

木質系複合材料の実用化

－アイスホッケースティックの製造－

綿貫 幸宏, 田栗 匡, 鎌田 英博
和島 哲也*, 島田 靖*

Practice for Wooden Composite Materials － Fabrication of Ice-Hockey Sticks －

Yukihiro WATANUKI, Tadashi TAGURI, Hidehiro KAMATA
Tetsuya WAJIMA*, Yasushi SHIMADA*

抄 録

木質材料の強度や各種の性能向上を目的として、いろいろな素材を接着した木質系複合材料が開発されているが、その用途についてはまだ不十分な点が多い。ここでは殆ど国内で製造されていないアイスホッケースティックに着目し、その製品化技術について検討を加えた。その結果、木工用 NC ルータやスキープレス機（一体成型法）の利用により、かなり高精度な機械的製造が可能となり、製品化、量産化への第一歩をしるした。

1. はじめに

複合材料とは一般に、「2種類以上の物質（材料）を組合せ接着した材料」のことをいう。¹⁾従って木質系の場合、合板、集成材等も複合材料の一種となるが、これらは同一素材を組合せ性能向上を図ったものである。

一方ここで取り上げた木質系複合材料は、例えばプラスチック（FRP）、金属等異種素材と木材との接着により力学的性能のより一層の改良を目的とした材料のことであり、木製品関連では、おもにスキーをはじめとするスポーツ製品に積極的に利用されてきた。

しかし近年の円高やブランド指向に押され、かつて20社以上もあった道内のスキー工場も量産体制にあるのは現在僅か1社であり、新しい製品開発、分野開拓が当面の急務となっている。

このような中、アイスホッケーは本道の冬季スポーツ

として非常に盛んであるにもかかわらず、使用スティックのほとんどがカナダ、北欧からの輸入品であり、技術の振興策上からも国産化の要望が大きいことが判明した。

そこで本研究では、木質系複合材料の有効利用を目的としたアイスホッケースティックの製造に着目し、形状、寸法、構成、重量、曲げ性能等物理的条件の決定とその構造設計法、及び製造加工（工程）法について検討することとした。

2. アイスホッケースティックの規格

I.I.H.F.の競技規則では以下のように規定されている。

第3章第301条 スティック

(a) スティックはI.I.H.F.が公認している木製またはその他の材質、たとえばアルミニウム又はプラスチック素材で作られた突起部分のないものでなくてはならない。色のついた粘着テープをスティックのどの部分に巻いてもかまわない。

* 札幌スキー工業㈱

- (b) スティックはシャフト（柄）の端からかかと状の部分までの長さは 147cm, ヒール（かかと状の部分）からブレード（扁平部分）までの長さは 32cm を越えてはならない。
ブレードの幅は 5 ~ 7.5cm の範囲内とする。
ブレードは全体的にカーブがつけてある。
その曲度には、ヒールの 1 点からブレード末端部分に直線を引き、その直線と最も湾曲した点との距離が 1.5cm を越えてはならないという制限がある。
- (c) ゴールキーパーの使用するスティックのブレードの幅は、ヒールの部分で 11.5cm, その他の部分では 9cm, ヒールからブレード末端部までの長さは 39cm を越えてはならない。またヒールからシャフトまでのブレード部分は、長さで 71cm, 幅 9cm を越えてはならない。
- (d) この競技規則の条項に合わないスティックを使用している競技者又はゴールキーパーにはマイナーペナルティーが課せられる。
- (e) レフェリーからスティック測定の要求を出された競技者がそれを拒んだ場合、マイナーペナルティーに加えてミスコンダクトペナルティーが課せられる。

3. 市販品の調査

市販品（輸入品）、試作品 9 本について、使用材料、寸法、重量、構成、接合等を調査し、あわせて曲げ等の物理的性能を把握した。ここでいう試作品とは、雪印スキー工業㈱の蛭名氏が試験的に設計、加工したものであり、製品ナンバーを EB1 ~ 3 で表す 3 本である。また今回調査したスティックは一般競技者用ライトタイプであ

り、ゴールキーパー用は対象から除外した。

まず表 1 にシャフト、ブレードの使用材料・構成、接合形態、メーカー名（国籍）を示すが、シャフト材は Ash (タモ), Birch (カバ) の木材が殆どであり、これらを 3 ~ 19 プライ積層した集成材もしくは LVL 状として使用され、中芯材に針葉樹材を用いたものもある。また製品 F は強化の目的でグラファイト（カーボン）を積層してあり、試作品（EB1 ~ 3）も内層にグラスを接着してある。

ブレードには木材、グラス、グラファイト（カーボン）、ケブラー等の積層構成がみられ、使用材料が各製品の特徴を最も良く反映させる箇所でもある。

接合は製品 B のみが一体成型、その他はサネまたは V 接合であり、シャフトとブレードの 2 部材接合が一般的である。接合の模式を図 1 に示すが、ここでいうサネ接合とはヒール部をシャフト材が覆うタイプ、V 接合とはブレード材が覆うタイプのことである。

また今回調査したスティックは、カナダ、フィンラン

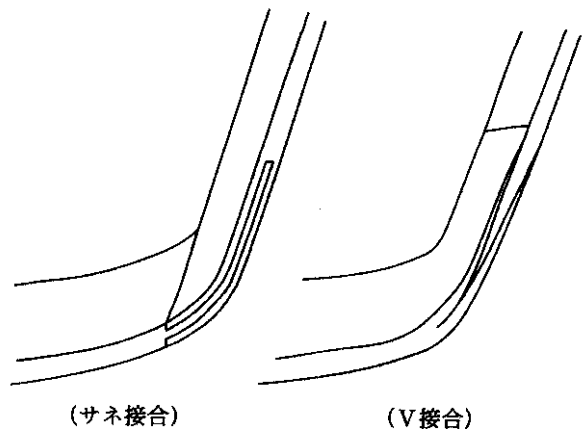


図 1 スティック接合部の模式図

表 1 アイスホッケースティック市販品の性状

製品	シャフト	ブレード	接合	メーカー (国籍)
A	3 プライ集成材 (Ash)	木材	サネ接合	Vic(カナダ)
B	14 プライ LVL (Birch)	ABS+グラス+木材	一体成型	Titan(フィンランド)
C	3 プライ状 (表面カバ LVL+針葉樹材)	木材+片面グラファイト	サネ接合	Sher-wood(カナダ)
D	19 プライ LVL (Birch)	木材+両面グラファイト	V接合	Koho(カナダ)
E	3 プライ状 (表面カバ LVL+針葉樹材)	木材+両面斜貼グラファイト	//	Vic(カナダ)
F	3 プライ状 (表面カバ LVL+針葉樹材) +グラファイト	木材+グラス	//	Torspo(フィンランド)
EB1	3 プライス集成材 (内層グラス)	木材+グラス	//	雪印スキー(日本)
EB2	//	木材+カーボン+ケブラー	//	//
EB3	//	木材+グラス+カーボン	//	//

表3 アイスホッケースティック市販品の寸法(ブレード)

製品	曲がり (cm)	長さ (cm)	幅 (cm)			厚さ①先端(cm)		厚さ②中央(cm)		厚さ③ヒール(cm)	
			①	②	③	上部	底部	上部	底部	上部	底部
A	0	20.8	6.3	6.3	5.4	0.585	0.480	0.570	0.770	0.950	0.990
B	2.0	24.0	5.3	6.6	6.1	0.435	0.355	0.475	0.670	0.820	0.850
C	1.7	25.6	5.8	6.5	6.0	0.365	0.520	0.490	0.735	0.900	1.115
D	1.1	24.7	6.9	7.4	6.5	0.465	0.755	0.500	0.875	0.890	1.065
E	1.5	25.3	5.6	6.6	6.2	0.475	0.680	0.455	0.795	0.960	1.135
F	1.7	24.5	4.9	6.4	6.3	0.250	0.375	0.445	0.715	0.630	0.850
EB1	1.4	26.3	6.0	7.0	6.0	0.265	0.360	0.355	0.840	0.785	1.010
EB2	1.6	25.9	5.3	6.8	5.9	0.305	0.430	0.355	0.840	0.785	1.010
EB3	1.8	26.0	5.8	6.9	5.9	0.275	0.415	0.365	0.765	0.805	0.960

ドの有名メーカ製造であり、市販価格は5千円～1万円程度である。

表2にスティックシャフトの寸法、図2に測定の概要を示す。製品Aを除いてシャフト長さ(ヒール～端)は140cm、重さは600～700g程度であるが、使用者の体格、技量によりシャフト長さが購入後自由に切断されるため、重さと長さの比をもって比較すると、概ね0.3～0.4となる。またシャフトの幅と厚さ寸法は、幅2cm、厚さ

表2 アイスホッケースティック市販品の寸法(シャフト)

製品	重さ	長さ	幅	厚さ
	(g)	(cm)	(cm)	(cm)
A	423	98.4	1.88	2.85
B	695	146.4	1.94	2.93
C	584	144.9	2.05	2.93
D	695	148.6	1.99	2.97
E	628	143.1	2.05	2.92
F	643	147.8	1.97	2.95
EB1	538	138.8	2.08	2.65
EB2	584	141.5	2.05	2.82
EB3	567	141.8	2.14	2.72

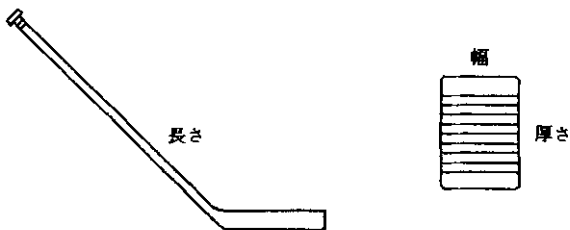


図2 シャフトの概要

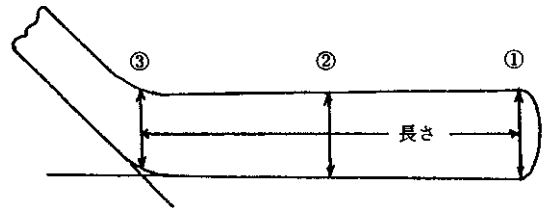


図3 ブレードの寸法測定箇所

3cm程度が一般的であり、単純な矩形を呈する。

表3にブレード各部位の寸法、図3にその測定箇所を示すが、厚さはヒールから先端方向、そして底部から上部方向にかけてだんだんと薄くなり、非常に複雑な3次元形状を示す。しかし長さと幅はほぼ一定化しており、長さ25cm、幅6cm程度が一般的である。また曲がり(曲度)の大きいのが好まれる傾向が強く、1.5cmの制限を越えるものも多いが、多少の超過は見逃されるとのことである。

表4 アイスホッケースティック市販品の曲げ性能(曲げ弾性率: t/cm²)

製品	シャフト		ブレード	
	縦方向	横方向	凹方向	凸方向
A	113.9	118.7	84.8	124.9
B	141.9	146.4	166.3	161.6
C	115.2	138.4	162.4	153.7
D	137.9	135.6	196.1	142.6
E	107.2	158.8	155.2	112.8
F	143.4	161.2	212.9	238.4
EB1	125.0	161.2	121.7	121.7
EB2	134.0	155.4	149.1	139.7
EB3	130.3	115.8	186.6	185.9

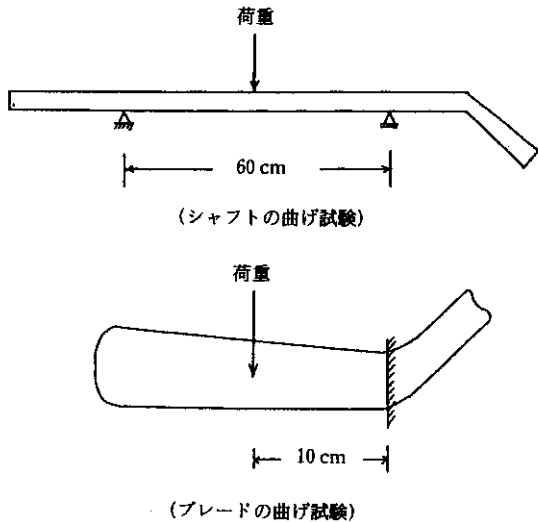


図4 アイスホッケースティックの曲げ試験方法

最後に表4にスティックの曲げ性能を示す。これはシャフトの縦横、ブレードの凹凸方向曲げ弾性率をそれぞれ単純支持条件、片持ち梁条件で測定したもので、試験方法を図4に示す。ここでブレードの測定値は荷重点厚さの等厚条件として求めた仮値である。この結果、シャフトでは横方向、ブレードでは凹方向が逆方向よりも剛性強化されており、これは使用条件から当然のことといえる。

4. アイスホッケースティックの製造

4.1 構成材料（木質系複合材料）の基礎的性質

表5 木質基材の性能

木材	比重	含水率	曲げ弾性率	曲げ強さ
	(g/cm ³)	(%)	(t/cm ²)	(t/cm ²)
Sシラカバ	0.574	8.5	120.9	1.43
Tアオダモ	0.674	9.0	118.3	1.30
Aアサダ	0.788	9.0	164.0	1.73

アイスホッケースティックの構成材料として考えられる木質系複合材料について、いろいろな素材の組合せによる積層接着、製造、及び材質・強度とその予測（設計）に関する基礎実験を行った。

使用素材はスティックの構成材料となることを念頭におき、基材となる木材としてシラカバ、アオダモ、アサダの3樹種、表面材クロス（織物）としてグラス、カーボン、アラミドの3種類を選択した。木質基材の性能を表5、クロスの性質を表6にそれぞれ示す。使用した木材はいずれも平均的な道産材としての性能をもち、またクロスも表記した製造メーカーからごく一般的に市販されているものである。

次にこれらの各素材を組み合わせた複合材料について検討した。これらは木質基材を中芯材として各クロスを表裏に接着した3プライ対称構成複合材であり、製造条件はコニシ(株)製・工業用エポキシ系樹脂接着剤（中粘度、クリヤ型）使用、圧縮圧力0～3kg/cm²とした。また図5に示す3点荷重方式、スパン30cmの曲げ試験を行い、各複合材の曲げ弾性率、曲げ強さを測定した。

各複合材の素材構成と材質、曲げ性能値を表7、及び曲げ試験終了後の破壊状況を写真1に示す。

強度向上を検討するため各複合材をそれぞれの木質基材と比較してみたが、その結果殆どが1～2割程度の上昇に留まった。これは中芯材（木質基材）よりも表面クロスが非常に薄かったことや、木質基材の強度値が比較

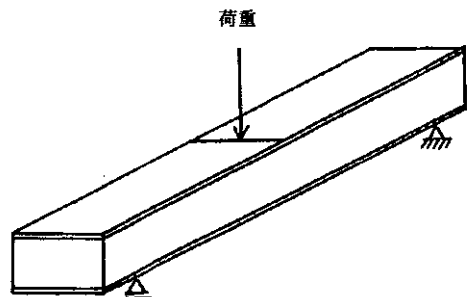


図5 木質系複合材料の曲げ試験方法

表6 クロス（織物）の性質

繊維	織り方	標準厚さ	標準質量	密度（本/25mm）		商品名
		(mm)	(g/m ²)	縦	横	
Gグラス	目抜平織	0.21	208.0	19.0	19.0	日本板硝子YEM2103
Cカーボン	平織	0.15	120.0	22.5	22.5	東レトレカ#6142
Kアラミド	平織	0.11	61.0	34.0	34.0	東レケブラーT120

表7 木質系複合材の材質と曲げ性能 (表裏対称3層構成, 2×3cm²断面)

複合材	木質基材	織物	比重(g/cm ³)		曲げ弾性率(t/cm ²)		曲げ強さ(t/cm ²)	
			複合材	複合/基材	複合材	複合/基材	複合材	複合/基材
S	シラカバ	—	(0.57)		(120.9)		(1.43)	
SG	〃	グ ラ ス	0.61	1.1	131.9	1.1	1.44	1.0
SC	〃	カーボン	0.59	1.0	144.5	1.2	1.50	1.0
SK	〃	アラミド	0.60	1.1	149.1	1.2	1.56	1.1
T	アオダモ	—	(0.67)		(118.3)		(1.30)	
TG	〃	グ ラ ス	0.69	1.0	115.0	1.0	1.30	1.0
TC	〃	カーボン	0.68	1.0	125.2	1.1	1.30	1.0
TK	〃	アラミド	0.70	1.0	139.1	1.2	1.45	1.1
A	アサダ	—	(0.79)		(164.0)		(1.73)	
AG	〃	グ ラ ス	0.81	1.0	165.5	1.0	1.74	1.0
AC	〃	カーボン	0.81	1.0	194.1	1.2	1.87	1.1
AK	〃	アラミド	0.81	1.0	191.2	1.2	1.89	1.1

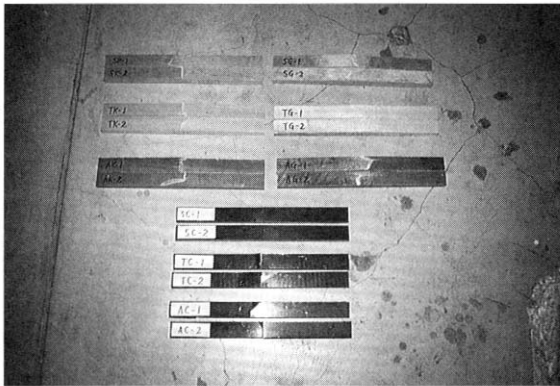


写真1 木質系複合材料の曲げ試験結果

的高かったため補強効果が顕著に現れなかったためと思われる。しかし接着効果には問題が見られず、木材とプラスチックの異種接着に今回使用した接着剤の有効なことがわかった。

4.2 スティックの構造設計

市販品を参考にして、実際のスティックの製造を目指した構造設計を検討した。

4.2.1 シャフトの設計

寸法、形状は2×3cm²の矩形が一般的で、重さは使用材の比重より容易に推定できる。従ってここでは使用材の材質値よりシャフトの曲げ性能が推定できるかどうかを検討する。

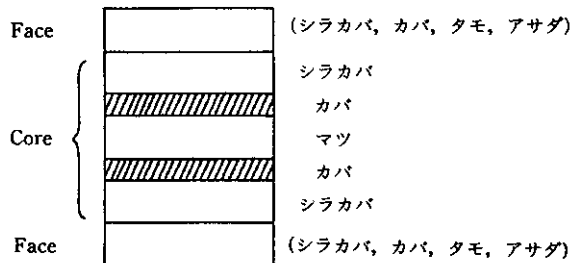


図6 シャフトの材料構成

本研究ではシャフト材を全て木質のみの構成と設定し、中芯材(Core材)を一定として表面材(Face材)を取り替えた場合の曲げ性能(曲げ弾性率)が推定可能かどうかを実験した。シャフト材の構成を図6に示すが、中芯材はシラカバ-カバ-マツ-カバ-シラカバの5プライで常に一定とし、表面材にはシラカバ、カバ、タモ、アサダの4樹種を適宜使用することとした。この時のシャフト全体の曲げ性能は各構成材の値より次のように計算される。

表8 シャフト材の曲げ性能の推定 (曲げ弾性率:t/cm²)

シャフト材	表面材(Face)	実験値	推定値	実/推
I	シラカバ	119.4	141.2	0.85
II	カバ	128.6	138.0	0.93
III	タモ	117.2	106.6	1.10
IV	アサダ	149.5	156.3	0.96

$$EI = \sum E_i I_i$$

ここでEはシャフト全体の曲げ弾性率、Iはシャフト全体の断面2次モーメント、E_iは各構成材の曲げ弾性率、I_iは各構成材の断面2次モーメントである。

表8は各表面材による4本のシャフトの曲げ性能を推定したものであるが、実際に測定した値と比べると0.85~1.10とほぼ一致し、このことより構成材の曲げ性能がわかるとシャフト全体の曲げ性能が設計可能といえる。

4.2.2 ブレードの設計

寸法、形状は市販品の調査よりほぼ一定であり、また重さも使用材料の比重からあらかじめ予想可能である。従ってここでも曲げ性能が推定できるかどうかについて検討を加えることとした。

推定の考え方は先のシャフトと同様であるが、唯一の相違点はシャフトが全て木質の構成材であるのに対し、ブレードは表面材にクロス材(織物)を用いた本来の意味での木質系複合材料であるため、これら異種素材構成でも前記の計算色が適用できるかどうかのポイントである。

本研究では図7に示すように、中芯材をアサダーシラカバーシラカバーアサダの4プライで一定とし、表面材としてグラス繊維、カーボン繊維、アラミド繊維の3種類を採用した。なおこれら各繊維は先の項(4.1)で検討したものと同様であり、推定計算に用いた材質値は基礎実験時に作成した複合材から逆算して求めたものである。

また実際のブレードは3次元で曲がりのある複雑な形状であるが、ここでは簡易的推論を目的に解析の容易な

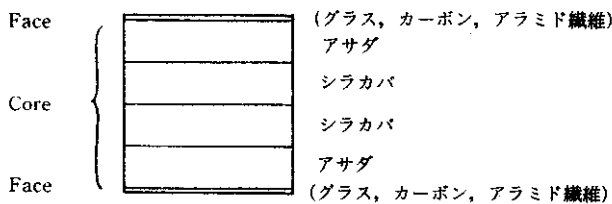


図7 ブレードの材料構成

表9 ブレード材の曲げ性能の推定 (曲げ弾性率: t/cm²)

ブレード材	表面材(Face)	実験値	推定値	実/推
I	グラス	149.1	178.9	0.83
II	カーボン	143.1	156.0	0.92
III	アラミド	170.9	150.0	1.14

等断面通直材として取り扱った。

ブレード材曲げ性能の推定結果を表9に示すが、実験値と推定値の比をみると0.83~1.14であり概ね推定可能といえる。

4.2.3 ジョイントの設計

市販品には前述のようにサネ接合とV接合及び一体成型法があるが、強度的効果、量産性を考慮するとV接合と一体成型法が有効と思われる。

4.3 製造法、工程

4.3.1 既存ラインによる加工

まず既存の木製品加工ラインによるスティックの製造について検討した。加工ラインの主なものとそのフローを図8に示すが、これは別々に加工したシャフト、ブレード両者を接合・圧縮して一体化し、その後表面材(Face材)を複合接着して最終的に輪郭切削・仕上げを行う工程である。これらは工程数がやや複雑で、また表面材接着が殆ど手加工であるなど量産性に欠ける恐れがあるが、企業の生産ラインをそのまま利用できるメリットがある。

この場合、シャフトとブレードを接合・圧縮する工程のみが通常の加工ラインと離れるが、本試験では量産性

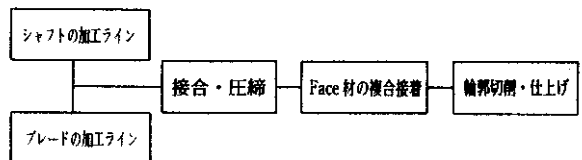


図8 既存ラインによる製造工程例

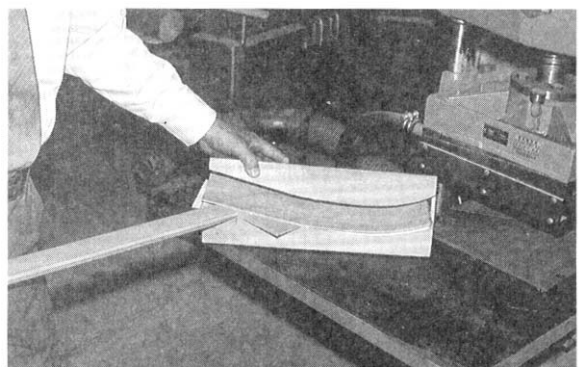


写真2 湾曲部圧縮治具 (シャフト、ブレードの接合とブレードの曲がり成型を同時に行う治具)

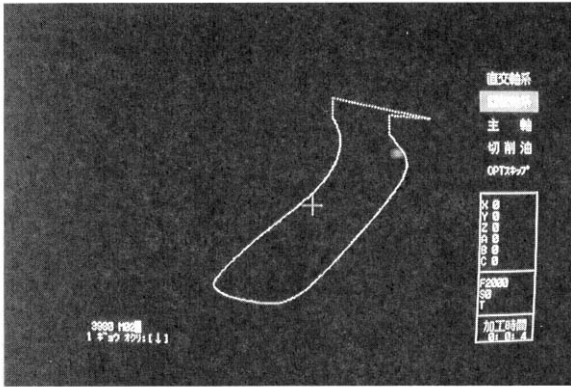


写真3 コンピュータ画面の工具軌跡

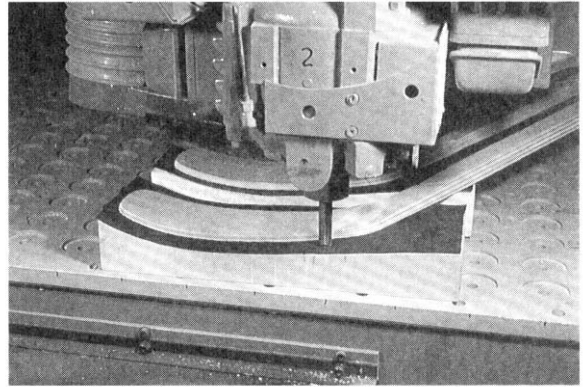


写真4 NCルータによるスティックの輪郭加工

を考えた圧縮の際にブレードの曲がりも同時に成型できるような加工法を考案した。これには高精度な湾曲部圧縮治具の製作が不可欠であり、木工用NCルータの自由曲面測定加工システム²⁾を利用することとした。またジョイントは強度効果、加工性の点でV接合が優位的と思われる、本実験ではV接合を採用することとした。治具及び圧縮の様子を写真2に示す。

また最後の輪郭切削にもNCルータ高次加工システム³⁾を利用することとしたが、これは画像情報処理手法により必要な工具軌跡が自動的に得られるシステムであり、特にブレード部分の加工にこれを用いた。ブレード工具軌跡のコンピュータ画面の様子を写真3、NCルータによる加工の様子を写真4に示す。

4.3.2 一体成型法の検討

既存加工ラインでは工程数が多く量産性に劣ることが予想されたため、第二段階としてスキープレス機を利用した一体成型法について検討した。これはシャフト、ブレードをあらかじめパーツでトリミング加工しておき、これらを組み合わせて同時一体成型することにより一度にスティック完成形状まで製造する方法であり、以下にその主な工程を記す。

(1) 成型用型枠の設計と製作

製造しようとするスティックの形状に合わせて、加工が容易なアルミ材で型枠を製作する。

(2) プレス機ベース台の作成

スキープレス機に見合う型枠ベース台をアサダ集成材で加工。

NCルータの自由曲面加工システムを利用。

(3) スティック用パーツの加工

シャフト、ブレード用パーツを木材、FRP、ABSシート等でトリミング加工する。

(4) 組合せ構成

各種の設計条項(重さ、曲げ性能等)に応じて各パーツを組み合わせる。

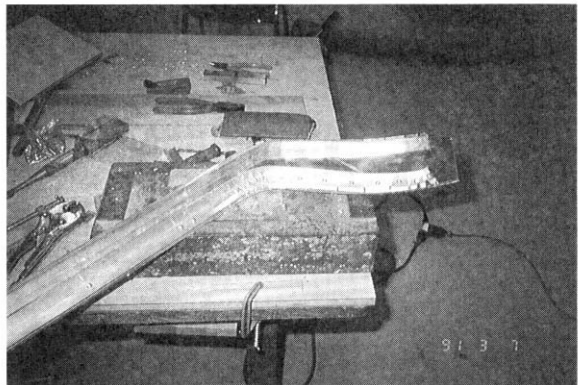


写真5 アルミによる成型用型枠



写真6 アサダ材による型枠ベース台

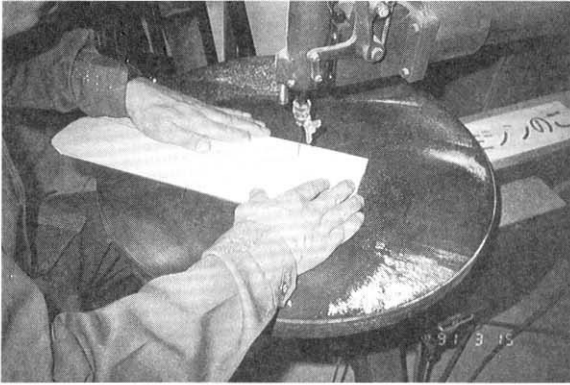


写真7 スティック用パーツ加工

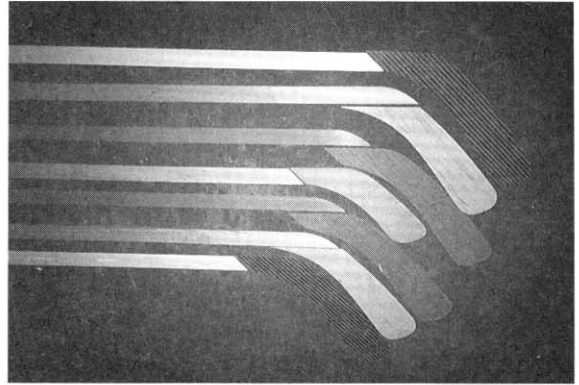


写真8 スティックのパーツ構成



写真9 接着剤塗布と型入れ

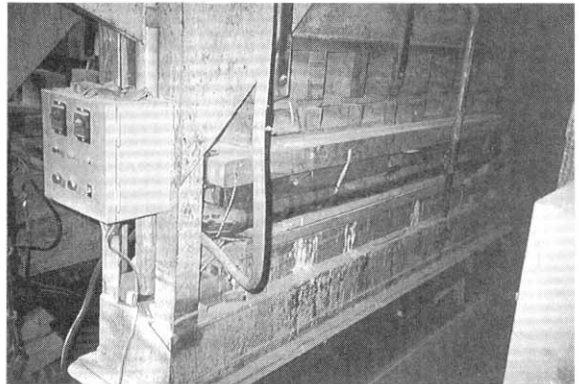


写真10 圧縮状況(スキープレス機の利用)



写真11 脱型の様子

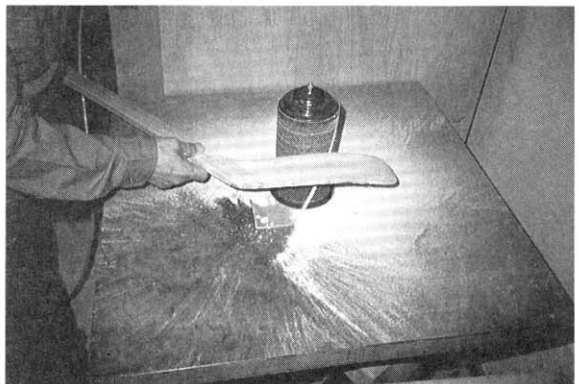


写真12 仕上げ加工

(5) 成型

型枠には事前に離型剤を塗布し、エポキシ樹脂を使用。各パーツを下部より重ね合わせて一体成型する。プレスは片面(下面)の15分熱板加熱、加圧はエアバックにより $7.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

(6) 仕上げ

成型品を立軸カッタ、サンディング等で仕上げ。

(7) 塗装

シャフト部を塗装し、マークをプリンティング。これらの工程の様子を写真5～12に示す。

5. 結果と考察

5.1 スティックの構造設計と性能

いままでの設計概念の妥当性を考察するため、実際にスティックの設計、製作を行い、その曲げ性能等に関する検討を行った。

まず既存の加工ラインによる設計、試作を試みた。シャフト、ブレードの設計寸法、重さを表 10 及び 11 に示すが、これらは市販品調査の平均的な数値から設定したものである。

シャフト、ブレードの曲げ性能（曲げ弾性率）の設計と試作品の実測値を表 12、及び曲げ性能の実験の様子を写真 13、14 に示すが、設計値と実測値を比較すると、シャフトでは 0.89～1.13、ブレードでは 1.06～1.24 となり、ブレードの適合性が若干低下する。これはブレードの曲げ弾性率を通直材として計算したためであり、曲がりやテーパ部を考慮していない見かけの設計値だからである。しかしトータル的には十分な許容範囲にあり、今回提案した構造設計法はスティックの製造に有効な手法といえよう。

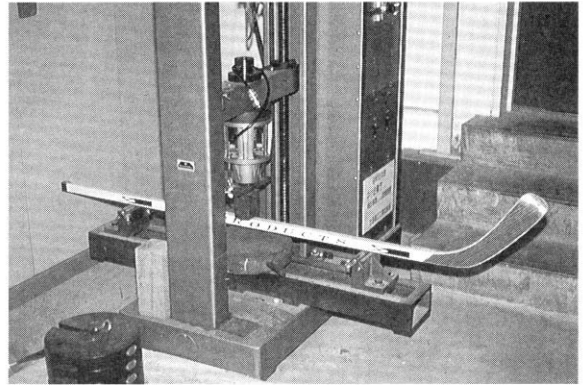


写真13 シャフトの曲げ試験

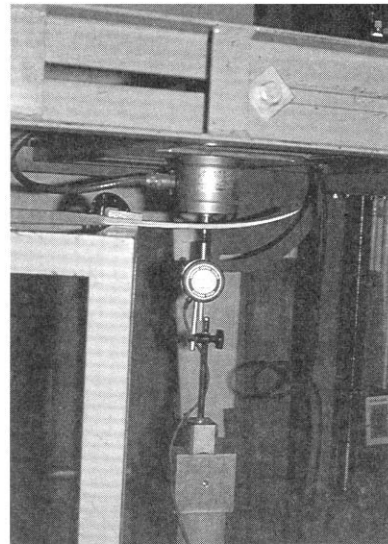


写真14 ブレードの曲げ試験

表10 シャフトの基本的設計寸法、重さ

重さ	長さ	幅	厚さ
(g)	(cm)	(cm)	(cm)
600	150.0	2.0	3.0

表11 ブレードの基本的設計寸法、曲がり

曲がり (cm)	長さ (cm)	幅 (cm)			厚さ①先端 (cm)		厚さ②中央 (cm)		厚さ③ヒール (cm)	
		①	②	③	上部	底部	上部	底部	上部	底部
1.5	25.0	6.5	7.0	6.0	0.40	0.70	0.50	0.80	0.90	1.00

表12 試作品の曲げ性能の設計（曲げ弾性率：t/cm²）

試作品	シャフト					ブレード			
	Face	実験値	設計値	実/設計		Face	実験値	設計値	実/設計
No.1	タモ	120.0	106.6	0.89		グラス	191.0	178.9	1.06
No.2	カバ	125.5	138.0	0.91		カーボン	186.7	156.0	1.20
No.3	アサダ	176.8	156.3	1.13		アラミド	187.0	150.0	1.24

- (備考) 1. シャフトの Core 材は（シラカバーカバーマツカバーシラカバ）と一定。
 2. ブレードの Core 材は（アサダシラカバーシラカバーアサダ）と一定。
 3. ブレードの曲げヤング率設計値は通直材として推定したものであり、曲がりやテーパ部は考慮していない見かけの推定値である。

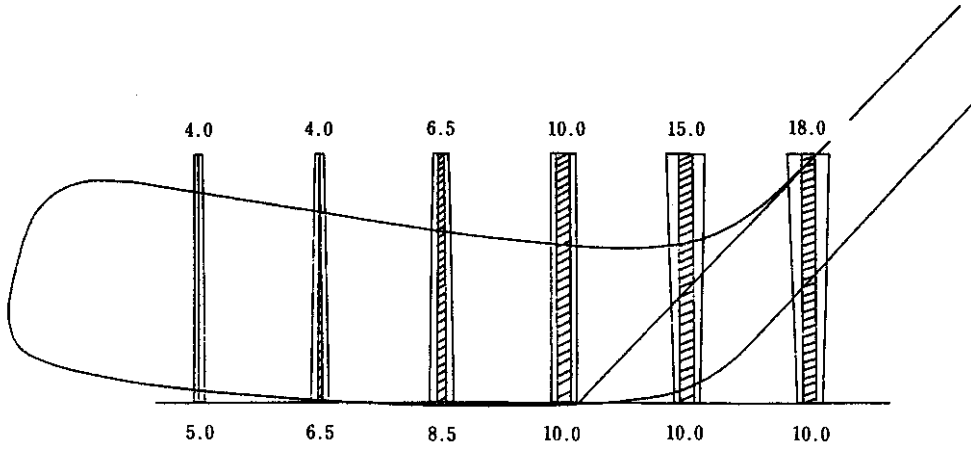


図9 一体成型法による試作スティックの形状と寸法 (mm)

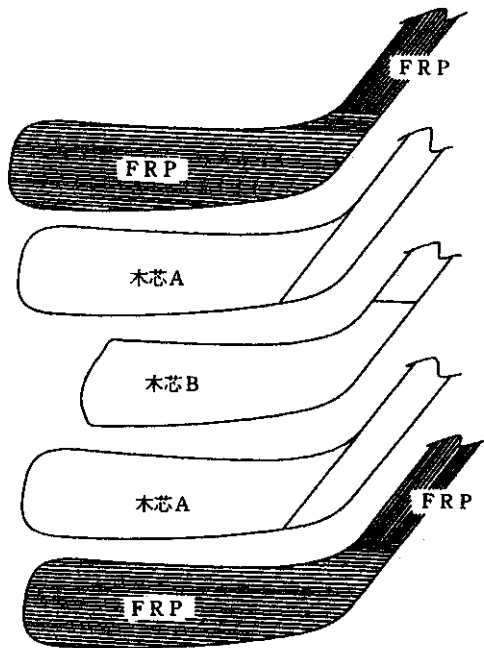


図10 一体成型法による試作スティックのパーツ構成 (モデルI)

表13 一体成型法による試作スティックの曲げ性能 (曲げ弾性率: t/cm^2)

モデル	シャフト		ブレード	
	縦方向	横方向	凹方向	凸方向
I	115.5	125.5	150.0	120.0
II	128.5	135.0	160.0	145.0
III	125.0	130.0	155.0	145.0
市販品	150.0	146.5	166.5	162.0

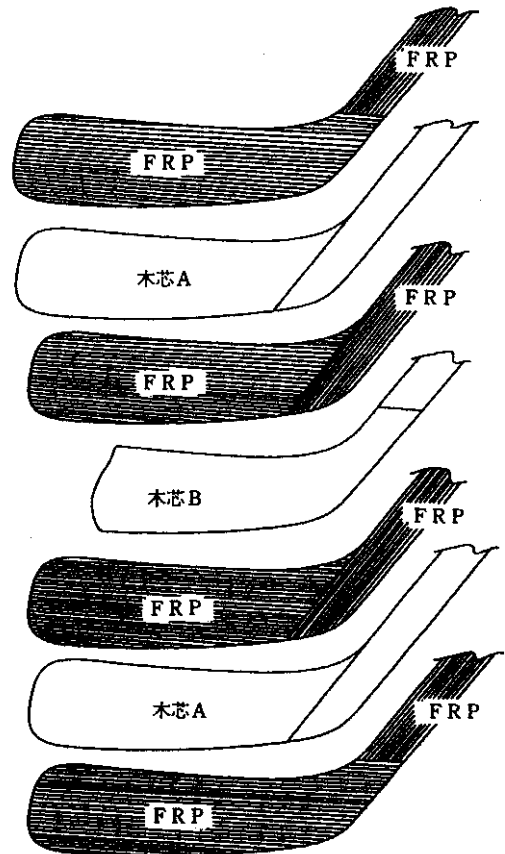


図11 一体成型法による試作スティックのパーツ構成 (モデルII)

つぎに一体成型法による設計、製造について考察する。試作スティックは3本であり(モデルI~III),これらの形状、断面厚さを図9, パーツ構成を図10~12にそれぞれ示す。ここでの使用材は、木芯が2mm厚シラカバ材、

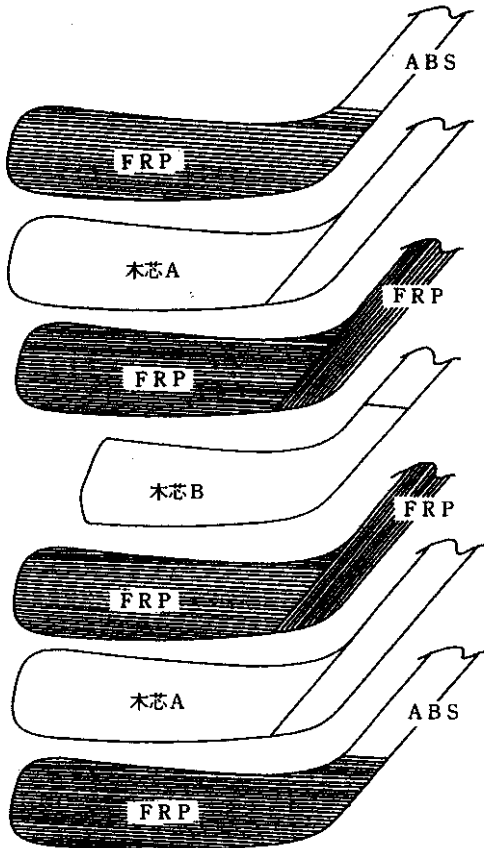


図12 一体成型法による試作スティックのパーツ構成 (モデルIII)

そしてFRP、ABSが2mm厚(㈱有沢製作所製造)シートであり、図のように2種のジョイント部が交互に重ね合わされることにより強度が得られることになる。製造条件は前述の工程に従い、本実験では圧縮時間15分、冷却時間15分程度で製品化された。これらの試作品についても前者と同様曲げ試験を行い、その結果を表13に示すが、これらの数値は参考とした市販品(製品B)とほぼ同値であり、実用に十分耐えうる製品といえよう。

5.2 製造

既存の加工ラインを利用した試作品を写真15に示す。シャフトとブレードの接合・圧縮工程に用いた湾曲部圧縮治具は、作業上非常に効果的であったが、これらの製作には加工性、精度の面でNCルータの自由曲面加工システムが大いに貢献した。また最終工程の輪郭切削についてもNCルータ(高次加工システム)の応用が有効であり、各工程の自動化、高精度化にNCルータが大きな

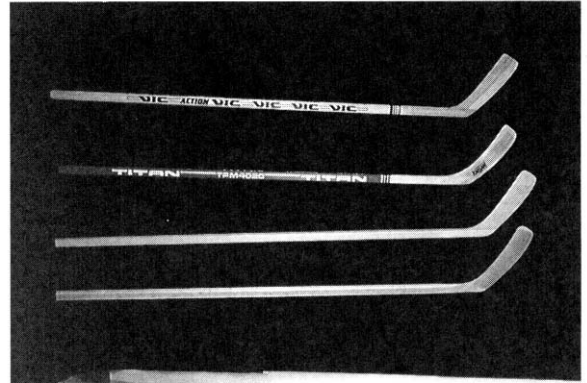


写真15 試作スティック(既存加工ラインによる)

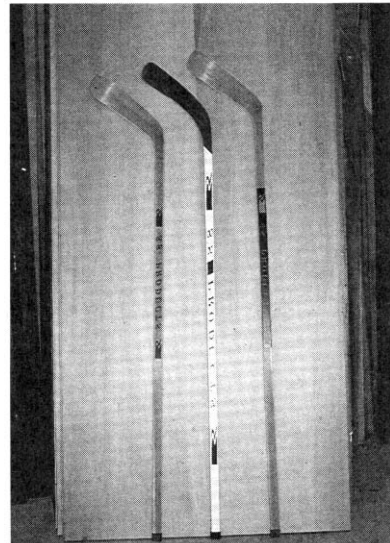


写真16 試作スティック(一体成型法による)

働きをすることが本研究においても検証された。

一体成型法による試作品を写真16に示す。この結果、アルミ材の型枠、アサダ材の型枠ベース台によるスキー成型機を利用した製造法は十分実用的であり、シャフト、ブレードのパーツ加工が計画的量産化に有効なことが分かった。またエポキシ樹脂の接着性能や離型剤(大日本色材製)による脱型には問題がみられず、端々部に少々バリが残るもののほぼ仕上がり状態で成型できる見通しが得られた。

両者を比較すると、一体成型法の方が工程簡略(接合工程の排除)されているため、量産化やコスト低減に向いていると思われるが、一方既存ラインによる製法はNCルータによる高精度加工が可能であり、今後は製造するスティックのグレードに合わせた選択、検討が有効で

あろう。

6. おわりに

木質系複合材料の有効利用を目的に、アイスホッケースティックの製品化を検討したが、本研究で提案した2種類の製造法はいずれも有効と思われ、特にスキー成型機による一体成型法は、製造の簡便性に優れコスト低減にも効果的であった。これにより今まで国産化されていなかったアイスホッケースティックの製造に見通しが立ち、木質系複合材の需要拡大にも十分貢献できるとの確信が得られた。

今後はカーボン、ケブラー、ボロンやジュラルミン等他素材との組合せを考え、強度、機能性、スポーツ特性



写真17 試作スティックの実用試験 I



写真18 試作スティックの実用試験 II

など、より一層ユーザーの要望に対応できる製品化システムを作成する予定であり、このことにより世界的に低迷している日本のアイスホッケー技術の向上にも寄与できるものと思われる。また実業団（日本リーグ）から長靴アイスホッケーまで広範囲のレベルで使用できる製品化を図ることにより、地域の振興や活性化にも有効と思われる。

今回試作したスティックを札幌のアマチュア同行会で実際に使用してもらい、その強度性についてチェックした風景を写真17, 18に示すが、非常に好評な結果が得られたことを報告する。

最後に本研究は雪印スキー工業(株)・蛭名氏の試作品提供と貴重な御助言並びに元札幌スキー工業(株)・長谷川幸三氏の御努力により成し得たものであり、ここに記して感謝する。

参考文献

- 1) 小野昌孝：複合材料のおはなし，日本規格協会
- 2) 鎌田英博，田栗 匡，綿貫幸宏：NC ルータによる自由曲面測定加工システム，北海道立工業試験場報告，No.287，1988
- 3) 鎌田英博，田栗 匡，綿貫幸宏：NC ルータによる高次加工システムの開発，北海道立工業試験場報告，No.289，1990