

多機能グラスライニング HybridGL[®] の新製品 HYX-E95[®], HYX-HE95[®]

New multifunctional glass-lining HybridGL[®] HYX-E95[®] and HYX-HE95[®]

多田篤志*・岡井光信**・前背戸智晴*** (工学博士)・宮内啓隆****・香川博行*

Atsushi Tada・Mitsunobu Okai・Tomoharu Maeseto・Hiroataka Miyauchi・Hiroyuki Kagawa

当社は2017年に二種類の機能を備えた世界初のハイブリッドグラス HYX（ハイクロス）シリーズを上市した。これまで HYX-HE[®]（高伝熱性＋耐静電気）、HYX-HP[®]（高伝熱性＋医薬向／視認性・洗浄性）、HYX-H95[®]（高伝熱性＋低溶出性）の3つの組み合わせのハイブリッドグラスを商品化しているが、今回新しい組み合わせである HYX-E95[®]（耐静電気＋低溶出性）の開発に成功、さらにその成果を活用して三種類の機能を備えた HYX-HE95[®]（高伝熱性＋耐静電気＋低溶出性）の開発に成功した。

In 2017, we started sales of the first hybrid glass HYX series with two types of functions. So far, we have commercialized hybrid glass types in three combinations: HYX-HE[®] (high thermal conductivity and antistatic properties), HYX-HP[®] (high thermal conductivity, visibility and washability suitable for pharmaceutical production), and HYX-H95[®] (high thermal conductivity and low elution). This time we have succeeded in developing a new combination, HYX-E95[®] (antistatic properties and low elution), and the next-generation hybrid glass HYX-HE95[®] with three functional characteristics: high thermal conductivity and antistatic properties and low elution.

Key Words :

ハイブリッドグラス	Hybrid glass-lining
耐 静 電 気 グ ラ ス	Antistatic glass
医 薬 向 グ ラ ス	Pharmaceutical glass
低 溶 出 グ ラ ス	Low elution glass
高 伝 熱 グ ラ ス	High thermal conductivity glass
複 層 グ ラ ス 構 造	Multi-layered glass lining

【セールスポイント】

HYX-E95

- ・ 9500の低溶出性に ECOGL II 耐静電気性を付与したグラス、電材用途で耐静電気対策が可能
- ・ 標準グラス9000よりも耐食性にも優れており、より幅広い用途に対応可能

HYX-HE95

- ・ これまでにない高伝熱性と耐静電気性と低溶出性の3つの機能を備えたグラス
- ・ 低溶出が必要な用途で耐静電気対策を実施、かつ加熱冷却時間を短縮することで生産性が向上

HYX シリーズ

- ・ 高伝熱性、耐静電気性、医薬向け／視認性・洗浄性、低溶出性を、ユーザのニーズにあわせて機能の組合せ可能
- ・ HYX-HE, HYX-HP, HYX-H95は、内容物に接液する表層グラスが、実績のある機能性グラス（ECOGL II, PPG, 9500）であり、過去の実績を重視するユーザにも採用が容易。

*プロセス機器事業部 生産部 製造室 **プロセス機器事業部 技術部 開発室 ***プロセス機器事業部 事業推進部 ****プロセス機器事業部 品質保証室

まえがき

グラスライニング（Glass lining, 以下 GL）とは素地金属上に高耐食性のガラス層をライニングすることによって、ガラスの耐食性と鋼の強靱性を兼ね備えた複合材料であり、腐食性の強い製造・反応プロセスで使用可能な耐食材料である。当社は、化学・医薬プラントなどで使用される GL 製反応機、貯槽、熱交換器、粉体機器などを製造・販売する GL 事業を実施しており、創業より70年以上にわたって、GL 機器のトップメーカーとして、国内外の化学産業に携わり、ともに歩んできた。

GL 機器は古くは醸造等の食品市場、石油化学市場向の用途が主であったが、現在はファインケミカル、電材、医薬市場向が主な用途となっており、用途の移り変わりにともなって、GL 機器に求められる性能も変化し、ガラスの耐食性、洗浄性はもちろんのこと、プラスアルファの機能性が求められるようになった。

国内 GL トップメーカーの当社にはユーザから多様なニーズが寄せられ、ガラスの耐食性向上に加えて、図1のように様々な機能を備えたガラスを商品化してきた¹⁾。現在、当社が製造する GL 機器の半数以



図1 機能性ガラス開発の系譜



図2 HybridGL® ブランドロゴ

上が機能性ガラス仕様の機器であり、機能性ガラスは一部のユーザの要望ではなく、市場全体から求められるようになったと考えられる。

当社では、業界に先駆けて二種類の機能を備えたハイブリッドガラス（HYX シリーズ）を商品化し、HYX シリーズのラインナップの拡充を図っている。さらに『今後、グラスライニングはハイブリッドの時代になる』との思いから、認知度の向上を図り、性能を実感してもらい、信頼を得ることを目的として、ハイブリッドガラス（HYX シリーズ）を「HybridGL®」としてブランド化し、ロゴ（図2）を制定して、拡販活動を開始した。

本稿では、ハイブリッドガラス開発の経緯と最新の HYX シリーズである HYX-E95と HYX-HE95を紹介する。

1. HYX シリーズ組合せ拡大の歩み

1.1 複層ガラス構造の採用

当社の機能性ガラスの大きな特徴として、異なる種類のガラスを積層して施工する複層ガラス構造がある。耐静電気ガラス ECOGL を商品化する際に採用した構造であり、絶縁性の標準ガラス（9000）の表層に導電性ガラスを施工することによって（表1-b）、発生した静電気を逃がすだけでなく、静電気放電に対して強い耐性を備える（図3）という他社の耐静電気ガラスにない特性を有した耐静電気ガラスとなっている²⁾。

この構造は当社独自の構造であり、ECOGL を他社製品と差別化したとともに、後の機能性ガラスの開発、更には HYX シリーズの開発に活かされている。高伝熱性ガラス9000HT II は、この複層ガラス

表1 ECOGL II, 9000HT II の複層ガラス構造 断面模式図

種類	a) 標準ガラス	b) 耐静電気ガラス	c) 高伝熱ガラス
名称	9000	ECOGL II	9000HT II
断面構造			
特長	・耐食性のバランスが優れた当社の標準ガラス	・表層を導電性にすることで静電気放電への耐性を強化	・下層高伝熱化＋ガラス厚み調整 ⇒ U値×1.5倍 ・表層は実績ある9000ガラス

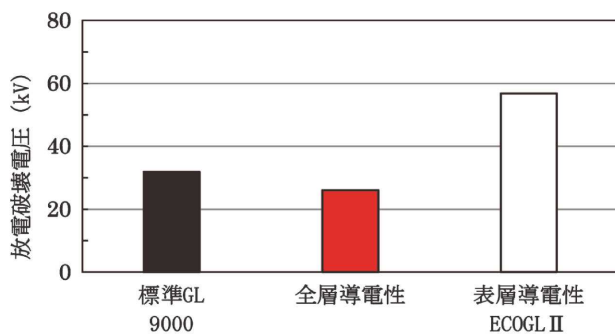


図3 グラス構造による耐放電破壊性の違い

構造に着想を得て、高伝熱ガラスの表層に標準ガラスを施工するという構造で商品化した(表1-c))。このような構造にすることによって、水の昇温時間が約30%短縮、総括伝熱係数(U値)が9000比で約1.5倍(図4)に伝熱性を向上させることが可能になったとともに、接液部のガラスがこれまで使用実績の多い9000であるため、ガラス材質の変更によるプロセスへの影響を考慮する必要がないガラスとなっている²⁾。そのためガラスの使用実績を重要視するユーザにおいても採用頂くハードルが低くなり、高伝熱による生産性向上の効果を容易に享受頂くことが可能な商品となった。

1.2 HYX シリーズへの発展

機能性ガラスの種類は増加したが、それとともにお客様の要望・ニーズも多岐にわたり、一つの機能性ガラスでユーザの要望を満足することは難しくなってきた。そのような要望に応えるために、二つの機能を備えた新ガラスの開発を開始した。

二種類の機能を備えたガラスを零から開発するには長期の開発が必要となるが、9000HT IIの構造を参考に複層ガラス構造を利用して、二種類の既存ガラスを改良して積層することによって、比較的短期間で二つの機能性ガラスをハイブリッド化することが可能になる。そこでまずは広い分野でニーズがある高伝熱性と別の機能性をハイブリッド化するべく、9000HT IIの表層ガラスを9000から別の機能性ガラスに変更することを検討した。

異なるガラスを積層する技術はECOGL IIの商品

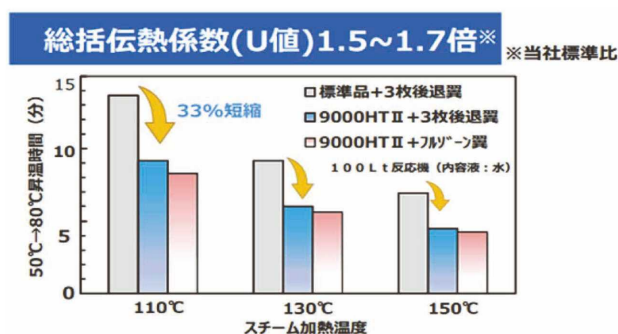


図4 9000と9000HT IIの昇温所要時間の比較
各スチーム温度にて水100 Lを50℃から80℃に昇温するために要した時間

化、生産によって培われていたが、ガラス厚みが厚いと伝熱性が悪化するため、高伝熱性を担保するには施工するガラスの厚みを一定範囲に調整する必要がある。標準ガラスより施工が難しい機能性ガラスの厚みを0.1 mm単位でコントロールしながら積層施工することは容易ではなく、実験室レベルのサンプルを完成させることはできたとしても、10 m³以上のサイズの実機に対して複層ガラス構造を再現することは非常に高いハードルであった。

しかしながら、当社の技能者の優れたガラス施工技术と焼成技術、高伝熱ガラスの配合を調整したうえで、施工テストを繰り返すことによって、実機への施工が可能となり、世界初の二種類の機能を備えたハイブリッドガラスHYXシリーズを2017年に商品化するにいたった。

当社では2017年の上市以降、これまでにHYXシリーズのラインナップとして、表層ガラスを導電性ガラス(ECOGL II)にした『高伝熱性+耐静電気性(HT II+ECOGL II)』のHYX-HE(表2-d)、表層ガラスを医薬向ガラス(PPG)にした『高伝熱性+医薬向/視認性・洗浄性(HT II+PPG)』のHYX-HP(表2-e)、表層ガラスを低溶出ガラス(9500)にした『高伝熱性+低溶出性(HT II+9500)』のHYX-H95(表2-f)と、高伝熱性を基本とした3種類の組合せを商品化した。図5に示す通り、HYX-HE、HP、H95いずれのガラスも、ハイブリッ

表2 HYXシリーズの複層ガラス構造 断面模式図

種類	c) 高伝熱ガラス	d) 高伝熱+耐静電気ガラス	e) 高伝熱+医薬向ガラス	f) 高伝熱+低溶出ガラス
名称	9000HT II	HYX-HE (HT II+ECOGL II)	HYX-HP (HT II+PPG)	HYX-H95 (HT II+9500)
断面構造				
特長	- 下層高伝熱化+ガラス厚み調整 ⇒ U値×1.5倍 - 表層は実績ある9000ガラス	- 下層高伝熱化+ガラス厚み調整 ⇒ U値×1.5倍 - 表層はECOGL II 用導電性ガラス	- 下層高伝熱化+ガラス厚み調整 ⇒ U値×1.5倍 - 表層は医薬向ガラス (PPG)	- 下層高伝熱化+ガラス厚み調整 ⇒ U値×1.5倍 - 表層は低溶出ガラス (9500)

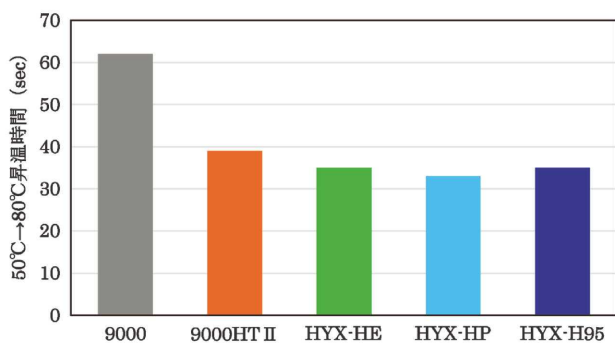


図5 9000, 9000HT II と HYX シリーズの所要昇温時間の比較
80×80×6t 炭素鋼板に各ガラスを施工したサンプルをホットプレート上で加熱した際の表面温度を測定
サンプル表面温度が50℃から80℃に到達するまでの時間を比較

ド化したうえで9000HT II と同等の高伝熱性を担保できていることがわかる³⁾。

2. 新たな HYX シリーズの開発

2.1 HYX-E95 (耐静電気性 + 低溶出性)

高伝熱性と他の主要な機能性の組合せの商品化が完了したことから、次の段階として残る三種類の機能性 (耐静電気性、医薬向 / 視認性・洗浄性、低溶出性) の組み合わせの検討を開始した。特に溶剤等が使用される分野においては静電気対策が求められるが、同時に製品の純度を向上させるため低溶出性を求められるニーズが増加している。このような要求に対応するため『耐静電気性 + 低溶出性 (ECOGL II + 9500)』HYX-E95 を優先して商品化することにした。

このガラスがこれまでの HYX シリーズと大きく異なるのは、接液部のガラスが従来のガラスではなく、新たなガラスになることである。ECOGL II の静電気放電に対する耐性が高いという特性を担保するため、基本構造は ECOGL II と同様に絶縁性ガラスの表層に導電性ガラスを施工する必要がある (表3-g)、更に内容液に接する導電性ガラス部分は低溶出性能を担保する必要がある。

そのため新たな導電性ガラスを開発するべく、低溶出ガラス (9500) をベースとして導電性物質を添

加することを検討した。9500ガラスの成分調整、導電性物質の添加量の調整を重ねた結果、静電気を逃がすための導電性と、低溶出性を両立した新しい導電性低溶出ガラスの開発に成功し、新しい HYX シリーズ HYX-E95の商品化に至った。表4, 図6, に示すとおり HYX-E95は, ECOGL II と同等の表面抵抗率, 9500と同レベルの低溶出性を示すことがわかる。

2.2 HYX-HE95 (高伝熱性 + 耐静電気性 + 低溶出性)

新しい導電性低溶出ガラスが開発できたことによって、HYX-E95の下層の絶縁性ガラスを高伝熱ガラスに置換える (表3-h)) ことで、高伝熱性、耐静電気性、低溶出性の3種の機能性を備えたガラスを実現できる可能性が高くなった。これまで2種類の機能性を組合せることで、ユーザのニーズに合わせた最適な組合せを提案していたが、3種類の機能を組合せることができれば、一つのガラスでより広い範囲の要望に対応することが可能になり、HYX シリーズは新しい段階に進化することとなる。

実現化の検討に際しては、個々の要素となる機能性ガラスは既に完成しているため、それらを複層ガラス構造で組合せることができれば良いが、高伝熱

表4 HYX-E95の低溶出 + 導電性ガラスの表面抵抗率

ガラス	表面抵抗率 ($\Omega/\square$)
9000	$> 10^{13}$
ECOGL II	$10^9 \sim 11$
HYX-E95	$10^9 \sim 11$

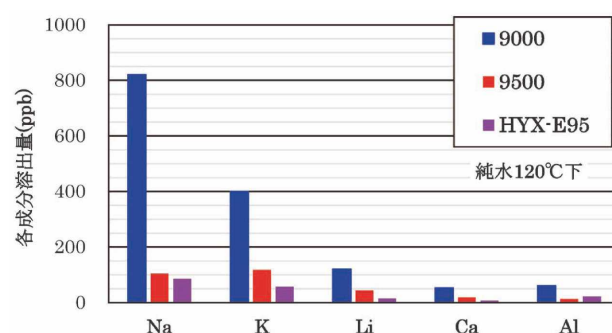


図6 HYX-E95と9500, 9000の溶出性比較

表3 HYX-E95, HYX-HE95開発の流れ 断面模式図

種類	b) 耐静電気ガラス	g) 耐静電気 + 低溶出ガラス	e) 高伝熱ガラス	h) 高伝熱 + 耐静電気 + 低溶出ガラス
名称	ECOGL II	HYX-E95 (ECOGL II + 9500)	9000HT II	HYX-HE95 (HT II + ECOGL II + 9500)
断面構造				
特長	・表層を導電性することで静電気放電への耐性を強化	・導電性 + 低溶出ガラスを表層施工して静電気放電への耐性を担保	・下層高伝熱化 + グラス厚み調整 → U値×1.6倍 ・表層は実績ある9000ガラス	・下層高伝熱化 + グラス厚み調整 → U値×1.6倍 ・表層は導電性 + 低溶出ガラス



図7 HYX-HE95® の性能概要

性を追加するためには、先述したとおりガラスの厚みを一定範囲に調整する必要がある。

施工に関しては、当社が保有するガラスで最も施工難度の高いガラスとなり、実際に15 m³サイズの実機で施工テストを実施し、問題点を検証した結果、施工可能であることを確認した。その結果『高伝熱性＋耐静電気性＋低溶出性（HT II＋ECOGL II＋9500）』の3つの機能性を備えた新たなHYXシリーズHYX-HE95を商品化するに至った。図7にHYX-HE95の性能概要を示す。

むすび

HYXシリーズ開発の流れから、今春上市したHYX-E95, HYX-HE95の開発の経緯とその性能について紹介した。

HYX-E95, HYX-HE95については、上市後間もないが、ユーザから高評価をいただき、既に一号基の注文を頂くにいたった。直近ではGL機器全体の約1/3以上においてHYXシリーズを採用頂くほど好評頂いている。特にHT II, ならびに高伝熱性を追加したHYXシリーズは、顧客の生産性が向上することで省エネを推進し、脱炭素社会の実現に貢献する商品であり、当社からもご採用頂くことを強く推奨している。

HYXシリーズは、今後も『医薬向/視認性・洗浄性＋低溶出性（PPG＋9500）』などのさらなるラインナップの拡充を計画しているが、それ以外にもユーザの要望をいち早くキャッチし満足いただけるような製品づくり、顧客の効率的な生産活動への寄与を通じた社会への貢献ができるような製品づくりを実践していく所存である。

[参考文献]

- 1) 宮内啓隆ほか, グラスライニング創業70周年を迎えて, 神鋼環境ソリューション技報, Vol.13, No.1, (2016), p.2-14
- 2) 椿野直樹ほか, 最新のグラスライニング (2018年), 神鋼環境ソリューション技報, Vol.14, No.2, (2018), p.29-32
- 3) 前背戸智晴ほか, HybridGL® 新製品 HYX-H95®, 神鋼環境ソリューション技報, Vol.19, No.1, (2022), p.14-16