強化材料としてのガラス繊維

竹 原 俊*

はじめに

先端材料開発の目玉テーマの1つとして、複合材料が挙げられている。複合材料の中でも繊維強化材料はその歴史も古くかつ実用されている例も圧倒的に多い。なかでもガラス繊維（以下 G/F）を強化材としたプラスチック製品は、最初は“グラスファイバ”近年は“FRP”を代表名詞として、家庭用品から高級工業材料に至る広い分野でおなじみの材料となりつつある。とはいっても複合材料の奥行は深くこれからどんどん新しいものが現われてくるに違いない。強化材も現に多様化の時代に入し、これまで独占的に主役を演じてきた、G/F もそろそろその存在価値を見直す時期にきているようである。カーボン、アラミド等ユニークな性格を備えた新強化材に対して G/F は何を主張してゆくのか、そんな見方を意識しながら G/F の現状をまとめた。

1. 統計よりみた G/F

1.1 販売統計の推移

最近のデータを折込んだ、G/F 販売量（国内、輸入とも）推移と対前年度伸び率を図1と図2に示す。この統計値は硝子繊維協会及び通産省発行の統計資料をもとに当社が作成したものである。昭和52年より年平均11%のペースでその販売量を伸ばしていることが判る。複合材料の用途拡大の時代に入って消費量はまだまだ伸び続けると思われるが、ペースの拡大により今後は伸び率は従来レベルより低下するものと考えられる。総販売量の85%前後が

FRP 向の強化材として使用されている傾向は、過去10年間ほとんど変化していない。又、総販売量中に占める輸出比率は10~15%の間を推移している。

1.2 用途別需要の推移

G/F の最大利用用途である FRP 製品分野における

図1 GF 販売量推移

図2 GF 販売量の伸び

*S. Takehara, 富士ファイバークラス真岡工場技術部長

表1 G/Fの用途別需要推移

	建設	住機	船舶	容器	SMC	TP	電絶	その他	輸出	出荷量合計 (KT/Y)
S53	3. 7	16. 8	19. 2	8. 3	7. 9	7. 2	12. 6	10. 6	13. 8	92. 8
54	4. 5	17. 5	17. 7	11. 3	8. 3	9. 2	13. 0	9. 5	9. 0	110. 8
55	5. 5	13. 9	12. 3	13. 0	8. 2	10. 4	13. 5	9. 5	13. 7	98. 0
56	5. 5	13. 4	12. 0	12. 3	7. 9	12. 3	13. 3	9. 4	13. 9	113. 1
57	5. 8	14. 8	10. 3	12. 2	7. 7	12. 5	13. 1	11. 1	12. 5	111. 9
58	4. 6	13. 9	8. 8	10. 0	9. 9	15. 1	13. 6	9. 2	14. 9	134. 0
59	5. 1	14. 6	7. 7	10. 8	7. 6	15. 3	16. 0	7. 8	15. 1	148. 0
60	5. 4	14. 4	7. 7	10. 6	7. 8	15. 3	16. 1	8. 5	14. 2	143. 9

*数値は占有%を表わす.

製品分類別消費量比率の推移を表1に示す. 数値は全体を100としたときの占有%で示してある.ここでFRTP (熱可塑性樹脂のFRP, エンジニアリングプラスチックなど), 電絶 (主として印刷回路用

基板) 用等が徐々に比率を上げ, 船舶向 (主として魚船) の比率がダウンしている. 住機, 船舶とこれまでFRP 需要の牽引車だった分野が振わない. この傾向はしばらく続くものと考えられる.

表2 G/F Shipment of Free World

Nation	Shipment (1000tons) 1979	Share (%)	* Shipment (1000tons) 1984	Share (%)
U. S. A	500	57. 1	520	56. 0
Germany	53	6. 1	52	5. 6
France	46	5. 3	40	4. 3
Italy	42	4. 8	39	4. 2
U.K	25	2. 8	25	2. 7
Netherlands	13	1. 5	17	1. 8
Others	9	1. 0	11	1. 7
EEC Total	188	21. 5	184	19. 8
Spain	11	1. 3	11	1. 7
Sweden	7	0. 8	9	1. 0
Switzerland	6	0. 7	5	0. 5
Norway	6	0. 6	5	0. 5
Others	8	0. 9	5	0. 5
Other Europe Total	38	4. 3	35	3. 8
Japan	100	11. 4	140	15. 1
Others	50	5. 7	50	5. 4
Grand Total	876	100. 0	929	100. 0

* FFG 推定

1.3 外国の状況

過去10年間で最も需要の旺盛だった1979年と1984年の自由諸国でのGF 出荷統計資料²⁾を表2に示した. 各国間の大まかなバランスをみていただければ幸いである. この資料でも日本の伸びの著しさが特筆される. 最多生産国であるUSA の用途情報として本年のSPI で発表された統計資料を表3に示すので参考にされたい. 国内統計と分類が異なる所もあるが輸送用機器と建設用途が圧倒的に多いのが特徴である.

表3 米国RP用途別出荷統計 (KT/Y)

分 類	'84 実績	%	'85 推 定	'86 予 測
航 空	13. 2 (+16. 0)	1. 4	14. 5 (+13. 0)	16. 8 (+15. 0)
家電/事務機器	55. 8 (+16. 0)	5. 7	60. 3 (+ 8. 1)	62. 6 (+ 4. 0)
建 設	195. 0 (+ 8. 0)	2. 0	201. 9 (+ 3. 5)	205. 9 (+ 1. 9)
消費材	64. 9 (+12. 0)	6. 6	64. 4 (− 1. 0)	65. 8 (+ 2. 0)
耐食機器	140. 6 (+ 8. 0)	14. 4	133. 8 (− 4. 8)	137. 0 (+ 2. 4)
電気/電子	85. 7 (+11. 0)	8. 8	86. 6 (+ 1. 0)	90. 3 (+ 4. 2)
内航/船舶	140. 2 (+12. 0)	14. 4	152. 0 (+ 8. 4)	157. 4 (+ 3. 5)
輸送用機器	244. 9 (+18. 0)	25. 1	255. 4 (+ 4. 2)	262. 6 (+ 2. 8)
その他	36. 3 (+11. 0)	3. 7	37. 2 (+ 2. 5)	38. 6 (+ 3. 6)
合 計	976. 6 (+12. 0)	100	1006. 1 (+ 3. 0)	1036. 9 (+ 3. 1)

- (1) 強化熱硬化/熱可塑性樹脂複合材
- (2) 強化材/フィラーを含む
- (3) かつこ内は伸び率 (%)

SPI RP/C Inst
(FRP協会資料より)

表4 各種G/Fの種類とその特徴

ガラス名	組成	特徴	用途
Eガラス	SiO ₂ 55	<無アルカリ系> 電気絶縁・耐酸性 生産性	一般FRP用 電気絶縁用
	Al ₂ O ₃ 15		
	RO 22		
	B ₂ O ₃ 7		
	R ₂ O <0.8		
Aガラス	SiO ₂ 72	<板ガラスに近い組成> 耐酸性	主としてガラスワール
	RO 13		
	R ₂ O 15		
Cガラス	SiO ₂ 65	<柔かい組成> 耐酸性	耐食FRP用
	Al ₂ O ₃ 10		
	B ₂ O ₃ 10		
	RO 17		
	R ₂ O 8		
SIIガラス	SiO ₂ 65	<高シリカ系>	特殊FRP
	Al ₂ O ₃ 25		
	RO 10		
ARG	SiO ₂ 70	ZrO ₂ を多量に含む 耐アルカリ性	セメント補強用
	R ₂ O 10		
	ZrO ₂ 20		

2. 製品と用途

2.1 G/Fの種類

繊維化し得るガラスは数多くある。これまでに種々のガラス組成がG/F用として名のりをあげてきたが、現在に至るまで固定した用途があって生き続けてきたものはそう多くはない。代表的なものを表4に挙げた。中でもEガラスはその特性及び生産性に優れ、最も大量に生産されている。ARG（耐アルカリガラス）はセメント中での長期寿命がいまひとつははっきりしないようである³⁾。又、最近になって電子材料用途でその急速な進歩に伴って低誘電率のガラス（Dガラス）、低膨脹率のガラス（石英ガラス）等が話題にのぼってきている。

図3 G/F製品の製造工程図
PPG資料より

2.2 製品と製造工程

主製品とその製造工程の概略を図3⁴⁾に示す。G/Fの主要製品は図3に示されたローピング、チョップドマット、チョップドストランド、ヤーン、クロス、ローピングクロス、の6種であり、これらが全体の90%以上を占めている。ガラス原料を熔融する炉はその平面図が図4のごとき設計が一般的である。フォアハースの下にある紡糸室の一例を図5、ガラスの引出し口になる口金（ブッシングと呼んでいる、白金合金製）を図6、又、紡糸の装置及びアライメントを図7に示す。図8はローピングを作る工程のレイアウト、図9はマットマシンの概略図とカッターヘッド部の一例を示したものである。いずれもG/F用の設備設計になっている。

2.3 用途及び FRP の成形法

現在多用されているFRPの成形法との関連を表5に示した。FRPはチョップドマットを使ったハンドレイアップ法からスタートしたが、生産性、コ

スト、成形品強度の要求高度化等が原因で次々に手作業的な方法からプレス、射出成形機などを使う機械成形に移行してきている。これに伴ってG/Fの製品形態及び具備すべき要求特性も大幅に変ってき

(a) ブッシングのよこ方向

(b) ブッシングのたて断面

図6 ブッシングとノズルシールドの相対位置

図4 直接熔融炉と温度分布の一例

(a) 紡糸室の断片の投影図

図5 紡糸室の一例

図7 タンチュウワインダーの例

図8 ロービング巻取設備の一例

図9 マットマシンの概略図とフォーミングチェーンバーの一例

ているのが現状である。

3. コストとパフォーマンス

3.1 G/Fの特徴

有機繊維・金属繊維などと比較した場合の特長を列記してみると以下ようになる (E ガラスの場合)。

- ①表面が滑らかな円柱状で長, 短繊維が得られる。
- ②不燃性で化学耐久性が大きい。
- ③非吸水性で電気的性質に優れている。
- ④引張り強さ, 比引張り強さが大きい。 ⑤繊維径が小さくなる程引張り強さが大きくなる (図

図10 ガラス繊維の直径と引張り強さ

10)。

- ⑥繊維としては伸びが小さい (約3%)。
- ⑦弾性限界内の伸びと引張り強さが著しく大きい
ため衝撃エネルギーの吸収量が大きい。
- ⑧弾性率が大きく降伏点がない。

*⑨寸法安定性, 耐熱性に富み, 550℃以上にならないと可塑性を示さない。

*⑩透明である。ポリエステル樹脂の配合によっては透明なFRPが作れる。

⑪ガラスの組成により各種の特徴を与えることができる。

*⑫工業材料として安価に入手できる。

*⑬加工性がよく種々の製品形態が供給可能。

*印は最近の強化用繊維 (カーボン, アラミド, etc) に比べた場合主張したいG/Fの強調特性である。引張強度及び弾性率についてのみ注目する場合表6のごとく, 最近のAdvanced Reinforcementに

表5 Characteristics and Uses of Fiber Glass Reinforcements

GLASS FORM	GENERAL DESCRIPTION	LAMINATE NORMAL GLASS CONTENT, WT. %	PRINCIPAL PROCESS	TYPICAL APPLICATIONS	RELATIVE GLASS COST
Continuous Strand	Gathered filaments supplied on a cylindrical forming package	50-80* 70	Filament winding XMC® sheet compound/ matched die molding	Pipe Manhole steps, structural auto parts	Lowest
Chopped Strand	Bulk cut strands, 1/8 to 2 inches	10-30	Premix & BMC compression, matched die & injection molding	Auto, appliance, business machine, and electrical components & housings	Low
		10-45	Thermoplastic extrusion compounding/injection molding		
Continuous Roving	Gathered bundle of one or more continuous strands wound into a cylindrical package	50-80* 25-40 60-70	Filament winding SMC, preform, HMC™ compound/ matched die molding	Pipes, tanks, booms Chairs, auto front ends, ski-mobile housings, structural parts	Low
		25-35 15-25 20-30	Spray-up, unfilled Filled Continuous laminating	Tanks, fume hoods, truck parts Tub/shower units Translucent greenhouse & patio roof panels, garage doors & industrial skylights	
		25-80*	Continuous pultrusion	Electrical & corrosion resistant stock; fishing rods	
		20-45	Hand lay-up	Boats; corrosion resistant ducts, fume hoods;	
		25-35	Press, cold & matched die molding	Electrical laminates	
Reinforcing Mat	Chopped or continuous strands in non-woven random matting, lightly bonded with resin	20-30*	Centrifugal casting	Housings, shrouds, trays Low pressure water & chemical tanks	Medium
Surfacing Mat (Veil)	Non-reinforcing monofilaments in random matting	0.5-10*	Hand lay-up Matched die molding	Used with reinforcing mat & fabrics for improved surface finish and as inside resin rich barrier surface in corrosion resistant products.	High
Woven Roving	Heavy, drapeable fabrics made from continuous roving	up to 45* in combination with other types	Hand lay-up	Boats, tanks, large containers & housings	Medium
Woven Roving Mat	Chemically bonded woven roving & chopped strand mat	up to 65*	Hand lay-up	Same as above	High
Woven Fabrics	Woven textile yarn with after-finish Available in many styles.		Hand lay-up, bag molding, press lamination	Boats, electrical laminates, aircraft & aerospace applications	High

*These ranges reflect the reinforcement contents of that specific portion of a multi-type reinforcement structure.

表6 強化材の種類とその物性

繊維	種類	繊維径 (μm)	密度 (g/cm ³)	引張り強度 (kgf/mm ²)	比強度 (10 ⁴ m)	比強度/kV	弾性係数 (kgf/mm ²)	比弾性率 (10 ⁶ m)	比弾性/kV
ガラス	E	10	2.51	250	10	20	7700	3	6
	S-2	9	2.49	370	15	—	7200	4	—
カーボン	レーヨン系*GP	8-10	1.45-1.50	70~120	5-8	—	3500~5600	2-4	—
	PAN系*HT		1.75-1.82	360~460	20-25	—	23500~26500	13-14	—
	IM	6-7	1.75-1.80	430~520	24-28	—	29600	16-17	—
	IIM		1.80-1.90	240~260	13	0.7	39800~45900	22-24	1.2
	ビツノ系*GP	10	1.61	100	6	—	4100	25	—
アラミド	IIM		2.0-2.15	190~220	10	—	38700~73900	19-33	—
	レギュラー	12	1.44	290	19	—	6100	4	—
ポリイソレン	IIM		1.45	290	19	1.3	13300	9	0.6
	ゲル筋系法		0.95	310	32	—	7200	9	—
炭化けい素	か焼法*	10-12	2.55	260~310	10-12	0.1	17300~20400	6-8	<0.1
	蒸着法	100	3.3-3.0	340	10	—	13800	13	—
ボロン	蒸着法	50-100	2.5-3.0	360~380	14	0.2	40800	16	0.2
アルミナ	Dupont法*	20	3.9	110	4	—	38700	10	—
	住化法*	9	3.2	270	8	0.2	25500	8	0.2
ウイスキー	SiC原料	—	3.2	310~1400	—	—	測定困難	—	—

比べるとやや見劣りの感はあるものの単価当りの数値が示すようにそのコストパフォーマンスはまだまだG/Fのレベルには及ぶものがない。

3.2 G/Fのコスト

コストレベルの理解の資料として図11を参照されたい⁶⁾。G/Fのレベルは金属ではアルミ、銅、一般のプラスチック材料に匹敵するところにある。セニイという形態でこのコストレベルに注目していただきたい。強化繊維の具備すべき各性能のバランスについて、コストを含めて代表的なものを、カーボン、アラミドと比較しレーダチャート風にまとめたものが図12である。この図は、くもの巣が大きいほど材料として好ましいと理解していただきたい。G/Fの最大の特長はその低コストにあるといっても過言ではない。

3.3 G/Fを使ったFRP

プラスチックの強化材という見方をすると複合材としての性能はマトリックスと強化材とが関与し合うものであるから、強化材のみの性能比較とは異なる。

なった面が生じてくる。まして連続繊維で強化されていない場合（市場ではこのケースの例の方が圧倒的に多い）は強化材そのものの物性よりもマトリックスとの接着性が大きなキーポイントになり、せっかくのすぐれた強化材の性能が充分発揮し得ない場合も多い。表面処理技術に関してはG/Fはその長い歴史において膨大な実績を積上げてきており強化材中では最もバラエティに富んでいる。強化材とこれを使ったFRPの物性がどんなポジションにあるかを示す例として図13を参照されたい。FRP物性が狭い範囲に集中してきているのはマトリックスの影響によるものであることは明らかである。代表的な強化材を使ったFRPの長、短所をまとめてみると表7のようになる。

4. 最近のG/F製品とこれからの展開

4.1 新形態・高性能製品

最近の市場からいくつかピックアップして紹介してみる。従来にない新しいタイプのG/F製品が続々と登場してきている。

図11 単位重量当たりの繊維価格と工業製品価格の比較

図12 各種強化材の特性バランス

図13 種々の材料の比強度と比弾性率の関係

- ① カットファイバ⁷⁾=長繊維を0.1~1.0 m/m に切断したフィラメント状G/F製品。R-RIM (強化タイプ反応射出成形) などの強化材として使う。従来の Mildファイバとは製法が異なり、繊維の長さ分布がシャープであり微粉の混入がない (図14)。
- ② メタルコートG/F=G/F表面にCu, Niなどのメタルをメッキしたもの。導電性を賦与してEMI (電磁波シールド) 用の強化材を狙っている。メッキ法としては化学メッキが一般的。製品形態は、ローピング、チョップ、カットファ

表7 各種FRPの長所と短所

強化繊維	長 所	短 所
カーボン繊維	比強度・比弾性が高い	コスト高い。黒色、導電性・衝撃強度低い
ガラス繊維	安い 成形加工容易、透明 多様・多様（形態）	比弾性が低い 疲労強度が低い
アラミド繊維 （ケブラー）	比強度・衝撃強度が高い	コスト高い。成形品の呈色・圧縮強度が低い 加工が困難（切断面のささくれ）
ポロン繊維	比強度・比弾性が高い 圧縮強度が高い	コスト高い 成形、加工が困難

ガラスカットファイバの電子顕微鏡写真

図14 カットファイバの製品例

イバなど。

- ③ トリプルマット®=複合マットの新製品で3層のうち上下層はチョップドストランド、マット、中間層にうず巻状のストランドがはさまれている。基材の方向性が小さく、マット/マット成形品とマット/ロービングクロス成形品の中間的な物性を持つ。1 kg/m²という単重にしては含浸性がよい。
- ④ アドマット®=英国のFiber Glass社より発売されたもので両サイドに接着剤がコートされたテープ状マット。FRP成形時の基材セット等に使われる。接着剤はスチレンに溶けてマットはそのまま強化材となる。
- ⑤ サーモロックヤーン/クロス=嵩高加工され

たガラスヤーン、ひも及びこれを使ったクロスで、石綿代替として摩擦材、遮熱布等に用いられる（図15）。

*サーモロックヤーン系：均一に嵩高加工されている

*サーモロックヤーンSP系：若干のループを含んでいる

図15 サーモロックヤーンの製品形態

- ⑥ トリコットテープ¹¹⁾=伸縮自在のニット製品、樹脂との接着性もよいのでFRP成形にも使える。あらかじめエポキシをプリプレグして重電機用モールドテープとしても使える。
- ⑦ 高強度クロス¹²⁾=ガラスクロスはヒートクリーニング工程で強度が大幅にダウンするがこの工程なしで処理クロス並の含浸性を持たせたものの、FRPで30%前後の強度アップが図れる（表8）。
- ⑧ クレネット¹³⁾=ネット状のG/F製品、粗布とも呼ばれる。製造は織・編・組のいずれでもなく、糊接着で経緯糸が固定されている。塩ビ波板の強化材としても用いられる。

表8 高強度クロスとFRP特性

特性		品名		FECR-2017- 44B*	FECR-2521-23B
		区名		高強度ガラスクロス	処理ガラスクロス (ビニルシラン)
曲げ強さ (kg/mm ²)	常 態	縦	46.6(132)	35.4	
		横	44.4(143)	31.1	
	100h煮沸	縦	36.9(119)	30.9	
		横	36.8(126)	29.3	
	ガラス含有率(%)		55.4	57.2	
引張強さ (kg/mm ²)	常 態	縦	39.0(159)	24.6	
		横	36.2(155)	23.3	
	100h煮沸	縦	32.6(155)	21.1	
		横	33.1(158)	20.9	
	ガラス含有率(%)		55.4	57.2	
含 浸 性			良	良	

注：樹脂はPS-660P-2(日立化成工業株式会社製)15プライ積層、70℃ 2時間キュア

* ()内の数値は従来品の特性値に対する比率(%)

- ⑨ 3次元織物¹⁴⁾=立体状に織上げられた G/F 製品。ラミネートではない固体 FRP の成形が可能。FRP 製のロケット/ノズル等に用いられている (図16)。
- ⑩ ルーフ用テフロンコート布¹⁵⁾=ベータヤーン

3次元織物の例で、ロケットノズル材料で、右側が織物で、左側がピッチを含浸させ、焼成したもの

図16 3次元織物とその応用例

(3 μ) を使い両面をテフロンでコートした、耐屈曲性の優れたファインクロス。フットボールスタジアムや空港等の大型施設の膜構造屋根材として注目されている (図17)。

- ⑪ シリガラス¹⁶⁾=耐熱性1000℃以上の高シリカガラス布、通常の G/F 布を酸処理して高シリカ系に変換したもの。表面積も大きい。

4.2 将来の期待を集める応用分野

- ① 自動車用 FRP——G/F を使う FRP 分野では最も期待されている分野の1つ。種々の予測があるが、G/F メーカーサイドのものとして OCF 社 (USA) のもの¹⁷⁾を紹介する。これは熱硬化系の FRP のみの資料で、自動車の生産伸び2.8%に対し、FRP の使用量の伸びを14.0%と予測している (表19)。

これにより2年前に発表された資料¹⁸⁾の中に成形法別使用量の予測があるので表10に紹介しておく。数値が多少異なっているのも興味あ

膜材料の構成

図17 膜構造屋根材とその物性

特性項目		単 位	特性値	試験方法
引っ張り強度	標準時	たて方向	kg /3cm幅	JIS-L-1096 (1979)
		よこ方向	kg /3cm幅	
	湿潤時	たて方向	kg /3cm幅	
		よこ方向	kg /3cm幅	
伸び	標準時	たて方向	%	JIS-L-1096 (1979) 破断時の平均値
		よこ方向	%	
	湿潤時	たて方向	%	
		よこ方向	%	
引き裂き強度	標準時	たて方向	kg	JIS-L-1096 (1979) トラベンゾイド法
		よこ方向	kg	
	湿潤時	たて方向	kg	
		よこ方向	kg	
2000時間連続促進耐候性試験後の特性 (参考値)				
引っ張り強度	たて方向	kg /3cm幅	265以上	JIS-L-1096 (1979)
	よこ方向	kg /3cm幅	195以上	
伸び	たて方向	3 %	9.1	JIS-L-1096(1979) 破断時の平均値
	よこ方向	%	14.5	
引き裂き強度	たて方向	kg	15以上	JIS-L-1096(1979) トラベンゾイド法
	よこ方向	kg	16以上	

表9 自動車FRPの需要予測

(トン)

年	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	平均成長率% (83—89)
トラック	36,360	45,860	53,692	54,669	53,469	57,335	58,368	8.2
乗用車	サブコンパクト	9,970	17,828	18,683	19,639	20,907	22,975	21.9
	コンパクト	6,224	8,878	11,791	10,971	14,280	14,750	16.9
	中型	22,230	26,889	30,611	31,861	35,320	42,505	15.0
	大型	21,453	25,530	27,079	40,626	49,042	49,507	16.2
乗用車計	59,877	79,126	88,164	103,096	119,549	129,738	156,686	16.9
合計	96,237	124,986	141,856	157,266	173,019	187,073	214,054	14.0

表10 成形法別使用量予測 (G—FRP) KT/Y

Process	82→83 %↑	1984	1985	1986	1987	82→87 %↑
圧縮成形 (SMC, BMC含む)	(22)	55.7	67.9	72.3	74.2	(94)
射出成形 (熱可塑性樹脂)	(23)	74.5	77.1	76.9	78.2	(44)
“ (熱硬化性”)	(45)	9.4	9.7	9.5	9.8	(69)
R-RIM (ウレタン, ナイロン)	(290)	7.4	11.0	11.1	11.3	(1160)
スタンプ成形 (熱可塑性系)	(70)	4.4	4.6	4.7	4.8	(140)
フィラメントワインディング/引抜	(50)	0.5	2.1	2.4	2.5	(1150)
低圧成形 (ハンドレイ, スプレーRTM)		0.6	0.6	0.6	0.7	(40)
小計	(27)	152.5	173.0	177.5	181.5	(78)
圧縮成形 (両前)	(26)	33.6	34.3	33.6	33.7	(41)
射出成形 (熱可塑)	(18)	6.0	5.5	6.0	6.0	(36)
射出成形 (熱硬化)	(42)	2.6	2.8	2.7	2.7	(125)
R-RIM&発泡成形	(25)	0.06	0.07	0.06	0.06	(50)
スタンプ成形 (熱硬化)	—	0.4	0.4	0.4	0.4	(100)
FW/引抜 (”)	(270)	0.9	—	—	—	(1770)
低圧成形 (”)	(10)	5.0	—	—	—	(42)
小計	(24.6)	48.56	49.67	49.67	50.36	(59)
合計	(26.6)	201.06	222.67	227.86	235.36	(73)

る。

- ② 石綿代替——石綿の代替は急務になってきている。多くの材料について様々の見地から代替可能性が追求されているが、G/Fは可能性の最右翼にあり、既に石綿と置換されて使われている分野も多い。現在の石綿の輸入量は20万t/Y以上あり、G/Fの需要分野としては魅力ある市場である。最近までの置換状況を当社の資料をもとに整理したのが表11である。なお、G/Fの安全性については現状の繊維径レベルでは全く心配ないことが多くの資料¹⁹⁾で説明されている。

5. おわりに

極めておおざっぱではあるがガラス繊維の強化材としての分野における最近の状況をまとめてみた。今日の様な材料多様化時代にあって強力な競争相手が次から次へと登場してくるなかで、G/Fはコストパフォーマンスのみにしがみついていたのは将来の拡大は仲々むずかしいといえよう。最も気心の知れた強化材としてその用途開拓に全力投球を行い、新しい用途要求に応じたG/Fを供給していくことが我々業界人のつとめであり、これが新しい発展につながるものと信じている。

表11 G/FによるAsbest 代替の現状

FFG 技術部

用 途	現 状	石棉消費量	代 替 状 況	可能性 及び 問題点
摩擦材	アスベストヤーン " テープ	26. 0 KT/年	自動車ブレーキ→スチール 自動車クラッチ→G/F	○ 代替化進行中 コスト
パッキング シール材	アスベスト粉末	11. 0	パッキング シール材 →G/F+α	○ 代替進行中
スレート 被板 平板	アスベスト繊維	140. 0	→G/F→カーボン? ARGの耐アルカリ性?	? Wetでは吸着性に問題 耐アルカリ性
石棉パイプ	アスベスト繊維	2. 3	G/F使用のFRPM管化	○ 代替進行中
補強ケイカル板 石コウ板	ケイカルにはアスベスト繊維 石コウにはアスベストペーパー	11. 0	→G/F ARGの耐アルカリ性? 低アルカリプロセスの開発もあり。	○/? 耐熱アルカリ性 ○ 殆んど代替化メド
ペーパー及び シングル	アスベスト又は天然繊維	2. 5	ルーフィング用 電絶用 シングル用 クッションフロアーバックカー } →G/F.	○ 殆んど代替化
モルタル/タイル 及び 塗装材料	アスベスト粉末	3. 0	C/S又はカットファイバーにて 代替	○ モルタル 吸着性能 ? 塗装 コスト?
フェノール及び FRTP補強材	フェノール、塩ビ、PP、etc にアスベストファイバー		C/S又はカットファイバーにて 代替	→○ 殆んど代替化
耐熱防火クロス	アスベストクロスにアルミメッキ	8. 0	バルキーなガラスヤーンで代替	→○ 代替化進行中

cf. G/Fの安全性 3μ以上のDIA, 12μ以上のLengthのG/Fは
人体の肺には到達しない(吸入されても)ことが証明されている。

参考資料

1) FRP 協会発行統計資料
2) TBA 社 Private Letter
3) BRE (UK) レポート
4) PPG 社カタログ
5) PPG 社カタログ
6) 日経ニューマテリアル (12-23・86)
7) 富士ファイバークラス社カタログ
8) 富士ファイバークラス社カタログ
9) Composites (Jan, 1985)
10) 富士ファイバークラス社カタログ

11) 富士ファイバークラス社カタログ
12) 富士ファイバークラス社カタログ
13) クラボウカカタログ
14) 調査レポート “新しい複合材料の研究開発と問題” 海外
技術資料研究所
15) ME Jan 1983 Vol.37
16) 日本無機カカタログ
17) 「自動車と複合材料—その将来」ポリファイル (1986—2)
18) PLASTIC WORLD (SEPT 1982)
19) MEDICAL SERIES BULLETIN No.19—75 (INDUSTRIAL
HEALTH FOUNDATION USA)

Schlafhorst 社の教育パッケージ
SCHLAFHORST Training Package

Schlafhorst 社は、このほど同社創立百周年を記念して、新しい教育プログラムを開始すると発表した。
これは、世界各国の大学や専門学校などの各種教育機関へ教育パッケージを寄贈するもので、同社ではその第1弾として、「スプライス結節による継ぎ目のない糸管 (knot free packages by splice joint)」と称する解説書、スライド及びビデオフィルムのセットを制作した。今後は、さらに各種のテーマを手がける予定である。
現在、このパッケージの寄贈先として110校以上の教育機関が候補にあげられている。同社はこれにより、次の世代の技術者が養成できるとともに、「新しい市場 (new market)」が開拓できることを見込んでいる。