



玻璃纤维及其应用

久野清 合 著
宗像元介

建筑工程出版社



玻璃纖維及其應用

久野清 宗像元介 合著
魏 共 賈 智 合譯
李 永 森 校

本書系根据日本欧姆社出版的玻璃纖維及其应用（ガラス纖維と乙の应用）一書翻譯的。全書共分十章。前三章是介紹玻璃纖維的基本知識，后七章是介紹玻璃纖維的应用。其內容比較丰富，可供科学研究及企業工作者參考之用。但第一章第二节內在述說玻璃纖維工業的历史和現狀时，作者有替美国和日本吹噓之处，希讀者批判的接受。由于譯者学疏才淺，再加上玻璃纖維是一种新兴的工業，参考書較少，特別是我們無翻譯經驗，可以說我們在这方面，剛学走步，所以在譯文中对原文譯意及措辞方面难免有不当之处，希讀者多加指教。并恳請賜函教导，以便修改，实为幸甚。

原本說明

書 名 ガラス纖維と乙の应用
著 者 久野 清 合著
宗像之介
出 版 者 オーム社
出版地点 东京—1955 年（昭和 30 年）
及 年 份

玻璃纖維及其应用

魏 共 賈 智 譯
李 永 森 校

*

建筑工程出版社出版（北京市阜成門外大街）

（北京市书刊出版業營業許可証出字第052号）

建筑工程出版社印刷厂印刷·新华書店發行

书号934 70千字 787×1092 1/32 32页印张

1958年4月第1版 1958年11月第2次印刷

印数：1,201—4,210册 定价(10)0.55元

序 言

本書仅就最近在日本所發展起来的新兴的工業材料——玻璃纖維加以叙述。主要目的是为了供給玻璃纖維使用者参考之用而編写的。

在战争結束以前玻璃纖維的用途主要是做为保温材料或蓄電池用的玻璃隔板，而于战后（1945年以后）开始生产無碱的長纖維，經過各种試驗已經証明它是極其优良的电气絕緣材料。在战争結束的当时，可以說几乎近似于零的無碱長纖維的生产，它經過了6~7年后的今天，則月产35吨。随着新的假漆及有机矽塑料的生产，則对于電綫、电动机、变压器等而發揮它異乎寻常的特性。

特別是在最近，因它与聚合酯塑料的相配合使用，故可以制成“比鋁輕、比鉄牢的材料”。今后它也將进入到金屬的領域中，这是極其明显的傾向。

正当此时，本書——虽有很多不完备的地方，如能出版問世也許是有益的。虽然到現在为止，不能說沒有关于玻璃纖維的启蒙性的書或帶綜合性的材料，但是关于其性質尙無系統的資料，当然这也因为玻璃纖維的一些性質有很多是在战后經過研究才被闡明所致。玻璃纖維有很多用途但也有許多缺点，这是由于其独特的性質中所产生的。对它的这些性質加以分析时，便可以發現其新的用途以及找出防止性能劣化的对策等。基于此点，本書对于玻璃纖維的性質以及其新的用途，尽可能的將所收集的資料，加以評述。

本書所記載的內容，除由各种文献及著者等的實驗結果外，还灵活运用从1949年（昭和24年）以来，由著者等

曾召开过的电气絕緣材料研究会的玻璃纖維墊分会、玻璃纖維帶分会、玻璃纖維漆布分会和玻璃纖維套管分会等，以及依这些分会的提議而召开的日本标准規格專門委员会等所提出的各种資料。在此謹对提供这些資料的各單位致以深厚的謝意。

著者識

1954 年（昭和 29 年）12 月于电气試驗所

目 录

第一篇 玻璃纖維概說

第一章 玻璃纖維的定义及其历史

- 1.1 什么是玻璃纖維 7
- 1.2 玻璃纖維工業的历史和現狀 7
- 1.3 玻璃纖維工業的前途及其意义 12

第二章 玻璃纖維的成份、种类及其制法

- 2.1 什么是玻璃 15
- 2.2 玻璃纖維的化学成份 14
- 2.3 玻璃纖維的种类 17
- 2.4 玻璃纖維的制法 18

第三章 玻璃纖維的基本性質

- 3.1 玻璃纖維的性質的特点 24
- 3.2 玻璃纖維的外觀及其比重 24
- 3.3 玻璃纖維的拉伸强度 25
- 3.4 玻璃纖維的彈性 29
- 3.5 玻璃纖維的电气性質 35
- 3.6 玻璃纖維在各种环境下的性質 35
- 3.7 玻璃纖維的潤滑剂 47

第二篇 玻璃纖維的应用

第四章 玻璃纖維的优点和缺点

第五章 电絕緣材料上所用的玻璃纖維

- 5.1 用于电气絕緣上的玻璃纖維 及其使用法 50

5.2 电气絕緣用玻璃纖維的使用效果	52
5.3 电气絕緣用玻璃纖維制品的現狀	55

第六章 做为隔热材料的玻璃纖維

6.1 隔热用玻璃纖維及其使用法	76
6.2 隔热用玻璃纖維的性質	78
6.3 隔热用玻璃纖維制品的現狀	79

第七章 做为蓄电池材料用的玻璃纖維

7.1 蓄电池用玻璃纖維及其使用法	80
7.2 蓄电池用玻璃纖維制品的現狀	82

第八章 做为吸声材料用的玻璃纖維

第九章 玻璃纖維的其他用途

9.1 做为防蝕材料用的玻璃纖維	88
9.2 做为過濾材料用的玻璃纖維	89
9.3 做为防震材料用的玻璃纖維	91
9.4 做为裝飾材料用的玻璃纖維	92

第十章 玻璃纖維增强塑料

10.1 什么是玻璃纖維增强塑料	93
10.2 聚合酯塑料	94
10.3 玻璃纖維的使用状态	95
10.4 玻璃纖維的預备处理	96
10.5 玻璃纖維增强塑料的成形法	98
10.6 玻璃纖維增强塑料的性質	101
10.7 玻璃纖維增强塑料的用途	105

結束語

第一編 玻璃纖維概說

第一章 玻璃纖維的定義及其歷史

1.1 什麼是玻璃纖維？

大家都知道，用煤氣燃燈熔化玻璃棒的中央，然後迅速向左右拉制便拉成細絲。實際玻璃纖維就是這樣把熔化後的玻璃拉成纖維的東西。雖然說來是很容易的，但是要作為一種工業材料來生產，那就是非常複雜的。因為不僅須要做成象纖維那樣的品質均勻的細絲，而且又要能夠大量生產，並在很多情況下（根據用途）須要製成 10μ 以下的玻璃絲。 10μ 是 1 公厘的 $1/100$ ，它的細度如何是可想而知的了。象這樣細的玻璃纖維，也和普通紡織用的纖維一樣，可紡成紗，也能織成紡織品。把它製成紗和紡織品，或是成為棉狀物，這些都可以與特殊的合成塑料相結合製出新的成品。象這樣玻璃纖維幾乎脫離了玻璃的概念，而進入到近代工業材料的領域中了。

1.2 玻璃纖維工業的歷史和現狀

如上所述，玻璃纖維不難用手工製取，所以古埃及時代就能夠製造用於裝飾方面的玻璃纖維。但作為工業材料却是

新近的事情。1914年，当第一次欧洲大战爆发后，德国由于石棉（隔热材料）的来源被杜絕，即用玻璃綿为其代用品。但是，使用玻璃棒熔化拉絲的方法是不能滿足需要的。因而研究出大量生产的方法：將熔化了了的玻璃，由爐底的細孔中拉出，再用机器卷拉的办法来制取。这种生产方法叫做坩堝法。它堪称为玻璃纖維生产工業化的开端。后来在1934年左右美国 Owens-Illinois 玻璃公司的技術人員研究用帶色玻璃吹制牛奶瓶的时候，發現了一簇一簇的帶色玻璃細絲，形狀象棉花一样，很輕。这就是發明吹制法的开端，即是使用高压蒸汽来噴吹已熔化的玻璃，使其成为玻璃棉的方法。

現在欧美有許多国家能制造玻璃纖維。但是無論从質量上或数量上都不如美国，特別是以美国 Owens-Corning 玻璃纖維公司为最發达。这个公司是在1938年由 Owens-Illinois 和 Corning Glass Works 兩公司合併而成。1940年左右其制造方法得到了飞躍的發展，生产了物美价廉的無碱玻璃紗和电气絕緣織品等，在世界上享有絕對优势的地位。以1953年美国玻璃纖維出售額，Owens-Corning 公司就佔80%以上。最近美国著名的平板玻璃公司接受 O.C.F. 公司的技術援助，亦逐漸开始制造玻璃纖維了。圖 1.1 表示世界玻璃纖維的生产量。美国的玻璃纖維出售額，1951年約为 13,500 万美元，1960年可能达到 25,000 万美元。

日本的玻璃纖維和其它很多的材料一样，先是从軍事方面进行研究。即在1930年时为了防止海軍潛水艇用的蓄電池鉛格板由于震动而产生的脫落鉛塊的現象，便使用了玻璃纖維墊，因此开始促进了这种工業的發展。后来在1937年到1938年間更由于隔热材料石棉的缺乏，玻璃纖維制造厂

有了迅速的增加,战时中有大小 10 个厂从事生产。1943 年产量已超过 1000 吨。当时最大的消耗者为海軍部門,主要是用于艦艇。后来战争结束后,其生产量曾急剧的下降,玻璃纖維工業几乎一蹶不振。)但随着国家实力的恢复,并受到了各国惊異的發展和扩大用途的刺激,需要量亦急剧增加,因而其产量又开始上升。特别是在战后日本所制出的玻璃纖維

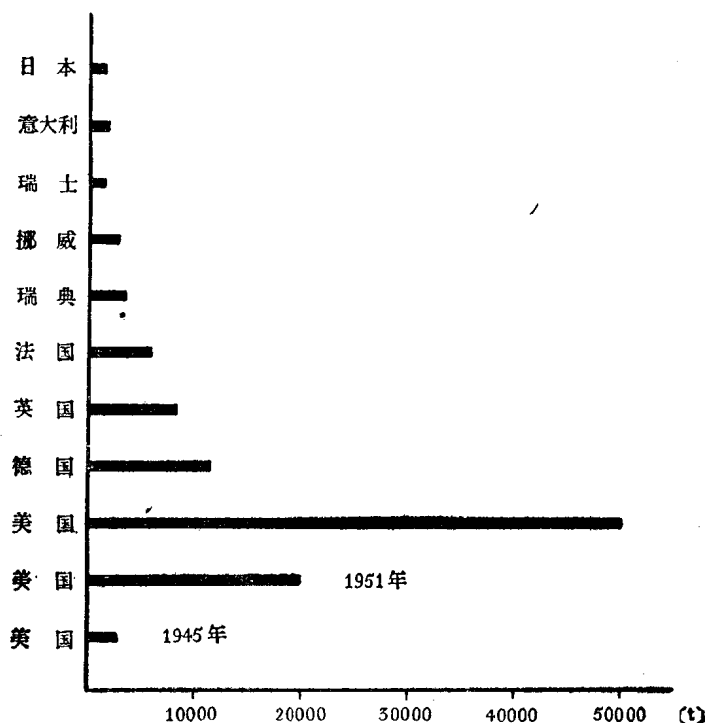


圖 1.1 对各国玻璃纖維生产量的推测 (青木吉佐)

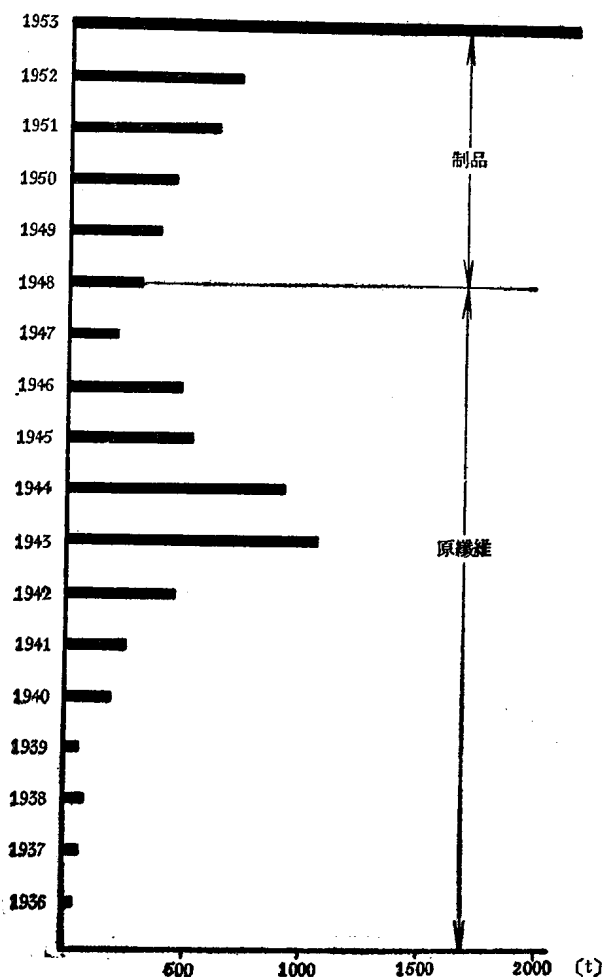


圖 1.2 日本玻璃纖維生產量的推測 (青木吉佐)

品質優良，足以和歐美各國的產品相媲美，並且向電氣絕緣材料領域中的進展也極為顯著。1953年玻璃纖維的年產量竟突破了戰前最高的生產量。關於日本玻璃纖維生產狀況如圖 1.2 圖 1.3 所示，現在國內有五個玻璃纖維工廠進行着生產，其產品各有所長。欲知其詳可參考結束語部份。

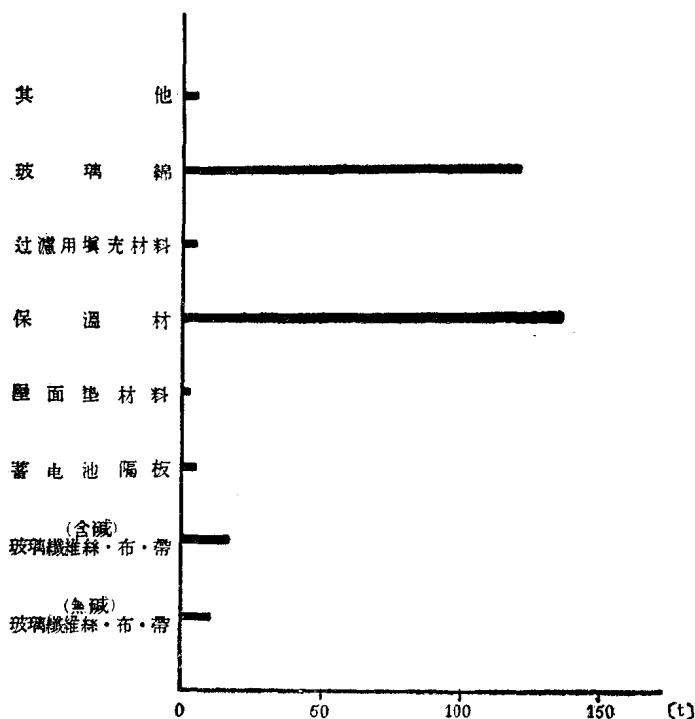


圖 1.3 1954 年 3 月的各種玻璃纖維制品的生產量

1.3 玻璃纖維工業的前途及其意义

如上所述，玻璃纖維的历史由隔热材料开始，扩展到絕緣材料領域，并且近年来很多事实表明，它的用途越来越广泛了。这是因为出现了玻璃纖維增强塑料的緣故。这种材料是合成塑料（特别是聚合酯塑料）和玻璃纖維組合在一起，作为結構材料的。其优越性能恰如后面所述是富有革命意义的物質。从此，玻璃纖維便达到了能够和金屬材料相竞争的地位！它和人們的生活关系也越来越密切了。

現在日本政府制定了聚合酯塑料增产五年計劃。根据这个計劃，在不久的将来，仅聚合酯所用的玻璃纖維平均年产量要达 2000 吨。

最近美国已经开始使用 1μ 以下的微細纖維作为工業材料。这样就更加扩大了玻璃纖維的用途。

特別值得注意的是制取玻璃纖維，几乎只用国内資源即可进行生产。因此随着用途的推广，它将侵入到棉和金屬領域中，而这些原料对依賴輸入的日本來說，是有它特殊意义的。

目前各国玻璃纖維的情况，不仅是应用面广泛，而且新的用途一年比一年增加。同时玻璃纖維的日益进步，也促进其它工業有革新的發展。日本的情况也并不是最近才認識到玻璃纖維的重要性。在战前就已經有許多从事这方面的研究工作。特别是学术振兴会第 18 次和 34 次小組委員會所进行的各种研究，已取得的成就不容忽视。其中澤井、嶺兩位博士所建树的功績是不應該忘記的。虽然尽管如此，但是，日本在玻璃纖維的普及上还做得非常不够。这从产量上就可

以清楚的看出来。它的原因：第 1 由于宣傳的不够，以致对其使用的效果認識不足；第 2 其价格还不是低廉的（尤其是無碱玻璃纖維）；第 3 对其性質完全了解的还不够普遍。本書就是从这种观点出發而編集的小册子。至于玻璃纖維的价格貴賤，則有賴于制造厂和技术人員的努力，使之逐漸減低价格。即使是無碱纖維和普通棉的价格目前还不相等，但使其价格比棉花低廉的前途为期不远了。总之本書仅供各位参考之用，如能在促进玻璃纖維工業的發展上略有貢獻，那就是非常幸运的了。

第二章 玻璃纖維的成份、 种类及其制法

2.1 什么叫玻璃

通常我們所說的玻璃，是以二氧化矽(SiO_2) 为主要成份，并加入各种金屬的氧化物或碳酸鹽为其副成份的熔融物。在未析出結晶时，即被急剧冷却所凝固成的無定形物質。其原子結構是以矽为中心，圍繞着四个氧原子的 SiO_4^{4-} 四面体所構成無規則的三次元的網狀組織。其網絡的空隙間嵌入有結合力較弱的各种金屬离子，所以構成玻璃的主要力量是以 Si 和 O 之間的結合力。由于这种結合力非常坚强，所以玻璃有

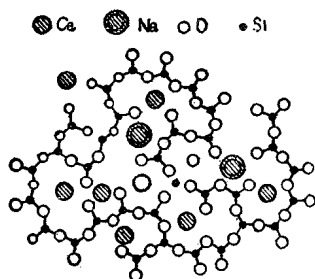


圖 2.1 玻璃構造平面圖
的模型

如碳和碳相結合为主体的有机物一样，在低温下也不致于分解（圖 2.1）。

玻璃纖維也与此情况完全相同。但玻璃纖維由于是纖維物質，而又是以三次元網 Si-O 所構成的一种类結合为其主体。有机纖維首先必須將原子聚集成为鏈狀的長分子，它以

較弱的力量凝聚成纖維狀。所以構成纖維的結合力可以分为兩種，一为構成鏈狀分子，即縱方向較强的結合力，另一为与此分子羣相結合的橫方向而又較弱的結合力等（例如棉花、絹、尼龙）。这种强力所結成的三次元網狀物質，如果是有机物时則决不能成为实用的纖維。因为这样的物質只能

做成固体物(如酚醛塑料),象这样玻璃是具有三次元網狀的結構,而且即能成为硬的固体物亦能成为纖維,这些就是玻璃本質上的特点,而玻璃纖維机械性能的特性亦由此而生。另外玻璃纖維也有鏈狀結構之說,但至今尚缺乏确切的根据。

2.2 玻璃纖維的化学成份

作为玻璃副成份所加入的金属氧化物为 Na_2O , K_2O 或者 CaO , MgO 等。这些物質具有降低玻璃熔点使之容易熔化的作用,但其中的 Na^+ 和 K^+ 与氧的結合力較弱,一接触到水便容易溶解。玻璃纖維是很細的單纖維結合体,單位表面积極大,从而使用的时候与水分接触極易發生碱份溶解的現象。为了避免这种現象,首先应当着眼它的化学組成問題。如前章所述,將玻璃液拉成纖維狀,其本身并不困难,(由原理上看),無論什么样的玻璃只要条件适宜都可以使之纖維化。

玻璃纖維如后面所述,它有一种所謂風化的劣化現象。它的根本原因就是由于这种水解現象所产生的。要避免这种現象首先应減少含碱量(Na_2O 和 K_2O),再加入可以防止碱溶解的副成份。因此,玻璃纖維化学成分和普通窗玻璃成分相比較是迥然不同的。特别是作为电絕緣材料,極其嫌忌碱的溶出,所以必須使用不含碱的玻璃(無碱玻璃)。

但是沒有必要在任何情况下都使用無碱玻璃,根据用途,在很多情况下亦可以使用含碱玻璃。但是使用者对这一点必須加以充分考虑再来選擇玻璃纖維的种类。

表 2.1 是表示現在世界各国已商品化的玻璃纖維化学組成。在日本所用的玻璃原料有矽石、長石、石灰石、苦灰石

表 2.1 商品化的玻璃纖維化学成份

种类	国别	SiO ₂	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃	CaO	MgO	BaO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O	其 他
無碱	日本	50.58	14.23	12.09	18.27	4.29	0.59	—	—	—	—
	日本	56.21	15.26	3.76	16.00	3.64	4.86	—	—	—	TiO ₂
	美国	54.60	14.80	8.00	17.40	4.50	—	—	0.60	—	0.55
	德国	54.20	10.00	9.00	20.40	3.40	—	—	—	—	—
低碱	日本	53.00	15.00	10.00	14.00	—	—	—	{		—
	日本	64.50	4.00	10.00	10.90	—	—	—	6.00	—	—
	美国	53.10	15.80	8.90	14.90	—	—	—	4.90	—	—
	德国	54.70	10.50	6.90	14.30	3.50	—	—	7.10	—	—
含碱	日本	67.23	2.18	3.52	6.76	0.29	—	6.45	13.52	—	—
	日本	73.07	1.50	8.60	—	—	—	—	16.80	—	—
	日本	68.88	1.70	—	8.58	3.90	—	—	13.43	—	1.23