

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

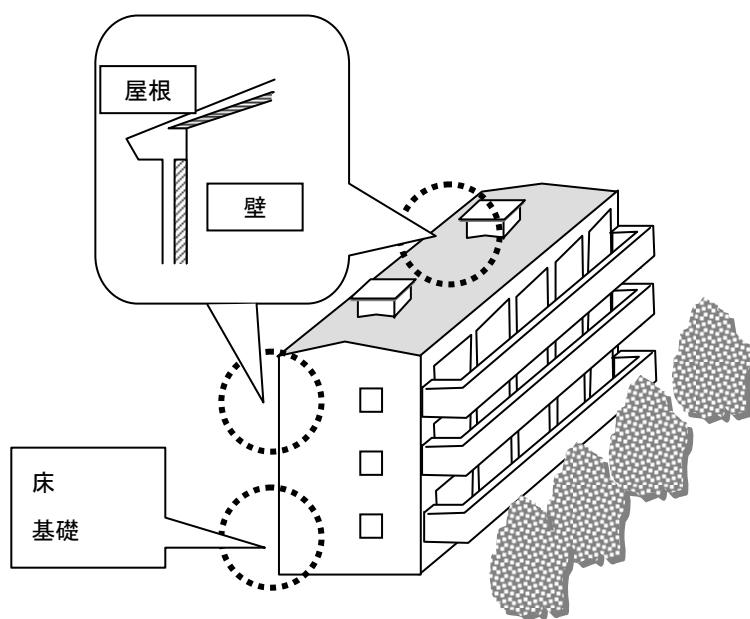
- 建材用フロン断熱材は、主に寒冷地における防寒・防露など居住環境の快適性向上や省エネルギーを目的に、広く普及してきました。
- その種類は、硬質ウレタンフォーム（PUF）と押出法ポリスチレンフォーム（XPS）が主流であり、工法別には、ボードやパネル等の成形品タイプと、現場施工での現場発泡吹付けタイプに区分されます。

■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。

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。）	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。
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。）	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。
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。）	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。
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。）	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。
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。）	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湿材、断熱材や梱包材として使用されている。

（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。

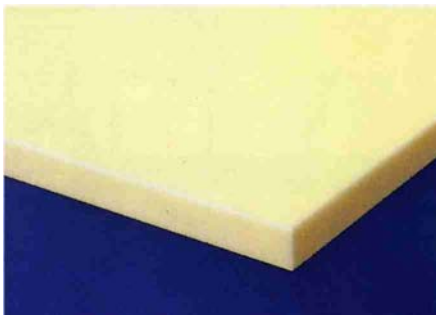
硬質ウレタンフォームでのフロン利用は、1995年ぐらいまではCFC11が主に使用され、1990年代前半からHCFC141bがこれに代わり、2000年代に入るとHFC245faとHFC365mfcの混合フロンが利用されています。

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、拡幅・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。

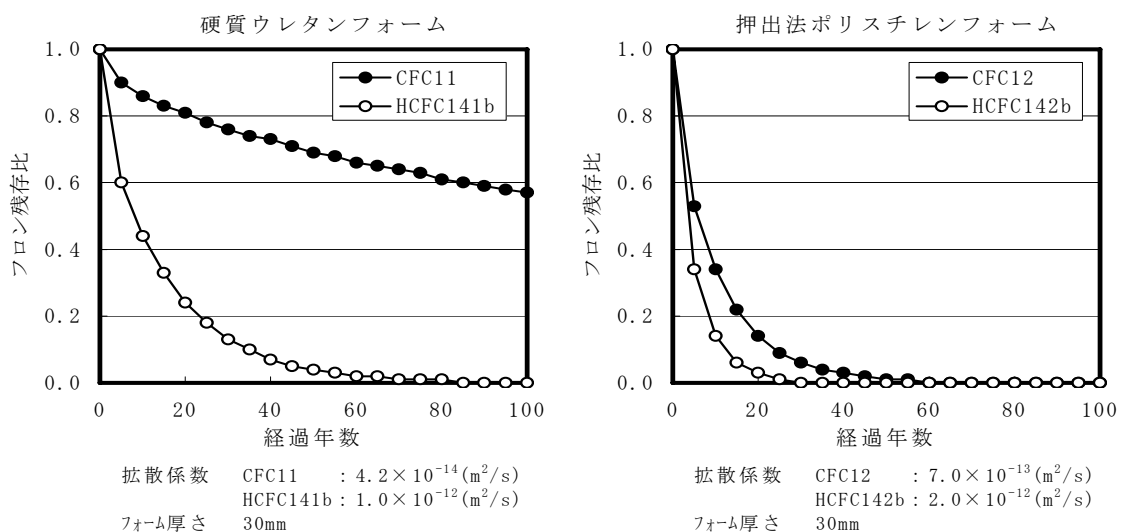


図 断熱材中フロン残存比の経年変化—PUF と XPS の比較—

※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。