新製品・新技術紹介

資源循環型モノづくりによる高性能真空断熱材「U-Vacua」

パナソニック(株)　アプライアンス社
安 宅　とも子

High-Performance Vacuum Insulation Panel "U-Vacua" by Recycling-oriented Manufacturing

Tomoko Atagi
Appliances Company, Panasonic Corporation

1．高性能真空断熱材「U-Vacua」と資源循環商品

2002年10月，パナソニック（当時，松下電器産業）の真空断熱材「U-Vacua」は自社製冷蔵庫の筐体に適用され，その消費電力量の低減に大きく貢献し，業界で初めて2004年度冷蔵庫省エネ基準達成率200%を実現した。その後，真空断熱材は，省エネ冷蔵庫のデファクトスタンダードとなっていることに加え，自動販売機などの冷凍システム機器，住宅設備機器の浴槽や床暖房パネル，CO2ヒーポン給湯器に採用されるなど，裾野の広い省エネ技術として普及してきている[1), 2)]。

一方，国内では2011年に地上デジタル放送への移行を完了した。それに伴い，従来のブラウン管から薄型テレビへの買い替えが一気に進んだ。今後，新規のブラウン管テレビの生産はグローバルでも非常に少ないことから，従来ブラウン管製造へ再利用されていたガラスの今後の利用用途または処理が課題となっている。我々は，持続可能な社会を目指しよりエコな商品を生み出していくために，廃ブラウン管のパネルガラス（鉛成分を含むファンネル部位を除く，以下パネルガラスと表記）を用いた真空断熱材の開発に着手しそれを商品化し，2012年4月資源循環商品である冷蔵庫NR-F 506 T-X（図1）を発売した。ここでは資源循環型モノづくり（パネルガラスの再利用）による真空断熱材「U-Vacua」について紹介する。

図1　資源循環商品　NR-F506T-X

まず「U-Vacua」の構造について説明する。「U-Vacua」は金属箔ラミネートフィルムから成る外被材と多孔質構造体の芯材とから成り，内部を真空にして，密封封止したものである。その外観，構造を図2に示す。芯材は，大気圧縮を受けた状態でも空隙率が約90%の多孔質であることが求められることから，資源循環商

〒525-8520　滋賀県草津市野路東2丁目3番1-1号
TEL　077-561-3144
FAX　077-561-3214
E-mail : atagi.tomoko@jp.panasonic.com

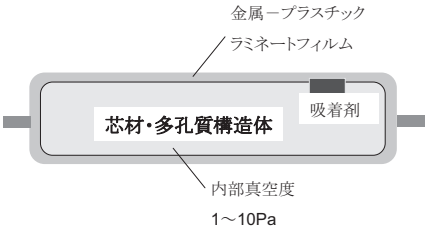

図２　真空断熱材「U-Vacua」の外観と断面図

品ではパネルガラスを原料として約 90% 使用したグラスウールを採用した。

２.「U-Vacua」の芯材として用いるグラスウールの特性

2－1. グラスウールの製造

パネルガラスを原料として約 10% の添加剤を加え，溶融炉中で溶解し遠心法で繊維化する方法でグラスウールを製造した。遠心法は高温に加熱したスピナー内にガラスを滴下し，高速で回転させることによりスピナー側壁の小孔から遠心力で繊維を吐出させるものである。パネルガラスは一般的にグラスウールの製造に用いられるソーダライムガラスより粘度が高い。我々は，まず製造時のエネルギーを極力小さくするために粘度を低くするための添加剤を数種類検討した。結果，図３に示すように繊維化に適した温度とされる種取温度[3]（$\log\eta = 3$）で 1100℃ 以下にすることができた。これにより平均繊維径が 4 μm～5 μm の細繊維を安定的に製造することが可能になった。図４に開発品グラスウールの SEM 写真を示す。

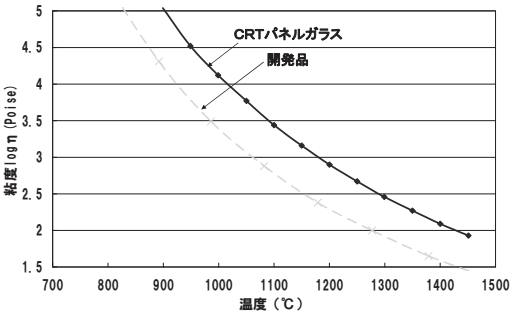

図３　パネルガラス及びグラスウール組成の粘度曲線

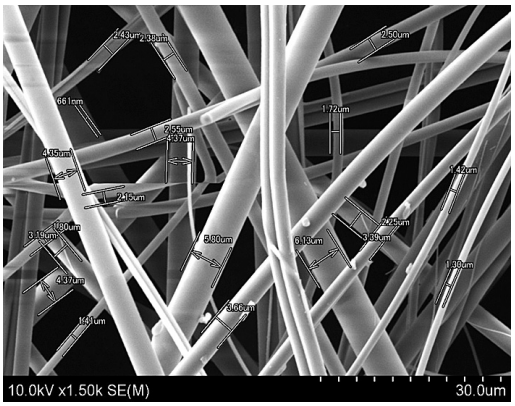

図４　開発品グラスウールの SEM 写真（×1500）

2－2. パネルガラスを使用した「U-Vacua」の性能

パネルガラス約 90% を原料として製造したグラスウールを自社技術でマット化し，金属箔ラミネートフィルムにいれて真空にすることにより真空断熱材「U-Vacua」を作製した。芯材に用いたガラスおよびグラスウールの組成，物性と真空断熱材の断熱性能を当社既製品と比較して表１に示す。

開発品と当社既製品で断熱性能を比較すると開発品で相対値 8% の性能向上が認められた。

真空断熱材の断熱性能を表わす熱伝導率 λapp は次の式で与えられる。

$$\lambda app = \lambda g + \lambda s + \lambda r + \lambda c$$

ここで λg；気体熱伝導，λs；固体熱伝導，λr；輻射熱伝導，λc；対流熱伝導

輻射熱伝導 λr と対流熱伝導 λc は使用される常温，真空下では無視できるので，真空断熱材の性能 λapp は λg と λs で決定される。λg は開発品と当社既製品で同一真空度にしているため

表1　素材ガラス，グラスウールの組成及び特性と断熱性能

		CRTパネルガラス	開発品	当社既製品
組成（mol%）	Na2O+K2O	15.5	15.8	16
	MgO+CaO	0.9	6.8	14
	SrO+BaO	10.9	9.4	0
	Al2O3+B2O3	2	6.5	7
	SiO2	70	61	63
素材物性	ヤング率（Gpa）	71	78	80
平均繊維径（μm）		—	4～5	4
真空断熱材性能 断熱指数（相対値）		—	108	100

差はない。λs はマット化したときのグラスウールの固体熱伝導をさすが，これは繊維の積み重なり方によって決定される。

繊維の積み重なり方，すなわち弾力性の高いマットを保つためには，素材のヤング率を高めることが寄与することがわかっている[4]。剛性の強い繊維でよりコア密度の低いマットにすることにより，接触点が減少し熱抵抗が大きくなると考えられるからである。表1に示すように元のパネルガラスの素材は当社既製品と比べヤング率が低く，マット化したときの断熱性能に不利にはたらく。そこで我々はヤング率を向上させる添加剤を検討した。その結果，開発品では，粘度カーブを効率的に下げつつ，かつヤング率はパネルガラスと比較して7 GPa 向上させることができ，ほぼ当社既製品レベルに近づけることができた。またマット化工程を開発品の粘度カーブを参考に最適化することにより開発品「U-Vacua」の高性能化を達成した。この開発により，資源循環型モノづくりと高性能化の両方を達成できた。現在，当社では一部の機種に限定してこの開発品「U-Vacua」を商品化している。

3．まとめ

今回，廃ブラウン管のパネルガラスを約90% 使用したグラスウールで高性能真空断熱材「U-Vacua」を商品化することに成功した。さらに省資源の視点からガラス組成面での改良による軽量化など，あるべきグラスウールの方向を見定めて開発実証を継続していく。また今後，冷蔵庫などの家電製品，住宅用の機器にとどまらず，住宅断熱材そのものへの展開もはかり，地球温暖化防止に貢献していきたい。

参考文献

1）天良智尚，高性能真空断熱材の開発，冷凍 vol. 78 No. 906 p 233-236, 2003
2）上門一登，家庭用冷蔵庫断熱材技術の変遷，伝熱 vol. 48 No. 204 p 49-52, 2009
3）山根正之ら編，ガラス工学ハンドブック（朝倉書店）p 354-358
4）パナソニック，特開 2007-182991．2006-12-07