

# 1. グラスライニングとは

## 1.1 ガラスと琺瑯の歴史

ガラスの起源は古く、その推定年代は B.C.7000 ~ 3300 年古代エジプト王朝時代にさかのぼる。今日のように一般工業材料として扱われるようになったのは、ローマ時代以降のガラス生産が急激に進歩を遂げるようになってからである。日本で初めてガラスが使用されたのは約 2000 年前の弥生式文化の時代に中国から輸入されたもので、製造され始めたのは古墳時代（3 ~ 6 世紀）といわれている。

一方、琺瑯の歴史も古く、紀元前にエジプトにおいて七宝に類似したものが造られ、鉄が素地として使用されたのは、19世紀初めごろからである。

我国では、明治中期ごろから陸海軍の食器として使用され、1954 年頃から石油化学工業、合成樹脂工業、医薬産業の発展に伴ない、琺瑯製反応機では、耐食性が不十分で、使用に耐えられなくなり、耐食性が優れたライニング製の反応機の需要が高まってきた。

醸造工業においても、吉野杉の酒樽、ピッチライニングのタンクに代わり、製品の香味、色調に全く変化を与えず半永久的に寿命の長いガラスライニング製タンクが使われるようになり現在に至っている。

## 1.2 グラスライニングと琺瑯の違い

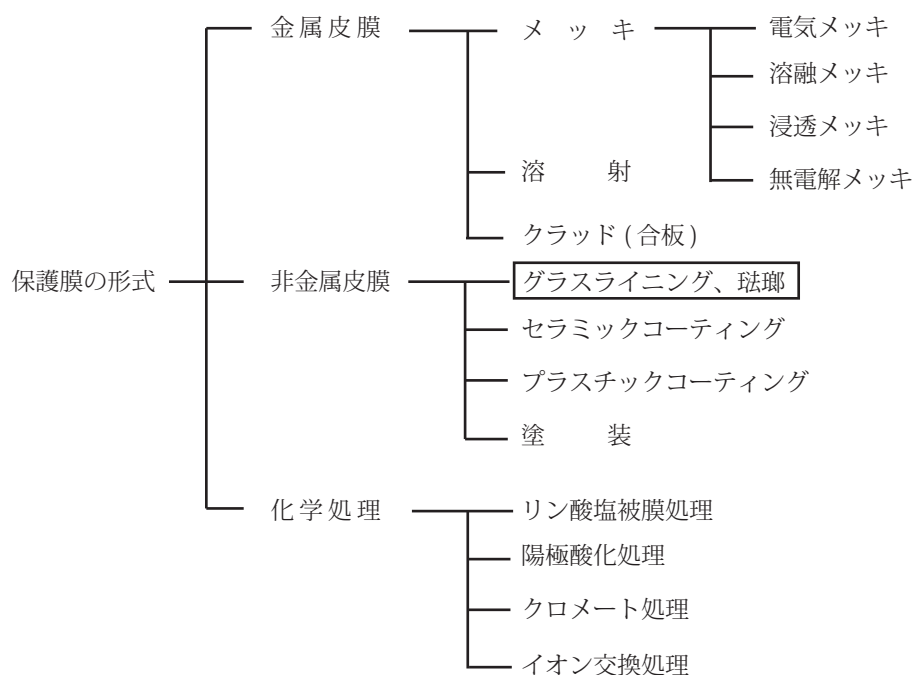
ガラスライニングは広義的には琺瑯と同じといえる。しかし、用途が異なるため、両方の性質にも自ら大きな違いが見られる。主な違いを第 1.1 表に示す。

第 1.1 表 グラスライニングと琺瑯の比較

	ガラスライニング	琺瑯
用途	反応機等の化学工業用機器、醸造用タンクなど	琺瑯
素地金属	厚肉の鋼、鋳鉄・鋳鋼、ステンレス鋼	薄肉の鋼、鋳鉄・鋳鋼、アルミニウム、銅合金
主に要求される性能	高耐食性（特に耐酸性）	美観、清潔性、耐候性
ガラスの平均厚み (mm)	1.2 ~ 1.5	0.1 ~ 0.3
検査方法	高電圧ピンホール検査・目視検査	目視検査
JIS 規格	JIS R4301	

要するにガラスライニングは、非常に厳しい腐食環境から構造物を成す素地金属を保護する技術であり、そのために優れた耐酸性を有するうわぐすりを厚くライニングし、かつ、見えない欠陥をも検出できるような検査方法で品質管理が行われている。

ガラスライニングは、金属とガラスという異なった二つの材料を複合させ、金属の表面改質を狙った材料で、その歴史は琺瑯の誕生であり、金属同志を複合させたクラッド鋼よりも古い。おそらく工業的に用いられている複合材料の中では最も古いと思われる。それでありながら現在も広く用いられている理由は他の防食を目的とした材料に比べ、各種腐食環境に対し優れた耐食性を発揮し、かつ、経済的な工業材料であるからである。



第 1.1 図 グラスライニングの位置づけ

### 1.3 グラスライニングの概念と構成

前述したようにグラスライニングとは、素地金属を腐食環境等から保護するために鋼の表面にガラスを結合させるという複合化技術であり、鋼にガラスをライニングすることによって機能性の高い、複合材料が得られる。

一般に鋼は、安価な工業材料で非常に優れた加工性を有しており、古くから各種工業設備機器に広く用いられてきている。しかしながら唯一大きな欠点は、化学的耐久性に乏しいということである。反面、ガラスは化学的に極めて安定な材料として良く知られている。

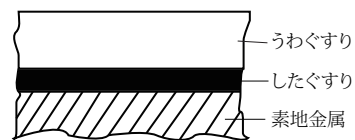
ところがガラスは脆性材料であるために、割れ易いという欠点がある。そこで鋼の欠点をガラスで補ない、ガラスの欠点を鋼で補なったものが、グラスライニング材料ということになる。

次に、グラスライニングの構成について説明する。

グラスライニングの一般的な方法としては、粉末状にしたガラスを吹き付け、800℃～900℃の高温で焼きつける方法をとる。

しかし、耐食性の優れたガラス（うわぐすり）を鋼に無欠陥の状態直接焼き付けることは難しく、一般的には素地金属とうわぐすりの中間に性質の異なるガラス（したぐすり）を施し、それを介して結合させている（第 1.2 図）。

次にグラスライニング用素地金属について説明する。



第 1.2 図 グラスライニングの断面図

前述したようにガラスライニングは高温焼成するため、素地金属である鋼の熱的特性は非常に重要となってくる。異種材料を高温焼成した後、冷却して製品とするため

- ① グラスに対し適度な熱膨張特性
- ② 構造物であることにより、高温域における焼成歪の少ないクリープ強度
- ③ 高温酸化雰囲気中の鋼中からのガスの放出によってガラス層に有害な泡を作らないような成分
- ④ したぐすりと良好な密着性を示す反応性
- ⑤ 常温においては、用途に応じた機械的強度、成形性

などがガラスライニング用素地として鋼に要求される特性である。

## 2. したぐすりと鋼の結合

ガラスライニングにおいて、うわぐすりと素地金属の鋼との結合は、したぐすりを介して行なわれるということは前述した通りであるが、ガラスライニングにとってガラスと鋼が強固に密着することは欠かすことのできない基本的要件である。

### 2.1 界面の構造

界面の走査型電子顕微鏡像とFeの線分析の結果を写真1.1に表わす。この写真からわかるように、鋼としたぐすりの界面は小さな凹凸によって複雑にからみ合っている。この小さな密着が多い程、優れた密着性を示す。

一方、Feの線分析の結果を見るとFeがしたぐすり中に溶解していることがはっきり認められる。Feの溶解している範囲は線分析と同時に、したぐすりの変色によって見分けがつく。走査型電子顕微鏡像では観察できないが、実体顕微鏡で観察すると茶色を呈している。

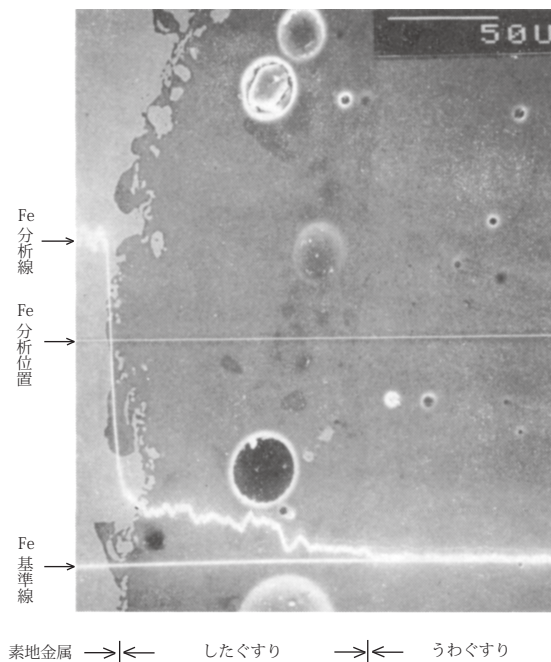


写真1.1 したぐすりと鋼の界面の走査型電子顕微鏡像

## 3. ライニングされたガラスの強化現象

ガラスライニング製品が産業界でよく用いられている理由は、優れた耐食性を備えているためだけではない。

一般のガラス製品に比べ、機械的強度が格段に優れているためである。それは、素地に鋼を用いていること、その鋼とガラスが強固に密着していることに加えて、密着したガラス中に残留圧縮応力が存在するためである。

実際にガラスライニングされた複合体の引張試験を行なうと鋼の降伏点を過ぎた時点でライニングされたガラスが割れることを確認しており、上式による計算結果とほぼ一致している。これはライニングされたガラスが機械的な引張応力に対して、鋼の使用できる範囲であれば割れることなく、充分使用に耐えうるということである。逆に圧縮応力に対してはガラス自体が引張応力の約10倍に耐えうることから、ライニングされたガラスは鋼以上に充分耐えることは明らかである。