解説シリーズ

こんなところに複合材料：歴史編—IV.

FRP 浴槽開発史

小 柳 卓 治*

1. は じ め に

日本の高温多湿という気候風土と清潔好きな性格、そして木の伝統文化とが相まって日本独特の風呂文化が発展してきたのは誰もが認めるところである。気候風土は地球温暖化の影響で多少暖かくなっているが昔からそれ程変わっていないし、清潔好きも潔癖過ぎるくらいと外国からも揶揄されるほどである。しかしながら、風呂文化を支えるもう一方の主役である浴槽の素材は今や木風呂は貴重品となり、FRP 浴槽それも人造大理石浴槽が主流となっている。

FRP という素材は戦後にアメリカから紹介されたものであり、しかも浴槽や浄化槽を含む住宅産業に使用される FRP がトップのシェアを持つまでになったのは、FRP そのものが日本の風呂文化と融合した結果であり優れた性能を保持しているからに他ならない。FRP 浴槽はまさに日本の風呂文化を育みながら、FRP 技術を発展させ、市場形成に大きな役割を果たしてきたのである。欧米では、FRP は輸送部門が中心となって成長してきた背景があるが、日本は浴槽や浴室（ユニットバスルーム）が中心となって FRP 市場を牽引する役目を担い立派に結果を残してきた。

現在も水まわりの FRP 材は素材、成形方法、生産管理、施工等について進化しつつある。FRP 浴槽もすんなりここまで成長してきたのではなく、紆余曲折を経ながら、いや現在も新たな技術開発に取り組み市場創造に向けて関係者は挑戦している。

過去にも何回か FRP 浴槽の歴史についてまとめる機会を与えて頂き、私の独断で、黎明期、成長期、技術革新期、環境対応期の 4 期に分けて発表してきた。しかし、平成不況以降、石油ショックの時のように急回復が果たせずデフレ下で低迷が続けている。これは小手先の対応

では市場の回復は困難な状況であり、構造的な要因が考えられるため、新たに、構造転換期の項目を設けた。複合材料関係者に一つでも役立てば幸いである。

2. 黎明期 (1953 年～1963 年)

—昭和 28 年～昭和 38 年—

戸田孝昭氏による「FRP 20 年の歩み」の巻頭言で、「1945 年夏、米国軍がいろいろな装備品を持って日本に上陸してきた時、その装備品の中に白濁した樹脂のかたまりの間からキラキラ光る繊維がはみだしていた。この訳の判らない材料が今でいう FRP であった」と述べられており、この内容は FRP の源流といえるであろう。

それから 8 年後の 1953 年 (昭和 28 年) に FRP 浴槽の試作研究がはじまった。

当時のホテルの浴槽は鋳物ホーロー製や衛生陶器製が主流であった。洋風の衛生陶器製風呂を製造する方法は鋳込み成形法である。この成形法は洗面器などの小さい製品に比べて均一に鋳込みを行うのが困難なことや、成形後の乾燥、焼成時の収縮による変形などで欠点が多く発生し、製品化自体が非常に困難で、不良率も高く、採算性も厳しい状況にあった。

ホテルが増加する時を同じくして、FRP の手積成形法が樹脂メーカーより衛生陶器メーカーへ紹介された。衛生陶器メーカーは渡りに船とばかりこの新技術に飛びついた。しかし、当時の樹脂はオルソ系のため、耐煮沸性がなく長期に使用するとゲルコートにクラックが入ることがあった。

一方、内風呂と言われる家庭風呂は当時は少なく、一般の家庭では銭湯へ行くのが普通で、上級の一部の家庭では内風呂があっても木槽やタイル槽が中心であった。その一般の家庭でも浴槽の導入がはじまり、カラフルな FRP 浴槽に人気が出はじめた。しかしながら、今のような給湯方式ではなく、日本独自の循環釜で浴槽の湯を沸かす方式のため、出口温度は 80℃ 程度になりホテル以上に耐煮沸性が要求された。

* Takuji KOYANAGI: 小柳技術士事務所 (479-0862 常滑市小倉町 7-1 メゾン新美 205)

この解決に当たって、樹脂メーカー、ガラス繊維メーカー、モールドが一体となって品質向上に取り組んだ。このように三位一体で課題に取り組み、具体的に問題を解決していく手法は、その後、日本の FRP 技術指導方式として完全に定着し、欧米のそれとは違って、いい意味で、系列的かつ有機的な繋がりが出来ていった。この間、手積成形法の生産性向上を狙って、手積成形の流れ作業化や、吹付成形機の輸入、開発が盛んに行われ、さらに MMD 法の研究開発もはじまった。

一方、この時期は高度成長の前兆期でもあり、ホテルでは施工のユニット化がはじまり、省施工による工期の短縮、防水工事不用、品質向上、設計・施工監理の容易化を狙って、最初にホテルニューオータニに導入された。一般家庭でも狭いスペースに浴室の要望があり、ベランダに置ける FRP 一体のカプセル型ユニットが市場を形成していった。

3. 成長期 (1964 年～1973 年)

—昭和 39 年～昭和 48 年—

高度成長のはじまりである。東京オリンピック開催、新幹線の営業開始と華々しい事業がこの後の日本を支えていくことになった。

FRP 浴槽は一気に需要が拡大していった。今までの風呂文化を継承し、関東型の据置き (鉄砲風呂) タイプ、関西型の埋込みタイプを FRP で成形、木槽に替わって清潔、衛生的なイメージが受け、「ポリバス」の愛称で普及していった (図 1)。品質に関して、ゲルコート樹脂はビスフェノール系が開発され、浴槽用樹脂の特性である耐煮沸性、伸び率、強度、収縮率が基準化された。これによってゲルコートのクラックは完全になくなった。ガラス繊維強化プラスチック浴槽の JIS-A 5704 も昭和 40 年に制定され、各浴槽メーカーの基準規格として貢献した。特に耐煮沸性は世界のどの規格よりも厳しくなり、それが日本の FRP 業界の品質レベルを格段に向上させた。中には社内規格で、JIS 規格の 5 倍も厳しい連続 500 時間煮沸を規定し、5 カ年保証を実施した企業も出てきた。

この時期に特筆すべきことは SMC 成形の開発であった。従来の MMD 法では収縮が大きく、外観が悪く商品として市場には出せないものであったが、低収縮材の開発により、外観が平滑で手積成形品に負けない品位のあるプレス成型品が完成した。これによって一気に個人用の浴槽、内風呂が爆発的に普及した。その当時は住宅着工数の 2 倍以上の生産数を記録した。韓国から、一時

図 1 埋込み式浴槽—高度成長期—

SMC 成形品が多く輸入されたが、耐煮沸性が悪く、1～2 か月で脱色や艶落ち等の劣化が著しく早々に退散した。日本式の循環釜の温度に対応出来なかったのである。

この時期に、ステンレス浴槽が開発され、市場に出回り始めた。ステンレス材料自体の普及を狙って商品開発されたと聞いている。エプロンにはエジプト模様があり、耐久性を売り物として PR されたが、当初は伸び悩んでいた。

ユニットバス関係では本物のタイルを使用したタイルパネルユニットが開発され高級ホテル、マンション、戸建住宅にも抵抗なく受け入れられた。これによってバスルームならユニットバスと言われ、鋼板パネルに変わって個性的な製品が各社によって販売されていった。

4. 技術革新期 (1974 年～1983 年)

—昭和 49 年～昭和 58 年—

石油ショックによって市場は急変した。材料価格は急騰し、市場は閉鎖されたような状態が続いた。開発担当者は FRP の可能性に賭け、樹脂メーカー、ガラスメーカーと共同で技術開発に専念した。そして生まれたのが人造大理石浴槽である (図 2)。

当初はガラスクロスにオニックスを転写印刷し、手積成形法で成形した。加飾成形は FRP 浴槽はじまって以来の挑戦であった。他材料ではこのような製品は製造が困難なので正に FRP の独壇場であった。これによって市場は急回復し、わずか 2 年で上昇に転じることが出来た。

これを契機に FRP の付加価値化に弾みが付き、多く

図 2 手積層法による人造大理石浴槽—技術革新期(前期)—

図 4 アクリル加飾 (FRA) を使用したユニットバス—構造転換期—

図 3 注型法による新素材浴槽—技術革新期(中期)—

の企業は独自の技術により切磋琢磨して住設業界を牽引していった。エポック的な内容としては公的には、SPI より人造大理石のブルーリボン賞獲得、従来はホーロー浴槽が中心であった住宅都市整備公団で FRP 浴槽が初めて採用、そして技能のレベルアップを目的とした FRP 手積・吹付成形の技能検定制度の創設がある。

その後は新たな技術開発に拍車がかかり、浴槽の方向を決定付けたのは従来の FRP 浴槽になかった重厚感の付与、すなわち、青磁・白磁のようで本物の大理石をも凌ぐ品質を持った注型方式による人造大理石の出現であった(図 3)。

従来にない透明性のある樹脂の開発、汚れのないガラス繊維、樹脂と同じ屈折率を持ったフリットの開発など枚挙に暇がない程の開発課題を共同して取り組み一つ一つ実現していった。この浴槽は新素材浴槽として従来の FRP 浴槽と区別して出荷数量を計算するようになった。

FRP の技術はとどまるところ知らず、注型方式から更に BMC 方式へと生産性、品質共にレベルアップしていった。

当時は市場の 2 極化が進み、ステンレス浴槽は堅牢を全面に出して PR し、出遅れを必死に挽回を図った結果、ステンレス浴槽の伸びは著しく、FRP 浴槽は 1977 年～1987 年まで材料別シェアでは 1 位の座を奪われた。

浴室のユニット化が拡大していく状況と呼応してコーディネートが叫ばれ人造大理石は確実に浸透していった。この時期には給湯方式もセントラル化、瞬間湯沸し方式が定着し、ジェットバスも欧米の動向と相まって普及が加速していった。

5. 環境対応期(1984 年～1996 年)

—昭和 59 年～平成 8 年—

FRP に対する廃棄物処理の取り組みは、すでに昭和 50 年代にはじまった。その当時は如何に効率的に破碎するか等、主に、処理技術が中心であった。その後、地球環境について社会問題化されるようになり、FRP についてもリサイクルの技術開発が進み、工場内では一部サーマルリサイクル方式が取り入れられ、投資採算が見合うまでになった。

浴槽業界に衝撃が走ったのは CJC (クリーンジャパン

表1 FRP浴槽の開発史

昭和28年～38年 1953～1963 黎明期 【I期】	昭和39年～48年 1964～1973 成長期 【II期】	昭和49年～58年 1974～1983 技術革新期 【III期】	昭和59年～平成8年 1984～1996 環境対応期 【IV期】	平成9年～15年 1997～2003 構造転換期 【V期】
<ul style="list-style-type: none"> ・FRP浴槽試作研究 (28) ・浴槽用素材の開発 (樹脂・硝子繊維) (28) ・洋風、和風、埋込み据置浴槽の開発 (32) ・MAS吹付け機輸入 (33) ・浴槽吹付け成形開始 (34) ・ホーロー浴槽の発売 (35) ・洗い場一体型浴槽の開発 (37) ・ホットプレス法浴槽開発・販売 (37) ・ユニットバスホテルニューオータニ納入—日本最初— (38) ・カプセル型浴室ユニット開発 (38) ・浴槽耐煮沸試験方法の確立 (40) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ユニットバスの販売 (39) ・PP浴槽開発販売 (39) ・アクリルシートFRPバックアップ浴槽の開発販売 (39) ・耐煮沸性樹脂の開発 (ゲルコート) (40) ・JIS A 5704 ガラス繊維強化プラスチック浴槽 (40) ・浴槽5カ年保証 (40) ・手積・吹付成形ライン化 (41) ・SMC製造開始 (42) ・SMC浴槽発売 (44) ・ステンレス浴槽の発売 (46) ・RTM成形の開発 (48) ・FRP浴槽材質別シェア1位 (47～51) ・10人用大型浴槽の開発 ・タイルパネルユニットの開発 (48) 	<ul style="list-style-type: none"> ・模様入り浴槽の開発 (49) ・上記浴槽SPIブルーリボン受賞 (50) ・住宅都市整備公団採用 (FRP) (51) ・浴槽設備士制度発足労働省 (52) ・BL認定 (52) ・花崗岩模様浴槽の開発 (52) ・FRP技能検定制度の実施 (54) ・注型式人造大理石の開発 (55) ・ジェットバスの開発 (57) ・FRP浴槽吹付ロボットの導入 (57) ・BMC人造大理石浴槽の開発 (58) ・FRP浴槽シェア、ステンレスに抜かれ2位転落 (52～62) ・大型ユニットバス開発 (SMC) 	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物処理専門委員会発足 (59) ・FRP浴槽シェア1位奪回 (63) ・ユニットバス全浴槽の出荷を上回る (H1) ・廃棄物再資源化処理対策委員会設置 (H3) ・FRP浴槽材質表示 (H5) ・浴槽JIS大幅改正 (H6) ・FRP浴槽リサイクルシステム研究会発足 (H6) ・長寿社会対応住宅設計指針 (H7) ・FRP再資源化処理システムガイドライン (H8) ・NEDO - 廃FRP浴槽リサイクル技術開発の為の実証プラント (H8) ・アクリルBMCの開発 (H8) 	<ul style="list-style-type: none"> ・FRPの需要の減少 (H9) ・抗菌浴槽の開発 (H9) ・半身浴浴槽の発売 (H8) ・分割型ユニットの増加 (H11) ・24時間風呂の衰退 (H10) ・加飾アクリルシート浴槽の開発 (H11) ・浴槽ユニット製品アセスメントマニュアル (H13) ・高強度BMC人造大理石浴槽の開発 (H14) ・浴室VOC (スチレン) 指針値設定 (H14)

カッコ内は昭和の年代、(H) は平成の年代。

センター) が昭和62年、地方自治体に対し、一般廃棄物で処理・再資源化の難しい廃棄物についてアンケートを実施した結果、浴槽が10位にランクされたことである。さらに、平成2年には通商産業省の産業審議会廃棄物部会にて「粗大で自治体では処理困難なFRP浴槽については計画的処理システムを構築する」との答申が出された。これを受けて、FRP浴槽メーカーが中心となって「浴槽製造者責任者会議」を設置し、廃棄物処理・リサイクルの現状の把握、材質表示等の検討をはじめた。

全般を通じて、FRPが環境に対してどう関わっているのかを問われた時期であった。廃棄物処理からリサイクルができる材料へ、そして3R (リサイクル、リデュース、

リユース) をベースにした循環型社会に貢献できる材料へと、その先陣を切って、FRP浴槽が具体的な実績を期待され、NEDOの委託を受け、廃FRP浴槽リサイクル技術開発のための実証プラントが設置された。この結果を受けて、FRPの再資源化は「FRP再資源化実証システム研究」へと引き継がれた。このように、FRP浴槽というよりFRP材料が今後、循環型社会に対応できる材料として認知された意義は大きい。

こういった課題以外には長寿社会対応住宅指針設計に浴槽の跨ぎ高さなどが規定されたことなどがある。

6. 構造転換期（1997 年～2003 年）

—平成 9 年～平成 15 年—

バブル崩壊後 4 年経ったこの時期は、技術革新時期というより、従来の FRP 業界のシステム破壊が著しく進んだ時期であり、現在も変革が進行している。大企業のリストラの影響をまともに受け、デフレの中、競争も一段と厳しくなってきた。この時期の差別的優位性は機能的な優位と健康・清潔に関わるキーワード、そして変種変量生産、迅速対応が決め手になっている。具体的には抗菌浴槽、半身浴、洗い場の水捌けと VOC 対策等と浴室ユニットに対応した個別生産がある（図 4）。

ここにて、アクリル浴槽も加飾性や表面の鏡面性の特長により、需要拡大の方向にある。

今後は浴槽単体から浴室の一機能部品として進化発展

していくものと思われる。

7. 終わりに

表 1 は FRP 浴槽の開発をまとめたものである。黎明期から環境対応期の流れは浴槽に関わってきた人達からもそれ程異存はないと考えている。しかし、構造転換期ははじまったばかりで、まだ見えない状況にあり、的確な把握はできていないことを容赦願いたい。

FRP 浴槽は住宅着工の減少で平成 13 年以来、減少傾向にあるが、他材料がシェアを落としている分、健闘しているといえる。

FRP 浴槽の歴史では厳しい環境時の技術革新で画期的な製品が生まれている。この実績から今までにない製品が生まれることを期待している。