

美の象徴

ACTの金井亮浩氏は、IRC（International Rating Certificate:国際ヨットレースハンディキャップシステム）とHP30class（High Performance Yacht Racing :高性能ヨットレーシング）で競争力のある現代の30ft木製レーシングヨットK30Wの開発について、船体と構造の建造材料として主に木材を使用した持続可能な建造方法について説明しています。

2021年12月に進水した新しい木造レーサーK30Wは、2012年に設計した24ftの木造艇で最初に検討したアイデアを発展させたものです。その目的は、近代的な木造技術を駆使して、最新鋭レーシングヨットの高い性能を実現させることでした。K30Wは、オールカーボンレーサーK36-Samuraiの設計をベースに性能を向上させ、ビルダーとしてWOOD FRIENDERの梅川尚敬氏、構造エンジニアとしてK36-Samuraiで共に働いたSDKのスティーブ・クープマンを迎えました。

このプロジェクトを提案したきっかけは、以前の24ft艇を発展させた究極の木造レーサーを作り、その結果、IRCのレーティングシステムにおいてFRPで作られたヨットに対抗できる超軽量、超剛性艇であることを証明することにあります。IRCの枠組みの中でデザイナーに許された自由と柔軟性は、木造プロジェクトの設計において創造性を発揮するための大きな基盤となりました。24ft艇のオーナーである神野佳樹氏は、このプロジェクトに全面的に賛同してくれました。私は30年前にCFD（Computational Fluid Dynamics:数値流体力学）の研究者として、造波抵抗低減の研究に始まり、アメリカズカップ艇やその後のヨットの開発でCFDをツールとして活用し、性能の追求に努めてきました。こうした取り組みは、商船における新しい船型の設計や帆を推進力として使うことで、二酸化炭素・温暖効果ガスの削減や燃費の向上につながっています。また、昔の帆船への回帰という点から、WOOD FRIENDERといっしょに10年前から木造船の可能性を考えてきました。K30Wは、木造でありながら、船体&デッキ形状、構造配置、建造方法など、最新テクノロジーを駆使した最新鋭レーシングボートです。

標準的な設計プロセスとして、風上と風下の条件下で、船体とアペンデージの流体力学的性能とデッキの空力性能をCFDとVPP（速度予測プログラム）で徹底的に研究し、合計約250種類の船型とデッキ形状を設計しました。各風速における船体抵抗、安定性、セールパワーのバランスは、船型とセールプランを決定する上で重要な要素の一つです。ダウンウインドでは、風速に応じて前後トリムが大きく変化するため、CFDでは特にプレーニング時に適切なグリッドを用いてその点を考慮し、より精度の高い計算を行う必要があります。風下、風上の各条件で変化するCp曲線(prismatic curve:横断面横曲線)は、他の局所的な船体形状と合わせて、最終的な船型を決定する重要な要素です。フロントデッキの形状は、風圧抵抗が少なく、ジブセイルに渦の少ない良い風が流れるように慎重に設計しました。この複雑な3次元曲面形状を木材でどのように実現するか、設計開発の過程でビルダーと綿密な打ち合わせをする必要がありました。

深いバルブキールとレール上でのクルーハイクによる安定性を備えた現代のレーシングヨットは、伝統的な木造船と比較して、はるかに大きな構造荷重を受けています。プランキング材、フレーム、アペンデージに関する従来の構造ルールは正しく適用されませんでした。K30W では、ISO122215（カテゴリーB、オフショア）をガイドンスとして、適切な荷重、材料特性、安全係数を設定し、構造を慎重に設計する必要性がありました。船体、甲板、内部構造は主にマホガニー、レッドシダー、バルティックバーチ合板で、その他のキールフィン、ラダー、バウスプリット、マストなどはカーボンファイバー/エポキシで構成されています。

構造レイアウトは、現代のコンポジットレーシングヨットに似ていますが、FRP の厚いコアパネルに対してより薄い木材のプランキング材で対応するため、縦方向のフレームの間隔を狭くしています。トランサムとメインバルクヘッドの間には、コックピットと船体パネルの両方を支える 2 本の縦方向のウェブが走っています。深くアスペクトの高いキールフィンがもたらす大きなヒーリング荷重と座礁荷重は、キールフィンの上部をコックピットソールの下側まで延長することで支えています。これにより、キール荷重を支えるためにビルジ内の大型木製キールフレームを使用する必要がなくなりました。キールフィンは薄いグラスファイバー製のトランクに収められ、水密性を保ち、キールトランク下部の厚い一体型フランジがキール荷重を周囲のプランキング材に分散させるようになっています。キールフィンはまた、マストステップの圧縮荷重をメインバルクヘッドの高さ方向に分散させるために使用されています。

船体は、第 1 層の板材を含む 4 層の木材を、それぞれ真空バッグでエポキシ接着するコールドモールド製法で作られました。レッドシダーとマホガニーの内側と外側の単板は、横方向のフレームを介して縦方向に配置され、クリア仕上げのため視覚的な美しさを出しています。レッドシダーの内層単板は、剪断力と横方向の強度を確保するため、 $\pm 45^\circ$ の向きに配置されています。フレーム、デッキ、コックピット、面取りパネルはすべてバルティックバーチ合板です。

シュラウドチェーンプレートは、船体側面にラッピングされたカーボンユニストラップ構造です。しかし、木材の剥離強度が相対的に低いため、カーボンユニストラップは板材の中に挟み込まれ、接着面積を 2 倍にし、複合材構造よりも長く、トップサイドの下まで伸びています。

カーボンボートに比べて木造ボートの全体的な剛性は、カーボンの弾性率は木よりもはるかに高いのですが、木の厚さはカーボンボートの外皮と内皮を合わせた厚さの何倍もあります。したがって、全体のグローバルな曲げ剛性は同等で、E ガラスラミネート艇よりもはるかに高いのです。

WOOD FRIENDER の梅川氏は、自然に作られた木の構造の活用を探ることこそ、カーボンニュートラルの時代に必要なことだと考えています。この時期は、デジタルファブリケーション（デジタルデータをもとに創造物を製作する技術）の革命期と重なったために、3D CAD、CNC ルーター、レーザーカッター、3D プリンター、3D スキャナー、リバースエンジニアリングなどの最新デジタル技術を駆使することにより、伝統

的な木造船の造船技術とデジタル技術を融合させることに成功しました。バルティックバーチ合板のフレームは、すべて CNC で切断・加工されたため、精度が非常に高く、大幅な時間短縮が実現しました。3D スキャンは、カーボンキールのトランクに合わせてマストステップのブロックを切断する際にも非常に役立ちました。

広いコックピットを人間工学的に効率よく使うために、デッキレイアウトを工夫し、スライドハッチをデッキ上ではなくコックピットの床に配置しました。最小のスマールピットはマストの後に配置され、コックピットの前方垂直壁はマストバルクヘッドの後部となり、軽量化と低重心化に寄与しています。

ボートマネジャーの笹木哲也氏は、最新の B&G ネメシスディスプレイ、スピンロックソフトグリップクラッチ、スピンハリヤード用アンリールレボリューションリール、スピンシート用ブラザーシステムなど、最新のデッキギアやコントロールシステムを導入しました。また、ブッシュやドッグボーンなどのカスタムパーツは、チームメンバーが独自に開発したものです。

最初のセーリングは、日本の真ん中にある琵琶湖で、とても冷たい北風 20kt の下でしたが、艇のバランス、剛性は良好で、波に対しての反応もとてもマイルドな素晴らしい感触を示し、きしみ音は全くありませんでした。（木造艇は波に対する振動吸収の仕方が FRP やカーボン艇とは違う優れたものがあるのだと感じています。）

K30W のキャンペーン開始にあたり、今年の英国カウズウィークでの HP30 レースに参加する予定でしたが、この不安定な状況などから来年に予定を変更せざるを得ませんでした。早く K30W が IRC や HP30 フリートで他の高性能艇と一緒に走れるようになることを期待しています。

金井亮浩

www.actechnology.co.jp

K30W はウッド・エポキシ工法の最先端を行くものですが、IOR の 1/4 トンや 1/2 トンのようなオフショア IRC レースボートを自作する機会の少なさを嘆く人々に、希望の光を与えてくれるものです。この新艇は、今年の年末にはヨーロッパでレースが行われる予定です。IRC フリートや、急成長中の HP30 クラスのライバルとの対戦で、その性能を確認することができるでしょう。通常の E-グラスデザインよりも硬く、より高価なカーボン製に近いこの木造艇の性能は「輝きを増す」ことをこれまでの実績が証明しています。