

8620形蒸気機関車58654号機 復活工事への取り組み



*小田 政俊

ODA Masatoshi



*榎 清一

ENOKI Seiichi

この8620形式蒸気機関車は大正期に製作された初の国産量産化機種であり、急行旅客用として当時の幹線旅客用輸入新鋭機の軸配置である、2C形に匹敵する高性能を1C形で引き出すことを目標とし、これによる小型・軽量化で入線できる路線を支線まで拡大することを目的に製造された。8620形式は1914年から製作され、17年間で672両が製造された。当社の58654号機は、1922年に日立製作所で製造された435番機となる。1968年人吉機関区へ配属の後1975年に廃車となったが1988年8月28日に九州鉄道開業100周年を記念して復活した。それから17年間の運行を続けてきたが老朽化により台枠に修復不可能な歪みが発生し、2005年8月28日運行を終えた。

キーワード：8620形蒸気機関車58654号機、復活、技術の維持継承、地域密着、一体感の喜び

1. はじめに

2006年、JR九州では九州新幹線全線開業に向けた九州の魅力創りや観光資源の活性化を図ることとまたSLの根強い人気とご要望を受け復活に向けた検討を始めた。SLの背骨に当たる台枠を新製できるかどうか復活の可否を握っており、また図面等も古く（大正7年頃の制定年月日）現在の工法、設計で製作できるのか、修復部品の確保や保守技術の継承、牽引客車の老朽対策等、復活に向けた条件整備の検討を行い復活に向けて確信を得た。今年、肥薩線100周年となる2009（平成21）年4月25日「SL人吉」として、熊本駅一人吉駅間で再び運行を開始する。

2. 「SL人吉」として再復活の目的

- (1) SLの根強い人気と集客力による観光活性化を図る。
- (2) SLを中心とした南九州観光ルートの完成を図る。
- (3) 九州新幹線全線開業に向けた九州の魅力創りおよび地域の活性化を図る。

以上の目的に向けて、社員・グループ会社・メーカー一体となった「SL復活工事」への取り組みを紹介する。

3. SLプロジェクトの再結成

小倉工場のSL復活プロジェクト16名「JR、グループ会社、OB（国鉄時代SL保守担当者）」は結成当時から復旧に向け懸命の作業を行ってきた。特に新製台枠の組み立て作業は、工事が進むにつれ現場合わせの作業が殆どであり多くの時間を費した。古い蒸気機関車の再生は技術的にも非常に難しい。「台枠」などに使われる鋼材の溶接や車輪の転削、さらには、ボルト、ピン、ブシュ等の部品類の製作を含めて現場社員の経験と技術、技能の力が評価される内容であった。特に足回りでは台枠と各結合部とのマッチングに苦勞した。部品1品々、現車を確認



写真-1 SL完成

*九州旅客鉄道株式会社小倉工場総務課長

*九州旅客鉄道株式会社鉄道事業本部運輸部車両課主査



写真-2 プロジェクトメンバー

し、良否の判定と機械加工と手作業の連携は、プロジェクトメンバーのスキル向上と工事進捗とともに一段と綿密を要した。

やっとここまで漕ぎつけたのは、80歳を超えるOB（国鉄時代のSL保守担当者）の助言と協力も大きな力となった。

4. 主な工事概要

(1) 台枠新製工事概要

8620形蒸気機関車オリジナル台枠は板台枠の構造でリベット組み立てになっていたが、現在は全長10mの台枠をリベットで組み立てる設備や技術が継承されていない。そこで、新製台枠は溶接構造とすることで設計し直した。材料は当集中軟鋼（現在のSS400相当）を使用していたが、溶接構造のため主要部分は溶接構造用圧延鋼材（SM520）を使用して強度の強化を図ることにした。板台枠の特徴として、上下方向の剛性は大きいが左右方向の剛性が小さいことで曲線走行時横圧低減に寄与していると『機関車の構造及理論』にあり、剛性は元設計のまま進めた。

溶接構造にするにあたり、旧台枠の溶接部の力の伝達状況を知るためにFEM解析（有限要素法）を採用した。解析にあたり荷重条件を知る必要があり、このために軸バネ支持構造、シリンダからの動力伝達、ブレーキ力の伝達、重心高さ、バネ上/下重量等を図面や書物で調査したが、理解し精査するために時間を要した。強度解析の結果では、溶接部で応力の高い部位はなく、基本的に元設計の形状を保つことが出来た。

台枠新製に伴い、缶台、軸箱守、バネ受け等の鋳物部品を新製したが、特に缶台は高さ1.3m、重量1.4tという大物であり、複雑な形状のため図面だけでは木型製作が困難



写真-3 新製台枠

となったため、現物を描写して製作した。

台枠の溶接構造で一番やっかいなことが熱歪であり、板厚25mmの主台枠にシリンダ、スライドバー受け、軸箱守等で機械加工面が直接取り付くため、面合わせの精度を要す作業となった。棒台枠構造

では、台枠を機械加工できるため、このような心配が無いことが構造面でことなる。

台枠組み立て時の配慮として、治具を用い垂直度、平行度をみながら溶接を行った。台枠主要部の溶接を行った後、歪み取りを行い、台枠全体を焼鈍^(注1)して精度を確認を行った後、機械加工を行った。

特に苦慮した点は、元設計の図面には一切公差が記入されておらず、許容差を確認しながらの新設計となったことである。基本は、現在の足回りの設計基準に倣い、またロッド式機関車の整備基準を参考に公差を決定し、台枠に取り付く部品は全てリーマボルト（打ち込みボルト）で取り付け、軸箱守、シリンダ等の重要部品はキーとの併用取り付けで安全性を高めながらの作業となった。

台枠の機械加工は汎用の横送り付きの中ぐり盤で行ったが、350個のリーマボルト穴の加工に2ヶ月を要した。機械加工後、リーマボルト打ち込み作業ではリーマボルト形状が7種類（頭の形状、長さの違い）あり、穴径と締め代を考え個々に製作した。

最終段階では、歩み板を溶接し部品取り付けを行って組み立て完了であったが、ここで問題が発生した。歩み板の溶接取り付けを行ったことで、主台枠のボイラ火室の収納部に歪みが生じた。8620形は構造上台枠内に火室が納まる方式で、火室の面積を大きくするためにボイラと台枠の隙間が図面寸法で片側3mm、台枠と動輪の内側隙間が16mmと限界設計になっているため、慎重に公差内に収まるように修正した。加工上の問題として、構造上、歩み板を最初に溶接すると機械加工が出来なくなるため、後溶接としたことが原因であった。今後の検修等でこの部位を加工する時はボルト取り付けとすることを引き継ぐことにした。



写真-4 修復中のボイラ

島安次郎氏の設計思想の考え方は書物等で知られるところだが、大正時代の初期にここまでの限界設計を行って、しかもこの機関車が687両も製造され、国鉄蒸気機関車時代の最後まで活躍できたということのすごさを改めて感じ、この観点からも58654号機が復活され動態保存されることは意味深いものとする。

(2) ボイラ修復工事概要

58654号機のボイラは、本来のリベットで継ぎ合わせて組み立てる構造ではなく、昭和63年5月に新日本製鐵プラントで新製造した溶接組み立てボイラである。新造から20年ほどしか経っておらず、大きな修繕を必要とする箇所は無かったが、今後の長期間の使用を考慮し、火室側の管板、大・小煙管、ステー（逃がし穴加工品）の交換を実施した。苦慮した点として、火室ステー（控）全数891本の取り替え作業がある。特にサイドステーの解体は、火室外板側からキリで穴を通すのだが、水側の内火室板に通じる直前でキリが噛み込んで廻らなくなり先端が欠損、キリを超高度品（かなり高価）に取り替えても5本と撤去作業が続かない状態で、結局ステー全部解体を終えるのに2ヶ月以上を要した。

組み立て後、溶接部の焼鈍作業には、過去に例を見ない大型の仮設伝熱式焼鈍炉まで造って対応した（溶接ボイラであるので可能）。そして、最終の水圧試験では、加修部分以外のネジ部や接合部分からの漏れが激しくなかなかなか止まらず、検査日の直前まで修復作業のため徹夜作業も強いられてやっと完成をみるに至った。

(3) 小倉工場独自の開発

JR九州では鉄道事業本部運輸部、小倉工場、グループ会社との協力体制により安全安定輸送に向け「プロとして向上心の追求と技術力の継承」をスローガンのもと、各種部品の改良を進めることでスキルアップを図っている。その一例として、以下に概要を記し紹介する。

① ボイラの保守性向上改良

保守性を向上させるため、加減弁の改良を行うと共に蒸気溜接合部の銅製パッキンをセラミックスパッキンに変更するため蒸気溜上部蓋を機械加工し、パッキンが取



写真-5 デジタル式速度計



写真-6 車軸温度測定器

まるように改良した。また、水面計もガラス管方式からガラス管破損の心配が無いクリンガー型に改良するのにあわせ、ネジ込み式だった取り付け座をフランジタイプに改造し、着脱を容易化した。

② テンダー（炭水車）水槽のステンレス化

炭水車の底板、中骨、波除、取り水口筒、石炭取り出し出口を銅板製からステンレス製に取り替えた。ステンレスの加工組み立ては非常に困難であり、周囲15mの連続溶接が必要であるが、半自動溶接での連続溶接は不可能であった。そこで、ブロー防止策および水漏れ、強度確保のための検討を行ったうえ、連続切断機を改造溶接機に採用して連続溶接を可能にし、品質を確保した。

③ 速度計のデジタル化

現在使用の機械式速度計は、箱体内の歯車や軸受け等の磨耗が激しく部品も無い状況で、そのうえ、速度計表示のブレ等により機関士は加減弁ハンドルの開度と逆転機ハンドルの位置合わせ判断が難しくなっていた。そこで、機械式速度計に併せデジタル式速度計を採用した。速度信号は炭水車の車軸から反射テープを介して非接触光電スイッチで測定しモニターに速度表示させるシステムで、機関士の運転支援の一役を担っている。

④ 車軸温度測定器の開発

「SLあそボーイ」当時、運用面で動輪の軸受が発熱し、パッドに火がつくほどの焼付きによりディーゼル機関車で牽引運用したというトラブルもあった。それを教訓に、予防保全からも車軸管理が容易にチェックできるシステムを開発して取り付けした。温度センサーは、各軸箱にKタイプ

表-1 使用材料の強度

[単位：kgf/mm²]

材 質	引張強さ	降伏点	許容応力
SM520	53	36	31
SS400	41	24	21

熱伝対6点を用いた温度検出部と、6ch分の表示機能（右側3点・左側3点）を備えた温度モニターで構成された温度モニターユニットである。センサー部は治具等を使わずに軸箱へ固定出来るように、平板状の先端部に穴加工（M4ネジ）して固定出来るように改良した。モニター電源はSLに搭載されている直流発電機からの出力でも使用出来るようにDC24V駆動タイプの温度表示器を採用した。

⑤ 火の粉受けアミおよび回転火の粉止めの改良

沿線火災防止のため、煙室内に延びた煙突下部が火の粉止めアミでベチコートになっており、そこに火の粉止めを取り付けて火の粉や燃え殻が煙突から飛び出さないような構造としているが、吐き出し管のプロアー等ノズル点検を容易にするために本体に可動式の点検扉を新たに設けた。また、煙突には、煙突内部形状に合わせた火の粉止め取り付け座を設置し、回転板の羽を4枚から5枚に変更するとともに、400℃対応の無給油式ベアリング2個を組み合わせて高速回転対応の安全策を講じている。なお、材料は全てステンレス製とした。

⑥ その他 新製・改良品一覧

- 煙室戸密閉用パッキンを丸型セラミックスに変更
- ボイラ膨張受けをグリスニップル構造に改良
- 前・後照灯の本体ソケット部をエジソン方式に変更
- プレーキ軸の新規作製
- ボスへの給油用タンクを大型に改造し配管経路を改良
- 板バネの新規作製

(4) 定置試験による検証

新造した台枠や修復後のボイラの熱による歪みを測定し、設計時の構体変位のシミュレーション結果と比較・検証した。

測定項目は、①ボイラの膨張（伸び）、②台枠の歪み（7点）とし、火入れ後の温度による変化を測定した。測定結果は次のとおりである。

① ボイラの膨張（伸び）

ボイラのレール方向の伸びは、8.5mmで運転室側に膨張した。また、枕木方向の伸びは1.0mmであり、構造上問題ないことが分かった。

② 台枠の歪み

台枠は、ボイラに火を入れることにより熱影響を受け、伸縮により歪むことが分かった。上下方向の最大値は 90×10^{-6} （歪率）で、前後方向の最大値は 70×10^{-6} であ



写真-7 火入れ式



写真-8 ボイラ焼鈍作業

った。この測定結果をもとに熱応力を算出すると、上下方向で1.88kgf/mm²、前後方向で1.46kgf/mm²であった（推定）。台枠使用材料の強度（表-1）と比較すると、測定結果による応力は材料の許容応力の7%未満であり、熱による影響は比較的少なく、問題ないと考える。

5. おわりに

当社では、SL復活に向けた取り組みを多くのお客さまに知っていただくため、積極的に作業風景を報道公開してきた。解体工事に始まり、台枠やボイラの搬送・搬入、ボイラ仮合わせ、火入れ式、構内走行試運転などSLの形を成していく節目、節目に作業風景を公開し、将来の鉄道ファンづくりに重要な役割りを果たしたと確信している。

また、同機が牽引する3両の客車（定員132名）もリニューアルが進められ、展望室、ビュッフェを設けた昭和の良き時代を復元する車両となっている。

最後に、1人でも多くのお客さまに「SL人吉」にご乗車いただき、沿線地域の活性化や将来の鉄道ファンづくりに貢献することが当社の使命であると考えている。この「SL人吉」が運行開始した際には、是非一度ご乗車され、九州の観光列車の旅をご満悦されることを熱望する次第である。

【注】

- (1) 「焼き鈍し」「焼鈍（しょうどん）」とは、硬化による内部の歪みを取り除き、組織を軟化させ、展延性向上のため、高温の炉中で除冷することである。