

1 緒 言

本稿は 1964 年の開業以来今日に到るまでの東海道新幹線の安全運行の特徴を、特に車軸管理の技術史に焦点をあて、安全学(Holonomy)¹⁾²⁾の観点から捉え直す試みの第 1 報である。安全学は個々の安全を図る努力を全体的な秩序や調和との関係において位置づけして評価するための基礎付けや体系化を取り扱う。holo-は whole(英語)のギリシャ語形、-nomy の原形 nomos は秩序づけや manage (英語) を意味するギリシャ語形であり、その合成語 holonomy は直接には全体の秩序化、調和を意味するが、漢語「安全」を「全を安んずる」動作動詞として読み解く時の直接表現でもある(同形式の有名な言葉に「oikos-+nomy=economy(経済)」がある)。安全を図るにも専門分化組織細分化されている現代社会では、個々別々の最適化が全体の最適化に必ずしもつながらない問題、また個別の努力の内容や特徴が組織や分野の壁を超え伝わり難い問題の解消を目指す。ここでは後者の観点から取り扱う。

車軸はフェールセーフの効かない重要部品の一つで、鉄道の高速度志向の中で強度と軽量化という相矛盾する条件を同時に要請され続けた部品である。歴史的にその対策の中心となったのは高周波焼入技術であり、しかも疲労強度への当該技術の適用はオリジナルのものであって、試行錯誤を重ねながら今日までの長い安全運行実績を築いてきたものである。そのため本稿では安全対策面の「技術の成熟性と社会的導入時期」の課題を中心に検討する。

2 車軸の技術史と安全管理の特徴

2.1 国鉄時代：開発前史、新幹線開業まで、開業後の動き
第 1 報では 1987 年の民営化までの国鉄時代を 3 期に別けて取り扱う。安全対策の仕組みは国鉄と JR とでは大きく異ならざるをえないためである。

2.1.1 I 期：開発前史^{3) 4)} 文献(5) 2.1 ; 3.1~3.8

2.1.2 II 期：新幹線開業までの対応⁶⁾ 文献(5) 3.9~3.11

2.1.3 III 期：新幹線開業後の対応^{7) 8)} 文献(5) 4.1~4.4

2.2 その特徴 新幹線プロジェクトは「標準軌道・210km/h 運行」が目標であり、多くの新技術が使われた。しかし他方で発足から開業までの期間が短かく、代替技術の無いものを除けば何らかの実績ある技術を基本に組み立てたプロジェクトでもあった。車軸も例外ではなく、新幹線用車軸設計の初期は軸径の増大で対処して高周波焼入処理は入っていない。しかし 1962 年 4 月に新幹線テストコースが完成して実車テストができる頃には、高周波焼入処理車軸もテストに加えられ、最終の新幹線用車軸設計には高周波焼入処理が採用された(64.5 旧仕様)。裏返せば、テスト用に供された高周波焼入車軸は当初の設計条件をできるだけ変更せずに高周波焼入技術の有無で疲労対策の効果面を比較検討されたのであり(比較優位)、高周波焼入処理を前提に鋼材、形状などを考える発想

(条件最適化)に切り替わるのはこの決定後であり開業直前であった。未経験の高速走行を考えればどちらを採用しても種類の異なるリスクを抱える難しい判断であった。今日の実績から振り返れば、その後の動きは関係者がそのリスク性を十分認識して適確な対応をしてきたとも評価できる。

しかし細かく見れば、65 年 3 月の A 仕様への変更に始まり、翌 4 月には約 20 万 km 走行に達した一部車軸の精密検査を実施して微細疵に気づき、機械加工を中心に矢継ぎ早に仕様変更(B 仕様、C・D 仕様)するなど高度なインシデント対応姿勢を見せているが、他方でこの厳重チェック体制下の 66 年 4/25 に車軸折損事故も引き起こした。しかも原因が未知の技術要因等ではなく、製作ミスによる一種の不良品であり、65 年 1 月に作製され同年 6 月に初めて列車に組み込まれて使用され、かつ同年 12 月には台車検査も受けていた事実はメーカーとユーザーの多重チェック体制をすり抜けたことを意味し、関係者に与えた衝撃の大きさは推測して余りある。これを機に体制も姿勢も緊張の度を増したことはその後の実績からも推測できるが、以下のことから推測できる。

1966 年 5/20 に国鉄本社に車両用金属材料調査委員会を発足させ、総裁、技師長、工作局長、鉄研所長など最高責任者で構成した他に外部の学識経験者を加えた第三者組織であった。下部には車軸とコロ軸の分科会を設けて実務担当の関係責任者が参加している。これとは別に、メーカー(製鋼関係者、中央研究所関係者)とユーザー(工作局修車課、浜松工場など検査実施工場、鉄技研)の開発会議に匹敵する「高周波焼入車軸研究会」(以下 A 研究会と略)が結成され、また同時に特定技術課題の研究は日本鉄道技術協会(JREA)に外部委託して結成した研究会(以下 B 研究会)が実施した。三重の体制整備である。親委員会は 69 年 5 月にその役割を終えたが、A 研究会は今日の基本仕様書にもつらなる G 仕様が安定する 73 年まで頻度多く開催され、B 研究会は国鉄が解体される直前(86 年度)まで続いた。メーカー側の努力は形式には現われ難いが、JR 体制以降に大幅な清浄度向上の期待できる転炉 CC 材に変更した結果として、それ以前の電気炉溶製材との清浄度比較で車軸に限っては変化がほとんどない事実努力の大きさを見て取ることができる⁹⁾。電気炉溶製材を使いながら当時考えられる限りの工夫で清浄度の高い車軸を作り出していたことの証明といえるからである。

3 安全を図るプロセスからみた特徴

技術が完成してから社会的実践に移るのは当然のことであるが、「完成」内容は現実には多様であり、社会導入時期の解釈も適切な類型化がなされなければ合理的な整理はできない。なぜなら当初の 210km/h 運転目標はやがて 240km/h に変更され、今日では 300km/h 運転も実現していて、国鉄時代には「安定期の安全問題」や「余寿命期の安全問題」を実質的

には経験しておらず、完璧な車軸が出来たとはいえないからである。厳密に言えば、実践前にその全てを予知できるように研究し尽くすことは不可能に近く、特に大型科学技術にはその傾向が強い。膨大な投資の必要な大型工事は予め実験できることに限界があり、完成後に不都合な点を発見しても根本的修正は不可能に近く、以後はそれが限度条件ともなりうる。そのため経験の枠をなかなか出られず、安全率も大まかにゆとりあるのが経験に基づく知恵ともなっている。車軸は軌道や橋梁等々の土木工事と比べれば多くの仕様書変更に見るように改善しやすい量産できる製品であるが、家電製品などと比べれば事前の技術成熟度には限界がある。在来線の軸直径が150～160mm、新幹線は約209mmであるが、1949年時点では50mmの試験片の疲労試験機は日本に1台しかなく、新幹線の実物車軸の疲労試験機もその開発費が当時3億円を下らないといわれ、結果的に開業に間に合っていない。さらに現物を使った試験でも現実結果とは乖離も大きい。大型科学技術ほどこうした傾向は強く、一発勝負の如き冒険を免れ難い。それだけに初期故障期の対応、とりわけ人身事故の被害が社会的評価を決定づけることにもなる。新幹線の初期故障期の運行面の責任者は1967年12月25日に安全宣言をしているが¹⁰⁾、この時期の車軸はE仕様段階であり、成熟技術以前の安定期にも到っていない。ただし折損事故はその前に経験済みで、この時期は第三者の目を加えたメーカー・ユーザーの合同検討会を三重に運営しながらインシデント情報の徹底研究と対応を実践していた時期でもあり、その姿勢が近年の成果として疵のないまま長時間使える車軸、たとえば今日では疲労試験の繰返し数 10^7 を遥かに超えた 10^9 の使用実績の車軸をつくりだし、自然な成熟経過として余寿命型の安全問題期を迎えるに至っている。

こうした成果の第1要因に車軸折損事故を挙げたい。当時マスコミで取上げられず、また64年11月に国労組の新幹線事故白書による事実の公表まで先に指摘の親委員会の外部委員にすらこの事実を伝えていなかったが、親委員会はその記録も含めた詳細議事録と使用資料の全てを揃えて記録として残しており、そこには歴史的評価を意識した技術者の毅然とした姿勢を読み取ることができ、その姿は前例となり、他の研究会でも詳細議事録こそ多くの場合に欠けているが、詳細な記録をよく残している。リスクとかわるアカウンタビリティは本来このように後年の弁明書機能をも果たすものなのであり、それでこそ信頼性の根拠足りうる条件を満たすのである。第二の要因は、高周波焼入技術の疲労対策への応用が日本独自の技術開発過程であった点であろう。そのため定義も試験方法も試験機の開発までも含む総合的成果であり、この積極的で柔軟な開拓精神にこそ、リスクの見通しの確かな実力と、成果としての実績がついてきたといえよう。そのため20世紀のものづくりではありながら、21世紀にも通用するものづくり体系を築き上げたともいえる。

特に21世紀型の安全対策には総合的な地球環境負荷低減の発想が欠かせず、安全の具体的内容も変化してきていて、地球環境問題に象徴されるように相対的に浮上してきている安全対策上の課題は「長期潜伏型ないしはわずかなストレス

の長期蓄積型のリスク」である。五官で捉えられる現在進行形であった公害問題とは事情を異にし、対策の発想も大きく変更せざるをえなくなっている。車軸のような金属材料では余寿命型の安全問題として急浮上しつつある。新幹線車軸は一本ごとの製造履歴と使用履歴が残されていて、しかも新幹線は良好保守の専用軌道である。そのためそこでの運行実績はそのまま精度のよい疲労試験機にかけるに等しく、長期使用実績の車軸に刻まれている疵や組織変化の基礎科学研究は高周波焼入技術を中心にした疲労現象の総復習を兼ねた基礎研究に貢献するばかりでなく、金属疲労一般に大きな貢献をする可能性がでてくる。またそうした基礎研究の展開を前提にしてはじめて余寿命診断を含む21世紀に通用するリスクマネジメントを精度高く実現する可能性を秘めている。

勿論、東海道新幹線の安全運行実績はその総体として実現されたものであり、技術的問題に絞った場合でも技術システム全体^{6) 10)}の成果である。車軸分野の安全対策の質が全体の結果に大きな影響を与えることは確かであるが、他方で部分の最適化が全体の最適化につながるわけではなく、また民営化による組織体制の変化がもたらした長所と短所も同時に考えるべきことは言うまでもない。しかしこの小さな分野の国鉄時代の安全対策の歩みに限っても、現代社会におけるダイオキシン問題に象徴されるように、ヒトの微量ストレス長期蓄積評価の手法的限界(科学的立証の困難さ)の中で立ち往生したり混乱している分野も少なくなく¹¹⁾、余寿命型の安全問題への取組みにおいてのこの経緯と実績とは専門分野を越えたインパクトを有しており、その後にもこの特徴ある姿勢が継承されているならば、リーダー的役割を演じ得る可能性もある。総じて安全対策をも含めた21世紀型の日本的ものづくりの基本構造を考える重要な問い掛けともなっている。

参考文献

- 1) 辛島恵美子, 安全学素隠…安全の意味と組織, 八千代出版(1986)、
- 2) 辛島恵美子, 安全学の発想とリスク概念の展開について, 日本リスク学会 Vol.12(2) p16-27.(2001)
- 3) 私鉄経営者協会、車軸折損対策委員会収集資料(1949、Feb.24)
- 4) 中村宏、高周波焼入と疲労強度、鉄道技術研究所報告 No.82 (1959)
- 5) 中村宏、リスク・マネジメントへの一寄与…新幹線車軸の例…、日本材料学会、2001 春講演論文集
- 6) 中村宏、物と事と生の研究史…新幹線台車・金属疲労寿命・生命観…、永田文昌堂(1997)
- 7) 田中眞一、新幹線車軸…35年の経緯と安全性、材料学会第40回強度設計・安全性評価部門委員会(2000)
- 8) 車両用金属材料調査委員会中間報告書(1967年6月)
- 9) 野田忠吉、鉄道車両用車輪・車軸の安全性と技術倫理、日本鉄鋼協会渡辺義介賞受賞特別講演、(2002)
- 10) 高橋団吉、新幹線をつくった男、島秀雄物語 p252(2000)
- 11) 辛島恵美子、安全対策の基礎理論…ダイオキシン問題の現代の特徴を事例として、総合知学会誌第3号(2002)掲載予定