海洋と繊維特集

セールクロス

田 中 邦 雄

古い伝統につちかわれた King Sports として、根強い人気をもつヨットや、比較的新しい物として若者に人気があり、手軽に楽しめるウインドサーフィン(以後、WS とする)に代表される帆で走るマリンスポーツは、レジャーとスポーツがらみで、今後増々ポピュラー化していくと思われる。

帆、即ちセールクロスは、ヨット走行にとって必要不可欠の物で、風のエネルギーをヨットの運動エネルギーに変換させるのに、最も重要な役割を果たしている。よりスピーディにしかも安全に走行出来るように、セールクロスやボードにおいては、あくなき性能改良が追求され、流体力学的見地より規格設計されている。又、WS 用セールクロスは、性能と共に、デザイン、カラーの面での多様化が要求され、昨今では、まさに海でのファッションとなりつつある。

1. ヨットのセールクロス

ヨットは、World Americas Cup Race で代表される様に、古い歴史を持ち、海のスポーツとして多くの人に親しまれている。セールクロスは、従来、綿製であったが、1955 年ごろポリエステル製のクロスが開発されてから、その強力耐久性、低伸度特性の優位性により、Spinnaker 用途以外では、ポリエステルフィラメント織物が使われた。

ヨットが、風向きにより、どの方向に帆走するのか、風向きとセールボード帆走との相関について図1に示す。

ヨットは風に向かって 40° の角度までは Dead Zone として全く帆走出来ないが、それ以外の角度ではいかなる方向にも走ることが出来る事を示している。

それでは、ヨットは何故走るのであろうか。帆が風を受けて、風の運動エネルギーをセールクロスの運動エネルギーに変

換するもので、基本的には、セール断面の持つドラフト(深み)により、セールの表面と裏面を流れる風圧に差が生じ、裏面の低圧部に生ずる吸引力によって艇に前進力を与えるのが、ヨットの原理である。図2に示す様に風の力と推進力 F は、セールの効果中心 E を基点にして、横すべりさせる力 R と前進力 T に分解される。 R はセン

図1 The relationship between Wind and Sail-Board.

図2

SAIL CLOTH

筆者紹介 KUNIO TANAKA, Senior Staff, 2nd Application Dept, Teijin Ltd. 帝人株式会社 加工開発第2部 主務部員

筆者は、一貫して、合成繊維の非衣料用途への技術開発と商品化に従事して来られた。現在は主として、セール関連の加工技術開発と、加工場及びユーザーのフォローを担当され、本報もその経験と知見により作成した。

ター・ボードで止められ、 T の力がセールを前進させる。この様に、セールは飛行機の翼と同じ働きをするもので、風下前方向きの揚力を生じさせ、これを推進力として、ヨットを走らせるのである。

又、セールによる風の流の変化を、図3に示す。ほとんどのヨットはMain sailの前にJibを使っている。このJib Sailは、セール面積を増やすというメリットの他に、Main sailの風下側の風の流を整えるという効果も持っている。一般に一枚しかセールを持たないキャット・リグのヨットの場合(即ち、Main sail一枚使い)、風上側の気流はスムーズに流れるが、風下側を流れる気流は、乱流となり、吸引力が働かなくなり、乱れてしまう。Jib Sailはこの様な乱流を防ぐ整流作用をも

図3 セールによる風の流の変化

つと同時に、Main sailとの間に縮脈を生じさせ、その吸引力をさらに高める。又、その角度によってはストール現象が起こり、前進力が少なくなって、風下へおとされることがある。従ってMain sailとJib Sailの相対的位置と曲率は、帆走効率に大きな影響を及ぼし、セールの疲労に伴う曲率の変化は帆走の効率を低下させる。

表1に、USAに於ける、セールクロス需要を示すが、その量はほぼ横ばいである。

素材比率としては、ポリエステル生地物が、大勢を占めているが、昨今、その性能特性の面で、ラミネート品(ポリエステル布帛とFilmの複合品)が大幅に増大してきている。又、Spinnaker用としてのナイロンリップストップの需要も横ばいである。新造船用と代替用の比率は1:3で、その耐用年数と相関を持つようである。

ヨットセールクロスとして、どのような種類の物が存在するのか、表2に世界最大のBainbridge社の製品リストを示す。タイプとしては、Genoa, Jib, Main sail, All Purpose用があり、ヨットの大小、その帆走能力・伸度特性等により、各種目付の物がデザインと曲率の変化を充分考慮された上で使い分けられている。図中FILLは織物の緯方向、BIASはバイヤス方向(45°の角度)を示し、その仕上方法により、MF, F, VF, YT加工があり、分類される。仕上加工では、メラミン樹脂をベースにして、ディッピング、コーティング手法を適

表1 American Sail Market

Sailcloth Sale (Yardage Estimates by Fabric Type)
in millions of square yards

Materials \ Year	1982	1983	1984	1985
PET Fabric	610	550	550	550
PFT Film Laminated	90	130	170	180
Nylon Spinnaker	170	160	150	150
Total	870	840	870	880
For New Boats	210	200	210	200
For Replacement	660	640	660	680

1985 : Forecast

Sailboat Sale

Type of Boats	1983	1984	1984/1983
Non-Powered Sailboats	40,000	36,600	8.5% decrease
Aux. Powered Boats (under 30)	1,280	1,100	16% decrease
Powered Yachts (over 30)	2,450	3,050	24.5% increase
Power Boats	366,822	443,855	21% increase

Aux. Auxiliary

<MAY/1985 Ind. Fabric Prod. Review>

Working Sails are replaced every 7-10 years

Spinnaker

3-5

表2 COMMON SPECS FOR BAINBRIDGE DACRON SAILCLOTH
GENOA FABRICS

Elongation (%) at 10 lbs load.

Weight (US OZ)	MF		F		VF		YT	
	FILL	BIAS	FILL	BIAS	FILL	BIAS	FILL	BIAS
2.2 OZ	1.65	5.2					0.4	0.5
3 OZ	0.85	3.2					0.2	0.3
3.3 OZ	0.65	1.6					0.25	0.35
4.5 OZ	0.45	1.2	0.3	0.65				
4.75 OZ	0.4	1.3	0.3	0.8	0.2	0.55		
5 OZ	0.35	1.2	0.25	0.75			0.15	0.25
5.5 OZ	0.35	1.25	0.25	0.75				
7.25 OZ	0.25	0.9						

HIGH ASPECT JIB/LOW ASPECT MAIN

Weight (US OZ)	MF		F		VF		YT	
	FILL	BIAS	FILL	BIAS	FILL	BIAS	FILL	BIAS
4.4 OZ	0.15	0.95	0.15	0.75	0.1	0.5	0.1	0.2
5.4 OZ	0.15	0.9	0.125	0.6	0.1	0.5	0.1	0.2
6.5 OZ	0.15	1.2	0.125	0.7	0.1	0.5	0.1	0.2
6.7 OZ	0.15	1.0	0.125	0.7	0.1	0.6		
7.7 OZ	0.15	1.0	0.125	0.6				
8.7 OZ	0.15	1.0	0.125	0.75				
10.4 OZ	0.15	1.05	0.125	0.75				

MAINSAIL FABRICS

Weight (US OZ)	MF		F		VF		YT	
	FILL	BIAS	FILL	BIAS	FILL	BIAS	FILL	BIAS
5.25 OZ	0.125	1.25	0.125	1.0				
6.3 OZ	0.1	1.1	0.1	0.6	0.1	0.45	0.1	0.2
7.25 OZ	0.125	1.2	0.125	0.9			0.05	0.15
7.3 OZ	0.1	1.25	0.1	0.5				
8.3 OZ	0.1	1.2	0.1	0.6	0.05	0.4		
8.33 OZ	0.1	1.2	0.1	0.6				
9.25 OZ	0.1	1.2	0.075	0.8	0.075	0.6		
10.3 OZ	0.1	1.0						
12 OZ								
14 OZ								
16 OZ								

ALL PURPOSE

Weight (US OZ)	MF		F		VF		YT	
	FILL	BIAS	FILL	BIAS	FILL	BIAS	FILL	BIAS
3.8 OZ	0.4	1.9	0.25	0.7	0.15	0.35	0.15	0.225
3.9 OZ	0.4	1.9						
5.3 OZ	0.4	1.4						

The type of finish... MF : medium firm, F : firm, VF : very firm, YT : yarn temperd.

度に組合せ、ソフトからハード風合の物を、その最大特性である伸度を設定基準にして製造される。

2. ウインドサーフィンセーリングクロス

1967年、米国の Hoyle Schweitzer と Jim Drake が、サーフボードに帆をつけ、ユニバーサルジョイントで、マストを自由に回転操作出来る独創的な、セーリングボードを発明してから、主に欧州で開花し、短期間の内に、エキサイティング、アクティブスポーツとして発展して来た。構造は単純、運搬は容易、そして、風と水が存在すれば、海、池、川と、自由自在に滑り回ることの出来るWSは、ヨットとサーフィンの長所を、斬新で独創的なアイデアで、うまくドッキングさせた個人スポーツとして拡大発展し、84年の Los Angeles Olympic で取り上げられ、その後一層の隆盛をみている。

静かな水面を、微風によって優雅に滑るセーリングから、高度なセーリング技術を組み合わせたアクションプレイのフリースタイル、そして、波をジャンプ台にして、豪快に空中に飛ぶジャンピングや、大波をサーフィンするスリリングな、ウェーブライディングまで、WSのセーリングプレイの範囲は広く、大自然の中で、人間とボードが一体となってすばらしいスポーツ感覚を満喫させてくれる。

WSの需要は年々増大し、現在、世界でその量は1000万スクエア・ヤードと推定されている。消費地は、EC圏が50%、USA、豪州、日本と、比較的先進諸国で盛んで、徐々に中進国へと拡大してきている。

3. Spinnaker

セーリングクロスの中で、フォローの風の時、船首に拉げて使われる袋状のセーリングを、Spinnaker と云い、主として風に対して障壁として働く。Spinnaker は、風圧により膨張する事が必要のと、風を充分に保有し、伸びきらないストレッチバック性が要求される。素材としては、ナイロンが主で(一部、レーシング用として、ラミネート物が使用)、通気性を抑え、撓水性を保持する為の樹脂加工が施されている。

4. セーリングクロスの製造

a) セーリングクロスのカットと縫製・応力相関

セーリングクロスのカットパターンには、Main sail 用のクロス・カット、パーティカル・カット、Jib 用のミッター・カット、Spinnaker 用のフッド・ホリゾンタル・カット、トライラディアル・カット etc がある(図4)。

セーリングにかかる応力は、その種類によって全く異なる。Main sail は2本の円材(マストとブーム)に固定されている為、応力はリーチにそった方向になり、クルー近辺

図4 セーリングクロスのカット

(図中A部)が最も大きくなる。これに対して Jib Sail はラフロープとフォアスターのみで固定されているため、クルーからラフに向う広角に応力が分布している。この為 Main sail では、クロス・カット物において縫目がリーチに直角になるよう縫製されるので、応力が緯糸方向にかかる。従って緯糸に太デニール糸を用いる織物設計にし、緯方向のひずみを小さくするような工夫がとられている。又、パーティカル・カット物では、同様理由により、経方向に応力がかかる。

一方 Jib Sail では、応力に角度分布があるため、伸びの角度分布を均一化する工夫がなされている。クロス・カット物で縫製される時は、バイアス方向の伸びを最小限に抑えることによって全方向に均一に伸びるセーリングクロスが望まれる。すなわち、強風、弱風のいずれにおいてもセーリングの形がくずれないことが先決とされる。

b) クロスの製造とその性能

セーリングクロスの受ける応力は、その種類、タイプにより異なり、要求性能も違うため、原糸・製織・加工の各段階で最適化した多様な設計、条件選定が必要であり、多くの特殊なノウハウが存在する。セーリングクロスには、大きく分けて、生地物とラミネート複合物が存在する。クロスの要求特性としては、伸度が最大因子であるため、生地物製造では、織物の緊密度をいかにあげるかが極めて重要であり、原糸物性と共に、織物設計、加工の熟練歴、樹脂加工条件等の最適化、設定がポイントとなる。

原糸としては、耐候強度が求められる事より、ポリエステル糸が使われる。勿論、セーリング目付にもよるが、使用範囲は、太さが100~500 de、伸度15~20%、収縮6

～8%，強度 6～8 g/de の高強力のフィラメント糸が最適である。

収縮性は熱履歴による緊密度向上に影響を及ぼす故、やや高目の方がベターである。又、ソフト風合要求の物では、強度 5～6 g/de、伸度 30～40%，収縮 7～9% のレギュラー物性の原糸が使用される。

織物組織は平織で、高い緊密度の物が要求され、そのヤーンバランス、カバーファクター、タイトネス等の組合せが重要となる。

織機としては、Sulzer, Rapier, WJL 等高密度用織機が使用される。上記織物を、染色仕上工程における熱履歴で収縮させ、更に密度を上げる手法がとられる。最後に樹脂加工により、組織を固定させ、実用耐久性を向上させる。

ラミネート複合物としては、ポリエステルやナイロンの布帛に、フィルムを貼り合わせた物が主で、フィルムの二軸延伸低伸度特性とよくバランスしている事が、セールの要求性能にマッチし、昨今、急激な伸びを示している。この物では、低伸度、実用剥離強度、揉み耐久性が要求され、実用性能を満たす物が、市場で受け入れられている。図 5 にクロス物とラミネート物の伸度比較の一例を示す。FILL は緯方向、WARP は経方向、BIAS はバイヤス方向を示し、それぞれの角度 (0° ～ 90°) に於ける、10 ポンド、20 ポンド、40 ポンドでの荷重伸度(%)を表わしている。点線は、フラットリングマシンで揉んだ後の耐久性伸度で Fatigue (FAT) として示している。目付はいずれも 4.5 オンスで、フィルムラミネート物が、織物に比べ、伸度レベルは半減している。即ち、同目付の商品で比較しても、フィルムラミネートの方が、低伸

度で、高性能といえる例である。

又、昨今、高強力・低伸度糸として、アラミド繊維、高密度ポリエチレン糸が、その超高強力・超低伸度性を生かすため、注目されている。現在の所、価格面で、一般品に比べ、相当高値で、レーシング用を主に使用されているが、部分使いとコスト相関により、適正規格品が工夫されている。このタイプも、汎用化すれば、コストダウンの可能性も有り、高性能タイプ商品として、今後一層の市場での拡大が期待されている。

次に、表 3 に、セールクロスの目付による伸度比較として、生地物(メラミン樹脂加工品)、フィルムラミネート物、アラミド繊維を経のみに使用しているフィルムラミネート物の、各重量クラスによる伸度変化を、荷重 10 ポンド、100 ポンドレベルで示す。フィルムラミネート品は、基本伸度である低荷重ゾーン(10～20 ポンド)での伸びが低く、全方向にバランスしている。又、重量 120 g/m^2 物と、生地物 180 g/m^2 物の伸度水準が、ほぼ同等で、セールクロスの軽量化が可能になる。又、アラミド経方向使いでは、低荷重ゾーンは云うに及ばず、高荷重ゾーンでの伸度が低く、目付、 120 g/m^2 物が、フィルムラミネートの 200 g/m^2 物の伸度レベルに相当し、縦方向パターンセール (Vertical Cut) 使用の場合、大幅な軽量化が図れる。その走行操作性に大きな影響を及ぼす軽量化が、セーラーの長年の夢で「軽くて強い」ことであった事を考えると、画期的革新と云えよう。当然の事ながら、使用時の、性能耐久性として要求される永久ひずみを評価するための、残留ひずみについては、その絶対伸度が、大きく影響を及ぼす。

その他性能物性としては、JIS 試験法による、引張り

図 5 ELONGATION/WOVEN V.S. LAMINATED

表3 セールクロスタイプによる伸度比較

セールタイプ	重 量 (g/m ²)	伸 度						Remarks
		FILL		WARP		BIAS		
		10LB	100LB	10LB	100LB	10LB	100LB	
生 地 物 (メラミン樹脂加工品)	180	0.50	8.75	0.25	4.38	0.75	23.0	WS用
	200	0.35	5.38	0.20	3.63	0.5	18.5	RS用
	270	0.25	4.75	0.19	1.88	0.4	15.8	RS用
Film Laminated (生地とFillmのLaminate 品)	120	0.25	5.25	0.25	10.5	0.38	22.5	WS用
	180	0.25	4.58	0.25	7.4	0.3	12.7	兼 用
	200	0.25	2.8	0.23	4.47	0.26	10.3	RS用
Aramid 経使い Fillm Laminated	120	0.23	2.73	0.36	10.51	0.42	21.5	WS用
	180	0.19	1.05	0.26	4.96	0.32	13.61	RS用

強力・伸度, 引裂強力, 縫い合せ強力, 剥離強力, 染色堅牢度 etc が, 実用に耐える水準になければならない事は当然である。

5. 今後の展望

以上, セールクロスとは…から, その概論, 製造条件, 要求特性等につき, その一端を紹介した。

それでは, 今後セールクロスとして何が要求されるのかについて, 展望してみよう。

ヨットでは, より一層の性能向上が主に要求され, クルージング用での耐候性向上の為に紫外線劣化防止加工, レーシング用としての高性能狙いの高強力糸(アラミド繊維, 高密度ポリエチレン繊維)使い布帛のフィルムラミネート複合品の拡大などが期待される。

WS用では, 性能の他にファッション性が要求され,

カラフルな鮮明色, プリント品(市場では, レインボー調ボカシプリント品が, 優雅で評判が良い), メタリックカラー調等, 表面変化狙いのストライプ品等, WSが海の青さとよく調和マッチするような多様化が一層促進されるであろう。又, アラミド繊維使用品が, 軽くて強く伸びにくい物として, 伸長拡大していく物と予想される。

参 照 文 献

- 1) 「ヨット百科」, 舵社
- 2) ウォーリス・ロス著, 「Sail Power」, 天然社
- 3) 小島敦夫著, 「たのしいYachting」, 成実堂
- 4) Bainbridge Technical Information

(昭和61年5月2日受理)

賛 助 会 員 入 会 (1社1口)

TDK(株) 開発研究所

正 会 員 入 会 者 (15名)

東島 均 (片倉チッカリン)
伊藤 一郎 (聖徳学園)
柳澤 真実 (お茶の水女子大)
綾 久仁子 (日本女子大)
細川 勝 (兵庫県織工指)

柴本 秋男 (農工大)
白水 重徳 (出光興産)
磯田 英夫 (東洋紡)
大倉 玉圭 (ジーオー貿易)
小池 良介 (長野県情報技術試)

浦川 宏 (京工織大)
吉田 孝 (東大)
藤井 敏雄 (三菱化成)
森村 直樹 (日本化薬)
旗崎 由記 (三井東圧化学)

学 生 会 員 入 会 者 (5名)

清水 康雄 (岡山大)
隆 宇 寧 (東工大)

藤井 実 (京工織大)
宗村 邦嗣 (岡山大)

大久保 光 (神戸大)
(敬称略)