

# 蒸気機関車C6120の復元工事



井上 修

INOUE Osamu

JR東日本ではこのたび、群馬県伊勢崎市の華蔵寺公園で約37年に亘って静態保存されていた、C61形蒸気機関車の20号機を大宮総合車両センターで復元した。蒸気機関車は、産業遺産としての価値とともに、その運行は地域活性化の一環としても注目されるが、復元に付きものの技術的克服をはじめ、その構造や仕様を現在の省令等に適合させる設計上の工夫は枚挙に暇がない。機関車復元の概要と、主要な対処事例を報告する。

キーワード：蒸気機関車、産業遺産、車両構造実施基準、蒸気タービン発電機、速度-引張力特性

## 1. C61形蒸気機関車とは

C61形蒸気機関車（以下、「C61」。D51、C57も同じ。）は、戦後の旅客輸送量増加に対処するため、貨物用機関車D51のボイラーや台枠の一部、その他の装置を流用し、旅客用機関車C57の走り装置を新造して、主に地方主要幹線の優等旅客列車牽引用として昭和22~24年に33両が製造された。

公称1,390 (Ps) の動輪周最大出力を活かし、東北方面初の特急列車「はつかり」を仙台-青森間で昭和33年から約2年間、以後も昭和40年前後まで、東北本線、鹿兒島本線などで寝台特急列車も牽引した。

動輪群後方に「2軸従台車」を配置し、軸配置を2C2とした点や、自動給炭装置の採用は国内初とされる。

C6120（以下、「本機」）は、落成から昭和46年に九州へ転ずるまで、仙台や青森の機関区を基地に東北本線や奥羽本線で運行し、JR東日本との縁も深い。

復元対象の選定には、全般的な保存状態、希少価値、

地上設備との適合性、長期的な保守可否等の総合判断に基づくが、本機はいずれも高い評価を得て選定された。

## 2. 復元の課題と対処

当社所有の復元蒸気機関車には、D51498（1988年復元）、C57180（1999年復元）が存在し、3両目の本機はこれらの兄弟形式でもある。

2010年1月19日に前述の華蔵寺公園から分割搬出され、大宮総合車両センターで分解整備が開始された。

本機の復元では、奥羽本線時代の形態に近づけることを目指したが、そのままの構造では現在の車両構造実施基準（以下、「実施基準」）には適合しない点もある。

本来の「復元」とともに、実施基準への適合化や近代化を柱とする「改造」については、次章に分けることとし、本章では復元の概要を記載する。

本機から取り外した部品を整備し、復位すれば復元は適うものの、実際はその整備すべてが負荷となった。

しかも元図面が散逸し、図面があっても現車実態との相違、実施基準との不適合など、諸制約が事後に判明した。

事前の評価が特に困難なのは、ボイラー、罐胴等の上回り構造や、主台枠、輪軸、台車等の足回り主要構造のキズや腐食、劣化であるが、ブレーキ率も伏兵であった。

### (1) ボイラー、罐胴の復元

ボイラー復元は、蒸気機関車で実績のあるメーカーに委託し、腐食劣化した火室内下部板全周取り替えやボイラー胴板底部全般の取り替えをはじめ、内外火室間を支える約1,000本におよぶ扣エ（ひかえ）、各種高圧蒸気管や大小煙管類を全数交換するなど、大規模に修理した。

整備後の水圧試験もクリアし、ボイラー最高使用圧力はC61本来の1.47 (MPa) での使用許可を得ている。

ボイラーを覆う円筒状の罐胴も、積年の雨水で構成部

東日本旅客鉄道株式会社鉄道事業本部運輸車両部車両技術センター（改造プロジェクト）課長



写真-1 外した給炭漏斗を奥側（歯車側）から見る（給炭先の機関車は左側。駆動軸と継手もわかる。）

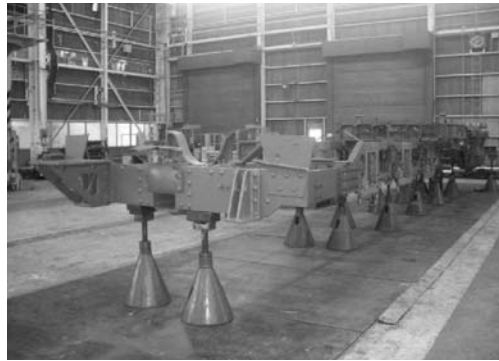


写真-2 主台枠を後方より見る（錆止め塗装が終わった状態。）

材が腐食し、新製するも現物合わせ要素が強いため、修繕中のボイラーが手元にない中での復元に難儀した。

自動給炭装置は、炭水車側の給炭漏斗や螺旋コンベアの腐食が著しく、駆動用蒸気機関を含めて取り外した。

給炭漏斗には、泥や落ち葉とともに現役時代の石炭（豆炭）がそれぞれ“化石”のように堆積していたため、雨水を保持して鋼材腐食を促進した模様である。

自動給炭装置は、その形態だけでも現車に残すことを検討したが、螺旋コンベアの終端はボイラーの火室手前で運転室床に大きく迫り出し、手焚きの投炭に支障することや、後述のように機関車全体の軽量化を求められたこともあって、取り外し保管とせざるを得なかった。

#### (2) 主台枠、動輪を含む全輪軸、各台車

主台枠、先台車、従台車、炭水車台車など、構成部品の探傷検査を実施したところ、主台枠94箇所、先台車枠9箇所、従台車枠39箇所のキズを発見し、削り落としや溶接、肉盛り等による補修を行った。

動輪軸では箱型輪心を継続使用することとし、摩耗傾向にあった「焼き嵌めタイヤ」と車軸は新品に取り替えた。

従輪軸8対<sup>31)</sup>は、今後の検修を考慮して「焼嵌めタイヤ」から「一体車輪」に変更し、ボギー台車の炭水車は、2台車4輪軸の基本踏面形状を「修正円弧」に変更した。

#### (3) 積車ブレーキ率

C61の旧質量を前提に、積車ブレーキ率を算出すると43%が得られたが、この数値では実施基準で定める「蒸気機関車の積車ブレーキ率50%以上」を満足しない。

改善策は、徹底した軽量化とブレーキシリンダの大型化であるが、後者は狭い主台枠内側一杯に収まり、より大型のブレーキシリンダへの換装は不可能であった。

軽量化で50%以上を確保するには、水や石炭を含めて20トンの削減が必要であるが、現実的な策として自動給炭装置撤去で約2.8トン、炭水車の石炭積載量減で3.8トン、水槽容量減で1.6トンなど、都合約8トン軽量化した。

これで、機器増加分を考慮しても45%以上となり、最

高運転速度を75（km/h）とすれば湿潤条件5%下り勾配の非常制動距離600mを確保できる見通しが得られた。

これらの対策を実施したうえで「鉄道に関する技術上の基準を定める省令の解釈基準に依らない取扱い」を適用し、実

施基準を「蒸気機関車の積車ブレーキ率は45%以上」に変更して国交省に届け出ている。

### 3. 改造の課題と対処

復元と並行し、実施基準への適合化や構造の近代化、乗務員や検修員の意見を反映して「改造」を併施した。

改造には、「生来の機能を活かし、実施基準に適合させる内容」と「新たな機能の新設」があり、各々順に「既存構造の改良」、「機器装置新設」として以下に記す。

#### (1) 既存構造の改良

##### ① 火室焚口高さ変更と重油併燃式化

自動給炭装置一式の撤去により、ボイラー復元に合わせて焚口下辺を140mm下げ、投炭作業性を改善した。

また、黒煙抑制、投炭作業量軽減を目的に重油併燃式とするため、焚口内部に重油噴射ノズルを新設した。

##### ② 炭水車容積減（石炭、水の積載空間縮小）

炭水車本来の石炭積載量10トンと水の容量17トンは、軽量化のため、走行距離に影響しない範囲で削減した。

石炭槽は前半区画のみ残し、底板のかさ上げ、機器収納区画新設などで、容積を従来の約6割に低減した。

水槽は、機器収納区画新設とともに容積を1.6m<sup>3</sup>削減したが、腐蝕した内外の仕切板、波消板、骨を取り替え、鋼板を補強した箇所もあって、減殺要素となった。

##### ③ 低圧直流電源の安定化

蒸気機関車といえども、前・後部標識灯、運転保安装置、室内灯などで電力は必要であり、自らの高圧蒸気で駆動する小型のタービン発電機で賄う構造である。

発電能力は蒸気圧で変動するが、蒸気機関車にはもともと安定化電源や蓄電池でそれを補う概念が乏しかった。

本機の定常所要電力は概ね800（W）程度と見込まれ、変換装置（以下、「AVR」）の変換効率や力率を考慮すると、発電機には1,100（VA）程度の出力が要求される。

D51498は、800（VA）発電機と同容量の発電機を改造した1,500（VA）発電機を備え、蓄電池も併設している

が、本機はその使用実績や過去の故障事例を反映し、

ア. 発電機は2台とも1,500 (VA) 化  
イ. 発電機 + AVR を2組並列とし、突き合せ出力回路構成

ウ. 蓄電池倍増で容量を5時間率260 (Ah) に強化  
エ. 発電機とAVRの給電状況監視可能化

のように、回路全般を見直して信頼性を高めた。

当該の発電機は、常用最高回転数2,400 (r.p.m) を超過しなければ出力が1,500 (VA) に達しない特性のため、安全面を考慮して常用最高回転数以下で1,100 (VA) を発揮できることを検証する必要があった。

D51498の実測例では、過回転抑制に蒸気タービンの調速機能を活かし、蒸気圧は安全弁設定値直前の1.32 (MPa)、2,300 (r.p.m) で1,100 (VA) を得たが、維持が困難な圧力のため、運行中の平均的な蒸気圧で得られる安定的出力は1,000 (VA) 程度である。

一方、本機の最高使用蒸気圧力はD51498を上回る1.47 (MPa) のため、安定的に1,100 (VA) が期待され、“発電機1台稼働、1台待機”の運用も可能となる。

精巧なタービンローターは、当面継続使用可能でも、損傷した際の修理や新規入手が困難なため、少しでも温存する策の一環である。

なお、ウ. の「蓄電池増強」は、D51498牽引で高崎～水上間を走る臨時「SLみなかみ号」への本機充当を想定したもので、出区後に蒸気タービン発電機が2台とも故障した場合でも、運行中約8時間（折り返し整備の2時間相当を除く）の給電を賄うためである。

また、エ. の電圧監視については、2台の蒸気タービン発電機とAVRの稼働状態、供給電圧のほか、立ち上げ時の蓄電池電圧を乗務員が容易に確認できるよう、低圧電圧計と動作表示灯を設けたもので、縦型の電圧計3組を配線用遮断器盤とともに助手席の右上に配置している。

④ 速度計の改善

本機の機械式速度計は撤去し、電気式速度計に変更した。

これは、新設するATS-PやPsの速度パターン接近時を考慮し、低速度域での指示精度改善を図るためである。



写真-3 1,500 (VA) 発電機用衝動タービンのローター（ローターは800 (VA) 用と共通。今や一般産業界で見ることなく、貴重な存在。中央の部品は調速器。）



写真-4 助手席右前方に設けた電圧計と動作表示灯（2台のタービン発電機電圧とAVR出力側電圧を表示。）

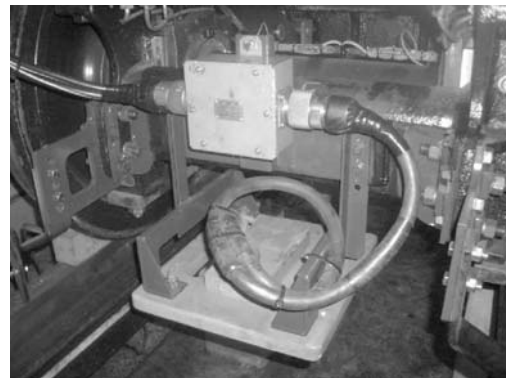


写真-5 ATS-P車上子取り付け（雪かき器と先台車に挟まれた狭い空間にあり、排障器受構成とともに工夫を要した部位。）

(2) 機器装置新設

① 運転保安装置 (ATS-P、Ps)

本機に残っていた旧ATS-S装置一式を撤去し、自動列車停止装置として新たにATS-PとPsを新設した。

ともに最高速度75 (km/h) の頭打ち機能<sup>注2)</sup>を有する。

P車上装置は炭水車1位前端に収納区画を新設し、Ps受信装置と付属機器は2位前端区画を拡大して収納した。

P車上装置は、炭水車からの振動を抑制するため、吊り部はゴム支持とし、箱周囲からも弾力的に保持している。

P車上子は先台車の前側に台車装荷とし、Ps車上子は炭水車中央部の旧S形車上子位置に2組を並べている。

② 運転状況記録装置

運転操作や動作履歴その他を記録する装置であるが、力行条件の採取は構造上不可能で、省略せざるを得なかった。

本機能は、ATS-P装置内に記録部として設けている。

③ ATS未投入警報装置新設

ATS-PやATS-Psの電源が未投入で、速度30 (km/h) 以上の条件で音声警報を発する装置である。

力行条件を採取できないため、速度条件を入れている。

④ デジタル列車無線 (通話・防護)

列車無線装置と専用蓄電池を含め、運転室内に配置し



写真一六 吹き試しの光景 (2011.2.18) (シリンダ空気弁座に仮設したノズルから高圧蒸気を噴出させる。このとき、錆や異物も排出する。)

ており、広帯域空中線は炭水車中央部に設置した。

⑤ 平軸受温度監視システム

本機は先台車2軸と動輪3軸に平軸受構造を有し、軸焼けを未然に防ぐため、軸箱温度監視システムを新設した。

D51498で実績の既存システムは、平軸受に仕込んだ熱電対出力を客車側の機器で温度変換する方式で、監視温度に異常が現れると、客車側に警報を鳴動させる。

本機の方式は、精度向上の試みとして、熱電対出力を機関車側機器で温度変換して客車に伝送する点が異なる。

⑥ 重油タンク、AVR、蓄電池新設

重油併燃化で、炭水車の旧石炭槽後部に1,400ℓ重油タンク<sup>注3)</sup>を新設したほか、発電機の交流出力を直流24V系に変換するAVRをその後方に置き、重油タンクの両脇にはアルカリ蓄電池を1組ずつ配置して、重油タンクと一体感のある編鋼板の点検フタで覆っている。

4. 火入れ式～新たな所属先へ

修繕したボイラーの帰着が当初見込みより1ヶ月遅れたものの、大宮総合車両センターやグループ会社の努力で吸収し、搬入から約1年経った2011年1月27日、本機に再び魂を入れる神事「火入れ式」が執り行われた。

その後も細部調整や補修を行い、2月中旬より燃焼確認を経て構内試運転に臨んだ。

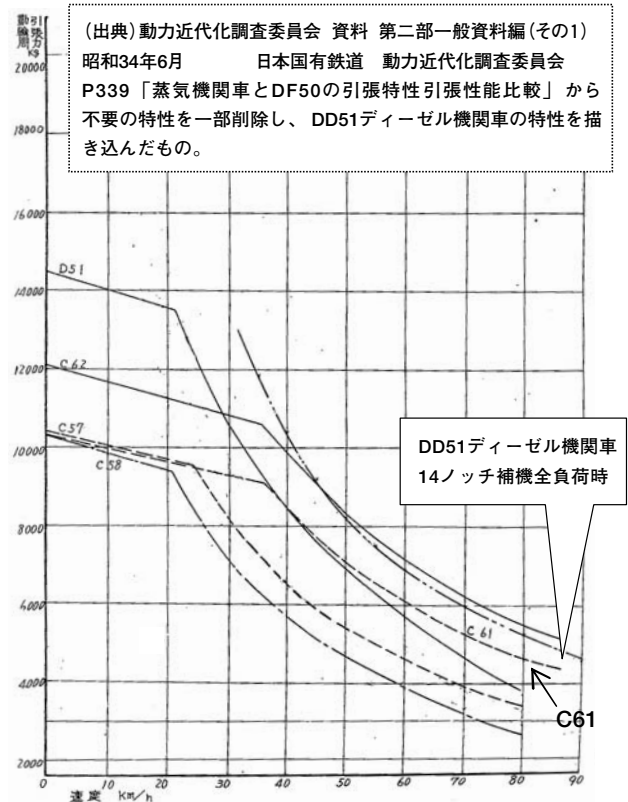
今後、3月25日に高崎車両センター高崎支所への回送が予定され、4月からの乗務員訓練に備えることとなる。

5. おわりに

蒸気機関車3両体制で運用の柔軟性が高まり、産業遺産としてご理解いただける機会も増えると期待される。

その用途から、軸重をC57なみに抑制されたC61の性能の例を、時代を反映した価値として眺めてみたい。

図-1は、蒸気機関車5形式と無煙化に貢献したDD51形ディーゼル機関車の「速度-引張力特性」であるが、



図一 代表的な蒸気機関車とDD51ディーゼル機関車の「速度-引張力特性」<sup>注4)</sup>

C61は高速域の引張力でDD51に遜色なく、動力近代化への過渡期とはいえ、東海道新幹線開業後もなおお地方幹線で寝台特急を牽引した背景が読み取れる。

本機の最高運転速度は、今後75 (km/h) に制限されるが、自動給炭装置廃止を補う重油併燃化で本来の出力は期待できるため、今後の営業列車でその性能を少しでも感じ取っていただきたい。そして、余裕のある安定的な走りを末永く見せてくれるよう、切に願うものである。

【注】

- (1) 先台車、従台車、炭水車2台車分の全輪軸
- (2) この速度を超えたら非常ブレーキを作用させる機能
- (3) D51498やC57180と同じ構造である。
- (4) 蒸気機関車は、燃料の発熱量や時間あたりの供給量によって性能が変化する。図は当時の代表的な例。

【参考文献】

- 1) 日本国有鉄道 蒸気機関車設計図面集, 1976年10月, 原書房
- 2) 動力近代化の歩みと成果, 昭和51年12月, 日本国有鉄道
- 3) 動力近代化調査委員会 資料 第二部一般資料編 (その1), 昭和34年6月, 日本国有鉄道 動力近代化調査委員会