

サラリーマン技術者と安全問題

— 技術判断と経営判断の葛藤について —

松井 潤吉

1. Space Shuttle Columbia号とChallenger号の事故

安全に関する学問や仕事はいろいろあるが、筆者の専門は「被用者としての技術者と安全問題」である。サラリーマン技術者にきちんとした安全業務をさせるにはどうしたらよいか、を実務的に考えることである。40年近く民間企業で技術関係業務に従事した経験に基づいて考察している。本稿はその思考半ばの過程をまとめたものである。

本年2月1日イラクとの戦争を間近にひかえた米国で、Space Shuttle Columbia号が16日間の宇宙周回飛行を終えて大気圏へ戻ろうとしたとき、突然空中分解して7名の搭乗員を失った。その瞬間まで、あと16分でフロリダ州ケネディー宇宙センターへ戻ることを搭乗員はじめ関係者は、ほとんど誰一人疑うものはなかった。

この事故の連想として1986年1月28日に打ち上げられたChallenger号を想い出す。その前日、打ち上げをひかえて技術者達が議論していた。当日ケネディー宇宙センターはフロリダとしては異常な寒波に襲われていて、翌日の打ち上げ時刻にはマイナス3.3℃と予想された。打ち上げの際に主ロケットを補助するブースター・ロケットの部品が、そのような低温では正規の機能を発揮できずに高温ガスの漏洩が起こり、それが燃料タンクに引火して破滅的な大爆発を起こす恐れがあるので、打ち上げは見送られるべきと決定した。

ところが、技術陣のリーダーであった部品製造会社の技術担当副社長は、その上役の上級副社長から「技術者の帽子を脱いで経営者の帽子をかぶりたまえ」と言われて変節し、「OK」をだしたのである。翌朝午前11時38分に打ち上げられたChallenger号は73秒後に高度1万6,650mで爆発し、7名の搭乗員は大西洋へ落下し死亡した。

2期2年目を迎えたレーガン大統領は、Challenger号に搭乗した民間宇宙飛行

士第1号の女性高校教師マコーリフさんが宇宙から授業を行うのにあわせて、新しい教育行政を盛り込んだ年頭教書を発表する予定となっていた。大統領とその周辺が予定通りの飛行を強く望んでいたことは容易に想像できる。いろいろな理由ですでに1週間近く遅延していたこの打ち上げをNASAは急いでおり、部品メーカーは次の契約を必要とし、打ち上げ中止は次の契約に良い影響を与えるものではないことを上級副社長は承知していた。またその部品の温度と機能の関係が技術者たちから実証的に提示されていない（それまでこれ程の異常低温を経験することがなかったので）ことも知っていた。

事故発生後、この技術担当副社長の変節を非難して「今後このようなことをしてはならない」と言うことは易しい。しかし、それで問題は解決するであろうか。このケースでは安全関連の法規、安全工学、安全管理技術等、従来の安全関係の知見を総動員しても、副社長たちの行為を止めることはできない。

2. 技術者と経営者

事故の発端は「技術者の帽子を脱いで、経営者の帽子をかぶれ」と一人二役を上級副社長が指示したところにある。しかしこの一人二役指示は特別に異常ではなく、一般的に（わが国でも）存在する。実のところ、技術者と経営者は別の機能との前提があるにもかかわらず、民間企業の多くの技術者は、広義の経営者（取締役、管理職；部長・課長・係長などを含む）としての機能も遂行している。そもそもエンジニアリング（工学、技術業）とは、品質（安全）とコストと納期の三要素を、バランスさせることを要諦としているからである。

つまりこの事故の原因には、人間社会の構造的・心理的な要素が複雑に絡んでいると考えられるので、事故防止策の検討には社会科学的な分析が欠かせなくなる。

問題解決のアプローチの一つとして技術者の倫理問題を扱った次の文献がヒントを与えてくれる。「科学技術者の倫理」（注1）の「被用者としての技術者」の項に経営者と技術者の関係についての次に示す3項のような記述がある。（以下の引用、翻訳訂正に際しての文責は筆者）

1) 技術者と（広義の）経営者の相反

技術者が会合う多くの倫理上および専門職上の争点は、技術者と経営者の間の相反であり、最も重大な相反は意思決定の特権である。どんな決定が技術者によってなされるのが適当で、どんな決定が経営者によってなされるのが適当か？組織構造内での地位の故に、経営者は通常、技術者の決定をくつがえす権限があるが、ここでの課題は倫理的観点から、どういう場合に経営者が優先されるべきか、である。

技術者と経営者の相反についてよりくわしく見てみると、

第1に忠実性の相反：技術者は自己の専門職業と自分の雇用者との両方に対する責務がある。ほとんどの技術者は、自分の雇用者の「誠実な代理人」であることを望んでいる。また同時に、技術者として公衆の健康、安全、および福利を最優先させる責務がある。技術者に要求されるのは品質および（特に）安全についての高い基準を強調することであり、倫理的責任は経営者たちよりも重視される。

第2に、経営者の多くはエンジニアリングの専門的能力を持っていない。したがって技術者との意思疎通がときに難しくなる。多くの技術者が持っている不満は、技術事項を経営者に説明するのに過度に平易な言葉が必要とすること、また経営者がエンジニアリング上の論点を理解しようとししないこと、である。

第3に、技術者の多くが将来経営者になることを熱望していて、そうなればより大きな経済的報酬と威信が得られると認識している。一人二役をまだ経験していない多くの人々が、いつかはそうなることを期待している。そうなれば各種の相反は同一人のうちに内在化される。その一例がChallenger号事故の部品メーカーの技術担当副社長である。

このように技術者と経営者の関係は複雑で相反が生ずる可能性があるので、技術者の考えが優先されるべき状況と、経営者の考えが勝るべき状況とを見分ける方法が必要になる。

実証的研究「技術者と経営者との間のコミュニケーションについて」(注2)は次のように指摘している。

第1に、技術者と経営者の区別は、大規模な組織体では必ずしもはっきりしていないが、小さな会社の被用者は通常、技術者と経営者とが区別できている。

第2に、技術者と経営者のものの見方の違いははっきりしている。インタビューした技術者と経営者は「技術者の見方と経営者の見方が違っていることについては、事実上全員一致」であった。

第3に、経営者および技術者のほとんどは、エンジニアリング上の考慮事項として、通常は安全の事項および品質の事項を優先すべきことを認めている。しかし建前としては経営者も同じであるが、本音としては品質、顧客の満足、価格などの課題について経営者は技術者の説得に耳を傾けたくないものの様である。

2) 技術者と経営者の機能

技術者の機能はその技術の知識と鍛錬とを、価値ある製品およびプロセスを作り出すために活用することである。同時に技術者は専門職でもあるから、その専門職業が決めた基準（学会標準など）にも従って技術知識を用いなければならない。したがって技術者の忠実は、組織体に対するものと専門職業に対するものとに分けられる。技術者の専門職としての忠実は、その直接の雇用者へのものを越えるものである筈である。技術者は品質に特別の関心を持っているものである。同時に技術者は安全に格別の重要性を認めているので用心深くなっていく傾向があり、保守的な方向へ偏ることを好む性質がある。たとえばChallenger号事故で、低温における部品の性能について入手可能なデータから外挿した予想値は重大な問題が発生しうる事を示していた。そこで打ち上げに反対したのである。

経営者の機能は技術者を含む組織体の活動を指揮することであり、専門職とはみなされない。経営者は自分自身を組織体の保護者とみており、主として組織体の現在および将来の福利に関心がある。その福利とは主として経済的方法で計られるが、公衆のイメージあるいは被用者の志気といった考慮事項も含んでいる。

経営者のこのようなものの見方は技術者のそれとはかなり異なっている。組織の運営に関連するすべての事項を列挙して、そこで結論を求める。さまざまな考慮事項を対立させ、バランスさせる。つまり経営者は技術者より費用や市場性といった事項を優先し、品質や安全を下げることをいとわない、と言う傾

向を持つ。

3) 適切なエンジニアリングの決定 (PED) と適切な経営者の決定 (PMD)

以上のような考察から「適切なエンジニアリングの決定」；PEDと「適切な経営者の決定」；PMDと言う二つの特徴について記述することができる。

PED；技術者によってなされるべき意思決定、または少なくともエンジニアリングの実務が支配する意思決定。すなわち1) エンジニアリングの専門的能力の範囲内に入る技術事項、または、2) エンジニアリング規定に表現されている倫理基準、特に技術者に公衆の健康と安全を保護するよう要求するもの、などである。

PMD；経営者によってなされるべき意思決定、または少なくとも経営的な考慮事項が支配する意思決定。すなわち1) 価格、スケジュール、マーケティング、被用者の士気または福利など、組織体の福利に関係する要素にかかわること、また、2) 技術者（または他の専門職）に、技術者自身の技術実務または倫理基準との間に受け入れ不可能な妥協を強制しない、などである。

これらの特徴についての記述を解析すると、二つの事柄を見出すことが出来る。

第1に、経営者の意思決定 (PMD) とエンジニアリングの意思決定 (PED) の違いは、意思決定の過程を支配する基準および実務の違いによって決まることを示している。そしてPMDは、特に安全および品質に関してPED/PMDが相反する場合にはエンジニアリングの意思決定をくつがえしてはいけないとしている

第2に、PMDは技術者にその専門職業の実務および基準に違反するように強制してはならないことだけでなく、他の専門職にも同様のことを強制してはならないことを明示している。これはPEDとPMDの違いの基本的な対照である。

以上が引用部分である。

この二つの特徴についての記述を、いわゆる業務分掌規定の様に扱い、技術者と経営者が互いにその領域を侵さないように注意することは事故防止にながしか有効であろうとおもわれる。しかしそれで本当にChallenger号事故の再発は防げるのであろうか。

3. 組織の中のサラリーマン技術者

3-1 生身のサラリーマン技術者の一人二役

PEDとPMDを決めて技術者と経営者にそれらを遵守させようとしても、実際には成功しないと思われる。なぜなら技術者は聖職者でも禁欲者でもないからであり、可能な限り早く高い経済的報酬と威信が得られる地位に上りたいと熱望しているからである。前述の注2) レポートが示すように技術者は技術者と経営者を兼務することが高い経済的報酬を得る地位に近づく近道であることを知っている。したがって技術者の多くがそのように成りたいと熱望しているので、一人二役はこれからも続く。技術担当副社長A氏には、一人二役を仰せつかった時からA氏自身の中にPED担当のAe氏とPMD担当のAm氏の二人が生まれ、A氏自身の内部で二人が葛藤する状況が発生する。Ae氏は技術者として良心に照らして恥じることをないようにPEDを遂行しようとし、同時にAm氏はPMDを上級副社長と共有する情報に照らして会社の経営・福利を考慮した判断を実行しようとし、あわせて自分自身のために経済的報酬と威信の階段をさらに一段上ろうとする誘惑に駆られる。すなわちAm氏が内部的な争いに勝つ技術者兼経営者は今後ともあられ得るので事故は無くないのである。より高い経済的報酬と威信を鼻先にぶら下げておきながら、聖職者のような判断を経営者兼技術者に常に求める、ということでは事態は解決しない。

3-2 技術者の特権、技術の聖域の是非

PEDとPMDの違として、技術者には経営者が侵害すべきではない意思決定の特権がある。医師が医学的決定の領域へ行政や経営が介入することを拒むように、技術者もまた明瞭で議論の余地の無いエンジニアリングの決定の領域へは経営者の侵入に抵抗すべきである、としている。技術者に決定の特権を認めて聖職者的判断姿勢を求める一方、経営者には技術者の決定に侵入すべきではない聖域が存在する、とすることで問題の解決を図れるであろうか。

多くの技術者に聖職者的判断を常に求めることは非現実的であり、その判断にはPMDの要素が介在しがちであるとすれば、経営者（専門家以外）等にも一

人の健全な社会人として品質や安全に関する意見をさしはさむ余地を残すことが妥当であろう。つまり実際には実現困難な技術の聖域を設定すると、かえって品質や安全が脅かされるおそれがでてくる。

また、もし技術者に特権や聖域を認めると、技術者はスポイルされてその技術的能力の伸長が止まる、ないしは劣化する恐れがでてくる。経営上の重大な決定において専門家の技術判断が常に優先されるとすると、技術者は甘やかされて精神的にも肉体的にも楽な方向へ向かい、必要な勉強や研究を怠り、新しい技術への挑戦的姿勢を失う。保守的な判断へ安易に流れやすくなり、社会効率を低下させて企業経営を危うくする。このような理由で聖域設定論は技術者教育あるいは技術の発展の観点からも好ましくないのである。十分な議論なしに「技術者の特権・聖域」を恒常的に認めることには筆者は賛成できない。

3-3 安全率と寿命予測

工学的実務の世界には、いろいろな妥協の産物がある。その中でも安全率と寿命予測が安全に大きく関係している。

安全率とは、たとえば実験的には100kgに耐える材料を用いて安全率2.0で設計する場合、100kgを安全率2.0で除して得た数値50kgを実際に耐えられる数値として太さや厚みの計算に使用する。100kgをそのまま使った設計に比べて2倍の太さや厚みとなる。つまり安全に対しての余裕を安全率の分だけ見込んだ設計となる。通常安全率は1.0より大きな数字をとる。たとえば自動車1台と言うシステム全体では、安全に対してかなり大きな余裕を持つシステムとなっていて、それが実用の自動車の高い安全性を守っている。

寿命予測とは、文字通り機械システムやそれを構成する部品の寿命を予測することである。システムや部品があと何時間の使用に耐えるかを精密に予測することは、科学・技術が発達した今日でも困難な仕事であり、学問的体系付けは未完成の分野である。したがって経験的な要素が大きく、過去の経験や実績から衆知を集めて予測寿命を決め、それより前に余裕がまだある状態を「寿命」と決めて、それを規則として部品などを交換する方法がとられている。航空機の主要部品を定期的に交換するのはその実例である。それらの寿命の余裕もまたシステムの安全性を守っていると言えよう。

今日、自然科学の世界にも依然として分からないことや出来ないことが多く、いわゆる人知を超えた現象も起こりうる。経験した事の無い事象や、予測できなかった事象も起こることがあるので、それらに対応してなおかつシステムが安全であり続けるように、安全率と寿命の余裕がわれわれを守ってくれているのである。技術者は謙虚でなければならないと言われる所以である。

そのような目的で、しかもすべてが判明しているわけではないと言う事実を真摯に受け止めて、妥協の産物としての実務的な指標として「安全率」と「寿命の余裕」を決めている。ある程度の「ムダ」があることは承知の上で決めているわけで、安全は人間社会にとってそれほどまでに重要な証と言えよう。

長い技術の歴史の中で経験的に確立した安全率が明確に決められていて、たとえば法律とか学会標準などと言う形になっている場合は、ほとんど議論の余地無くそれらの標準に準拠して設計し、運用されなければならない。それだけの重みがあるわけで、決められた安全率や寿命はそのまま準拠すべき規格である。たとえそれが十分な余裕を持っていることを知っていても、規則である以上は遵守すべき規則となる。規則の内容が技術の進歩による新しい知見によって保守的過ぎるとの議論があっても、現場が勝手に規則を曲げることは許されない。まずは新しい知見により現在の規則を見直すかどうかの議論を十分に尽くして、変更と承認を得た後に現場が従うべきことはもちろんである。

問題となるのは、長い歴史も無く、事例もおおのずから限られていて、安全率や寿命予測の重みが小さいときである。そのような場合でも安全率や寿命は、理論値や実験値さらには数少ない経験や実績から決定され、基準として公表される。しかしこのようなケースにおいて基準値近辺の数字が問題となったときには議論が起こるが、Challenger号はまさしくそのケースだった。そもそもSpace Shuttleの発射そのものは1981年のColumbia号（本年2月に事故で失った）に始まりこの時のChallenger号で25回目と言う歴史に過ぎなかった。また補助ロケットの部品についての実績データは異常低温をカバーするものではなく、低温状態で性能を発揮できる時間（寿命）については、もっと不十分なデータしか提供されない状況であった。補助ロケットは発射後数分間機能すればよいシステムであり、問題の部品の低温環境における寿命と言う問題は、単に低温状態における性能推定という問題を越えてもう一段複雑であった。経験したこと

の無い状況における部品の性能や寿命の推定はかなり難しい問題である。ただし専門家なので、問題の部品にも通常なら十分な安全率と寿命が用意されていることを知っており、フロリダがいかに異常低温だとしても、性能は十分ではないかもしれないが補助ロケットが機能する数分間なら多分OKだろう、と考えても不思議ではない。安全率と寿命の余裕を使ってしまおうという考え方である。一人二役の技術担当副社長が「まあ いいか！」と思ったかどうかは分からないが、何とか数分間はもってくれと神に祈る気持ちであつたろうと思われる。このような重みの小さな指針しか得られていない場合に、「一人二役の技術者」ないしは「物分りの良い技術者」が、不遜にも安全率や寿命予測の余裕を使ってしまおうという誘惑に駆られることはあり得ることである。つまり安全率や寿命予測というような一種の妥協の産物がエンジニアリング上の決め手となっている限り、事故は繰り返される可能性がある。

4. 真の事故防止策の検討へ向けて

Challenger号の打ち上げ前日の顛末の記録を読んでいると、技術担当副社長の異常な孤独感と一種のパニックに陥っている様子が伝わってきて、深く同情せざるを得ないのである。経営者とは本来孤独なものであると言われるが、それはトップである社長のものであり通常は技術担当副社長のものではない。また上級とはいえ同じ副社長（技術系ではなさそうであるが）の、同僚技術担当副社長への突き放し方も異常に感じられる。同じ会社の役員、しかも副社長同士の関係とは信じられないほどの他人然とした関係である。

Challenger号事件の部品製造会社の役員のこのような挙動は理解に苦しむことが多い。これだけ大切な判断に際してなぜ社長が同席していないのか。仮にこの点については何か特別な事情があつたとしても、事件の当事者となつた上級副社長と技術担当副社長の関係はいかにも異常と映る。技術担当副社長は聴聞会で「NASAとは長い付き合いだった」と述べているが、では上級副社長との付き合いは短かつたのか、と思わざるを得ない。上級副社長は同じ会社の同じ役職者がジレンマに悩んでいるのに、自らは巧妙に立ち回って技術担当にプ

レSSHャーを掛ける方法で「OK」と言わせ、自らが希望する結論を入手した。普通の常識人であれば技術担当であるなしにかかわらず、臨席している最高責任者としてリスクを理解して責任を取るはずである。また一方において、技術担当副社長が「経営者の帽子は貴方にまかせるから、ここでは問題の部品が低温状態ではなぜ危険と予想されるのか説明を聞いて欲しい」と言わなかった理由も分からない。急に最終決断を求められてパニック状態にあるように見受けられる。

二人の副社長のどちらに、あるいは不在であった社長も含めた役員たちの誰に真の責任があるのかは不明であるが、このようなチームワークの悪さでは遅かれ早かれ何らかの事故を発生させていたと言っても過言ではない。

本稿の最後に、大変な難問ではあるが敢えて解決策の考察に挑戦してみたい。Challenger号事件の部品製造会社の役員達の劣悪なチームワークを反面教師として、解決策のヒントが得られる。

第1に重要な部品の安全率や寿命予測に関する判断を、打ち上げ寸前の現場の議論に委ねざるを得ない状況へ追い込んだ部品製造会社の技術系経営者の責任が指摘され、先ず改善されるべき対象となる。東京電力の原発のトラブル隠し問題と同一の背景である。

第2に、技術系であるか否かを問わず、事業の基盤を構成する基幹技術に関して経営者は等しく関心を持ち、その要点を理解していることが必要である。最近の「インフォームド・コンセント」医療のケースでも分かるとおり、医療の素人である患者でも最新の医療技術の要点を理解し、納得することの出来る時代となっている。ましてや自分たちの事業の基盤を構成する技術の概要と要点は、技術系でなくとも経営者たるもの理解できないはずはないし、「技術は専門家まかせ」として関与を否定することは許されない。特に安全問題は経営者全員で共有しなければならない。

第3に、技術系経営者は、事業を構成する基幹技術に関して、技術系でない経営者に対して平易に説明する訓練と、説明の労を厭わない姿勢を持続けること。

第4に、技術者は（広義の経営者となったあとも）、技術、特に安全に関して

謙虚さと最終責任を常に保持し、他の要件より優先させる姿勢を使命感の裏付けをもって貫くこと。

第5に、技術者兼経営者の一人二役は良い経営者（技術出身の）を育成するのに効率的な方法であると考えられるので、内在化するジレンマを解決する訓練を技術者兼経営者候補に予防的、意識的に施す。

第6として最後に、経営陣は日ごろから良好なコミュニケーションとチームワークを醸成していること。

日ごろから以上のようなことを心がけていれば、技術担当の主張はそれまでの実績に照らして他の経営者から信頼してもらえるし、信頼を得ることが出来れば孤独にならずに余裕をもって同僚と専門を活かしながら判断することができる。また時に技術系から安全に関する強い主張があっても、過度に保守的な判断ではないと認められる背景も育っているはずである。

経営に成功している大多数の企業では、良好なチームワークのもとで経営者も技術者も専門を活かしながらのびのびと意思決定をおこなっている。そしてChallenger号のようなケースには企業として「NO」と言う結論をだしているのである。だからこそ新しい挑戦的技術も安全に開発・運用が行われ、歴史を積み重ねてさらに安全性を高めているのである。

それとは反対に、いつも孤立的で保守的な技術者は、狼少年のようになって同僚からの信頼を失い、いざと言うときの真剣な心配をも信じてもらえなくなる。

つまり良好なコミュニケーションとチームワークの中に解決策があるのであり、技術者や経営者に業務分掌規定や倫理を声高に説くだけでは、このような事故を防止することは出来ない。

Columbia号の事故原因はいずれ究明されて発表されるであろう。Space Shuttleの発射経験としては全部で113回目（Columbia号の機体としては28回目）という少なさであり、その中での事故なので、今となっては「Challenger号と同じような背景での事故ではなかった」という事を祈るばかりである。

参考文献

- 注1) 科学技術者の倫理 その考え方と事例 訳編；(社) 日本技術士会 丸善
1998年
- 注2) 未公表原稿「Technical Communications between Engineers and Managers ; Preventing Engineering Disasters, Oct. 24, 1990 By Vivian Weil 他、注1) の引用文献
- 3) 遠藤信介：航空機の設計・整備におけるリスク評価「安全工学」Vol.41 No6 p406