



海外開発 / 海外生産 特集

WV 誕生から 18 年の道のり

The 18 Years of Progress Since the Birth of the Water Vehicle

谷 聖志 Satoshi Tani

● ME カンパニー WV 技術統括室

Some seventeen years have passed since the first WaveRunner 500 went into production at Yamaha's Arai Factory in Oct. 1986 and the first WaveJammer in Jan. 1987. At the time development began on these models, the exchange rate for the Japanese yen was 240 to the U.S. dollar. When the yen exchange rate began to climb sharply and then fluctuate drastically in the ensuing years, production of these Water Vehicles was shifted to Yamaha Motor Manufacturing Corp. of America (YMMC), which was established shortly after production began at the Arai Factory, and they continue to be produced at YMMC today.

We decided to take a look back over the various Water Vehicle policies that have been implemented over the years in this case of "overseas development and overseas production" in hopes that a review will provide new insights that will be useful in determining policies for the future.

The roots of Yamaha Water Vehicles go back to a presentation of prototypes called the Power Ski and Wing Ski, which was held at YMUS in Sept. 1984. However, at that first presentation we found that due to the heavier average body weight of the American staff who were supposed to evaluate the prototypes, many of them were either unable to ride the craft that had been prepared or, if they could, the prototypes were so under-horsepowered that the ride wasn't even worth evaluating.

Taking impetus from that embarrassing mistake, a project was started at the Technical Division of YMC's Boat Operations aimed at developing a vehicle suitable for the average weight of Americans. Named the Micro Marine Vehicle (MMV) project, the goal was to put together prototypes for another presentation in one year's time.

This project was launched in Dec. 1984. The project team was selected from the Technical Division of YMC's Boat Operations and the Engine Technology Division of Sanshin Industries. The team had the following three development objectives.

1. To develop a single-passenger model that could hold its own against the Jet Ski and Surf Jet models already popular in the U.S.
2. To create a world's first 2-passenger (tandem) vehicle that was not a conventional boat
3. To develop a new engine and pump system that could be used on both the single passenger and 2-passenger models.

In just five month's time the project team completed five single-passenger prototypes and seven tandem prototypes. After evaluating the performance of these prototypes in Japan,

four tandem and two single-passenger models were selected for the presentation in the U.S. At the ensuing presentation held at YMUS in July 1985, official approval was given to begin development of a production tandem model.

The prototype at that time would become the WaveRunner 500, the world's first runabout type personal watercraft. (Photo shows prototype) Before entering the main text of this report, we show in the following table the main Yamaha Water Vehicle models that have been produced in the last 18 years.

1 はじめに

WR500 (Wave Runner 500) が 1986 年 10 月、WJ500 (Wave Jammer 500) が 1987 年 1 月に新居工場で生産スタートしてから 17 年が過ぎる。

開発スタート時の円レートは 1 ドル = 240 円だった。その後超円高の 1 ドル = 90 円の時代を経て、現在の 1 ドル = 120 円時代と言う激動の 18 年間である。円レートに連動して生産工場も新居工場でスタートしてすぐに YMMC (Yamaha Motor Manufacturing Corporation) が設立されたことにより YMMC へ移管され現在に至っている。

WV (Water Vehicle) 事業活動を「海外開発 / 海外生産」という切り口で見直した時、これまでに実施された数々の施策を振り返ることでこれからの施策を考えるヒントになれば幸いと思い、18 年間の施策をまとめることにした。

ヤマハ WV のルーツは 1984 年 9 月に YMUS (Yamaha Motor Corporation USA) で行なわれた (試作仮称) パワースキーとウイングスキーのプレゼンテーションである。

しかし、第一回目のプレゼンテーションでは、肝心の評価者であるアメリカ人スタッフの体重が重すぎて全然乗船出来なかったり、乗船出来ても馬力不足で評価に値しなかったのである。

その失敗を糧にして、アメリカ人の体重に会った乗り物を提案しようと、舟艇事業部技術部では MMV (Micro Marine Vehicle) プロジェクト (以下、PJ と略す) を結成し、1 年後にもう一度プレゼンテーションすることを目標とした。1984 年 12 月のことである。

PJ チームは舟艇事業部技術部と三信工業(株)エンジン技術部から選任された。PJ チームの開発課題は次の 3 点であった。

- (1) アメリカですでに好評を得ていたジェットスキーやサーフジェットに負けない 1 人乗りモデルの開発。
- (2) 世界初の 2 人乗りでボートではない新しい乗り物。
- (3) 1 人乗りモデルと 2 人乗りモデル両方に搭載できる新エンジン及びポンプ開発を行なう事。

PJ チームは僅か 5 ヶ月間にシングル 5 艇、タン



図 1 WR500 プロトタイプ

テム7艇のプロトタイプを製作した。日本で基本性能を評価した後タンDEM 4艇、シングル2艇をUSに持ち込み、1985年7月のYMUSプレゼンテーションに臨み、タンDEMの生産開発が正式に承認されたのである。

このときのタンDEMプロトタイプが世界初のランナバウト型WVとなるWR500である（図1）。

本題に入る前に18年間の主なモデルの流れを表にまとめたものが表1である。

表1 WVモデル年表

通称	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
WR500																		
WJ500																		
SJ650/700																		
WR3/WR3GP																		
MJ650M																		
VXR/PRO-VXR																		
FX700																		
WAVE BLASTER																		
WAVE RAIDER 700/1100/760																		
Venture760/1100/700/XL1200/XL700																		
WAVE BLASTER II																		
WR-GP760/1200/800																		
XA1200/XLT1200																		
Exciter220/270/135																		
LS2000																		
WB800																		
SUV1200																		
GP1200R/1300R																		
XR1800																		
FX140																		
SR230																		

:1人乗りモデル
 :3人乗りモデル
 :ジェットボード

:2人乗りモデル
 :4人乗りモデル

2 WV 誕生期 WR500(1985 ~ 1986)

通称タンDEMと呼ばれていたWR500は、企画台数5,000台/年で計画されていたので、伝統的なハンドレイアップ成形を採用することを避けて、当時生産技術部で研究開発中のNew RTM（Resin Transfer Molding）工法を採用する事が決定された。

そのため工法開発とモデル開発を並行で進めなければならなかった。総力戦で計画通り1986年10月に新居工場で生産が開始され、1986年のシカゴショーで発表することが出来た（図2）。

世界初のランナバウトWVはUSで爆発的な人気のモデルとなり、同様に日本でもMarineJet 500 T/Sとして2モデルが発売され好評であった。1987年には第1回マリンジェットジャンボリーが浜名湖で開催出来るほどの人気であった（図5）。



図2 第28回シカゴショー発表での発表風景

我々開発陣は年間 20,000 台に増産対応できる量産工法の検討を行ない RTM 工法から SMC (Sheet Molding Compound) 工法への変更を決意した。

構造検討のために外注メーカーと共同で実艇の縦曲げ試験を実施した後データを基に SMC 構造設計を行い、1988 年には年間 20,000 台以上の量産化を実現した (図 6、7)。



図 3 航行テスト中の WJ500



図 4 WR500/WJ500 の PJ メンバー



図 5 第1回マリンジェットジャンボリー

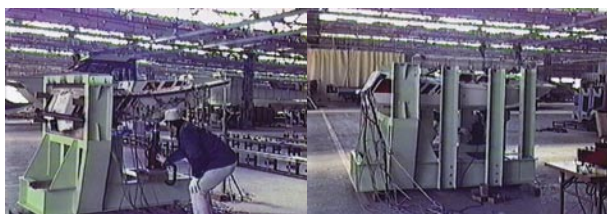


図 6 WR500 の実艇の縦曲げ試験装置



図 7 フロリダ耐久テスト場所近くのレンタル屋

3

North America PJ から YMMC へ (1986 ~ 1989)

同じ時期に NA (North America) PJ では、WV の US 生産の検討を始めていた。US の SMC ベンダー調査を 1986 年 9 月からスタートし、ある SMC ベンダーに決定された。その後 US 用 SMC 型を製作し、US の SMC 原材料を日本に輸入して US 仕様の成形条件を検証した。日本で航走耐久評価した後 US ベンダーで成形したハル、デッキを YMMC で組み立ててフロリダでの耐久テストを実施したが、成形条件が日本と US ベンダーでは異なっており、耐久テストでは艇体クラックが発生してしまった。その後何度も耐久テストを実施したが生産開始予定日までに OK となる仕様が完成出来なかった。数々の

チャージパターン変更後 2 ヶ月遅れでやっと生産開始することが出来たのである。

YMMC ではその間、新規採用した従業員に仕事を与える事が出来ずに作業訓練と草むしりの日々を送り、大変なプレッシャーで倒れてしまう駐在員もいたほどであった。1988 年 12 月ついに YMMC での記念すべき生産が開始された。WV を発売してから 3 年後のことである。

4 YMMC 生産モデルの増加期 (1988 ~ 1990)

1988 年以降、我々技術陣は WR3 (Wave Runner 3) と SJ (Super Jet) の並行開発に追われていた。当時は世界最大のモデルと最小のモデルの並行開発を行っていた。

4.1 WR 3

世界初の 3 人乗り WV となる WR3 の開発課題は、当時世界最大級の SMC 型開発と世界最大級の SMC プレスで成形することであった。日本で最大級の SMC プレスが導入され生産開始されたが、その巨大さと燃料タンク周辺の肉厚のためにハルの SMC 成形時にはキープタイムが長くなるモデルであった。

WR3 は WR500 に続く大ヒットモデルとなったので、営業要求を満たすために WR500 と同じく日本と YMMC 両方で SMC 艇を生産したモデルである (図 8)。

4.2 SJ

YMUS の熱望から 5 年後、ようやく生産スタートしたモデルである。

ハルは SMC、デッキとエンジンハッチはメトン、フローテーションはウレタン発泡を採用した。新材料、新工法を集約したヤマハ期待の 1 人乗りモデルである。1989 年 10 月に YMMC 生産スタートした。生産開始後もメトンの成形とウレタン発泡工程に細心の注意が必要であり、他モデルとの製造工程があまりにも異なっていたので生産効率向上のために 1993 年に製造工場を日本に移動した。YMMC での生産は 3 年半である。



図 8 日米両拠点で生産された WR 3 フロリダ耐久テスト艇

船形開発、構造開発、生産準備に時間のかかったモデルではあるが、その基本船形は 2002 年モデルまでトップレーサーに支持され、今なお 1 人乗りモデルにおいて業界トップシェアを誇るモデルである。ヤマハWV歴史上の最長寿命モデルである。13 年間でデッキの形状変更と材料の変更及びエンジンのパワーアップを実施しているが、ハル基本船形は同じである（図 9）。



図 9 初代 SJ650(上)と3代目 SJ700(下)

5 YMMC での SMC 内製化 PJ と SMC ベンダー変更 (WR650 と VXR650)

SMC の内製化による輸送費のコストダウン、自動車業界の景気の良し悪しに左右されがちな SMC ベンダーとの交渉を優位に進める事、ヤマハの持つ SMC 技術の現地化を目的に 1990 年 YMMC に SMC 内製化 PJ がスタートした（図 10、11）。対象モデルは WR の後継モデルとなる VXR と生産中の WR650LX であった。VXR 開発では SMC 型の US 移管まで順調に進んでいたが、突発事項により SMC 材料メーカーを変更しなければならなくなった。最初に材料開発が必要なモデルは量産体制に入っていた WR650LX である。新ベンダーの材料選択の時間的余裕はなく、なんと生試トライ時に 13 種類の材料及びチャージパターン違いの耐久テスト艇を製作した。その後、テンポラリーアルバイトを 20 名以上雇って同時に 13 台の耐久テストを実施するというアメリカならではの裏技で何とか WR650LX の材料変開発を終えて、直ちに VXR に共用して VXR の生産開始目標を達成したのである。

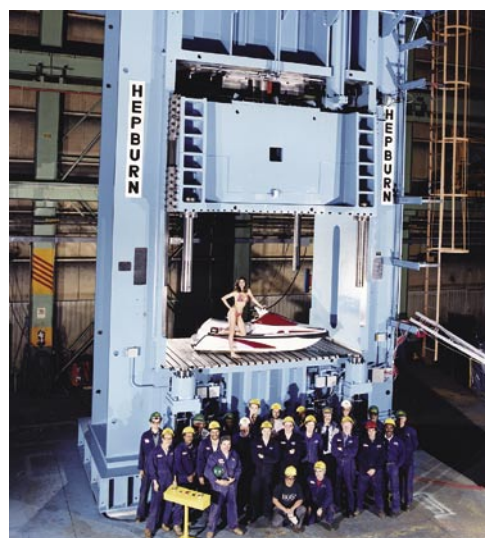


図 10 YMMC の SMC プレス



図 11 SMC プレスのテープカット



図 12 最初に成形されたハル1号機



図 13 テスト前の VXR650

6 業界の馬力競争スピード競争の開始 (Raider700/1100 と /Venture700/1100)

1993 年以降WV業界の需要は爆発的に伸びた。同時にスピード競争の時代に突入してゆく。

6.1 ハンドレイアップ導入調査 PJ

YMMCでは、スピード競争に備えて艇体のハンドレイアップによる軽量化と短期開発化の検討PJを推進した。全米のボートビルダー 8 社とその他の FRP (Fiber Reinforced Plastics) のメーカー 3 社を訪問しベンダー毎の品質およびコスト競争力評価を実施し、Raider700 艇体製造の社外ベンダーを決定した。しかしWV需要が増大する中で SMC 艇のコストの方が安い事、エンジン開発計画を見ると 1995 モデルでは 3 気筒エンジンが搭載され今後の主流となる見込みであることより、1994 モデルのハンドレイアップモデルは日本で生産し、YMMC では 1995 モデルに新エンジンを搭載して立ち上げる事になった (図 14)。



図 14 大船渡製のハンドレイアップ Raider700

実際に US 工場ハンドレイアップ艇を製造するのは 1993 年の PJ 調査から 5 年後 TWI (Tennessee Watercraft INC.) でのことである。当事調査したボートビルダーのひとつに Cobia Boat があり、数年後に YMUS により買収されジェットボート製造拠点の TWI となった。

6.2 高強度 SMC 開発 PJ

1995 モデルの開発目標値は出力 81kW (110PS)、新開発 3 気筒エンジンを搭載して時速 89km/h (55mph) 以上であった。従来の SMC 強度では板厚を増すしか方法はないが、重量が増加し成形時間が長くなる。結果としてコストアップになるので SMC のガラスコンテンツを高めて同じ板厚で高強度を目指す高強度 SMC 材を開発することになった。試行錯誤の後ウーブンロービングプリプレグを開発し、SMC の異方性改善と高強度の両立を計ることが出来た。以前のモデルでは SMC 成形後に RFM (補強材) を弱い部分に接着していたが Venture では RFM なしで耐久テストをクリアすることが出来たのである。1995 年には YMMC で生産台数は倍増し、年間約 5.7 万台の WV 生産を達成し WV 事業の収益向上に多大に貢献した (図 15、16)。



図 15 YMMC で組み立てられる Raider1100



図 16 レスキューシリーズも設定された Venture シリーズ

7 NAFTA (North American Free Trade Agreement) 現地調達率 50%

1993 年以降の超円高の中 YMMC では現地調達率 50% 実現に向けた取り組みも重要なテーマであった。対象モデルは Raider700/1100、Venture700/1100、GP760/1200 の 6 モデル。開発の中で前記の高強度 SMC 開発 PJ と並行して C&G (カラー & グラフィック) の現地開発及び現地調達化 PJ、ジェットポンプ現地調達 PJ を推進し現地調達率向上を目指していた。1995 年には全米のグラフィックベンダー調査とアルミベンダー調査を実施し、C&G の現地調達化とジェットポンプ部品の現地調達化とジェットポンプ組み立ての内製化を実現した (図 17、18)。これらの成果により 1996 年モデルの Venture700 で初めて現地調達率 50% を達成することが出来た。しかしその後の WV 業界の馬力競争と環境対応による CKD (Complete Knocked-Down) 価格の上昇で NAFTA 基準の現地調達率 50% を超えるモデルは存在していない。



図 17 初めて現地調達されたグラフィック



図 18 YMMC に設置されたジェットポンプ組み立てライン

艇体の大型化のための重要なコストダウンとして、梱包仕様変更によるコストダウンも検討した。YMMC では Venture 開発時は幅の広い艇体を水平に梱包していた。この仕様ではコンテナに横 1 列しか搭載出来ない。今までのモデルは横 2 列搭載できたのでコンテナ輸送費が 2 倍かかってしまう。輸送費低減を求める YMUS 営業の声に対応して、YMMC では輸送費削減の為に画期的な斜め梱包仕様を確立し、梱包幅を今までの寸法に収める事に成功した。斜め梱包法は試行錯誤が必要であったが輸送費は半減する。現在では 3 人乗りモデルの梱包法としてヤマハ発動機以外のメーカーも多数採用している方法であり、現在の WV 市場が 3 人乗りモデル中心となるきっかけとなる輸送方法であった。

8 時速 60 マイルの時代 (GP760/1200)

業界のスピード競争は更に激化し、目標スピード 97km/h(60mph) に突入していた。他社が比重の軽いハンドレイアップ工法であるので、SMC の低比重化が非常に重要なテーマであった。

YMMC では材料ベンダーと共同開発して一般の SMC 材より 1 割軽い SMC 材料の開発を進めて 1997 モデルの GP シリーズに採用し、GP1200R に受け継がれている (図 19、20)。



図 19 軽量 SMC 採用の GP760 生産艇



図 20 軽量 SMC 採用艇の GP1200R 試作艇

9 全体製造コストの 30%削減計画 (XLT1200)

1996 年以降の更なる馬力競争や環境対策によるコストアップに対応する為に、YMMC では敷地の近くに YMMC 第二ラボを設置した。第二ラボでの研究により低圧ウレタン発泡技術の開発とハルライナー構造の評価を GP1200R を利用して行ない、艇体の縦剛性アップとコストダウンを実現できるハルライナー構造を実現した (図 21)。

1999 モデルの XLT1200 以降のモデルはすべてハルライナー艇体構造を採用している。

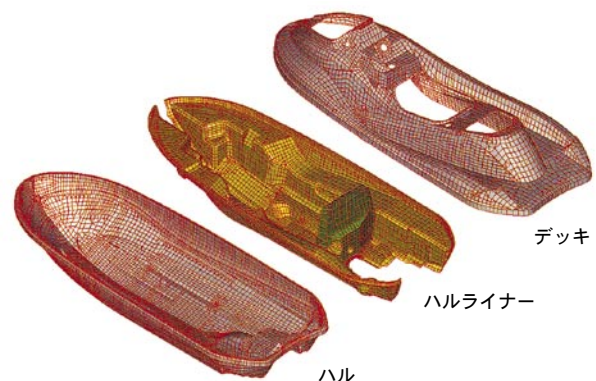


図 21 ハルライナー構造の XLT1200 の SMC 部品構成

10 YMUS の企画提案基地の設置 (1993 ~ 1998)

10.1 レイクハバス基地での開発

1993 年以降 YMUS の営業 / 企画チームはカリフォルニア R&D の中に WV チームを発足させた。さらにレイクハバス基地を整備したことにより US で製作したプロト艇で具体的な次期商品提案を行えるようにした。YMUS チーム提案のプロトを日本の開発陣が量産のための艇体形状の最終仕上げを行い、その後に YMMC で SMC 化及び生産展開を行う分業体制である。Raider700、Venture1100、GP1200、SUV、XLT、GPR、FX140 がレイクハバス基地からの商品提案モデルである（図 22、23）。



図 22 YMUS のレイクハバス基地で改造中の FX140



図 23 レイクハバスでのテスト風景（ポンツーンボートが移動基地である）

10.2 Jet Boat 現地開発と TWI (Exciter220)

1994 年以降ジェット推進をコアとした新商品として Jet Boat の開発が日本と YMUS で計画され、ハル性能開発は日本で行い、全体のコンセプトからデザイン全般を YMUS/R&D を中心に開発が進められ、製造は YMUS が買収した Cobia Boat で生産スタートした。Cobia Boat では 1 機種で年間 1,000 台以上の量産経験はなく、悪戦苦闘の連続で約 2 ヶ月遅れの生産開始となってしまったが、1997 モデル以降 Exciter220/270/135 のシリーズ化を行い、Exciter270 はその総合性能の高さで 1998 モデルの Jet Boat 市場で人気モデルとなった。その後 Cobia ブランドのボート製造はフロリダの Century



図 24 TWI で生産されている世界初の 4 人乗りモデルの SUV1200



図 25 US 現地開発モデルとなった スポーツジェットボートシリーズの LS2000

Boat に全て移管され Cobia Boat は会社名を TWI へ変更された。

TWI は 1999 モデルの Jet Boat の LS2000 の開発において、US チームによる企画、艇体性能開発、製造までの一貫開発を実現している。同じ時期に SUV の製造準備も進めていて、世界初の 4 人乗りモデルの SUV1200 を 1999 モデルより現在まで生産している（図 24、25）。現在は 2003 モデルの SR230 の開発を進めている。

TWI は湖のほとりに位置していて、WV の開発基地として優れた立地条件である。ハンドレイアップ技術とその環境条件によりレイクハバスに代わる先行商品提案基地化が期待され、2001 年より開発の為に評価基地として評価設備を増強中であり、今後の発展が期待される（図 26）。



図 26 新設された WV 評価用の TWI 桟橋

11 おわりに

2000 年に WV 営業 / 企画グループは長年住み慣れたカリフォルニアを離れて、YMMC と同じジョージア州のケネソーに移動する事になった。ケネソーの YMUS とニューナンの YMMC を中心とした事業運営が可能となり、YMUS と YMMC と TWI が半径 200 km 以内に集結する体制が構築されている。2003 年には米州本部及び YMMC を中心とした新事業運営体制がスタートする予定である。

今後新体制の基に WV 事業効率化、高収益化のために WV 事業部が一致団結して競争力のある商品を生み出せるように努力して行きたい。



図 27 2003 MARINE JET

■著者



谷 聖志