 2036 年までに 85% の削減を行う [5]。

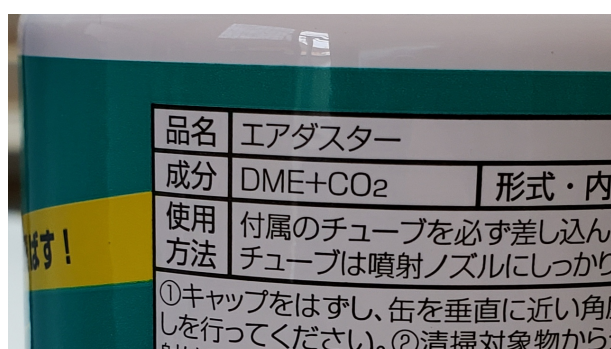


図 2 CO₂, ジメチルエーテルを噴射剤として用いたスプレー

3.2 温室効果

モントリオール議定書のキガリ改正により、温室効果の高い代替フロンの削減が求められている。代替フロンの代替としては以下のような物質が検討されている [2]。

ハイドロフルオロオレフィン (HFO)

GWP が 0.3 程度 [8] と温室効果が低く、冷媒としての利用が期待される。一方で高コストであり微燃性がある。

二酸化炭素 (CO₂)

冷媒として利用可能だが、高圧が必要である。

アンモニア (NH₃)

冷媒として利用可能だが、毒性が高い。

4. 社会的影響

前節で述べた代替ガスはいずれも毒性または可燃性であり、また比較的可燃性の低い HFO はコストが高い。毒性、可燃性のあるガスを冷媒として用いる場合、構造的に複雑になるため、いずれの代替冷媒を用いても最終的な製品価格の上昇が考えられる。

フロンが全廃され、GWP が 1 程度の冷媒で代替されたとする。このとき、フロンの平均の GWP を 1000 と

するならば、 2.847×10^6 t-CO₂ 程度の温室効果ガスを削減できることになる。しかし、日本の CO₂ 排出量は 1.115×10^9 t 程度であり、メタンなど他の温室効果ガスが排出されていることも考えると、代替フロン全廃だけでは温暖化の防止には不足であると考えられる。

一方で、オゾン量の減少は現時点で止まっており、このまま特定フロンの削減が進めばいずれオゾン層は回復すると思われる。

5. ボーナスポイントコーナー

冷媒ガスの代替方法として上では主に化学的な立場から述べたが、他の解決方法としてエネルギー問題におけるブレイクスルーが考えられる。冷媒を用いない冷却方法としてペルチェ素子による冷却やスターリングエンジンによる冷却などが考えられるが、どちらもエネルギー効率で既存のものに劣る。ここで、核融合や軌道上での太陽光発電といった、大規模かつ環境負荷の少ない発電技術が確率された場合、ある程度効率を度外視しても上記のような冷却方法が実現可能と思われる。

参考文献

- [1] NPO 法人ストップ・フロン全国連絡会. オゾン層ってなんだろう? https://www.jason-web.org/wp/wp-content/uploads/2015/04/ozon_pumph_20140507_.pdf. (Accessed on 07/20/2020).
- [2] 山本隆幸. 代替フロン (hfc) の課題と今後の展望 (低 gwp 化) について. <https://www.amita-oshiete.jp/qa/entry/015267.php>. (Accessed on 07/20/2020).
- [3] 一般財団法人日本冷媒・環境保全機構. Gwp.pdf. <https://www.jreco.or.jp/data/GWP.pdf>. (Accessed on 07/20/2020).
- [4] 気象庁. フロンによるオゾン層の破壊. https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/ozonehp/3-25ozone_depletion.html. (Accessed on 07/20/2020).
- [5] 環境省. ref01_5.pdf. https://www.env.go.jp/press/y067-07/ref01_5.pdf. (Accessed on 07/20/2020).
- [6] 環境省. 平成 17 年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書. <http://www.env.go.jp/earth/report/h18-03/3-VII.pdf>. (Accessed on 07/20/2020).
- [7] 環境省. 漏えい量の算定・報告 - 集計結果の公表 - 「フロン排出抑制法」ポータルサイト. <https://www.env.go.jp/earth/furon/operator/result.html>. (Accessed on 07/20/2020).
- [8] 福島正人・橋本真維. 低 gwp 冷媒 “amolea” の開発. *Reports Asahi Glass*, Vol. 65, , 2015.