

建材用断熱材フロンの処理技術

平成19年

環境省 地球環境局

はじめに

フロンを発泡剤として用いた建材用断熱材は、主に寒冷地における防寒・防露など居住環境の快適性向上や省エネルギーを目的に、広く普及してきました。

しかしながら、発泡剤としてフロンが用いられている断熱材の場合、その使用・廃棄段階においてフロンが大気中に放出されているものとみられ、オゾン層保護や地球温暖化防止の観点からフロンを用いない製品への代替が急速に進められています。

一方、過去に利用されたものについては、環境省では、平成12年度より「建材用断熱材フロン対策検討調査委員会」（委員長 坂本 雄三 東京大学大学院工学研究科 建築学専攻教授）を設置し、広く関係者のご協力の下、建材用断熱材に使用されるフロンに起因する環境負荷の低減を図るため、その実態を把握し、対応策についての検討をすすめてきました。

そこで、これまでの調査・検討の成果や知見を踏まえて、オゾン層保護や地球温暖化抑制の観点から、建材用断熱材フロンの適正な処理の促進に向けた報告書の取りまとめを行うこととしました。

本報告書では、建設工事等の発注者、元請業者、下請業者（解体工事業者、内装工事業者等）、処理業者（収集運搬業者、中間処理業者、最終処分業者等）などが自主的な取り組みとして、建築解体工事や修繕、模様替え（リフォーム等）工事、新築工事などの際に排出される廃棄対象の建材用フロン断熱材に含まれるフロンの回収・破壊処理を適正に実施するための技術的手法や留意事項などを具体的に示すものとなりました。

なお、本報告書は、今後の知見の蓄積に基づいて、必要に応じてその充実を図っていくこととしています。

本報告書の利用普及によって、建材用断熱材フロンの適正処理が促進し、オゾン層保護や地球温暖化抑制の一助になるとともに、加えて、環境に優しいライフサイクルを視野に入れた断熱材利用・断熱材施工への発展に寄与することを期待しています。

平成19年
環境省 地球環境局
フロン等対策推進室

建材用断熱材フロン回収・破壊ガイドライン検討委員会 委員名簿

	氏名	所 属
委員長	坂本 雄三	東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻 教授
委 員	青木 秀起	(社)セメント協会 (住友大阪セメント(株) 生産技術部 技術グループリーダー)
〃	浦野 紘平	横浜国立大学大学院環境情報研究院 特任教授
〃	長田 守弘	新日鉄エンジニアリング(株) 環境ソリューション事業部 部長
〃	竹原 健二	(社)全国産業廃棄物連合会 建設廃棄物部会 運営委員 (株)竹原重建 代表取締役)
〃	成田 一君	(株)アクトリー 執行役員 技術・営業本部 本部長代行
〃	仁保 孝之	後藤解体工業(株) 工事部 部長
〃	福田 晴男	(株)大林組東京本社 地球環境室 環境保全推進グループ 副主事
〃	村上 泰司	(株)イオリナ 代表取締役
〃	米谷 秀子	(株)鹿島建設 安全環境部 施工環境課 課長

<目 次>

第1章 報告書策定の背景と目的	1
1. 1 目的	1
1. 2 関係者の役割	2
1. 3 オゾン層を破壊する物質	5
1. 4 フロン対策の動向	6
1. 5 建材用断熱材フロン処理の必要性	8
第2章 建材用フロン断熱材の概要	10
2. 1 建材用フロン断熱材の概要	10
2. 2 建築物中に残存する建材用断熱材フロン	15
第3章 建材用断熱材フロン処理の流れ	17
3. 1 建材用フロン断熱材処理の現状	17
3. 2 建材用断熱材フロン処理の流れ	18
第4章 建材用断熱材フロンの事前調査	20
4. 1 建材用断熱材フロンの事前調査（解体工事）	20
4. 2 断熱材フロン処理実施の判断の目安（解体工事）	26
4. 3 断熱材フロン処理実施の判断の目安（新築端材の対応）	28
第5章 解体工事現場における現場分別時の留意事項	29
5. 1 解体工事現場における現場分別時の留意事項	29
5. 2 断熱材分離方法別の留意事項のまとめ	34
第6章 建材用フロン断熱材の保管、収集運搬時の留意事項	41
6. 1 建材用フロン断熱材の保管時の留意事項	41
6. 2 建材用フロン断熱材の収集運搬時の留意事項	41
第7章 フロンを含む建材用断熱材の処理の留意事項	43
7. 1 フロンを含む建材用断熱材の処理と受入先の選定について	43
7. 2 フロンを含む建材用断熱材の処理の留意事項	45
7. 3 最終処分と焼却処分の温室効果ガス排出量（CO ₂ 換算）の比較	47
第8章 建材用断熱材フロン処理の効果の推計例	49
8. 1 建材用断熱材フロン処理の効果の推計例	49
参 考 資 料	51
■ 建材用フロン断熱材に使用されている発泡剤の変遷	52
■ 断熱材中のフロン残存量の推計 【 フロンの初期含有率 】	53
■ 現場簡易測定機器を用いたフロン残存確認方法の例	63

第1章 報告書策定の背景と目的

1.1 目的

■目的

環境省では、平成12年度より「建材用断熱材フロン対策検討調査委員会」（委員長 坂本 雄三 東京大学大学院工学研究科 建築学専攻 教授）を設置し、関係諸機関などとの連携により、フロンを含有するまたは発泡剤としてフロンを用いている断熱材中のフロン残存量の経年変化、実際の建築物の解体時の実態把握や断熱材フロン対策の方法および環境負荷低減効果などの調査研究を進めてきました。

調査研究の結果から、建材用フロン断熱材を廃棄する際に含有する残存フロンを適正に処理することはオゾン層保護や地球温暖化の防止の観点から効果があることが明らかになりました。また、効率的に適正なフロン処理を行う上で、その処理過程において留意が必要な事項が明らかになりました。

本報告書は、上記の調査結果を踏まえて、建設工事等の発注者、元請業者、下請業者（解体工事業者、内装工事業者等）、処理業者（収集運搬業者、中間処理業者、最終処分業者等）などが自主的な取り組みとして、建築解体工事や修繕、模様替え（リフォーム等）工事、新築工事（端材）などの際に排出される廃棄対象の建材用フロン断熱材に含まれるフロンの回収・破壊処理を適正に実施するための技術的手法や留意事項などを具体的に示しています。

また、本報告書では、建材用フロン断熱材中のフロンの環境中への放出防止を考慮し、回収・収集運搬、破壊施設等に関する事項に加え、管理等についてもできるだけ具体的な事項を盛り込んでいます。

■本報告書が対象とする建材用断熱材フロン

本報告書が対象とする建材用フロン断熱材は以下のとおりです。

- ①解体工事に伴い発生する廃棄対象の建材用フロン断熱材
- ②修繕・模様替工事に伴い発生する廃棄対象の建材用フロン断熱材
- ③新築工事に伴い発生する廃棄対象の建材用フロン断熱材（端材）

■本報告書の対象

本報告書は、下記の関係者を対象とします。

- ①建設工事等の発注者
- ②元請業者
- ③下請業者（解体工事業者、内装工事業者等）
- ④処理業者（収集運搬業者、中間処理業者、最終処分業者等）

1. 2 関係者の役割

- 断熱材に含有される建材用断熱材フロンの処理については、現行法的な義務付けはありませんが、フロンを含有する断熱材を処分する際には、オゾン層保護や地球温暖化防止の観点から、フロンの大気中への放出を抑制する処理の推進が求められています。
- 建材用フロンの断熱材の処理では、建設工事等の発注者、元請業者、下請業者（解体工事業業者、内装工事業業者等）、処理業者（収集運搬業者、中間処理業者、最終処分業者等）などの多くの関係者がそれぞれの立場に応じた役割を果たすことが求められます。

■多くの関係者の存在

建築物の解体工事や修繕・模様替工事や新築工事等に伴って発生する廃棄対象の建材用フロンの断熱材は建設廃棄物にあたりますので、廃棄物処理法や建設リサイクル法などの関係法令を順守し、適正に処理・処分を行うことが重要です。

また、建材用フロンの断熱材の処理では、建設工事等の発注者、元請業者、下請業者（解体工事業業者、内装工事業業者等）、処理業者（収集運搬業者、中間処理業者、最終処分業者等）などの多くの関係者が存在し、それらのすべての関係者がそれぞれの立場に応じた役割を果たすことが求められます。

■建設工事等の発注者

建設工事等の発注者は、工事の元請業者（排出事業者）に対して、建材用断熱材フロンの処理の促進をするように明確な指示を行い、また、建材用断熱材フロンの回収・破壊処理に係る適正な処理費用の負担を行います。

■元請業者

建設工事では、原則として元請業者が排出事業者となります。

元請業者は、排出事業者として、建材用断熱材フロンの適正処理の中心的な役割を担っていることを認識し、発注者、下請業者、委託業者などとの協力体制を確立し、断熱材フロンの回収・破壊処理の実施を円滑に行うことが求められます。

特に、発注者に対して、断熱材フロンの処理方法の事前説明や、実施後の完了報告を行うなど、回収・破壊に伴う適正な処理費用の負担の理解を得ることは重要です。

■下請業者（解体工事業業者、内装工事業業者等）

元請業者から解体工事や内装工事等を請け負う下請業者（解体工事業業者、内装工事業業者等）は、工事等で建材用フロンの断熱材を廃棄する際には、元請業者の指示に従い、建材用フロンの断熱材の現場分別を図るなど、解体に伴うフロンの放散の防止に努めます。

フロンの放散防止の観点から、ボード型製品はできるだけ破碎せず、そのままの状態での搬出し、吹付け等工法によるフロンの断熱材についても、引き剥がしの段階で、分離断熱

材片をできるだけ大きくなるように努めます。

なお、新築工事等において発生するフロン断熱材の端材についても、現場分別による同様な対応が求められます。

■処理業者（収集運搬業者、中間処理業者、最終処分業者等）

産業廃棄物である建材用フロン断熱材の処理では、元請業者は、その運搬または処分を他人に委託し、処理する委託処理が一般的です。処理を実施する処理業者は、廃棄物処理法による許可を取得した収集運搬業者や中間処理業者があたります。

【収集運搬業者】

建材用フロン断熱材の収集運搬の際には、フロン放散を防ぐために、できるだけ、破碎・圧縮を行わないことが求められます。ボード型製品は破碎せず、そのままの形状で、断熱材フロンの適正処理が可能な受け入れ施設に搬出します。

なお、積替保管を行う場合は、フロン断熱材を適正に一時保管した後、断熱材フロンの適正処理が可能な施設に速やかに搬出します。

【中間処理業者（産業廃棄物中間処理施設）】

建材用フロン断熱材は建設廃棄物ですので、フロンの破壊処理が可能な産業廃棄物焼却施設等に搬入される前に、一旦、建設廃棄物を取り扱う産業廃棄物の中間処理施設に搬入されるケースも想定されます。

当該中間処理施設においても、フロン放散を防ぐために、できるだけ、破碎・圧縮を行わず、フロン断熱材を分別し、断熱材フロンの適正処理が可能な受け入れ施設に搬出することが求められます。

【中間処理業者（断熱材フロン処理施設）】

建材用断熱材フロンの処理を効率的に実施するために、フロンの破壊処理に伴うフロン放散防止はもちろんのこと、廃棄物処理法の維持管理基準等を順守し、安全に施設の運転管理を行うことが重要です。

【最終処分業者（埋立処分場）】

最終処分業者は廃棄物処理法の維持管理基準等を順守し、フロンの破壊処理（焼却処理）に伴って発生する残渣（灰等）を受入れ、最終的に埋立処分を行います。

建材用断熱材フロン処理技術の概要

策定の背景と目的 (第1章)

【背景】

- 建材用フロン断熱材にはフロン類が残存しており、その廃棄にあたっては、オゾン層破壊防止や地球温暖化防止の観点からの適切な対応が求められています。

【目的】

- 建設工事等の発注者、元請業者、下請業者(解体工事業者、内装工事業者等)、委託処理業者(収集運搬業者、中間処理業者等)などが、建築解体工事や修繕、模様替え工事、新築工事などの際に排出される廃棄対象の建材用フロン断熱材に含まれるフロン処理の技術的手法や留意事項を提示しています。

【断熱材】

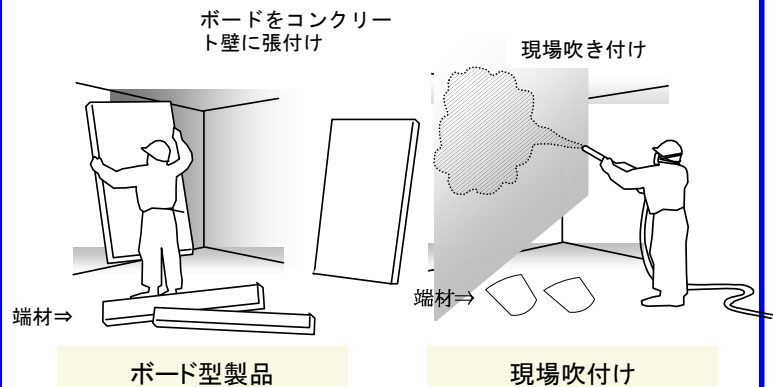
- 解体工事に伴い発生する廃棄対象の建材用フロン断熱材
- 修繕・模様替え工事に伴い発生する廃棄対象の建材用フロン断熱材
- 新築工事に伴い発生する廃棄対象の建材用フロン断熱材(端材)

【対象者】

- 建設工事等の発注者
- 元請業者
- 下請業者(解体工事業者、内装工事業者)
- 処理業者(収集・運搬業者)/(積替保管施設)
- 中間処理業者(産業廃棄物中間処理施設)
- 中間処理業者(断熱材フロン処理施設)
- 最終処分業者(最終処分場)

建材用フロン断熱材の概要 (第2章)

- 主に寒冷地における防寒・防露など居住環境の快適性向上や省エネルギーを目的に、広く普及
- 硬質ウレタンフォーム(PUF)と押出法ポリスチレンフォーム(XPS)が主流であり、工法別には、ボードやパネル等の成形品タイプと、現場施工での現場発泡吹付けタイプに区分

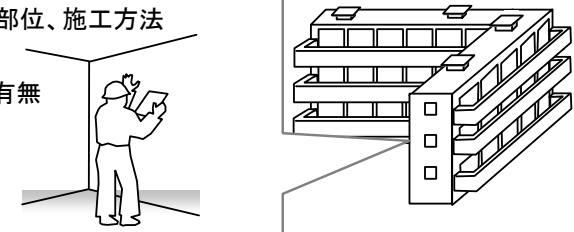


建材用断熱材フロン回収・破壊の流れ (第3章)

解体工事現場における事前調査(使用している断熱材の種類、残存フロンの確認等) (第4章)

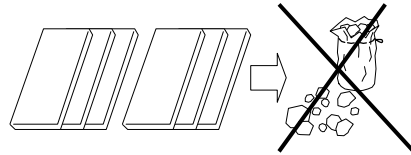
- 廃棄対象となる建材用フロン断熱材に含まれるフロンの回収・破壊を円滑に実施するためには、あらかじめ、解体工事等に伴って発生する廃棄対象の建材用フロン断熱材の種類や量、フロン残存量の有無を把握し、受入可能な施設を選択する必要があります。
- 事前調査結果を総合的に判断し、含有フロンの破壊処理対象の建材用フロン断熱材を特定し、適正な受入施設まで流れる仕組みを構築することが重要です。

- 断熱材の種類、部位、施工方法
- フロンの種類
- フロン残存量の有無



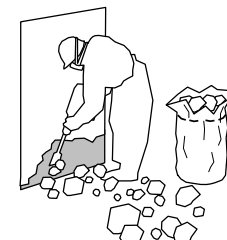
解体工事現場における留意事項 (第5章)

- フロン放散防止の観点から、断熱材の分離は可能な限り解体現場で行います。
- 断熱材中のフロンの放散をできるだけ少なくするため、分離断熱材片をできるだけ大きなものします。
- 吹付け工法には、ケレン棒や電動ピック等の工具を利用して引き剥がしを行う必要があります。



ボード型製品についてはできるだけ破砕せずにそのままの形状で外します。

重機使用	手作業				
	バックホウ	ケレン棒	パール	電動ピック	スコップ



保管・収集運搬における留意事項 (第6章)

- 分別された建材用フロン断熱材は、他の廃棄物と区分し、適正に現場内で保管します。保管エリアに標識を立てる等、他の廃棄物と識別できるような工夫をすることも有効です。
- 保管場所は火気厳禁の対応が必要です。
- 運搬の際には、フロンの放散を防ぐため、できるだけ、圧縮・破砕を行わないように努めます。
- ボード型製品は、破砕せず、そのままの形状で搬出します。



フロン処理における留意事項 (第7章)

- ①-1 高温燃焼が行われるフロン類破壊の許可を得た廃棄物混焼炉
- ①-2 産業廃棄物の焼却施設

② フロンを断熱材から分離回収する専用施設

【受入施設】

- 断熱材ごとフロンを破壊処理(焼却)する場合は、産業廃棄物(廃プラスチック類)の焼却処理の許可を有する廃棄物焼却施設で処理する必要があります。廃棄物焼却施設は、焼却温度800℃、滞留時間2秒以上の焼却条件が廃棄物処理法によって定められており、この焼却条件下ではほとんどのフロンを分解することが可能と考えられます。
- これらの廃棄物焼却施設の中には、850℃以上の高温の燃焼条件で運転管理を行っている施設があります。例えば、フロン破壊処理法でフロン類破壊(混焼炉による破壊処理)の許可を得ている廃棄物混焼炉などが該当します。このような施設においては、ほぼ完全にフロンを分解できると考えられます。

■フロン放散の防止

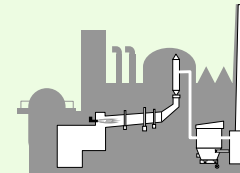
処理施設における保管や前処理においては、なるべく破砕や圧縮を行わないなど、フロンの放散が生じないように努めることが求められます。ただし、破砕等によって放散したフロンを回収するなど、フロンが大気に放散されない場合はこの限りではありません。

■各種の法令順守

受入施設(処分業者)では、一定基準以上の有害物質が破壊処理に伴って排出されない運転管理が求められます。

■発注者及び元請業者への報告

処分業者は、マニフェスト制度に基づいて、フロンを含む建材用断熱材の中間処理が完了した旨を排出事業者等に報告します。排出事業者は最終処分まで完了したことを確認します。



- 一定のフロン残存量が見込まれる場合、多少、輸送距離があっても焼却処理によるフロン破壊の方が埋立処分による方法より温室効果ガスの削減に寄与する。
- 関係者は、回収フロンの適正処理による環境負荷削減効果を環境報告書等に掲載し、環境への貢献をアピールすることもできます。(第8章)

1. 3 オゾン層を破壊する物質

□ フロンは、私たちの生活に欠かせない便利な物質として、様々な用途に使われてきましたが、フロンが大気中に放出されると有害な紫外線を吸収するオゾン層まで到達しオゾン層を破壊することや、地球温暖化に影響を与えることが明らかとなっています。

■フロンとは何か

フロンは正式名称をフルオロカーボン（フッ素と炭素の化合物）といい、様々な種類があります。不燃性、化学的に安定であり、常温・常圧で液体または気体です。

フロンは、エアコンや冷蔵庫等の冷媒用途をはじめ、断熱材等の発泡剤、半導体や精密部品の洗浄剤、エアゾール用噴射剤など様々な用途に活用され、特に1960年代以降、先進国を中心に大量に使用されてきました。

しかしながら、フロンが大気中に放出されると有害な紫外線を吸収するオゾン層まで到達しオゾン層を破壊することや、地球温暖化への影響も明らかにされ、より影響への小さなフロンや他の物質への代替が、可能な分野から進められています。

■フロンは強力な温室効果ガスです。

CFCやHCFCなどの生産規制をうけて、オゾン層を破壊しない代替フロンと呼ばれる物質（HFCなど）が使用されるようになりました。

しかし、一方で、フロンや代替フロンの多くは強力な温室効果ガスでもあります。フロンの地球温暖化への影響は、二酸化炭素（CO₂）の数百倍から一万倍と、非常に大きいことが明らかになっています。

ですから、地球温暖化防止のためにも、フロンの排出抑制・削減に積極的に取り組むことが重要になっています。最近では、フロンに代わり、オゾン層を破壊せず温暖化にも影響の少ない物質として、炭化水素や二酸化炭素などノンフロンと呼ばれる物質の使用が広がり始めています。また、エアコンや冷蔵庫等の冷媒として用いられたフロンについては、法律（フロン回収・破壊法）に基づいて回収・破壊が行われています。

オゾン層破壊物質	温室効果ガス	種類	用途
○	○	CFC (クロロフルオロカーボン)	冷媒（電気冷蔵庫・カーエアコン・業務用冷凍空調機など） 発泡剤、洗浄剤
○	○	HCFC (ハイドロクロロフルオロカーボン)	冷媒（電気冷蔵庫・カーエアコン・業務用冷凍空調機など） 発泡剤、洗浄剤
	○	HFC (ハイドロフルオロカーボン)	冷媒、発泡剤、エアゾール（噴射剤）

1. 4 フロン対策の動向

- オゾン層保護や地球温暖化防止のため、日本をはじめ世界中で様々な取り組みが行われています。
- フロン断熱材の場合、オゾン層保護や地球温暖化防止の観点からフロンを用いない製品への代替が急速に進められています。

■国際的な取り組み

オゾン層保護のための国際的な取り組みとして初めて合意されたのが、1985年の「オゾン層保護のためのウィーン条約」です。1987年には、この条約に基づき、オゾン層破壊物質の具体的な規制内容を定めた「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」が採択され、それに基づいてCFC等の生産が段階的に削減されています。

■日本での取り組み

日本では、ウィーン条約とモントリオール議定書の採択に併せて、1988年に「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律（オゾン層保護法）」を制定し、オゾン層破壊物質の生産や輸出入の規制、排出抑制の努力義務などを定めました。この法律に従って、オゾン層破壊物質の生産の全廃等を着実に進めています。

～フロン断熱材のノンフロン化への取り組み（関係業界）～

①供給サイドの取り組み

2004年（平成16年）初頭からの発泡用途HCFC-141bの生産等の廃止もあり、炭化水素や二酸化炭素への転換が本格的に開始されています。各企業における環境に配慮したノンフロン製品製造設備への投資が積極的になされ、それらの普及割合が急速に高まってきている状況が顕著になってきています。

成型品（パネル等）などの工場生産品については概ねノンフロン製品のラインナップは揃っており、需要側のニーズに応じた供給が可能となりつつあります。現場発泡品については、低温時の施工性の低下や、断熱性能の低下等の問題から、完全な代替は未だ困難であるものの、水発泡や二酸化炭素発泡を用いたノンフロン製品も着実に上市されており、用途により代替が可能な分野もあります。

②需要サイドの取り組み

一部ディベロッパー・不動産業者で、関東以西のマンションの断熱材（現場発泡ウレタン）を全てノンフロン指定する等の動きも出ており、需要側の意識も高まっています。建設業3団体では、「建設業の環境保全自主行動計画」において、会員企業の実施方策に代替フロン（HFC）の排出抑制及びノンフロン断熱材の使用促進と、建設資機材等のグリーン調達を掲げています。

～フロン断熱材のノンフロン化への取り組み（行政）～

①グリーン購入法

国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律（グリーン購入法）に係る特定調達品目の2005年の見直しにおいて、公共工事時に使用する断熱材の判断の基準として、「オゾン層を破壊する物質が使用されていないこと」に加え、「ハイドロフルオロカーボン（いわゆる代替フロン）が使用されていないこと」を追加しています。

②規格化（JIS、ISO）

関連規格の、JIS A 9511（工場製品）、JIS A 9526（現場発泡品）にノンフロン製品の断熱性能を考慮した項目が追加されました。

③公共建築工事標準仕様書の改定

国土交通省の策定する公共建築工事標準仕様書の改定がなされ、硬質ウレタンフォームについては、フロンを使わないA種（JIS A 9511）、A種1（JIS A 9526）の利用が明記されました。同様に、公共建築改修工事標準仕様書も改定され、いずれも平成19年4月1日から適用されています。

④設備導入補助（地域地球温暖化防止支援事業）

ノンフロン断熱材の製造設備や、ノンフロン現場発泡ウレタン吹付装置等、代替フロン等3ガスの排出抑制に係る設備導入等の先進的な取り組みに対して、設備導入補助金による支援を実施しています。

⑤省エネ建築物の助成要件への追加

フロン含有断熱材の使用によるライフサイクル全体での温室効果ガス排出量の増加を防ぐため、建築物の省エネ・温暖化対策に係る助成制度においてノンフロン断熱材の使用を助成要件の一つとしています。

上述のように、ノンフロン製品等への代替等により、モントリオール議定書やオゾン層保護法による生産等の規制を進める一方で、過去に生産され、冷凍空調機器の冷媒、建築物の断熱材等として使用されているオゾン層破壊物質であるCFC及びHCFC、温室効果ガスであるHFCが市中に多量に存在しています。

このため、更なる取り組みとして、「フロン回収・破壊法（特定製品に係るフロン類の回収及び破壊の実施の確保等に関する法律）」、「家電リサイクル法（特定家庭用機器再商品化法）」、「自動車リサイクル法（使用済自動車の再資源化等に関する法律）」によって冷蔵庫やエアコンなどに入っているフロンを回収し、破壊しています。

代替フロン等3ガスについては、「京都議定書目標達成計画」*において排出目標を定め、上記の法律によるHFCの回収等の強化をはじめ、産業界の計画的な取り組み、代替物質等の開発や代替製品の利用を進めています。

* CFC、HCFCを回収するとオゾン層保護や地球温暖化防止には貢献できますが、京都議定書に基づく温室効果ガスの削減には結びつきません。同様に、HFCを回収すると地球温暖化防止に貢献できますが、最近の断熱材に使用されているHFC-245fa等については、京都議定書に基づく温室効果ガスの削減対象にはなっていないため、排出削減目標への貢献には結びつきません。

1. 5 建材用断熱材フロン処理の必要性

- 建材用断熱材フロンにはこれまで多くのフロンが扱われてきました。
- これまでの調査結果によれば、建物の解体時に排出されるフロン処理を促進した場合、オゾン層保護や地球温暖化防止に大きな効果があることが見込まれます。

■建材用断熱材フロン処理によるオゾン層保護及び地球温暖化防止効果の推計

建材用断熱材フロン対策によって得られる、オゾン層保護及び地球温暖化防止への効果の大きさを見てみると、2004年以降2030年までの間に、建物の解体時に排出されるフロンの全量を処理することによるオゾン層保護及び地球温暖化防止効果は下表のように推計されます。

表 建材用断熱材中のフロンの回収によるオゾン層破壊及び地球温暖化効果の削減可能性
(2004～2030年の累積)

	CFC		HCFC		HFC		合計
	硬質 ウレタンフォーム CFC11	押出法 ポリスチレンフォーム CFC12	硬質 ウレタンフォーム HCFC141b	押出法 ポリスチレンフォーム HCFC142b	硬質 ウレタンフォーム HFC245fa HFC365mfc	押出法 ポリスチレンフォーム HFC134a	
フロン回収量(千t)	26.5～	5.2～	3.8～	2.7～	1.4～	0.3～	39.9～
累積：2004～2030年	26.8	5.3	3.8	2.7	1.4	0.3	40.3
オゾン層破壊効果 (CFC換算：千t)	×1	×1	×0.11	×0.065	—	—	
係数							
地球温暖化効果 (CO ₂ 換算：百万t)	26.5～	5.2～	0.4～	0.2～	—	—	32.3～
累積：2004～2030年	26.8	5.3	0.4	0.2	—	—	32.7
地球温暖化効果 (CO ₂ 換算：百万t)	×4600	×10600	×700	×2400	×932*	×1300	
係数							
地球温暖化効果 (CO ₂ 換算：百万t)	121.9～	55.1～	2.7～	6.5～	1.3～	0.4～	187.9～
累積：2004～2030年	123.3	56.2	2.7	6.5	1.3	0.4	190.4

※) 地球温暖化係数の値は積分期間100年の値を採用した。

出典) 平成16年度 建材用フロン対策検討調査 (環境省) を改定。

* HFC245faとHFC365mfcとの比率を7:3として想定し、GWP値を932として設定

この推計結果によると、オゾン層破壊については、2004年以降2030年までの累積で約3.3万t(CFC換算)の削減可能性があります。

また、オゾン層破壊効果の削減が、推計対象期間(2004～2030年)中、毎年平均的に得られると仮定すると、年間約1,200t(CFC換算)の削減効果に値します。

■建材用フロン断熱材の回収・破壊処理による効果

3階建て非木造住宅（延べ床面積：1,000m²）の解体を行う際に、フロンを含む建材用断熱材（硬質ウレタンフォーム CFC11含有）を適正に処理すると、約74kgのフロンを大気に放出しないですみます。（注1）

これは、フロン回収・破壊法で定める第一種特定製品（業務用のエアコン、冷蔵庫、冷凍機器等）約35台分の回収に相当するフロン量です。（注2）

また、このフロン量を地球温暖化効果に換算（CO₂換算）すると、約340t相当のCO₂排出量となります（フロン断熱材を焼却処理することによって、焼却処理に伴って発生するCO₂を勘案してもなお約335t相当のCO₂排出量を削減することができると試算されます）。これは1世帯の一般世帯が約90年間に排出するCO₂量に相当します。（注3）

このように、フロンを含む建材用断熱材を回収・破壊処理することは、オゾン層保護の観点からも地球温暖化防止の観点からも非常に大きな効果が得られます。（※効果は個別の条件によって異なります。）

（注1）

断熱材の量=30m³、断熱材の比重=0.03t/m³、フロン初期含有率=12%、フロン残存率=70%、解体時フロン放散率=2%、フロン破壊率=100%と仮定
処理対象となるフロン量=30m³×0.03t/m³×12%×70%×(1-2%)×100%=74kg

（注2）

第一種フロン類回収業者の回収量等の報告の集計結果（平成17年度分）

CFCに関して、

回収した第一種特定製品（業務用のエアコン、冷蔵庫、冷凍機器等）の台数：
138,927台

回収したフロン量：291,541kg

よって、第一種特定製品1台あたりの回収量=291,541kg/138,927台=2.1kg/台

（注3）

2005年度（平成17年度）の温室効果ガス排出量速報値

家庭部門からのCO₂排出量（2005年度速報値）：175百万t-CO₂

一般世帯数（平成17年10月1日現在）：48,225千世帯

よって、世帯あたり年間CO₂排出量=175百万t-CO₂/48,225千世帯=3.6t-CO₂/世帯・年

第2章 建材用フロン断熱材の概要

2. 1 建材用フロン断熱材の概要

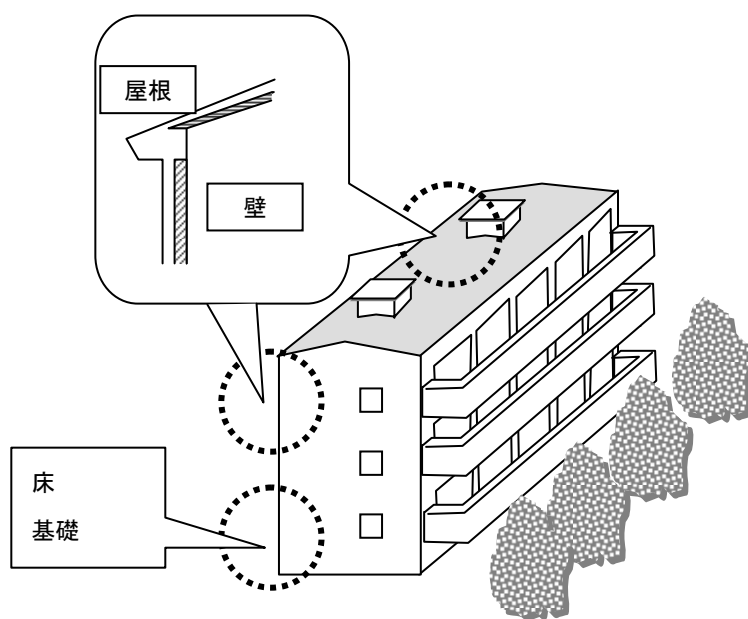
- 建材用フロン断熱材は、主に寒冷地における防寒・防露など居住環境の快適性向上や省エネルギーを目的に、広く普及してきました。
- その種類は、硬質ウレタンフォーム（PUF）と押出法ポリスチレンフォーム（XPS）が主流であり、工法別には、ボードやパネル等の成形品タイプと、現場施工での現場発泡吹付けタイプに区分されます。

■建材用断熱材について

建材用の断熱材は、冷房・暖房のエネルギー効率を高めるために建物や冷蔵倉庫等で使用されており、建材用の断熱材は、グラスウールなどの繊維系のものと、フロンガス等を利用した発泡プラスチック系のものに大別できます。

建材用断熱材（発泡剤）にフロンが利用される用途は、ウレタン等の発泡体内部にフロンガスを封入して発泡させることにより、材の中に気体の小胞が形成され、これが、断熱機能を有することとなります。同時に、この小胞の中に、オゾン層保護や地球温暖化防止から適正な処理が求められるフロンが残留していることとなります。

また、発泡プラスチック系については、軽量性のみならず、断熱性、保温保冷性、衝撃性、遮音性に優れていることから、特に寒冷地における防寒・防露など居住環境の快適性向上や省エネルギーを目的に、屋根、壁、床、基礎部分などにおいて、広く普及してきました。



■建材用発泡プラスチック系断熱材の種類

現在、一般に使用されている発泡プラスチック系断熱材には、

- ①硬質ウレタンフォーム（P U F）
- ②押出法ポリスチレンフォーム（X P S）
- ③フェノールフォーム（P F）
- ④高発泡ポリエチレンフォーム（P E）
- ⑤ビーズ法ポリスチレンフォーム（E P S）

の5種があります。

建材用の出荷割合は、硬質ウレタンフォームと押出法ポリスチレンフォームの合計が全体のほぼ9割を占めています

すべての発泡プラスチック系断熱材に、フロンが使われているわけではなく、例えば、ビーズ法ポリスチレンフォームには、従来から、フロンが使用されていません。

<p>①硬質ウレタンフォーム（P U F） （フロンが現在又は過去において使用されている実績がある。）</p>	<p>現場施工の現場発泡吹付け品（JIS A 9526）とボードタイプ（JIS A 9511）の成形品がある。現場発泡吹付け品は、施工性の良さから成形品より使用割合が多く施工量が増加傾向にある。 断熱性ととともに、耐薬品性、耐水性、耐湿性に優れる。</p>
<p>②押出法ポリスチレンフォーム（X P S） （フロンが過去において使用されている実績がある。2005年以降は100%ノンフロン化を達成。）</p>	<p>熱可塑性樹脂のため、他の発泡系断熱材に比べてリサイクルが容易であり、メーカーによる新築工事での廃断熱材回収システムが確立している。</p>
<p>③フェノールフォーム（P F） （フロンが現在又は過去において使用されている実績がある。）</p>	<p>断熱性能とともに、熱的、化学的に安定した性質を有する。 防火性に優れるため需要は増加傾向にある。</p>
<p>④高発泡ポリエチレンフォーム（P E） （フロンが現在又は過去において使用されている実績がある。）</p>	<p>断熱性能とともに、柔軟性が高いので空隙充填や目地材、配管カバー（給油管やダクト）の断熱材として使用されている。</p>
<p>⑤ビーズ法ポリスチレンフォーム（E P S） （フロンは使用されていない。）</p>	<p>炭化水素系発泡剤を用いるノンフロン断熱材で、配管や円筒形の部位の保温材、断熱材や梱包材として使用されている。</p>

（出典）「ノンフロン断熱材を使いましょう」パンフレット（建設業3団体グリーン調達促進ワーキンググループ）

■ 硬質ウレタンフォーム

断熱性能とともに、耐薬品性、耐水性、耐湿性に優れている。工場で生産されるボードやパネル等の成型品タイプと、ウレタン原液及び発泡剤を使用場所まで運び、使用現場にて発泡体を吹付けたり、工場にて組み立てた面材・枠材の内部空間に注入して発泡させる現場発泡吹付けタイプとがあり、施工性の良さから、大型物件では現場発泡吹付けが採用されるケースが多い。

硬質ウレタンフォームでのフロン利用は、1995年ぐらいまではCFC11が主に使用され、1990年代前半からHCFC141bがこれに代わり、2000年代に入るとHFC245faとHFC365mfcの混合フロンが利用されています。

表 硬質ウレタンフォームの建築物の用途

分類	用途例
建築	住宅、オフィスビルの断熱（壁、床下、天井、屋根下等） 断熱建材（ラミネートボード、複合パネル、サイディング材等） 浴槽（ステンレス・FRP・ほうろう）断熱 冷凍倉庫、冷蔵倉庫、農業倉庫、畜舎等の断熱、ボイド充填（断熱サッシ） 恒温室（農作物貯蔵・たばこ乾燥）、地域集中冷暖房断熱

出典：日本ウレタン工業協会ウェブサイト (<http://www.urethane-jp.org/index.htm>)

表 硬質ウレタンフォームのボード品と吹付け品の写真



硬質ウレタンフォーム（ボード品）大きなブロックから所定の寸法に切り出した成型品
資料：日本ウレタン工業協会パンフレット



硬質ウレタンフォーム（吹付け）
対象物に直接吹付けて発泡
資料：日本ウレタン工業協会パンフレット



ボード品の張付けイメージ



現場吹付けイメージ

■ 押出法ポリスチレンフォーム

押出発泡ポリスチレンには、中発泡及び高発泡のポリスチレン製品があり、中発泡ポリスチレンは食品容器やディスプレイ材等として用いられています。

高発泡ポリスチレンは建材用断熱材や畳芯材等として用いられています。断熱性能とともに、吸湿・吸水性も小さく、湿気に強いため床への使用が多い。熱可塑性樹脂のため、他の発泡系断熱材に比べ、リサイクルが容易です。

押出法ポリスチレンフォームでのフロン利用は、1990年まではCFC12が主に使用され、1990年からHCFC142bがこれに代わり、2005年以降は100%ノンフロン化を達成しています。

表 押出発泡ポリスチレンの建築用途

種類	分類	用途例
高発泡 押出	一般建築	断熱材（屋根、壁、床）
	住宅	断熱材（屋根、壁、床、基礎）
	冷凍倉庫	冷蔵庫、冷凍庫の断熱材
	畳	化学畳芯材等（稲わら畳床及び稲わらサンドイッチ畳床、建材畳床）
	その他	軽量土木資材（盛土、構造物背面盛土、基礎、構造物保護、中詰・埋戻し、拡張・嵩上げ、仮設・復旧など）

押出発泡ポリスチレン工業会へのヒアリング内容等整理



押出法ポリスチレンフォーム
(住宅の屋根への施工例)

■ 断熱材の種類、適用箇所、工法について

一般的に、断熱材の施工方法については下表のように分類できます。

表 断熱材の施工方法の分類

施工方法名	施工方法の概要
充填工法	断熱材を根太や間柱などの下地材の間にはめ込む工法
張付け工法	断熱材を接着剤・ボルト・釘などにより壁面等に張付ける工法
打込み工法	ボード状断熱材を予めせき板に取付け（またはせき板として用いて）コンクリートを打込むことにより取付ける工法
吹付け工法	断熱材を壁面などに吹付けて接着させる工法

断熱材の種類、適用箇所、工法について、工法（充填／張付け／打込み／吹付け）を軸にして整理すると、下表のようになります。

表 断熱材の工法、使用部位による分離・分別難易度の目安

【断熱材 - 工法 対照表】

	充填	張付け	打込み	吹付け
ボード状断熱材（PUF、PS、PE、PF）	○	○	○	
現場発泡断熱材（PUFのみ）				○

凡例： ○印…適用可

【構造・部位 - 工法 対照表】

構造	施工部位	充填	張付け	打込み	吹付け
木造	床	◎			○
	壁	○	◎		○
	天井	○			○
	屋根	○	◎		○

凡例： ◎印…一般によく適用される ○印…適用可

構造	施工部位	充填	張付け	打込み	吹付け	
RC造 SRC造 CB造	内断熱	現場打ちコンクリート 一般部位	△	△	○	○
		現場打ちコンクリート 特殊部位	△	△	△	○
		プレキャストコンクリート	△	△		○
		コンクリートブロック	△	△		○
	外断熱	現場打ちコンクリート 一般部位	○	○	○	○
		現場打ちコンクリート 特殊部位	○	○	○	○
		プレキャストコンクリート	○	○		○
		コンクリートブロック	○	○		○

凡例： ○印…適用 △印…注意して適用

構造	施工部位	充填	張付け	打込み	吹付け
S造	一般部位	○	○		○
	特殊部位	△	△		○

凡例： ○印…適用 △印…注意して適用

出典：「建築工事標準仕様書 JASS24 断熱工事」より作成

※現場発泡断熱材の工法としては、「吹付け」のほか「打込み」もあるが、「建築工事標準仕様書 JASS24 断熱工事」に適用箇所の記載がなく、ヒアリング結果からも施工量はごくわずかと考えられるため除外した。

○鉄筋コンクリート造（RC造）、○鉄骨鉄筋コンクリート造（SRC造）

○鉄骨造（S造）、○コンクリートブロック造（CB造）

2. 2 建築物中に残存する建材用断熱材フロン

- 建材用フロン断熱材に含まれるフロンは、時間の経過とともに大気中に放出され、フロンの放散速度は、断熱材の種類、フロンの種類、施工厚、温度等の因子によって決定されます。
- 主要な発泡系断熱材のうち、押出法ポリスチレンフォームの放散速度が特に速く、一般的な建物寿命が経過した後では、フロンが断熱材中にほとんど残存していないことが明らかになっています。
- より効率的な断熱材フロンの回収・破壊を推進していくためには、フロン破壊処理の対象とする建材用フロン断熱材を、建物用途、建物規模、断熱材の製造時期、含有フロンの種類などを勘案し、破壊処理の対象を絞り込むことも手法の一つとして考えられます。

■発泡剤フロンの放散速度

主要な発泡系断熱材のうち、押出法ポリスチレンフォームのフロンの放散速度が特に速く、一般的な建物寿命が経過した後では、フロンが断熱材中にほとんど残存していないことが明らかになっています。

フロンの種類に関しては、CFC よりもHCFC の方が放散速度が速いことが明らかになっています。

また、これまでの検討調査結果から、硬質ウレタンフォームと押出法ポリスチレンフォームを比較すると、押出法ポリスチレンフォームの方が、発泡剤フロンの放散速度が早い（フロンが抜けやすい）ことがわかっています。（下図参照）

製造後 30 年程度が経過した押出法ポリスチレンフォームには、初期に封入されていたフロンの 1 割以下しか残存しておらず、特に、HCFC を使用している場合は、ほぼ完全に放散されてしまっている可能性が高いという結果も得られています。

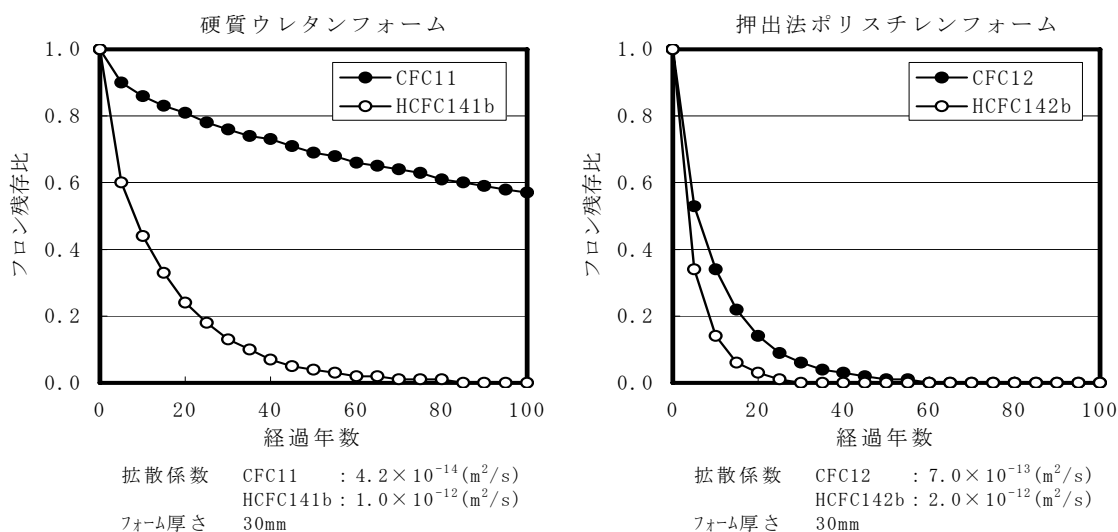


図 断熱材中フロン残存比の経年変化—PUF と XPS の比較—

※データ：平成 15 年度建材用断熱材フロン対策検討調査報告書 (IBEC)

■建築物中に残存する建材用断熱材フロン

除却時のフロン排出量ベースで見ると、2003年時点では、硬質ウレタンフォームのボード（PUF-B）由来のCFCが、全体の約60%を占めています。

一方、押出法ポリスチレンフォーム（XPS）は、断熱材ベースの排出量で見れば、全体の50%弱を占めて最大であるにもかかわらず、フロンベースの排出量で見ると、全体の約4分の1となっており、XPSからのフロン放散率が、PUFのそれに比べて大きいことが、この点からも確認できます。

表 断熱材の排出量及びフロンの除却時排出量

比較項目	総計	PUF-B	PUF-S	XPS
2003年				
排出量(断熱材ベース) (トン/年)	約 9,900	約 4,200	約 1,100	約 4,600
総計に占める割合 (%)	—	約 42.4	約 11.1	約 46.5
除却時 CFC ^{※1} 排出量 ^{※2} (トン/年)	約 670	約 400	約 90	約 180
総計に占める割合 (%)	—	約 59.2	約 13.9	約 26.8
2030年				
排出量(断熱材ベース) (トン/年)	約 60,000	約 14,000	約 37,000	約 16,000
総計に占める割合 (%)	—	約 23.3	約 50.0	約 26.7
除却時 CFC 排出量 (トン/年)	約 1,000	約 570	約 340	約 110
総計に占める割合 (%)	—	約 55.7	約 33.2	約 11.1
除却時 HCFC 排出量 (トン/年)	約 380	約 67	約 180	約 130
総計に占める割合 (%)	—	約 17.5	約 47.5	約 35.0
除却時 HFC 排出量 (トン/年)	約 280	約 37	約 190	約 50
総計に占める割合 (%)	—	約 13.4	約 67.1	約 19.5

※1) 2003年に除却された断熱材には、CFC以外のフロンはほとんど使用されていない。

※2) 除却される断熱材に含まれるフロンの量(推計値)。出典は、平成15年度建材用断熱材フロン対策検討調査報告書(IBEC)。以下、第1編において同じ。

※推計の前提条件の概要については、参考資料1「断熱材及び断熱材フロンのマスバランス推計に係る仮定条件設定の概要」を参照のこと。

第3章 建材用断熱材フロン処理の流れ

3. 1 建材用フロン断熱材処理の現状

- 建材用フロン断熱材の処理の一部は産業廃棄物処理施設で焼却処理されていますが、その多くは、最終的に産業廃棄物の安定型処分場で埋立処分されています。
- 最終処分場で埋立処分された建材用フロン断熱材に含有されるフロンは、時間経過とともに大気中に放散されることが見込まれます。
- 一方で、建材用フロン断熱材に含有されるフロンは適切な焼却を行えば大部分が分解することが明らかになっています。
- 解体工事等に廃棄対象となる建材用フロン断熱材については、その種類によっては廃棄段階でも断熱材中にフロンが残留していることから、オゾン層保護や地球温暖化防止の観点からフロン処理を実施することが求められています。

■建物解体・回収段階で発生する建材用フロン断熱材の現状処理プロセス

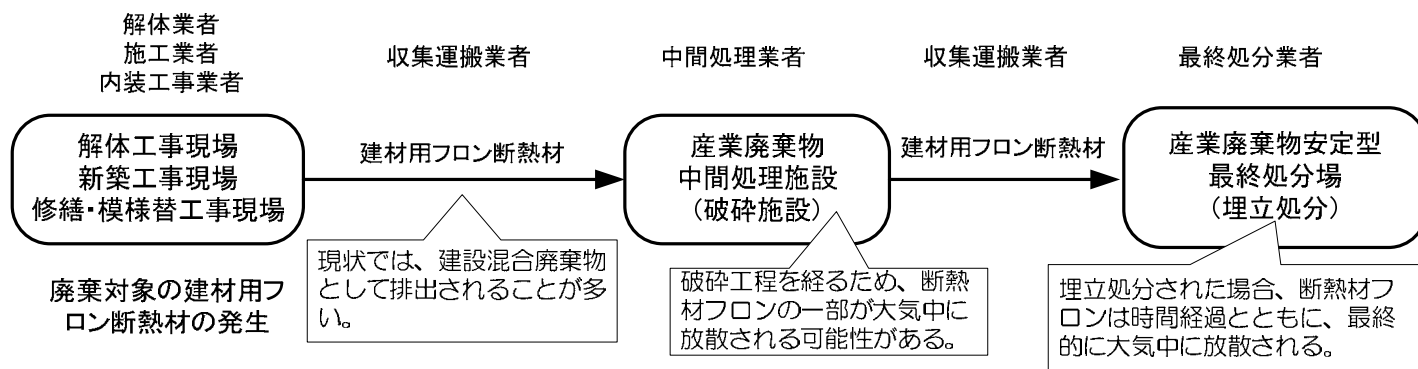
解体工事等で発生する建材用フロン断熱材は建設廃棄物です。

建物解体で発生する建設廃棄物は、通常、石膏ボード、畳などは分別解体され再資源化が行われるものの、建設設備・内装材については木質系のものを除けば建設混合廃棄物（いわゆる混廃）として排出されることが多く、建材用フロン断熱材のほとんどが建設混合廃棄物として排出されているのが現状です。

建設混合廃棄物については、産業廃棄物の中間処理施設に一旦、搬入されてから、破碎されます。この際の破碎工程においても、破碎によって断熱材の小胞に含有するフロンの一部が放散されることも懸念されています。

そして、建材用フロン断熱材は、破碎・圧縮された後に廃プラスチック類として一部を除いて産業廃棄物安定型最終処分場に一般的には埋立処分されています。

なお、埋立処分された場合、断熱材フロンは、時間経過とともに、最終的には大気中に放散されることとなります。



* 最近では、新築系の端材を中心にRDF（固形燃料化）化する流れも出てきています。

図 現状での建設用フロン断熱材の処理の一般的な流れ

3. 2 建材用断熱材フロン処理の流れ

- 解体工事における建材用断熱材フロン処理の工程では、①事前調査（使用している断熱材の種類、残存フロンの確認等）に始まり、②解体・模様替え工事（フロン断熱材の現場分別）、③収集運搬（放散防止に配慮した運搬）、④断熱材フロンの処理の順番にフロンの大気中への放出の防止に配慮しながら、適正に処理をしていくことが求められます。

■建材用断熱材フロン処理の流れ

建材用断熱材フロン処理の流れは、大きく以下のとおり5つに区分されます。

①適正な費用負担と適正処理の指示

発注者は、建材用断熱材フロンの処理に係る適正な費用負担を行い、関係者に適正処理の指示を行います。

②事前調査（使用している断熱材の種類、残存フロンの確認等） 第4章参照

建物解体・改修工事の前に、フロン含有断熱材を使用しているかどうか、フロンが残存しているか等の確認を行います。

③解体、修繕・模様替工事（フロン断熱材の現場分別） 第5章参照

フロン含有断熱材としての処理の必要性が認められた場合には、解体、修繕・模様替工事等の際にそれらを現場で分離します。

④フロン断熱材の収集運搬（放散防止に配慮した運搬） 第6章参照

工事現場から分別・排出し、最終的にフロンの処理を適正に実施できる施設に搬入することが求められます。

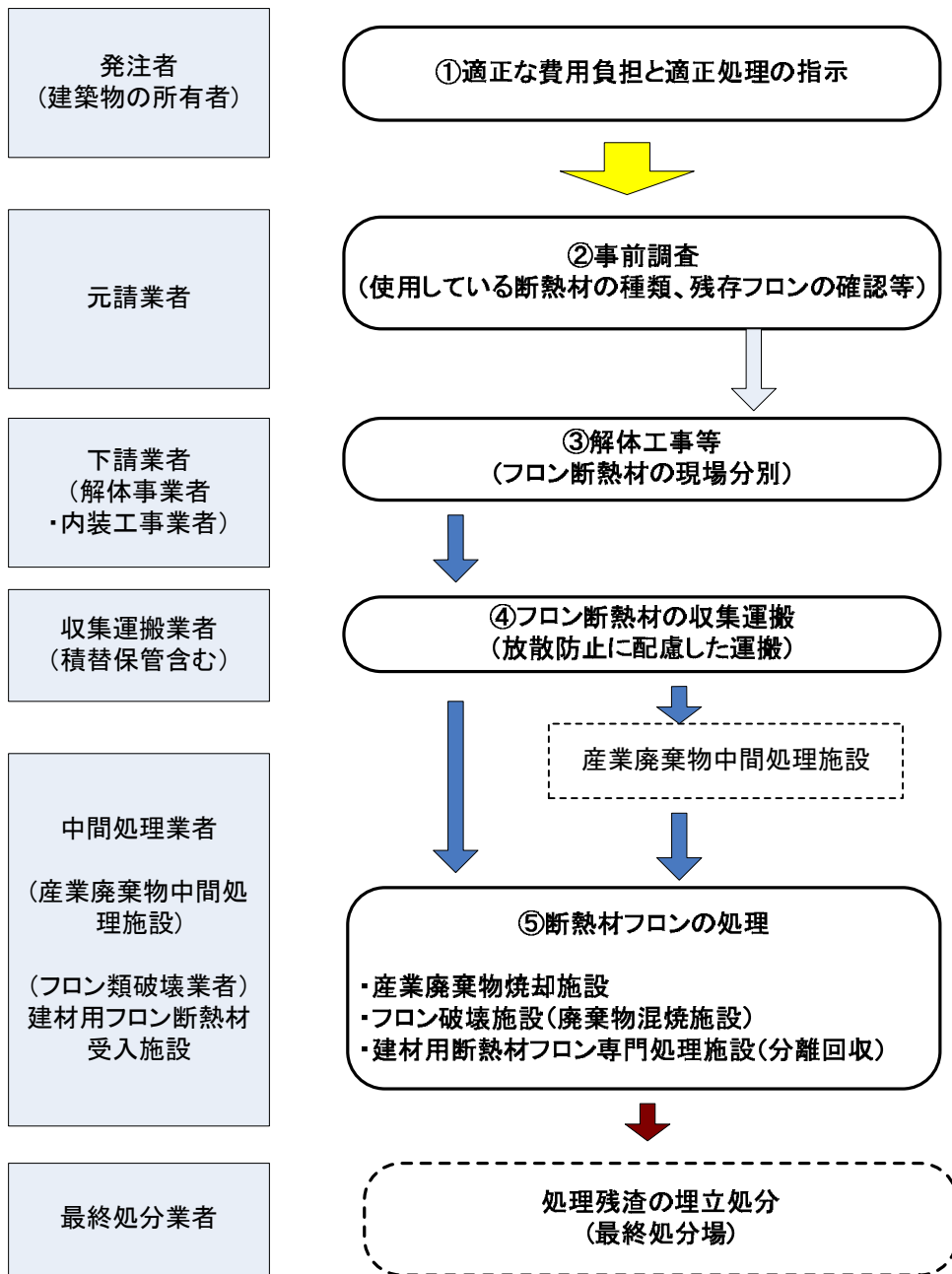
現状では、上述のとおり、建材用フロン断熱材は、一旦、産業廃棄物の中間処理施設に搬出されるケースが多いことから、当該中間処理施設に搬入した場合も、できるだけ、荷捌き場等でフロン断熱材を分別し、断熱材フロンの破壊処理施設に搬出する方法についても検討が必要と考えられます。

⑤断熱材フロンの処理 第7章参照

建材用断熱材フロンの破壊処理が可能な処理施設で適正に処理します。

また、建材用断熱材フロン処理の工程は、廃棄対象の建材用フロン断熱材の建設リサイクルとしての適正処分の工程と基本的に同じです。

なお、新築工事で発生する建材用フロン断熱材の端材についても、基本的に同じ工程で適正処分することになります。



第4章 建材用断熱材フロンの事前調査

4.1 建材用断熱材フロンの事前調査（解体工事）

- 解体工事を実施する際には、建設リサイクル法等を順守しながら、事前調査等を実施し、リサイクルが円滑に進むように留意します。
- 建材用フロン断熱材に含まれるフロンの処理を円滑に実施するにあたって、建材用断熱材フロンの事前調査を実施します。

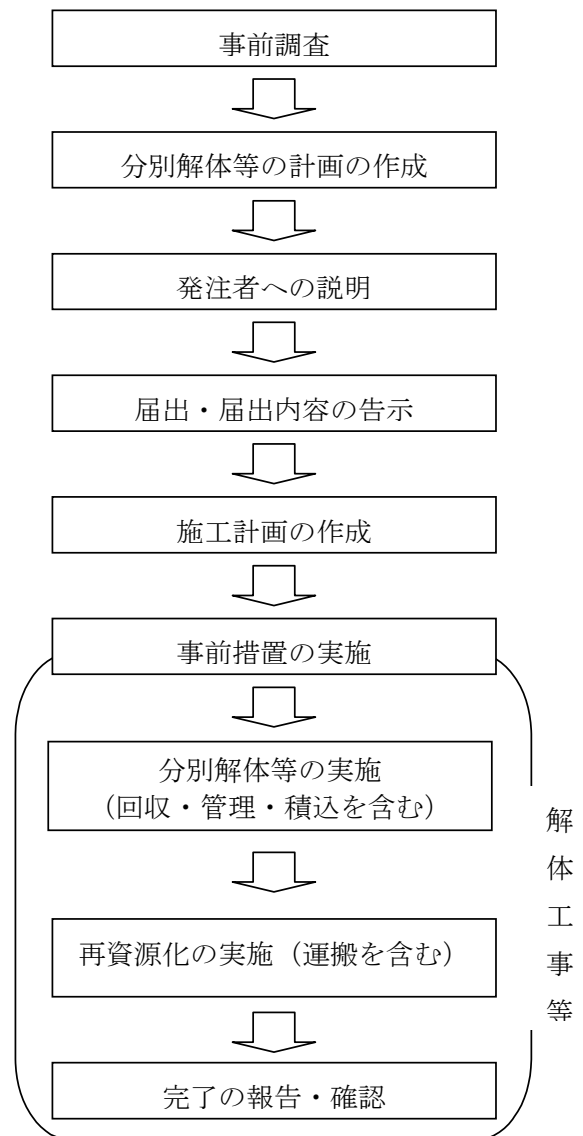
■解体工事の全体フロー（参考）

解体工事の全体フローは図に示すとおりです。

解体、修繕・模様替工事の発注者は、建設リサイクル法に定められた許可又は登録を有する施工業者又は解体工事業者に発注する必要があります。

解体工事受注者は、まず事前調査を行い、分別解体計画を作成し、発注者に説明を行い、届出や施工計画を定めた後に、現場分別スペースの確保などの事前措置を図り、実際の解体工事に取りかかります。

建材用フロン断熱材に含まれるフロンの処理を円滑に実施するにあたって、後述するように、建材用断熱材フロンの事前調査を実施します。

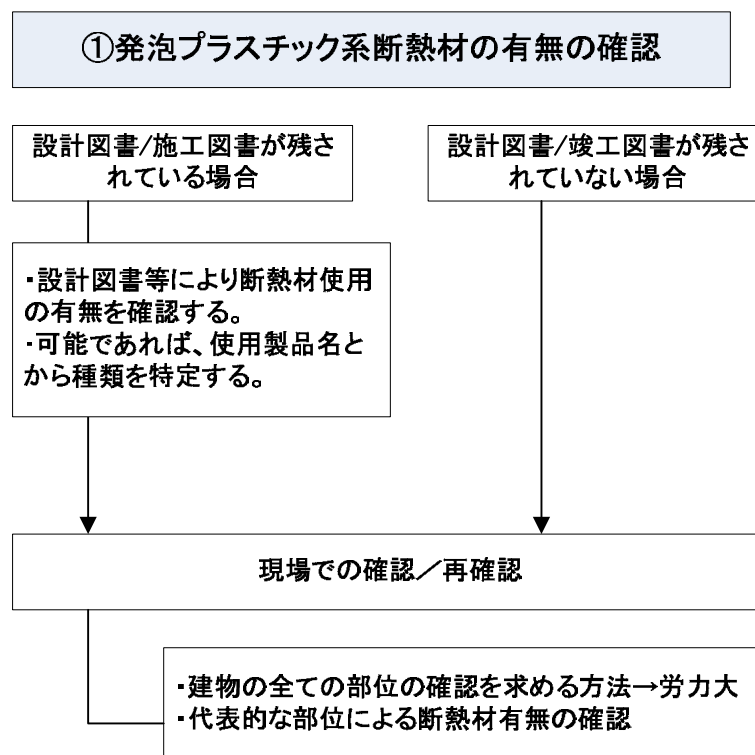


■ 建材用断熱材フロンの事前調査の実施方法（使用している断熱材の種類、残存フロンの確認等）

- 建材用フロン断熱材に含まれるフロンの処理を円滑に実施するためには、①発泡プラスチック系断熱材の有無の確認、②発泡プラスチック系断熱材の確認、③フロン残存量の測定などについて事前調査を行うことで、フロン処理の実施による効果の大きさを把握することが望ましいと考えられます。
- 事前調査結果を総合的に判断し、フロンの回収・破壊処理まで実施する建材用フロン断熱材を特定し、回収・破壊可能な受入施設まで流れる仕組みを構築することが重要です。

■ 発泡プラスチック系断熱材の有無の確認～

- 解体・改修工事を行う建物のどの部位に、分離の対象となる発泡プラスチック系断熱材が使用されているかを確認します。



～設計図書・施工図書の活用～

- 設計図書/竣工図書等が残されている場合は、比較的对象物の特定が行いやすいですが、この場合においても設計図書に記載されている材料と同等の性能を発揮する別の材料を現場で採用する場合もあり、必ずしも設計図書のとおり施工されているとは限らないことに留意する必要があります。

～現場での確認～

- 建物が改築された場合などには、当初の設計図書に記載されている材料とは別の材料が使用されていることがあります。これらのことから、設計図書が残されている場合であっても、図面だけに頼るのではなく、現地での確認を併せて行うことが重要です。
- 設計図書／竣工図書等が残されていない場合は、現場で確認する方法があります。壁を剥がしたり、天井裏を覗いたりすることによって、断熱材を目視確認するためには、解体・改修工事の前に、工事関係者が建物に入って確認作業を行うことが必要となります。
- 特に住宅については、解体・改修の直前まで施主が建物を供用している場合が多いことから、施主の協力を得ることが重要なポイントとなります。

～代表的部位による断熱材の有無の確認～

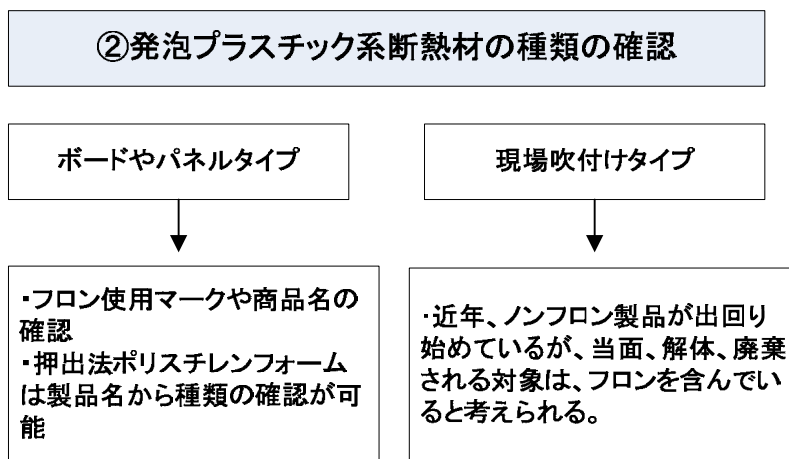
- 現場で断熱材の有無の確認を行う場合には、建物の全ての部位の確認を求める方法と、代表的な部位を定めて当該部位のみの確認を求める方法とが考えられます。
- 全ての部位の確認を求めれば、断熱材の見落としは少なくなりますが、当然ながらその分、実効性の確保という意味でも難しい面もあります。
- 代表的な部位の確認のみを求める方法であれば、断熱材の有無の確認に伴う作業（費用負担）が軽減され、実効性の面から現実性があると言えます。

表 代表的部位による断熱材の有無の確認方法

建物用途	確認方法
冷蔵倉庫	①1F床、外壁（内外面）、内壁、屋根外側、屋根内側の各部位について、それぞれの中央部分で1ヶ所ずつ確認。 ②断熱材が使用されていなかった部位については、残りの部分も断熱材が使用されていないと判断（たとえば、外壁の中央部分を確認した結果、断熱材が使用されていなかった場合、外壁についてはすべて、断熱材が使用されていないとみなす。） ③断熱材が使用されていた部位については、他の箇所にも同様に断熱材が使用されているとみなすか、又は、一ヶ所ずつ個別に確認する。
非木造	①外壁（内面）、屋根内側の中央部分1カ所で確認。 ②断熱材が使用されていなかった場合には、当該建物全体に断熱材が使用されていないと判断。 ③断熱材が使用されていた場合には、他の壁面及び他の部位（天井、床等）にも同様に断熱材が使用されているとみなすか、又は、一カ所ずつ個別に確認する。
木造住宅	①1F床面に断熱材が嵌め込まれていないかを確認。 ②断熱材が使用されていなかった場合には、当該建物全体に断熱材が使用されていないと判断。 ③断熱材が使用されていた場合には、他の壁面及び他の部位（天井、床等）にも同様に断熱材が使用されているとみなすか、又は、一カ所ずつ個別に確認する。解体中に、床面にフロン含有断熱材が嵌め込まれていないかどうかを確認。

■発泡プラスチック系断熱材の種類の確認

- 発泡プラスチック系断熱材の使用が判明した場合、続いて当該断熱材がフロン使用製品であるか否かを確認する必要があります。



- 現場吹付けであれば、硬質ウレタンフォームです。近年、ノンフロン製品が少しだけ出回り始めているますが、当面、解体・改修されるものについては、すべてフロンを含んでいると判断してほぼ間違いありません。
- 成形品（ボード・パネル）の押出法ポリスチレンフォームでは、製品名が記載されていることが多く、製品名から種類の確認が可能です。押出法ポリスチレンフォームの一部に、ノンフロン製品が含まれていることがこれまでの検討調査から明らかになっています。成型品の一部にはH C F C等の使用がマーキングされたものもあります。
- わからない場合は、現場での目視、設計図書の情報、施工方法等から判断します。



【参考】 押出法ポリスチレンフォームの製品名リスト

押出法ポリスチレンフォームについては、過去の製品リストが明らかになっています。過去に生産され、市場に流通している押出法ポリスチレンフォームの製品名は以下のとおりです。

会社名	商品名
ダウ化工株式会社 (旭ダウ株式会社：1982年以前)	スタイロフォーム
株式会社カネカ (鐘淵化学工業株式会社：2004年以前)	カネライトフォーム
株式会社 JSP	ミラフォーム
積水化成成品工業株式会社	エスレンフォーム

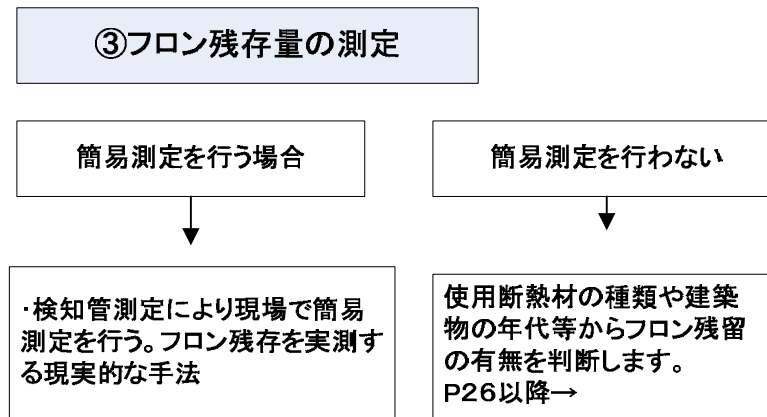
各社製品とも製品名、グレード名は製品に印刷されておりますので確認可能です。特に、第3種の製品はフロン含有率が高く適切な処理が求められます。

各グレードのフロン含有量(初期値：概数)

グレード	フロン含有量 wt%
1種	0
2種	5
3種	10

データ出典) 押出發泡ポリスチレン工業会

■フロン残留量の測定



- 対象部位から採取したサンプルを分析機関に持ち込んで試験を行えば、精度の高い判別ができますが、当然ながら分析には、多大な時間と費用を要するため、あまり現実的ではありません。簡易測定機器を用いて、現場で簡易測定を行うことも有効な方法の一つです。
- 26 ページ以降に「断熱材フロン処理実施の判断の目安」を示します。

■総合的な判断のもとフロン処理の実施を判断する

- 事前調査では、断熱材の種類や建築年代等の情報からフロン残留の有無を把握し、フロン処理の実施による効果の大小を把握することが望ましいと考えられます。
- なお、簡易測定を実施しないケースも含めてフロン残留の有無の確認が困難な場合は、フロンは『残留している』と判断して、フロン処理を実施するという考え方もあります。
- 事前調査結果などを総合的に判断し、フロンの破壊処理まで実施する建材用フロン断熱材を特定し、適正な受入施設まで流れる仕組みを構築することが重要です。
- フロン処理の受入施設の選定については、「第7章 建材用断熱材フロン処理の留意事項 43 頁」に記載します。

4. 2 断熱材フロン処理実施の判断の目安（解体工事）

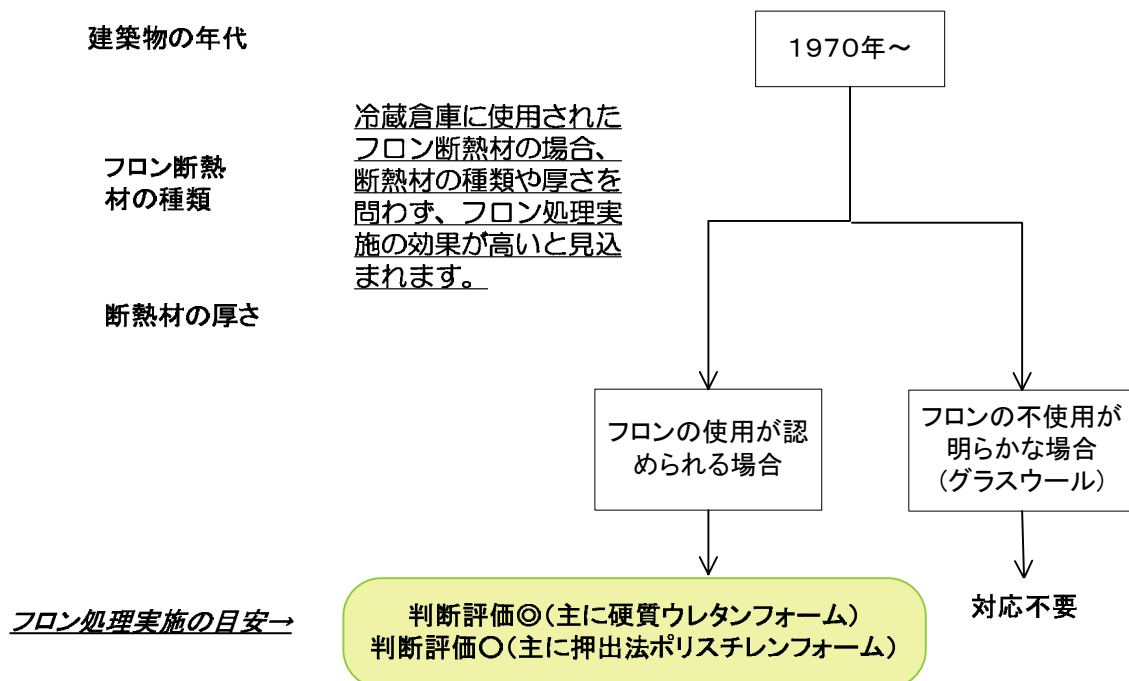
断熱材フロン処理実施の判断の目安(解体工事)

判断評価A ◎	判断評価B ○	判断評価C △
<p>断熱材に含有するフロン処理による効果大きい。</p> <p>フロン断熱材に含有するフロンの残存量が多いことを見込まれます。廃棄対象のフロン断熱材に含有するフロンの処理が可能な施設への搬出が求められます。</p>	<p>断熱材に含有するフロンの残存量の正確な把握が難しいが、一定程度の処理効果は見込める。</p> <p>廃棄対象のフロン断熱材に含有するフロンの処理が可能な施設への搬出が期待されます。</p>	<p>フロン処理効果が見込めません。</p> <p>もともとフロンを使用していない断熱材であるか、使用年数などの要因により、フロン断熱材に含有するフロンの殆どが自然に放散されてしまっていると推測されます。このため、フロン処理を実施してもその効果が見込めません。</p>

I. 解体工事等において発生する使用済のフロン断熱材に含有するフロンの処理について

冷蔵倉庫

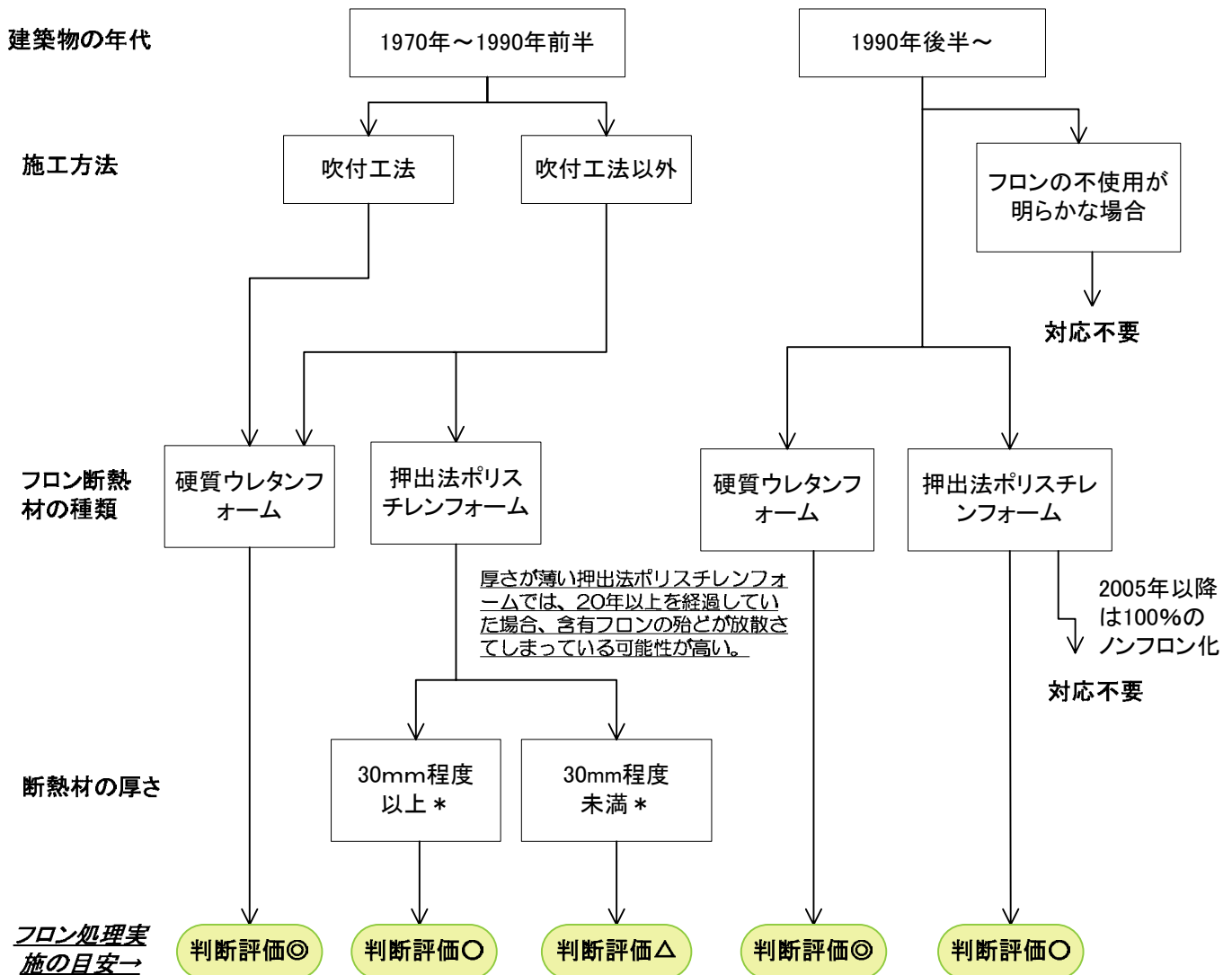
- ❖ 冷蔵倉庫はほとんどの場合、RC(鉄筋コンクリート)構造であり、断熱材としては、グラスウール、押出法ポリスチレンフォーム(打込み若しくは後貼り工法)又は硬質ウレタンフォームの吹付け工法が主に用いられています。
- ❖ グラスウールは、フロンを含まないので、ここでは問題になりません。
- ❖ 冷蔵倉庫の改修を行う場合には、硬質ウレタンの現場吹付けが用いられることが多くみられます。
- ❖ 押出法ポリスチレンフォームでは打込み若しくは後貼り工法が多く、硬質ウレタンフォームでは、吹付け工法にを多く利用しています。
- ❖ 冷蔵倉庫の場合、フロン断熱材の種類を問わず、冷蔵倉庫の性質上から使用している断熱材の量が多く、使用断熱材の厚さも大きいことから、断熱材に残留するフロン量が多く、フロン処理実施の効果が高いと見込まれます。



木造建築

非木造建築

- ❖ 木造建築においては、フロン含有断熱材が使用される場合には、屋根や床、壁等に、主にボード成型品が利用されています。グラスウールも多く利用されますが、グラスウールはフロンを使用していません。
- ❖ 施工の際に、他の建材と接着されることは少なく、木枠にはめ込むだけなど、分離が容易な状態で使用されるケースが大半です。
- ❖ 非木造建築においてフロン含有断熱材が使用される場合には、硬質ウレタンフォームの吹付け工法又は押出法ポリスチレンフォームの打込み工法もしくは後貼り工法が用いられることが多くみられます。
- ❖ 押出法ポリスチレンフォームの場合、経年数や断熱材の厚さによっては、フロンがほとんど放出されている可能性があります。
- ❖ 押出法ポリスチレンフォームは2005年以降100%のノンフロン化を達成しています。
- ❖ 畳床の芯材については、90年以降のものは100%ノンフロン化されており、且つリサイクルルートが確立しているので、リサイクルルートの活用が望まれます。



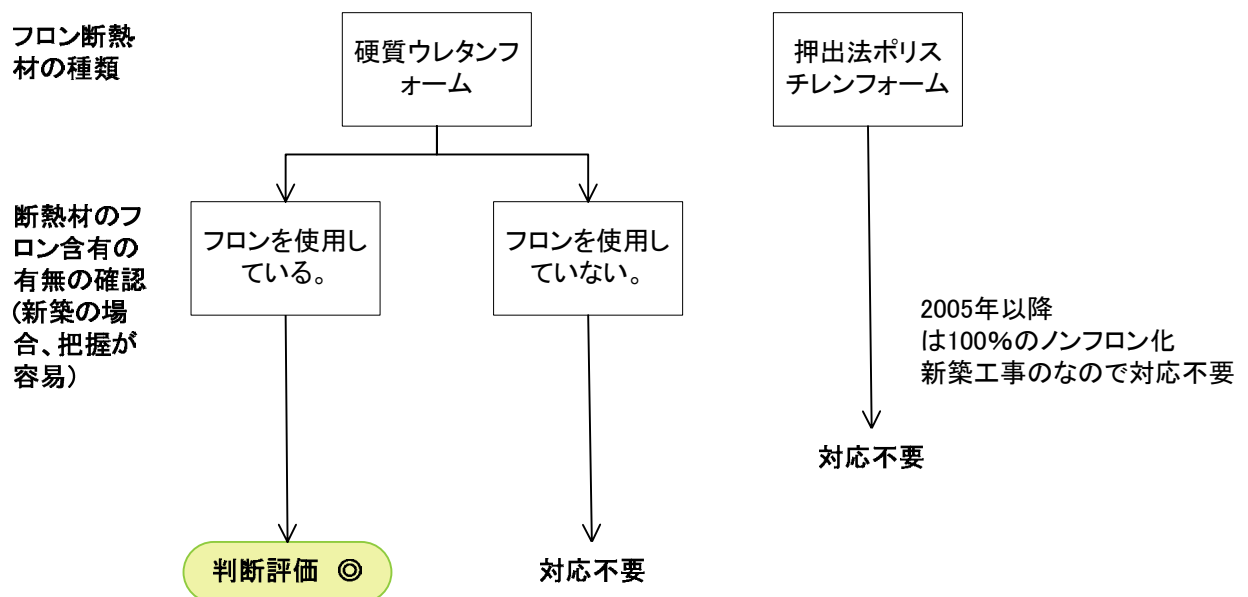
*厚さによるフロン残留量の判断については概ねの目安です。厚さがある方がフロンが多く残っています。
 *押出法ポリスチレンフォーム CFC12 40mm、30年経過の場合のフロン残像率は約2～3割です。参考資料参照
 *寒冷地(北海道・青森県・岩手県・秋田県)で使用された断熱材や打ち込み工法による断熱材は、フロンの残存率が高くなる調査結果も得られていますので、厚さが30mm未満であってもフロンが『残留している』と判断する考え方もあります。

4. 3 断熱材フロン処理実施の判断の目安（新築端材の対応）

断熱材フロン処理実施の判断の目安(新築端材の対応)

II. 新築工事において発生するフロン断熱材の端材に含有するフロン処理について

- ❖ 新築工事では、解体工事と違って、使用する断熱材のフロン(代替フロン)利用の有無の確認が容易です。
- ❖ 押出法ポリスチレンフォームについては、現在、100%のノンフロン化率が達成されているので、新築工事の端材についてのフロン処理の必要がありません。
- ❖ 現場発泡の硬質ポリウレタンフォームについては、HFCが使用されている可能性があります。
- ❖ 新築工事で発生する代替フロンが含まれる断熱材の端材は現場で分別を行います。
- ❖ 代替フロンについては、オゾン層を破壊しませんが、地球温暖化に対する影響が大きいことから、代替フロンを利用している断熱材の端材については、フロン処理が可能な施設での処理が求められます。



- ❖ フロンを利用している断熱材の端材については、フロン処理が可能な施設での処理が求められます。
- ❖ 一部、RDF製造施設(固形燃料化)での燃料利用をされている事例がありますが、フロン処理の観点からは、RDF製造時に圧力や破碎工程を経ると、フロン処理効果が小さくなる可能性があります。

第5章 解体工事現場における現場分別時の留意事項

5. 1 解体工事現場における現場分別時の留意事項

- フロン放散防止の観点から、断熱材の分離は可能な限り解体現場で行います。
- 断熱材中のフロンの放散をできるだけ少なくするため、細かく破碎しないこととします。
- これまでの調査結果から、断熱材の解体片が大きいほど、解体時の放散は発生しにくく、小塊の大きさが100mm～200mm以上であれば、解体時の放散は、ほぼ無視しうるレベルに納まると考えられます。
- 木造建築において建材用フロン断熱材が使用される場合には、屋根や床、壁等に、主にボード型製品が利用されるケースが多く、分離が容易です。
- 非木造建築においては、建材用フロン断熱材が使用される場合には、硬質ウレタンの吹付け工法や押出法ポリスチレンの打ち込み工法もしくは後貼り工法が用いられることが多く、ケレン棒や電動ピック等の工具を利用して引き剥がしを行う必要があります。

■断熱材の分離方法

- 廃棄対象の断熱材は、建築物から分離し、分別して保管する必要があります。
- ボード型製品については、できるだけ破碎せずに、そのままの形状で外します。
- 吹付け工法等による断熱材は、ケレン棒や電動ピック等の工具を利用して引き剥がしを行う必要があります。
- フロン放散防止の観点から、断熱材の分離は可能な限り解体現場で行います。
- これまでの調査結果から、断熱材の解体片が大きいほど、解体時の放散は発生しにくく、小塊の大きさが100mm～200mm以上であれば、解体時の放散は、ほぼ無視しうるレベルに納まると考えられます。

■冷蔵倉庫における現場分別の留意事項

冷蔵倉庫はほとんどの場合、RC（鉄筋コンクリート）構造であり、断熱材としては、グラスウール、押出法ポリスチレンフォーム（打込み若しくは後貼り工法）又は硬質ポリウレタンフォームの吹付け工法が主に用いられています。

グラスウールは、フロンを含まないので、ここでは問題にならず、残りの工法は非木造建築と共通なので、現場での分離に関しては、基本的に、非木造建築に関する知識が冷蔵倉庫にも適用できます。

冷蔵倉庫に固有の事情についてのみ言及しますと、冷蔵倉庫において、確実に断熱材が用いられるのは、外気と接する部分、即ち、天井、壁面及び1階床面です。

冷蔵倉庫の場合、断熱材が大量に使用されるので、吹付け工法で壁面等に施工されたものを解体するケースなどでは耐荷重も大きいことから、重機などの利用が効果的と考えられます。

一部の冷蔵倉庫では、押出法ポリスチレンフォームが用いられており、そのような場合には、非木造建築の項で見たような、分離作業が必要となります。

1階床面にも地熱を遮断するために断熱材が用いられていますが、これについては、一般的にスラブ（鉄筋コンクリート造の床面）で挟むかたちで施工されています。したがって、完全に分離するためには、断熱材の上の鉄筋コンクリート層を撤去した上で、下の鉄筋コンクリート層から断熱材を引き剥がす作業が必要になります。

なお、現在は、断熱材を挟み込んだままで床を破壊している状況が一般的であり、また、一つの庫内に、温度の異なる区画を配置している冷蔵倉庫においては、階上と階下の熱の移動を防ぐため、1階以外の階の床面にも、同様の断熱加工を施している場合があります。

その他、冷蔵倉庫の改修を行う場合には、硬質ウレタンフォームの現場吹付けが用いられることが多くみられます。



図 冷蔵倉庫におけるフロン断熱材の引き剥がしイメージ

■非木造建築における現場分別の方法（引き剥がし）

非木造建築においてフロン含有断熱材が使用される場合には、硬質ウレタンフォームの吹付け工法又は押出法ポリスチレンフォームの打込み工法もしくは後貼り工法が用いられることが多くみられます。

これらの工法によって施工された断熱材は、単にはめ込まれただけである木造建築のケースとは違って、分離が容易でなく、ケレン棒や電動ピック等の工具を用いて人力で、あるいは重機等で以って、引き剥がしを行う必要があります。

もう少し細かく見ると、成形品（ボード・パネル）かスプレー（吹付け）か、また、同じ成形品でも打込みか貼付けか、等の違いによって分離の方法が異なります。

成形品について見ると、貼付けられている場合は分離が比較的容易ですが、コンクリートに打込まれている場合は、分離が困難なケースも想定されますが、分離が非常に困難である場合は、経済性を勘案しながらできるだけ分離することが望ましいと考えられます。

<分離が難しいケース例>


- スラブ（鉄筋コンクリート造の床）でサンドイッチ状に挟まれたポリスチレンフォーム
- S造（鉄骨造）の鉄骨に吹付けられた硬質ウレタンフォーム
- 開口部廻りの目地処理等のために吹付けられた硬質ウレタンフォーム
- アスファルト（コールドタール）が全面に付着しているもの

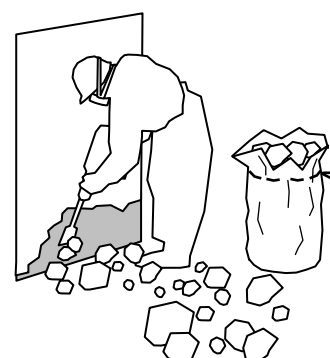
表 非木造建築における断熱材の施工例

		<p>天井への施工例 (吹付け)</p> <p>資料：日本ウレタン工業協会パンフレット</p>
		<p>壁への施工例 (打込み)</p> <p>資料：押出發泡ポリスチレン工業会パンフレット</p>

非木造建築における断熱材分離には、以下のような工具が部位に応じて使用されます。

表 非木造建築の断熱材の分離に用いる工具

重機使用	手作業				
バックホウ	ケレン棒	パール	電動ピック	スコップ	電動チップパー
					



解体作業時にもフロンの放散が生じます。これまでの調査結果によりますと、代表的な断熱施工による試験体を対象とした実験室での解体作業実験の結果、作業時のフロン放散率（除却時残存量に対し、解体作業時に放散されるフロンの割合）は、以下のとおりと推計されます。

表 解体作業時のフロン放散率

PUF-B (硬質ウレタンボード)	PUF-S (硬質ウレタン吹付け)	XPS (押出法ポリスチレン)
1~3%	4~10%	1~3%

なお、断熱材の解体片が大きいほど、解体時の放散は発生しにくく、小塊の大きさが100mm×200mm程度であれば、解体時の放散は、ほぼ無視しうるレベルに納まると考えられます。

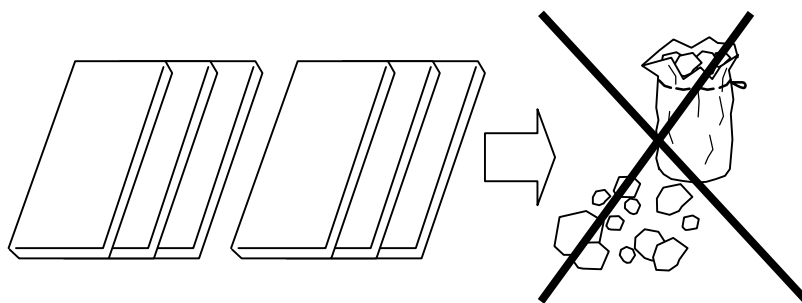
■木造建築における現場分別の方法（ボード製品の分別）

木造建築においては、フロン含有断熱材が使用される場合には、屋根や床、壁等に、主にボード成型品が利用されています。

施工の際に、他の建材と接着されることは少なく、木枠にはめ込むだけなど、分離が容易な形で使用されるケースが大半です。そのため、断熱材が解体現場から排出される際には、現在でも、普通に、他の廃棄物との分別が行われています。

表 木造建築における断熱材の施工例

	<p>壁への施工例</p> <p>資料：日本ウレタン工業協会パンフレット</p>
	<p>床への施工例</p> <p>資料：押出発泡ポリスチレン工業会パンフレット</p>



ボード型製品についてはできるだけ破碎せずにそのままの形状で外します。

5. 2 断熱材分離方法別の留意事項のまとめ

■断熱材分離方法のまとめ（手作業：バール・ケレン棒・電動ピック、重機作業：ミニユンボ）

a. バール（手作業）



①分離方法

バールは、内装解体作業において、汎用的に使われる工具である。下図に示すように、躯体と断熱材の間に角度のついた先端部分を入れ、バーの部分を押し下げ、てこの原理で断熱材を引き剥がすため、引き剥がしに要する力を軽減することができます。



図 バールによる XPS 後貼り部の分離作業



図 バールによる XPS 打込み部の分離作業

②分離断熱材片の形状と作業性

押出法ポリスチレンフォーム後貼の場合、図のようにボード状のまま引き剥がすことができるため、分離断熱材片は大きく、作業性も非常に良い。

一方、硬質ウレタンフォーム吹付けや押出法ポリスチレンフォームの打込み場合、へら幅が短いため、ケレン棒や電動ピック等と比べ分離断熱材片が小さく、図のように粉々になるケースもあります。



図 バールによる分離断熱材片
(XPS 後貼り)



図 バールによる分離断熱材片
(XPS 打込み)

③適用範囲

用途によらず、ほとんどの建物で採用可能な方法です。

b. ケレン棒（手作業）



①分離方法

ケレン棒は、図に示すように、躯体と断熱材との間にへら部分を打込み、その部分の断熱材を剥ぎ取るように引き剥がします。

ケレン棒を使用した場合、燃料や電源を必要とせず、工具一本で作業ができ、工具自体も一般に広く流通しているので実施可能性は高いと考えられます。



図 ケレン棒の打込み



図 ケレン棒の打込み



図 ケレン棒による断熱材の引き剥がし

②分離断熱材片の形状と作業性

ケレン棒による分離断熱材片を図に示します。ヘラ幅によるが、概ね 10cm×15cm 程度です。

しかし、作業員の疲労度は大きく、職人の技量による作業量のばらつきも大きいと考えられます。

また、断熱材の下地が平滑な場合は問題ないですが、内部結露などで傷んでいる（凹凸になっている）場合、作業効率が著しく低下する傾向がみられます。



図 ケレン棒による分離断熱材片

③適用範囲

用途によらず、ほとんどの建物で採用可能な方法です。

ただし、断熱材厚が 50mm を超えるような場合や、断熱材と壁面との付着強度が高い場合、ケレン棒を打込むことが困難になります。

また、工場や冷凍倉庫など階高が高い場合には、作業効率が低下すると考えられます。

④備考

断熱材厚が 10～20mm 程度の薄い断熱材の場合で、断熱材の下地が平滑な場合には、スコップなど、ヘラ幅の比較的大きな工具を代用することで、分離断熱材片を大きくするとともに、作業効率を上げることが可能な場合もあると考えられます。

c. 電動ピック（手作業）



①分離方法

電動ピックは、図に示すように、躯体と断熱材の間にへら部分を押し込み、電動によるへら部分の振動で、断熱材を引き剥がします。

ケレン棒と比べると、打込みや引き剥がしに要する力が軽減される一方、工具自体が重い（5～20kg程度）ため、工具を支える力が必要となります。



図 電動ピックを押し込む瞬間



図 電動ピックによって断熱材が分離する瞬間

②分離断熱材片の形状と作業性

電動ピックによる分離断熱材片を図に示します。分離断熱材片は、へら幅によるが、ケレン棒と同様で、概ね10cm×15cm程度です。

作業性は、ケレン棒と比べると、作業員の疲労度がやや少なく、作業量がやや多くなる傾向がみられます。また、下地や断熱材の厚さの違いによって、作業量が大きく変わることはなく、比較的安定した引き剥がしが可能です。ケレン棒と同様に、一般に広く流通している工具で、現在断熱材を分離するのであれば、最も使用可能性の高い工具であると考えられます。



図 電動ピックによる分離断熱材片

③適用範囲

用途、下地によらず、ほとんどの建物で採用可能な工具です。

④備考

ケレン棒と比べると、電源を必要とすること、騒音が大きいことといった作業環境面などの短所が挙げられます。また、現在試用段階ですが、図のように、電動ピックの代わりにエアークンプレッサーを利用したチッパーを使用すると、燃料消費量や機器コストが増えるなどの短所が挙げられるものの、引き剥がす力が強くなるとともに、作業員の支える機器荷重が大きく軽減するため、作業効率が上がると考えられます。



図 エアークンプレッサーを使用した断熱材の分離作業

d. ミニユンボ（重機作業）



①分離方法

重機による断熱材の引き剥がしは、バケット先に平爪を装着し、図に示すように、躯体に刃先を当て、アームや本体を動かしながら、削り落としていきます。



図 重機による断熱材の分離作業
(壁面)



図 重機による断熱材の分離作業
(天井面)

②分離断熱材片の形状と作業性

重機による分離断熱材片を図に示す。バケット・アタッチメントの爪が大きい分、分離断熱材片も 20～30cm 角程度と非常に大きい。作業性も良く、手作業に比べ作業時間が非常に短い、きめ細かな分離作業はできないため剥ぎ残しが多く、完全に除去するには手作業による処理作業が必要となります。



図 重機による分離断熱材片

③適用範囲

重機を搬入するためのルートを確保することが必要です。集合住宅や一般事務所のように、階数の多い建物や小さく部屋割りされた建物の使用には不向きです。重機による床の耐荷重についても考慮する必要があります。

④備考

手作業の場合と比べると、燃料を必要とすること、騒音が大きいこと、排ガスを放出することといった作業環境面の短所が挙げられます。作業員の経験や下地の違いによる影響もみられます。

また、分離断熱材片をつぶさないように、分離後すぐに断熱材を回収する必要があり、手元作業員が不可欠です。また、重機の排気ガスが建物内にこもらないように換気を十分に確保した作業に配慮する必要があります。

第6章 建材用フロン断熱材の保管、収集運搬時の留意事項

6. 1 建材用フロン断熱材の保管時の留意事項

- 分別された建材用フロン断熱材は、他の廃棄物と区分し、適正に現場内で保管します。保管エリアに標識を立てる等、他の廃棄物と識別できるような工夫をすることも有効です。
- 保管場所は火気厳禁の対応が必要です。



図 分離断熱材片



図 分離断熱材の回収作業

6. 2 建材用フロン断熱材の収集運搬時の留意事項

- 運搬に際しては、運搬効率向上のために破碎や圧縮を行うと、その際に断熱材からフロンが放散されることとなります。運搬の際には、フロンの放散を防ぐため、できるだけ、圧縮・破碎を行わないことが望ましいと考えられます。
- ボード型製品は、破碎せず、そのままの形状で搬出します。



図 回収断熱材の積み込み作業



図 回収断熱材の搬出

■積替保管時の対応について

- 積替保管を行う場合は、フロン断熱材を適正に一時保管した後、断熱材フロンの適正処理が可能な施設に速やかに搬出します。
- 積替保管を行う場合においても、フロンの放散を防ぐため、できるだけ、圧縮・破碎を行わないことが望ましいと考えられます。

第7章 フロンを含む建材用断熱材の処理の留意事項

7. 1 フロンを含む建材用断熱材の処理と受入先の選定について

- フロンを含む建材用断熱材の処理方法は、断熱材ごとフロンを破壊処理（焼却）する方法と、断熱材からフロンを分離・回収した後にフロンを破壊処理する方法とに大きく区分できます。
- フロンを含む建材用断熱材の破壊・処分方法と受入先の選定は、地域特性や費用負担を勘案しながら、処理方法及び処理施設を選択する必要があります。

■フロンを含む建材用断熱材の処理方法と受入先の選定について

①断熱材ごとフロンを破壊処理（焼却）する方法と、②断熱材からフロンを分離・回収した後にフロンを破壊処理する方法があります。

①の断熱材ごとフロンを破壊処理（焼却）する場合は、産業廃棄物（廃プラスチック類）の焼却処理の許可を有する廃棄物焼却施設で処理する必要があります。廃棄物焼却施設は、焼却温度 800℃、滞留時間 2 秒以上の焼却条件が廃棄物処理法によって定められており、この焼却条件下ではほとんどのフロン^(注1)を分解することが可能と考えられます。

なお、これらの廃棄物焼却施設の中には、850℃以上の高温の燃焼条件で運転管理を行っている施設があります。例えば、フロン回収・破壊法でフロン破壊（混焼炉による破壊処理）の許可を得ている廃棄物混焼炉などが該当します。このような施設においては、ほぼ完全にフロンを分解できると考えられます^(注2)ので、より確実な破壊処理効果が見込まれると考えられます。

また、これら廃棄物処理施設の中には発電を行うなど熱回収を行っている施設があります。地球温暖化対策にとっては、フロンの破壊処理に加えて熱回収まで行う方が、より有効であると考えられます。

②についてはフロンを断熱材から分離・回収する専門の施設であり、①ほど多くは設置されていません。

フロンを含む建材用断熱材の破壊・処分方法と受入先の選定については、地域特性や費用負担を勘案しながら、下記の建材用断熱材フロンの破壊処理が可能な処理施設で適正に処分することが望まれます。なお、施設選定については、最終的に受入候補施設にフロン処理の可否や受入条件等について十分に確認することが重要です。

注1：CFC12はわずかに分解率が劣ります。

注2：フロン回収・破壊法に関連した破壊施設の使用及び管理の基準については、廃棄物混焼法方式施設の場合「原則としてガスの滞留時間が1.5秒以上、炉出口の温度が850℃以上」となっています。

表 フロンを含む建材用断熱材の処理施設

種類	方法	施設概要
廃棄物 焼却施設	断熱材ごと フロンを 破壊処理	<ul style="list-style-type: none"> 産業廃棄物（廃プラスチック類）の焼却処理の許可を有する廃棄物焼却施設。 焼却温度 800℃以上、滞留時間 2 秒以上で運転。 全国に 1,076 施設（平成 17 年 4 月 1 日現在）が該当するが、実際に処理可能かどうかは諸条件によるため個別の施設に確認が必要。 高温の燃焼条件（850℃以上）で運転管理を行っている施設では、フロンのより確実な破壊処理効果が見込まれる。 熱回収を行っている施設での破壊処理は、地球温暖化対策にとって尚のこと有効。
フロン 分離回収施設	フロンを 分離回収	<ul style="list-style-type: none"> フロンを含む建材用断熱材からフロンを分離して回収する施設。

7. 2 フロンを含む建材用断熱材の処理の留意事項

- フロンを含む建材用断熱材の処理を効率的に実施するためには、廃棄物焼却施設等においても保管や前処理等の段階でフロン放散が生じないように配慮することが必要です。
- フロンを含む建材用断熱材を焼却処理する場合は、廃棄物処理法の維持管理基準等を遵守し、施設の適正な運転管理を行う必要があります。
- フロンの焼却によって発生する腐食性物質によって炉の損傷や排ガス処理への負荷が引き起こされる場合がありますので、投入量等について十分に配慮した上で処理を行う必要があります。また、排ガスの湿式処理を行う場合は洗煙排水中のフッ素や塩素の濃度が高くなりますので、排水処理にあたっては考慮が必要です。
- 中間処理業者は、産業廃棄物管理票（マニフェスト）制度に基づいて、当該産業廃棄物（フロンを含む建材用断熱材）の中間処理（焼却等）が完了した旨を排出事業者等に報告する義務があります。

■フロン放散の防止

処理施設における保管や前処理においては、なるべく破砕や圧縮を行わないなど、フロンの放散が生じないように努めることが求められます。

なお、焼却炉の構造等からやむを得ず破砕を行う場合は、破砕片の小塊の大きさが100～200mm以上となるように心がけてください（小塊の大きさが100～200mm以上であれば、破砕時の放散はほぼ無視しうるレベルに収まると考えられます）。ただし、破砕等によって放散したフロンを回収するなど、フロンが大気に放散されない場合はこの限りではありません。

■各種の法令順守

フロンを含む建材用断熱材の焼却処理を行う場合においても、他の廃棄物の処理と同様に、廃棄物処理法の維持管理基準等を順守し、焼却処理に伴って一定基準以上の大気汚染物質等が環境中に排出されない運転管理が求められます。

■塩化水素やフッ化水素の発生への考慮

フロンの焼却によって塩化水素（HCl）やフッ化水素（HF）が生成されます。これらの物質は大気汚染防止法で有害物質に定義されており、廃棄物処理施設に対しては塩化水素について排出基準が定められています。加えてこれらの物質は腐食性を有しますので、フロンを大量に焼却すると設備や機器の腐食の原因につながりますし、十分な排ガス処理ができなくなる可能性もあります。

そのため、フロンを含む建材用断熱材を焼却処理する際は、投入量に制限を設けたり、できるだけ連続的に投入するなど、発生する塩化水素やフッ化水素に対して十分に考慮した適正な運転管理を行うことが求められます。特に、焼却炉への断熱材の投入と同時

にフロンが炉内に放出されることとなりますから、断熱材を炉内に一度に大量に入れな
いことが重要となります。

また、塩化水素やフッ化水素の排ガス処理工程において、湿式処理を行う場合は洗煙
排水中のフッ素や塩素の濃度が高くなります。特にフッ素は水質汚濁防止法に基づく排
水基準の対象項目ですので注意が必要です。

なお、フロンの破壊処理については、「CFC 破壊処理ガイドライン（環境庁大気保全
局、平成 11 年 3 月改訂）」、「フロン回収破壊法 フロン類の破壊に関する運用の手引き
（第 6 版）（平成 18 年 3 月 24 日、経済産業省製造産業局オゾン層保護等推進室、環境
省地球環境局環境保全対策課フロン等対策推進室）」を必要に応じて参考にしてくださ
い。

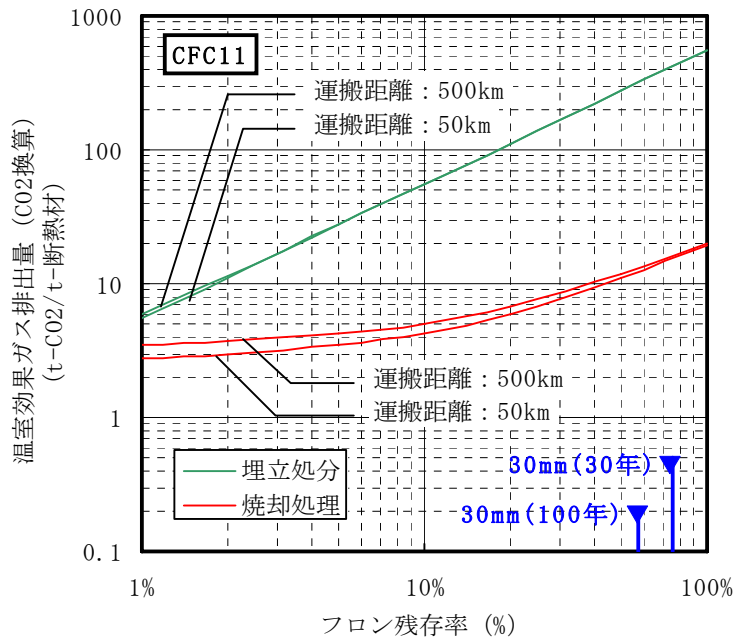
■発注者及び元請業者への報告

中間処理業者は、産業廃棄物管理票（マニフェスト）制度に基づいて、当該産業廃棄
物（フロンを含む建材用断熱材）の中間処理（焼却等）が完了した旨を排出事業者等に
報告する義務があります。また、受入量や、最終的にどのように回収・破壊処理したの
かを排出事業者へ報告することも重要です。

7. 3 最終処分と焼却処分の温室効果ガス排出量（CO2換算）の比較

- 最終処分と焼却処分による温室効果ガスの排出量を比較しますと、輸送距離の違いによるCO2排出量の差はほぼ無視でき、一定のフロン残存量が見込まれる場合には、多少、輸送距離があっても焼却処理によるフロン破壊の方が埋立処分による方法より温室効果ガスの削減に寄与する試算結果が得られています。

<硬質ウレタンフォーム>



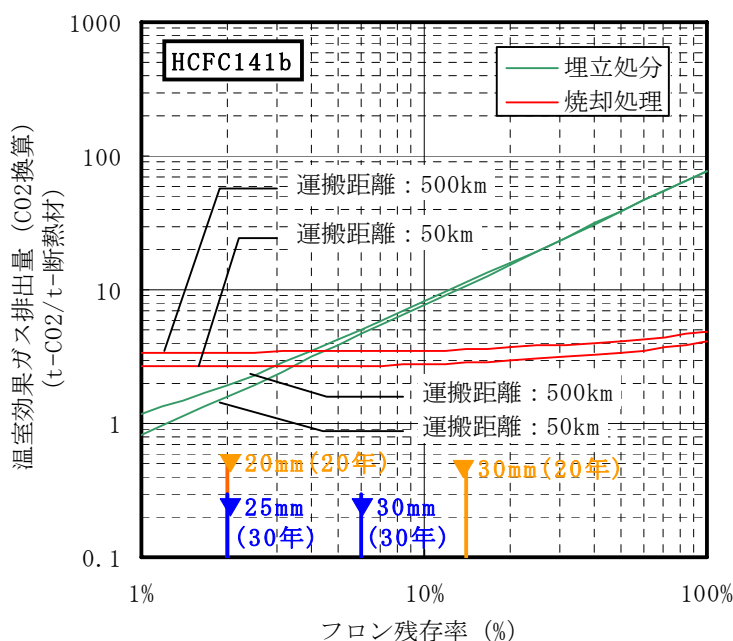
CFC11の場合、フロンの1%でも残存していると、焼却処理を行う方が埋立処分よりも温室効果ガス排出量は小さくなります。

しかも、断熱材の厚さが30mmであるとすると100年経過したとしてもフロンは半分以上残存しています。

そのため焼却処理を行うことによって、非常に大きなフロン破壊効果が期待できます。

拡散係数： $4.2 \times 10^{-14} (\text{m}^2/\text{s})$,

焼却施設でのフロン分解率：99%



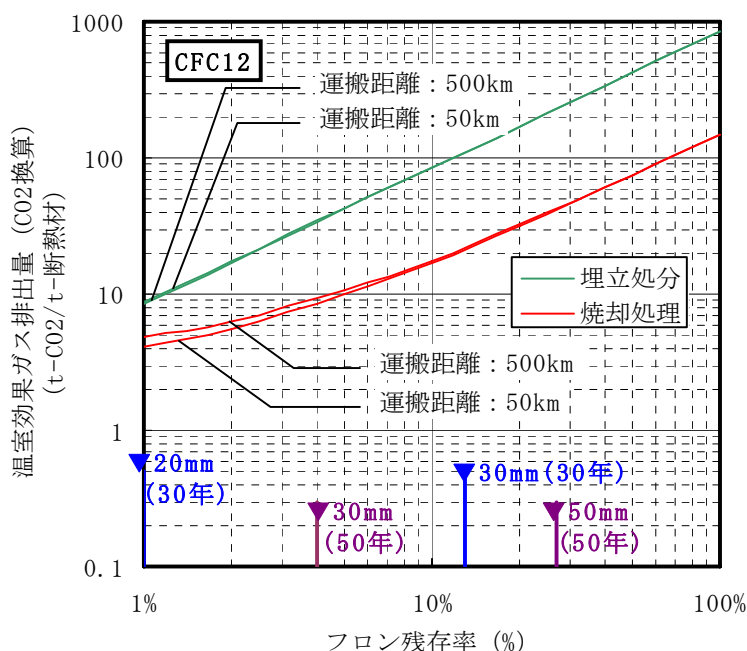
HCFC141bは1990年代以降に使用開始されており、断熱材の厚さが30mm以上であれば、30年程度経過したとしてもフロンは6%程度残存しています。

この程度の残存率であっても焼却処理を行う方が埋立処分よりも温室効果ガス排出量は小さくなります。また、運搬距離による温室効果ガス排出量の差はごくわずかなものとなっています。

拡散係数： $1.0 \times 10^{-12} (\text{m}^2/\text{s})$,

焼却施設でのフロン分解率：100%

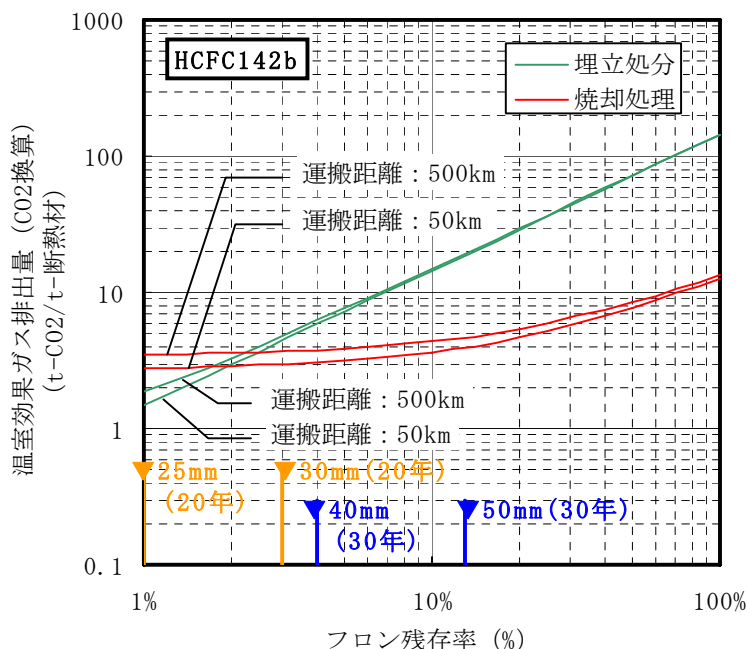
<押出法ポリスチレンフォーム>



CFC12 の場合、フロンの分解率はやや低下しますが、フロンの1%でも残存していれば焼却処理を行う方が埋立処分よりも温室効果ガス排出量は小さくなります。

また、断熱材の厚さが 30mm あれば 30 年経過したとしてもフロンは 10%以上残存しています。そのため焼却処理を行うことによって、大きなフロン破壊効果が期待できます。

拡散係数： $7.0 \times 10^{-13}(\text{m}^2/\text{s})$,
焼却施設でのフロン分解率：90%



HCFC142b は 1990 年代以降に使用開始されており、断熱材の厚さが 30mm 以上であれば、20 年程度経過したとしてもフロンは 3%程度残存しています。

この程度の残存率であっても焼却処理を行う方が埋立処分よりも温室効果ガス排出量は小さくなります。また、運搬距離による温室効果ガス排出量の差はごくわずかなものとなっています。

拡散係数： $2.0 \times 10^{-12}(\text{m}^2/\text{s})$,
焼却施設でのフロン分解率：100%

(注) 「フロン残存率」は、フロンを含む建材用断熱材の製造時（吹付けの場合は施工時）における断熱材中のフロン含有量を 100%としたときの、解体時における断熱材中の残存フロン量の割合。

参考資料の 55～62 頁に断熱材の種類、厚さ、経年ごとのフロン残存率を示す。

第8章 建材用断熱材フロン処理の効果の推計例

8. 1 建材用断熱材フロン処理の効果の推計例

- 関係者は、回収フロンの適正処理による環境負荷削減効果を環境報告書等に掲載し、環境への貢献をアピールすることもできます。
- ここでは、これまでの調査結果の知見から建材用断熱材フロン処理量の簡易な推計手法例を紹介します。

■建材用断熱材フロン処理効果の簡易な推計手法例

- ①断熱材処理量：分別回収した断熱材の処理量
例：非木造住宅（3階建）で30年経過した30m³の断熱材（硬質ウレタンフォーム）を回収
- ②断熱材に含まれる初期フロン想定量：初期含有率（重量%）から断熱材の比重を換算し求めます。
例：30m³×0.03（硬質ウレタンフォームの比重 t/m³）×1000（kg換算）
×フロン（CFC11）の初期含有率（12wt%）= 108kg
- ③フロン残存想定量=②断熱材に含まれる初期フロン想定量×フロン残存率×（1-解体時のフロン放散率）
例：108kg×70%（想定値）×（1-2%（想定地））=74.1kg
- ④フロン破壊処理量=③フロン残存想定量×フロン破壊率
例：74.1kg×100%（想定値）=74.1kg
- ⑤ODP削減効果（CFC換算）=④フロン破壊処理量×オゾン層破壊係数
オゾン層破壊係数 CFC11=1
例：74.1kg×1≒74kg

ODP 削減効果 [t-ODP] = 断熱材処理量 [m³] × 断熱材比重 [t/m³] × 断熱材の初期フロン含有率 [%] / 100 × フロン残存率 [%] / 100 × (1 - 解体時フロン放散率 [%] / 100) × フロン破壊率 [%] / 100 × オゾン層破壊係数 [-]

- ⑥GWP削減効果（CO₂換算）=④フロン破壊処理量×地球温暖化係数
地球温暖化係数 CFC11=4,600
例：74.1kg×4,600÷1000（ト補正）≒約340ト

GWP 削減効果 [t-CO₂] = 断熱材処理量 [m³] × 断熱材比重 [t/m³] × 断熱材の初期フロン含有率 [%] / 100 × フロン残存率 [%] / 100 × (1 - 解体時フロン放散率 [%] / 100) × フロン破壊率 [%] / 100 × 地球温暖化係数 [-]

表 廃棄段階での建材用フロン断熱材に含まれるフロン残存率（参考値）

PUF	硬質ウレタンフォーム	53～80%(30年), 37～73%(60年)
PUF-S	硬質ウレタンフォーム 吹付け	50～79%(30年), 35～72%(60年)
XPS	押出法ポリスチレンフォーム	0～29(30年), 0～10%(60年)

* 「平成 15 年度 建材用フロン対策検討調査報告書 IBEC」 97 頁を参考に作成

表 建材用断熱材フロンのオゾン層破壊係数と地球温暖化係数

	製品名	オゾン層破壊係数 (ODP)	地球温暖化係数 * 1 (GWP)
オゾン層 破壊物質	CFC-11	1.0	4600
	CFC-12	1.0	10600
	HCFC-22	0.055	1700
	HCFC-141b	0.11	700
	HCFC-142b	0.065	2400
温室効果 ガス	HFC-134 a	0	1300
	HFC-245fa	0	950
	HFC-365mfc	0	890

* 1 : IPCC 3次レポート 2001年

■ オゾン破壊係数 【英】 Ozone-Depleting Potential [略] ODP

成層圏においてオゾン層を破壊する物質には多様なものがある。これら多様な物質のオゾン層破壊の強度を比較する際にオゾン破壊係数（ODP : Ozone-Depleting Potential）が用いられる。その値は、各化合物の 1 kg あたりの総オゾン破壊量を CFC-11 の 1kg あたりの総オゾン破壊量で割ったものである。つまり、CFC-11 のオゾン層破壊係数を「1」として他の物質の強度を相対的に示すものである。これによるとハロンが他の物質との比較において相対的に最も大きな値を示す。これは臭素が塩素よりもオゾン層破壊の効果が大きいことに起因する。

■ 温暖化係数 【英】 Global Warming Potential [略] GWP

個々の温室効果ガスの地球温暖化に対する効果を、その持続時間も加味した上で、CO₂ の効果に対して相対的に表す指標。温室効果を見積もる期間の長さによって変わる。100 年間の GWP で比較して、同一重量にしてメタンは二酸化炭素の約 21 倍、亜酸化窒素は約 310 倍、フロンは 120～13,000 倍となる。

参 考 资 料

■ 建材用フロン断熱材に使用されている発泡剤の変遷

硬質ウレタンフォーム及び押出法ポリスチレンフォームに使用される発泡剤の大きな推移を下表に示します。

フォームの種類、製造年代により発泡剤の種類が異なるほか、同年代の同種のフォームでもメーカーや用途により、複数種類の発泡剤が使用されています。

表 建築用断熱材に使用される発泡剤の推移

	硬質ウレタンフォーム	押出法ポリスチレンフォーム
1970 ～80年代	<ul style="list-style-type: none"> • CFC11 • CFC12 	<ul style="list-style-type: none"> • CFC12 • HCFC22
1990年代	<ul style="list-style-type: none"> • CFC11 (～1995年) • CFC12 (～1995年) • HCFC141b (1993年～) • HFC134a (1996年～) • HCFC22 (1996年～) • 水発泡 (1996年～) 	<ul style="list-style-type: none"> • CFC12 (～1990年) • HCFC22 (～1995年) • HCFC142b (1990年～) • 炭化水素
2000年代	<ul style="list-style-type: none"> • HCFC141b (～2003年) • HFC134a • HFC245fa • HFC365mfc • 水発泡 • 炭化水素 	<ul style="list-style-type: none"> • HCFC142b (～2009年) • HFC134a (～2003年) • 炭化水素

細かく見れば、同じ材種の断熱材でも発泡材の種類が異なっている場合があります、硬質ウレタンフォームの場合は下表のとおりになります。

フロンの種類を特定するためには、断熱材の材種、製造年代、用途及び使用部位を考慮する必要があり、正確を期すためには、これらを把握し断熱材メーカーに確認することもひとつの方法です。

表 硬質ウレタンフォームに使用される発泡剤の変遷

用途	使用部位	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代
現場発泡 (スプレー)	壁 天井 床	CFC11	CFC11 1980年代後半より フロン削減系に変化	1990～1995…CFC11 1993～…HCFC141b 1996～…HFC134a (補助剤)	～2003…HCFC141b ～2003…HFC134a フロン無し(水発泡)、HFC245fa、 HFC365mfc
パネル※1	壁 (冷蔵倉庫)	CFC11 CFC12	CFC11 CFC12	1990～1995…CFC11 …CFC12 1996～…HCFC141b …HCFC22 …フロン無し(水発泡)	～2003…HCFC141b ～2003…HFC134a フロン無し(水発泡)、HFC245fa、 HFC365mfc、 炭化水素
ボード※2	壁 天井	CFC11	CFC11	1990～1995…CFC11 1990～1999…HCFC141b …フロン無し(水発泡)	～2003…HCFC141b フロン無し(水発泡)、HFC245fa、 HFC365mfc、炭化水素

※1 パネル… 金属板等の面材と側枠からなる空箱状ボックス内にウレタン発泡原液を注入して製造する。定型の断熱平板で、冷蔵庫の壁等にそのまま使用されるもの。厚み、幅、長さの一定な断熱パネルが得られる。

※2 ボード… ダブルコンベア上に敷かれたシート状にウレタン原液を連続的に流し、発泡させつつ上面にシートをかぶせながら一定厚みにプレス成型して製造するサンドイッチ板。厚み、幅が一定で任意の長さのボード板が得られる。

■ 断熱材中のフロン残存量の推計 【 フロンの初期含有率 】

断熱材中にフロンが残存する量は、フロンの種類、断熱材樹脂、表面材の有無、建物構造、建物用途、部位、地域などいろいろな要因により変わる。しかし、どのような場合であっても、フロンの残存率の大小は、断熱材中のフロンがどのようにして大気中に移動するかということにより決定されるとみることができる。フロンの移動の速さが速いものは残存率が小さく、移動の速さが遅いものは残存率が大きいということになる。

従って、断熱材中のフロンの移動速さという共通の尺度でみることにより、先にあげた建物用途、部位、地域などの要因による残存量は、予めフロンの移動速さに影響する因子を取り上げてパターン化しておき、どのパターンに当てはまるかということでフロン残存量の推計を容易にすることができる。ここでは、断熱材におけるフロンの移動速さを表現するための共通尺度は、断熱材中のフロンの有効拡散係数とする。

フロンの残存率に最も影響を与える因子としては、次の4点が考えられる。

①断熱材の種類：硬質ウレタンフォーム(ボード、吹付け)

押出法ポリスチレンフォーム

②フロンの種類：CFC11、CFC12、HCFC141b、HCFC142b

③施工厚さ：厚い、薄い

④温度：高い、低い

これらの因子の中で、③施工厚さ以外は、全て断熱材中のフロンの有効拡散係数の大小で表現できる。①の断熱材の種類すなわち樹脂と②のフロンの種類の組合せは、材料の固有の値としてフロンの有効拡散係数が一義的に決定される。また、温度は断熱材が施工された環境を反映しており、建物の用途や部位あるいは地域といった要因は、この温度がどうであるか、高いか低いかということでフロンの残存を関連付けることができる。言い換えれば、温度という因子との相関関係があるとみることができる。

以上のようなことから、断熱材及びフロンを区分して、温度による有効拡散係数を下表のように設定した。また、それらをパターン化記号で表した。

表 有効拡散係数のパターン化

断熱材の種類	フロンの種類	温度条件	有効拡散係数 (D_{eff}) m^2/s	パターン記号
硬質ウレタンフォーム	CFC11	低い	4.2×10^{-14}	PU1
		高い	6.3×10^{-14}	PU2
	HCFC141b	低い	1.0×10^{-12}	PU3
		高い	1.5×10^{-12}	PU4
押出法ポリスチレンフォーム	CFC12	低い	7.0×10^{-13}	PS1
		高い	1.05×10^{-12}	PS2
	HCFC142b	低い	2.0×10^{-12}	PS3
		高い	3.0×10^{-12}	PS4

「平成15年度 建材用断熱材フロン対策検討調査報告書 (財) 建築環境・省エネルギー機構」

フロン残存量

ボード状の断熱材中のフロン拡散は、Fick の法則に従うとして、材料中の初期濃度を C_0 、雰囲気（ボード表面）を 0% とすると、断熱材中のフロン残存量 $\Phi(t)$ は、次式のようになる。

$$\Phi(t) = \frac{8C_0}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp(-D_{eff} \cdot \mu \cdot t^2)$$

ただし
$$\mu = \frac{(2n-1)\pi}{2L}$$

ここで、 $\Phi(t)$: 残存量[wt%]、 C_0 : 初期濃度[wt%]、 D_{eff} : 有効拡散係数[m²/sec]、 L : 断熱材厚さ[m]、 t : 時刻[sec]を表す。

最終的に、推計のためには、フロンの初期含有率(投入量)が必要で、これはメーカー聞き取りなどで予め決めておく必要がある。ここでは、下表のようにする。

表 フロンの初期含有率

断熱材	フロンの種類	初期含有率(wt%)
硬質ウレタンフォーム	CFC11	12
	HCFC141b	11
押出法ポリスチレンフォーム	CFC12	第3種 8 第2種 4
	HCFC142b	第3種 6 第2種 4

「平成 15 年度 建材用断熱材フロン対策検討調査報告書 (財) 建築環境・省エネルギー機構」

パターン化した場合のフロン残存係数を次ページ以降に示す。厚さを変数にして、経年における残存率を初期投入量を 1 として 1~0 の間で係数化した。

表 パターン PU1 硬質ウレタンフォーム, CFC11, 拡散係数 $D=4.2 \times 10^{-14} \text{m}^2/\text{s}$

厚さ 経年	15mm	20mm	25mm	30mm	40mm	50mm	60mm	80mm
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.81	0.85	0.88	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96
10	0.73	0.79	0.84	0.86	0.90	0.92	0.93	0.95
15	0.66	0.75	0.80	0.83	0.87	0.90	0.92	0.94
20	0.61	0.71	0.77	0.81	0.85	0.88	0.90	0.93
25	0.57	0.68	0.74	0.78	0.84	0.87	0.89	0.92
30	0.53	0.64	0.72	0.76	0.82	0.86	0.88	0.91
35	0.49	0.62	0.69	0.74	0.81	0.85	0.87	0.90
40	0.45	0.59	0.67	0.73	0.79	0.84	0.86	0.90
45	0.42	0.56	0.65	0.71	0.78	0.83	0.85	0.89
50	0.39	0.54	0.63	0.69	0.77	0.82	0.85	0.89
55	0.36	0.52	0.61	0.68	0.76	0.81	0.84	0.88
60	0.34	0.50	0.60	0.66	0.75	0.80	0.83	0.87
65	0.32	0.48	0.58	0.65	0.74	0.79	0.83	0.87
70	0.29	0.46	0.57	0.64	0.73	0.78	0.82	0.86
75	0.27	0.44	0.55	0.63	0.72	0.78	0.81	0.86
80	0.25	0.42	0.54	0.61	0.71	0.77	0.81	0.85
85	0.24	0.40	0.52	0.60	0.70	0.76	0.80	0.85
90	0.22	0.39	0.51	0.59	0.69	0.75	0.79	0.85
95	0.20	0.37	0.49	0.58	0.68	0.75	0.79	0.84
100	0.19	0.36	0.48	0.57	0.68	0.74	0.78	0.84

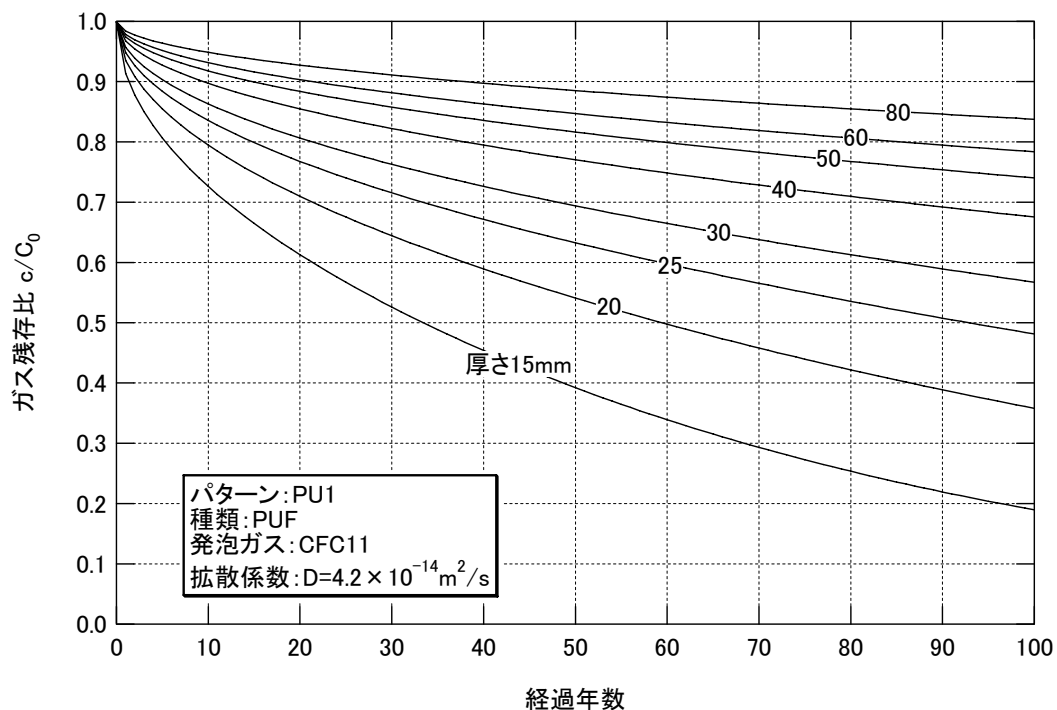


図 ガス残存比と経年の関係 (種類 PUF, 使用ガス CFC11, 拡散係数 $D=4.2 \times 10^{-14} \text{m}^2/\text{s}$)

表 パターン PU2 硬質ウレタンフォーム, CFC11, 拡散係数 $D=6.3 \times 10^{-14} \text{m}^2/\text{s}$

厚さ 経年	15mm	20mm	25mm	30mm	40mm	50mm	60mm	80mm
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.76	0.82	0.86	0.88	0.91	0.93	0.94	0.96
10	0.66	0.75	0.80	0.83	0.87	0.90	0.92	0.94
15	0.59	0.69	0.75	0.79	0.85	0.88	0.90	0.92
20	0.53	0.64	0.72	0.76	0.82	0.86	0.88	0.91
25	0.47	0.60	0.68	0.73	0.80	0.84	0.87	0.90
30	0.42	0.56	0.65	0.71	0.78	0.83	0.85	0.89
35	0.38	0.53	0.62	0.69	0.76	0.81	0.84	0.88
40	0.34	0.50	0.60	0.66	0.75	0.80	0.83	0.87
45	0.30	0.47	0.57	0.64	0.73	0.79	0.82	0.87
50	0.27	0.44	0.55	0.63	0.72	0.78	0.81	0.86
55	0.24	0.41	0.53	0.61	0.71	0.76	0.80	0.85
60	0.22	0.39	0.51	0.59	0.69	0.75	0.79	0.85
65	0.20	0.37	0.49	0.57	0.68	0.74	0.79	0.84
70	0.18	0.34	0.47	0.56	0.67	0.73	0.78	0.83
75	0.16	0.32	0.45	0.54	0.66	0.72	0.77	0.83
80	0.14	0.30	0.43	0.53	0.64	0.72	0.76	0.82
85	0.13	0.29	0.42	0.51	0.63	0.71	0.76	0.82
90	0.11	0.27	0.40	0.50	0.62	0.70	0.75	0.81
95	0.10	0.25	0.38	0.48	0.61	0.69	0.74	0.81
100	0.09	0.24	0.37	0.47	0.60	0.68	0.73	0.80

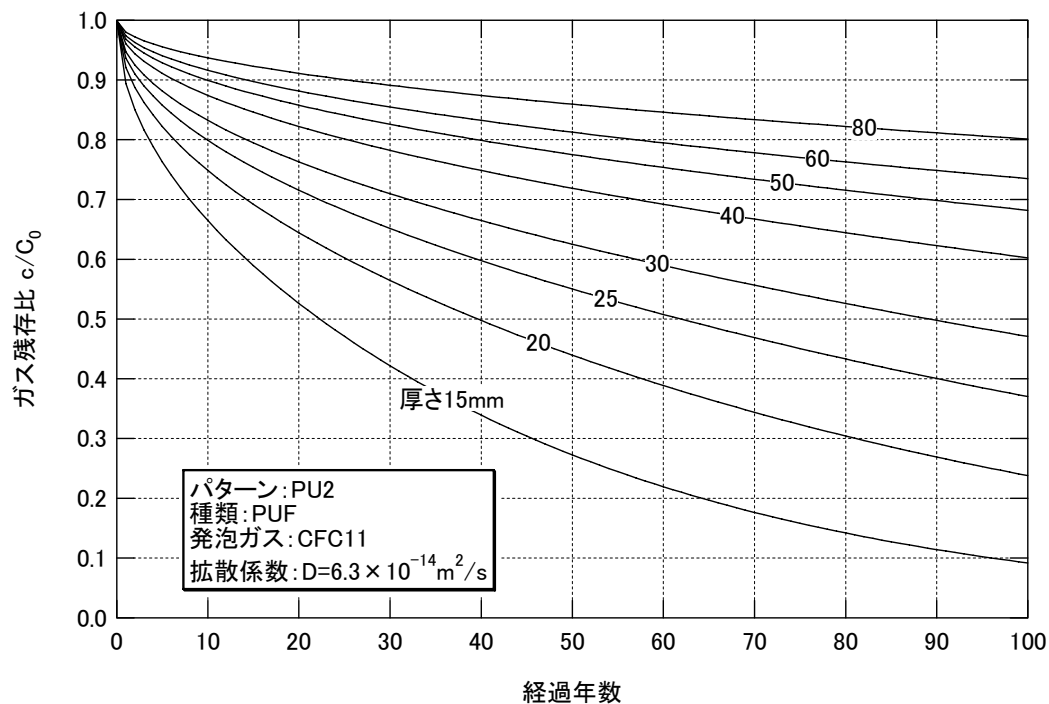


図 ガス残存比と経年の関係 (種類 PUF, 使用ガス CFC11, 拡散係数 $D=6.3 \times 10^{-14} \text{m}^2/\text{s}$)

表 パターン PS1 押出法ポリスチレンフォーム, CFC12, 拡散係数 $D=7.0 \times 10^{-13} \text{m}^2/\text{s}$

厚さ 経年	15mm	20mm	25mm	30mm	40mm	50mm	60mm	80mm
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.24	0.41	0.53	0.60	0.70	0.76	0.80	0.85
10	0.07	0.21	0.34	0.44	0.58	0.66	0.72	0.79
15	0.02	0.11	0.22	0.33	0.49	0.59	0.66	0.74
20	0.01	0.05	0.14	0.24	0.41	0.53	0.60	0.70
25	0.00	0.03	0.09	0.18	0.35	0.47	0.56	0.67
30	0.00	0.01	0.06	0.13	0.29	0.42	0.52	0.64
35	0.00	0.01	0.04	0.10	0.25	0.38	0.48	0.61
40	0.00	0.00	0.02	0.07	0.21	0.34	0.44	0.58
45	0.00	0.00	0.02	0.05	0.18	0.30	0.41	0.56
50	0.00	0.00	0.01	0.04	0.15	0.27	0.38	0.53
55	0.00	0.00	0.01	0.03	0.12	0.24	0.35	0.51
60	0.00	0.00	0.00	0.02	0.11	0.22	0.33	0.49
65	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.20	0.30	0.47
70	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.18	0.28	0.45
75	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.16	0.26	0.43
80	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.14	0.24	0.41
85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.13	0.22	0.39
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.11	0.21	0.38
95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.10	0.19	0.36
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09	0.18	0.35

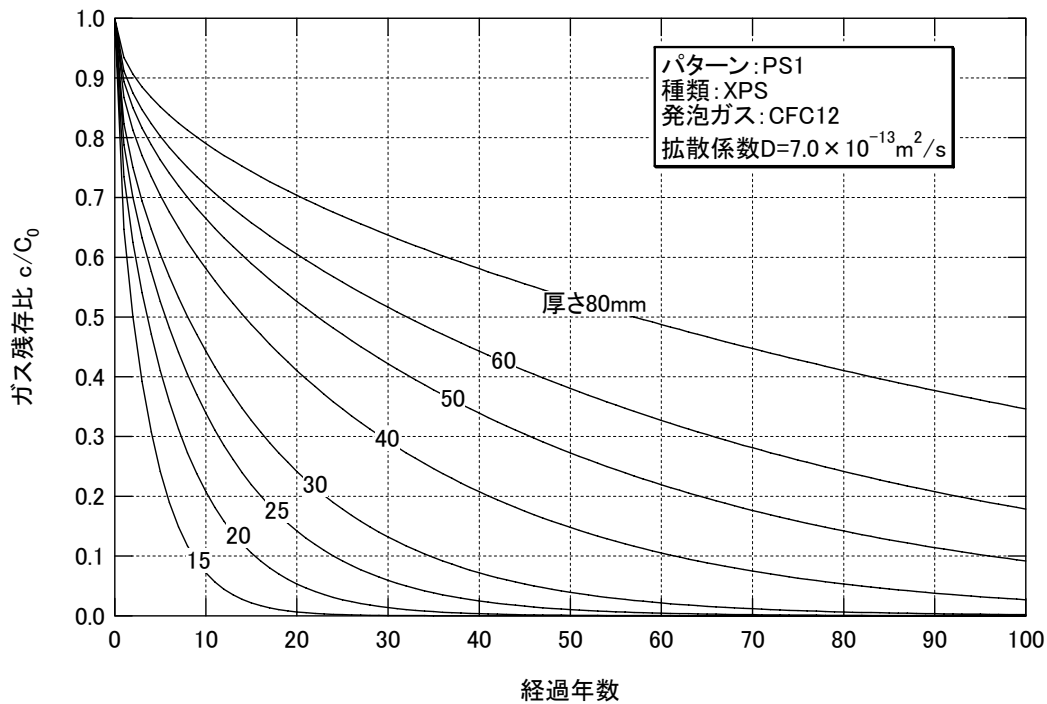


図 ガス残存比と経年の関係 (種類 XPS, 使用ガス CFC12, 拡散係数 $D=7.0 \times 10^{-13} \text{m}^2/\text{s}$)

表 パターン PS2 押出法ポリスチレンフォーム, CFC12, 拡散係数 $D=1.05 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$

厚さ 経年	15mm	20mm	25mm	30mm	40mm	50mm	60mm	80mm
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.13	0.29	0.42	0.52	0.64	0.71	0.76	0.82
10	0.02	0.11	0.22	0.33	0.49	0.59	0.66	0.74
15	0.00	0.04	0.11	0.21	0.38	0.50	0.58	0.69
20	0.00	0.01	0.06	0.13	0.29	0.42	0.52	0.64
25	0.00	0.00	0.03	0.08	0.23	0.36	0.46	0.59
30	0.00	0.00	0.02	0.05	0.18	0.30	0.41	0.56
35	0.00	0.00	0.01	0.03	0.14	0.26	0.37	0.52
40	0.00	0.00	0.00	0.02	0.11	0.22	0.33	0.49
45	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.19	0.29	0.46
50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.16	0.26	0.43
55	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.13	0.23	0.40
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.11	0.21	0.38
65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.10	0.19	0.35
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.17	0.33
75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	0.15	0.31
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.13	0.29
85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.12	0.27
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.11	0.26
95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.09	0.24
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.23

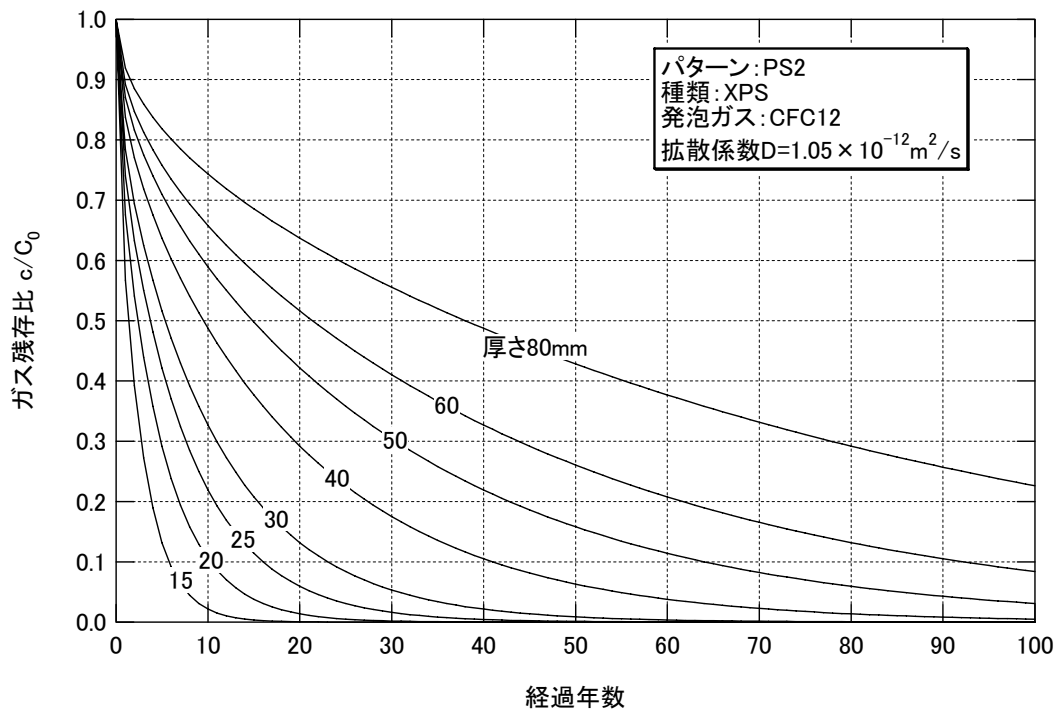


図 ガス残存比と経年の関係 (種類 XPS, 使用ガス CFC12, 拡散係数 $D=1.05 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$)

表 パターン PU3 硬質ウレタンフォーム, HCFC141b, 拡散係数 $D=1.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$

厚さ 経年	15mm	20mm	25mm	30mm	40mm	50mm	60mm	80mm
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.14	0.31	0.44	0.53	0.65	0.72	0.76	0.82
10	0.03	0.12	0.23	0.34	0.50	0.60	0.67	0.75
15	0.00	0.04	0.13	0.22	0.39	0.51	0.59	0.69
20	0.00	0.02	0.07	0.14	0.31	0.44	0.53	0.65
25	0.00	0.01	0.04	0.09	0.24	0.37	0.47	0.60
30	0.00	0.00	0.02	0.06	0.19	0.32	0.42	0.57
35	0.00	0.00	0.01	0.04	0.15	0.27	0.38	0.53
40	0.00	0.00	0.01	0.03	0.12	0.23	0.34	0.50
45	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.20	0.31	0.47
50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.17	0.28	0.44
55	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.15	0.25	0.42
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.13	0.22	0.39
65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.11	0.20	0.37
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09	0.18	0.35
75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.16	0.33
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	0.14	0.31
85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.13	0.29
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.12	0.27
95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.10	0.26
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.09	0.24

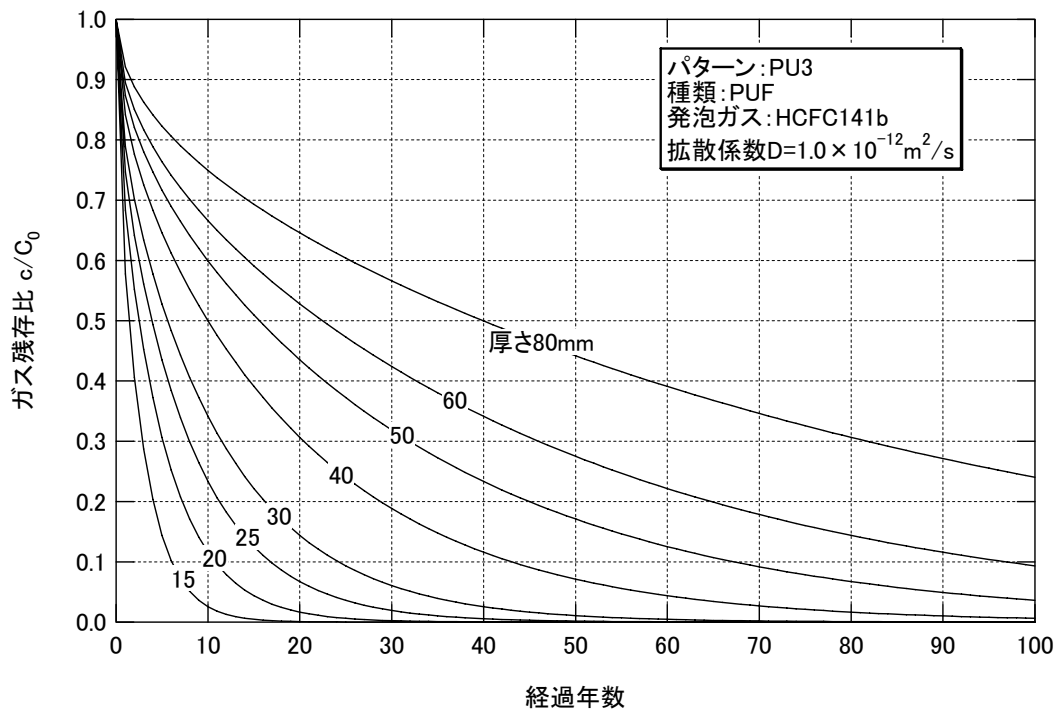


図 ガス残存比と経年の関係 (種類 PUF, 使用ガス HCFC141b, 拡散係数 $D=1.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$)

表 パターン PU4 硬質ウレタンフォーム, HCFC141b, 拡散係数 $D=1.5 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$

厚さ 経年	15mm	20mm	25mm	30mm	40mm	50mm	60mm	80mm
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.06	0.19	0.32	0.42	0.57	0.65	0.71	0.78
10	0.00	0.04	0.13	0.22	0.39	0.51	0.59	0.69
15	0.00	0.01	0.05	0.12	0.27	0.40	0.50	0.62
20	0.00	0.00	0.02	0.06	0.19	0.32	0.42	0.57
25	0.00	0.00	0.01	0.03	0.13	0.25	0.36	0.52
30	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.20	0.31	0.47
35	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.16	0.26	0.43
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.13	0.22	0.39
45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.10	0.19	0.36
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.16	0.33
55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.14	0.30
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.12	0.27
65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.10	0.25
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.23
75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	0.21
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.19
85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.17
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.16
95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.14
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.13

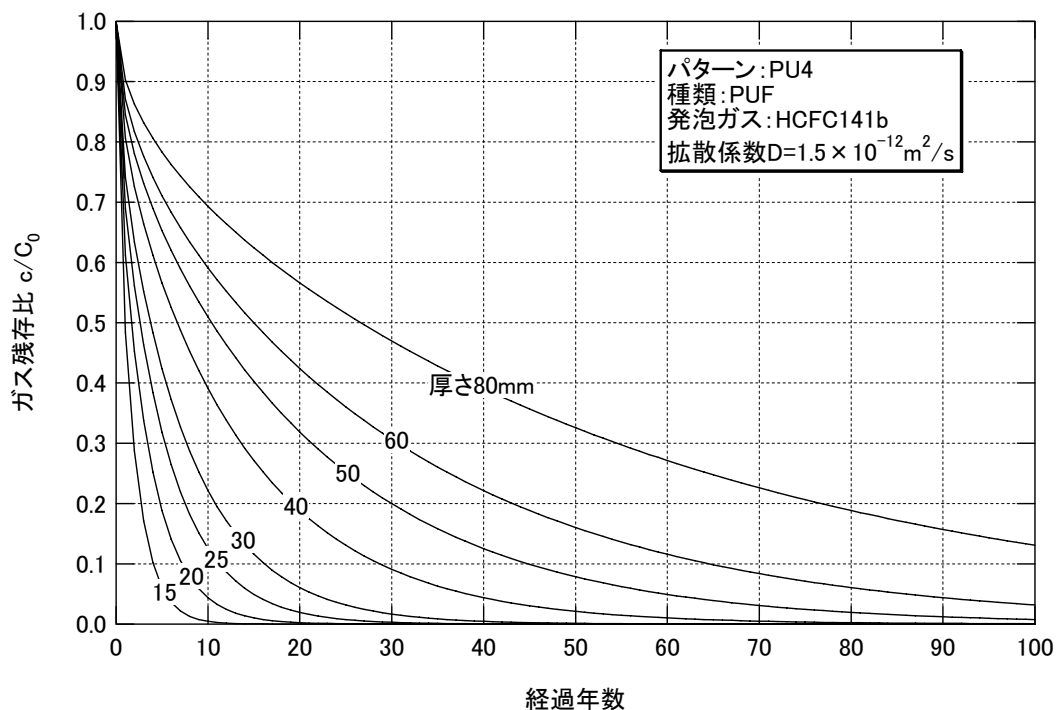


図 ガス残存比と経年の関係 (種類 PUF, 使用ガス HCFC141b, 拡散係数 $D=1.5 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$)

表 パターン PS3 押出法ポリスチレンフォーム, HCFC142b, 拡散係数 $D=2.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$

厚さ 経年	15mm	20mm	25mm	30mm	40mm	50mm	60mm	80mm
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.03	0.12	0.23	0.34	0.50	0.60	0.67	0.75
10	0.00	0.02	0.07	0.14	0.31	0.44	0.53	0.65
15	0.00	0.00	0.02	0.06	0.19	0.32	0.42	0.57
20	0.00	0.00	0.01	0.03	0.12	0.23	0.34	0.50
25	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.17	0.28	0.44
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.13	0.22	0.39
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09	0.18	0.35
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07	0.14	0.31
45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.12	0.27
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.09	0.24
55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.21
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.19
65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.17
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.15
75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.13
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.12
85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09
95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07

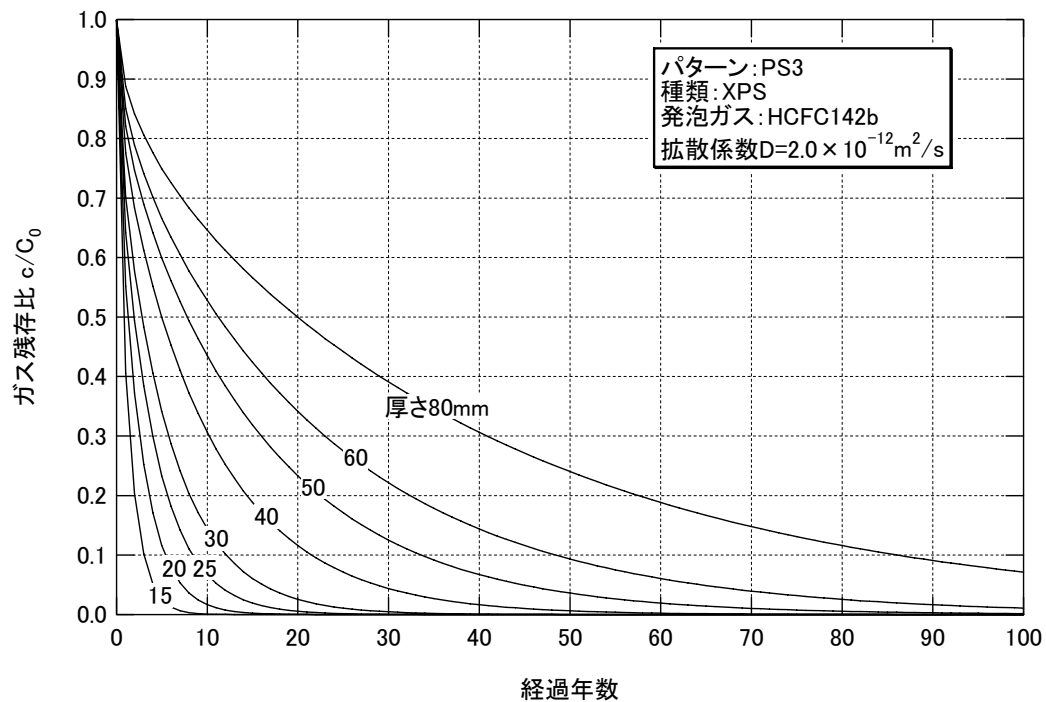


図 ガス残存比と経年の関係 (種類 XPS, 使用ガス HCFC142b, 拡散係数 $D=2.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$)

表 パターン PS4 押出法ポリスチレンフォーム, HCFC142b, 拡散係数 $D=3.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$

厚さ 経年	15mm	20mm	25mm	30mm	40mm	50mm	60mm	80mm
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.00	0.04	0.13	0.22	0.39	0.51	0.59	0.69
10	0.00	0.00	0.02	0.06	0.19	0.32	0.42	0.57
15	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.20	0.31	0.47
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.13	0.22	0.39
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.16	0.33
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.12	0.27
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.23
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.19
45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.16
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.13
55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.11
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09
65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06
75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02

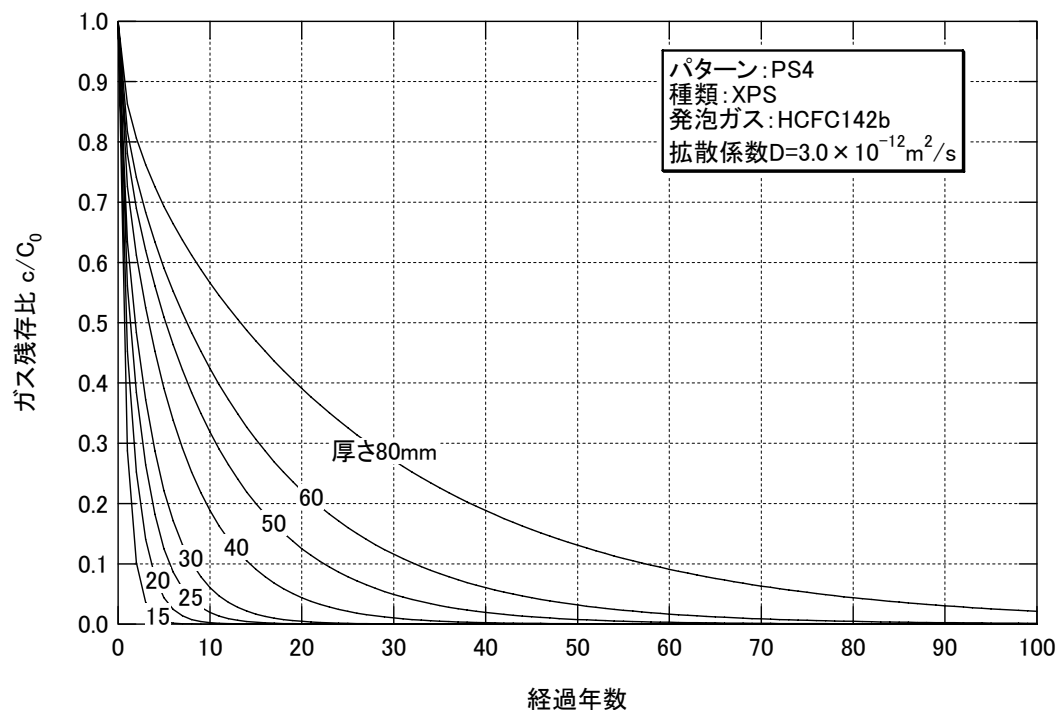


図 ガス残存比と経年の関係 (種類 XPS, 使用ガス HCFC142b, 拡散係数 $D=3.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$)

■ 現場簡易測定機器を用いたフロン残存確認方法の例

<方法・手順>

- (1) 設計図書／竣工図書等による事前調査及び目視等でフロンを含む断熱材が存在する対象部位を想定
- (2) フロン含有を簡易測定する必要が認められる場合には想定部位でサンプルを採取
- (3) 採取したサンプルをリモネン液に浸すか、微粉碎してフロンを閉空間に飛散させ、パイロテック（CFC11、HCFC141b等の簡易測定が可能な機器。用いるパイロテック専用検知管及び測定するフロンの種類によって測定範囲が異なるが、1ppm～数千ppm程度までの簡易測定が可能）で測定

