安全・信頼性と品質管理の新動向

真壁　肇

1. 安全性とは

安全性（safety）とは何かを考えてみよう．安全とか安全性ということばは安易に使われているが，人によってそのとらえ方はかならずしも一義的ではないようである．

たとえば，テレビやガスこんろなどの家庭用品が，その使用時において無害であり，また，使用者に対してなんらの危害や損傷を加えないということは素朴な安全性の概念と言える．製品がもっと複雑なものになって，自動車，航空機のようなシステム製品になり，さらに，巨大なシステムであるプラント装置や原子力発電系に至ると，社会の要請や人命尊重の観点から，これらが無事故であり，サブ・システムや部品は無欠陥なものであることが安全性の重要項目となる．

つぎに立場をかえて，日常の軽い概念として“安全”ということばを用いると，人によっては，これを安全衛生に近いものとして受けとめるかもしれない．

このときには，人と機械系(man-machine system）における，人の誤動作が事故につながらないこととか，人に誤動作を起こさせないように教育を行なったり，操作法に特別の配慮をほどこすことが，安全性の問題となる．

また，もっと広く考えるときには，工場の中の安全マークの表示や，カラー・コンディショニングによる作業者のけがの予防という安全管理も，安全性のための仕事と言える．

そこで，Webster の辞典…College edition…を見ると安全とは“free from damage, danger or injury ; secure”であるとし，安全性を“the quality or condition of being safe”と定めている．

安全，安全性ということばの概念については，これを見る人の立場や角度によって，やや，広がりがあることは否めないが，少なくともいま，自分が論じている安全性はどんなものであるかを明確にして話を進めることは大切なことであろう．

2. 信頼性とは

設備や装置システムが事故を起こして安全性が大いに損なわれたといっても，これは現象である．この現象に対して，原因を追究してみると，部品やサブシステムの故障が原因であるとか，これらの耐久性が問題であったとか，また，操作員の誤動作とシステムの設計の悪さの相乗作用が原因であったなどと話は具体的になる．

このように，安全問題の原因系にメスを入れてゆくと，信頼性（reliability）という概念によって規定された，製品やシステムの信頼性特性に立ちいたるのである．

換言すれば，安全性の問題を部品やサブシステムにまでさかのぼってゆくと，多くの場合に信頼性の問題になってしまうのである．それでは信頼性とはなんであろうか？

信頼性の問題は1940年代にすでに取り上げられていたと言える．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

すなわち，第二次大戦中に新兵器としてレーダー・システムを開発した米軍は，これによって大きな成果をあげたが，その反面，このシステムの故障になやまされつづけたと言われる．この体験をもとに，故障を少なくするための科学的管理技法として誕生したのが信頼性であると言われる．

さらに，信頼性研究は1952年に米国国防省内に設置されたAGREE (advisory group on reliability of electronic equipment) の活躍により進展し，1957年に完成したAGREE報告は1960年代の信頼性活動の原動力となった．1960年に入り，それまではエレクトロニクスの分野に重点をおいていた信頼性は，一般の工業界において幅広く取り入れられるようになり現在にいたっている．

米国では，国防省がAGREE報告にもとづき，信頼性に関するＭＩＬスペックを制定し，これによってシステムの信頼性を確保するための信頼性プログラムをつくることをメーカーに義務づけたことが，信頼性の啓蒙期に入ったきっかけであると言われるが，ほかに，英国の誇る初のジェット旅客機コメットがあいついで空中分解した事故の原因は機体の疲労破壊に起因していることや，1959年にはじまる自動車のマイル保証が一般製品のワランティ（日本語では単に保証というが，ここでいうwarrantyは保証書などの契約書にもとづく保証をいう）……1年保証，1万キロ走行保証など……におよんだことも信頼性の普及に大きく貢献したことも見のがせない．

信頼性は，はじめのうちは，あらかじめ定められた使命時間をシステムが無故障でありその機能を発揮しつづけうる確率であると定められていた．

つまり，耐久性のあることが信頼性のある製品またはシステムと考えられていた．しかし，時代のすう勢は信頼性の考え方をより広いものにさせる方向へと流れていった．より複雑なシステムが開発され，実用化されるにおよんで，システムの長持ちすることがはたして信頼性だろうかという疑問が強まった．

むしろ，長持ちしなくても，システムが故障したときに，それが致命的なダメージとならないように工夫をしておき，かつ，故障が直ちに修復されうる可能性の高いバック・アップ態勢が確立されていることのほうが経済的であり，より信頼性を高めるゆえんとなるのではなかろうかという考え方が，次第に強くなってきたのである．

このような見方を決定的なものにした1つの経験として，朝鮮事変における米国戦闘機のつぎのような話があげられる．すなわち，オーバー・ホールの時期に作戦の都合上，これを省略して航空機を運用していたところ，オーバー・ホールをしない機のほうが故障がはるかに少なかったという事実がこれであり，この事実は，信頼性とは耐久性だから，航空機のサブ・システムや部品は，早めにオーバー・ホールしたり取り替えたほうがより安全であると考えていた人々に衝撃を与えた．

かくて，信頼性とは，狭義の信頼性である耐久性と保全性 (maintainability) とから成り立つというようになり，1960年前後においては，信頼性ということばとして，Ｒ＆Ｍ (reliability and maintainability) が用いられるようになった．

現在でも民間航空機や新幹線電車の安全性・信頼性を支える柱として保全性は重要な役割を持っている．また，信頼性の概念が定量化され，広い分野でこれが活用されるにおよんで，ＯＲの手法も次第に適用されるようになり，保全周期の最適化問題や，線形計画法にもとづく信頼度の配分などに成果をあげるようになったのも，この1960年代である（これに関しては文献1)を参照)．

一方，1960年をすぎてまもなく，米国の大統領ケネディによって提唱された消費者擁護政策は，消費者の真の製品の品質を知る権利と選ぶ権利をかかげてスタートしたが，これが現在のいわゆる消費者主義 (consumerism) となった．

ここにおよんで，一般消費者の製品の無欠陥性と安全性に対する強い要求は社会的要求として取り上げられるようになり，1970年をすぎると，こ

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

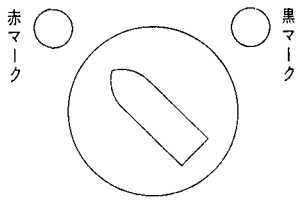

図 1（上の赤マークは炎形の赤マークにおきかえるべきである）

の声はますます大きくなったと言えよう．

当然，製品の信頼性に関しては，安全性，ないしは，より広い意味を持つ設計信頼性という，耐久性と保全性につぐ第3の要求項目が注目されるようになった．

これは，使用者が誤って操作しても人やシステムには悪影響がおよばないようにするフール・プルーフ（fool proof，ばかよけとも言う）や一部のトラブルはシステムの欠陥へは波及しないようにする工夫であるフェール・セーフなどのほかに人と機械系の面を重視した人間工学的配慮による設計などの3つに大別することができる．

電車が赤信号に踏み込むとベルが鳴るＡＴＣはフール・プルーフの例であり，汚水槽が破損しても汚物は流出しないようにつくられた溜池はフェール・セーフの考えから出たものである．

また，図1に示すガスのバルブは赤マークはストップであると錯覚をする人に対する人間工学的な安全性の改善事例である．

安全性と信頼性の関係と，信頼性の実情について述べてきたが，これらを理解されただけでは，単にお話を拝聴したにすぎない．

重要な問題は，どのようにして安全性や信頼性を確保し，信頼性の高い製品やシステムをつくり出さねばならないかということである．この問題提起に対して，品質管理界がどのような管理手法によって動いているかを述べよう．

3. 品質管理の新動向……製品責任と信頼性管理

ここでは，品質管理の新しい動きの中で，前項末にのべた安全と信頼性が品質の向上活動の中にどのように取り入れられているかを述べたい．

「品質管理」ということばは現在では日常の用語としてだれでも新聞や雑誌でお目にかかることができるが，10年または20年前はどうだったか？

「品質管理」とかＱＣ(quality control の略称)は，一般の人には大変なじみの薄いものであったし，また，その新聞か雑誌の名は忘れたが，論説にＱＣ，ＯＲやＩＥなどをまとめて取り上げ，「これらはいずれも外来の学問ないしは考え方であるから，これらを直輸入してわが国に導入しても，いずれは元のもくあみになるであろう」と論じたのがあったのも，たしか昭和30年前後であったように思う．

現在では，品質管理はわれわれの生活に欠くことのできない，いい製品を生み出すための科学的管理技術として社会の繁栄に貢献しているだけではなく，社会の新しい要請である安全・信頼性のある製品の実現のにない手として，その新しい展開が期待されている科学であると言える．

最近，よく欠陥商品ということばを耳にしたり，目にしたりすることがある．

たとえば，商品の性能の説明書と実験値とが一致していないとか，台所に組立セットになった棚を買ってきて吊ったところ，荷重に耐えず棚が落ちてしまったとか，また，プラント・システムがトラブルを起こして地域社会に損害を与えたが，その原因は○○であった，というような話題にはことかかないようである．

このような新しい動きは，1966年に米国で起こった自動車の回収問題などを経験しながら次第に強まったもので，1970年代に入ると消費者主義の台頭と製品責任(product liability，ＰＬと略称)がとくに注目されるようになったのである．

米国の品質管理協会の有名な機関紙“Quality Progress”の1975年2月号では，安全製品特集を行ない，この中のニュースで1975年の米国におけるＰＬによる損害賠償金額は合計で 500億ドルに達するであろうと予測し，これは過去10年間にお

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

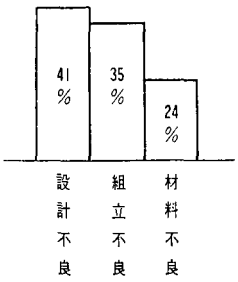

図 2

いて約 100倍の額に達していると指摘したのち，製造業者はただちにつぎの改善の行動を起こすべきであると訴えている．

(1) 設計審査（デザイン・レビュー）をもっと有効なものにして市場のトラブルを未然に防止すべき防波堤とすること．

(2) 潜在している重要問題をフィードバックできるような品質保証のシステムの能力を整備・強化すべきこと．

(3) 問題に対処して責任をとりその解決方策を実行することに経営者が意欲を高めること．

ここで製品責任またはＰＬとは，消費者の商品購入時の信頼の基礎はメーカーのブランドにあるのであるから，その商品の欠陥に対してはメーカーが法的に責任をとるべきであるという考え方を意味している．

このＰＬ問題下においてはトラブルが市場において発生してから対策を考えることは泥棒を捕えて縄をなうことと同じであるから，現在の品質管理は次第に，安全・信頼性のある製品を，いかに製品の企画と設計の段階でつくり込んだらよいかという管理活動，すなわち信頼性管理(reliability management) という事前管理の方向へと新展開を果してきたのである．

図２には，米国における自動車のリコールの原因はどの部門に起因するかを調べたものであるが，これを見ても信頼性管理は製造部門より川上の仕事である企画・設計において重要であることが理解されよう．

話はやや古くなるが，米国の著名な品質管理の指導者である J. M. Juran は，1969年の "Quality Progress" に「1970年代へのＱＣの胎動」と題した論説を寄稿し，品質に対する大衆の不満の多い理由として，つぎの２つをあげている．

(1) 「品質の失敗による使用者のトラブルが多い．製品の利用度が増し，ために品質改善の成果を相殺している」

(2) 「今世紀は品質管理の防壁によって人間の安全性と健康を護ることになった．事実，国防と国威は複雑な機器の品質と信頼性の上に成り立ち，人間の安全性と健康は薬，食料品，飛行機，自動車，エレベーターなどの工業製品の品質と信頼性によって支えられている」(アンダーラインは筆者による．訳は文献2)より)．

この記事は，品質管理の新しい動きが，安全・信頼性確保をめざした信頼性管理へ，その重点を移しつつあることを示すものと言えよう．

4. 信頼性管理と信頼性手法

信頼性のある製品やシステムをつくり出すには，単に信頼性を叫んでも，これだけではかけ声だおれになってしまう．重要なことは，これをつくり出す手順，または道筋を明示して，これにしたがって仕事を行なうことである．これを具体的に示したものを信頼性プログラムと言う．

信頼性プログラムでは項目として，仕様審査，環境条件の決定，信頼度の配分，信頼度の予測など企画段階の仕事から，信頼性試験，生産との協業による製造管理，販売・サービスにおける信頼性サポートに至るまでの一連の業務をその手順にしたがって書き出し，それをいつまでにだれが責任をもって遂行するかを明示したもので，文字どおりのプログラムである．

このプログラムを円滑に推進するための管理活動が信頼性管理とよばれる．信頼性プログラムは大まかに言って

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

構想，決定(concept & feasibility defenition)
設計 (design)
取得または製造 (acquisition)
運用 (operation)
の4つの段階 (phase) に分けられる．

これは，仕事の流れがややもするとアイマイなものとなるので，仕事の性質によって段階をつくって，各段階において信頼性の特性が正しく具現されるよう管理してゆこうという方式で，PPP (phased project programの略)とよばれている．

このPPPでは上にも述べたように構想の段階で信頼度の予測を行なうようになってくるが，これは，なるべく川上の段階で信頼性実現上の問題点を洗い出し，対策が後手管理にならないように努力するよう考慮したものである．

信頼性管理では，このように，なるべく先手管理になるよう，また，各段階の移行時にチェックを正しく行なえるようシステム（ここでは仕組のこと）をつくっている点に特徴があるが，手法的にもつぎのような特徴がある．

(1) 数少ない試作品または図面で信頼性の確認をするため，試料数は2～5か0ということが多い．したがってベーズ法など独得の工夫をこらした手法を適用することになる．

(2) 固有技術的に，一品一品について議論をすることが多いので，設計審査(design review)に用いられる手法としてはFMEAやFTAなど事実をそのまま技術的に追究してゆく管理手法が重用される．

(3) 信頼性特性は寿命値のように測定時間に時間を多くかける必要がある．したがって，計測には時間打切りがあるためデータは通常のものと異なったり，試験時間を短かくする加速試験などが手法として取り上げられる．

(4) また，誤動作の予防性とか保全性のように計量化しにくいものが多い．たとえば保全性といっても立場によって，とらえ方が異なるので，手法としては信頼性モデルを明示するという解析の前段階のためのものが少なくない．たとえば，情報（データ）収集の方法などがこれである．同じ故障でも人により立場によって表現が異なるので，うかつに人の言うことを信じて手を打つととんでもないことになる．

(5) 信頼性は個人ベースでは絶対に向上できないので，手法にも，手法というより仕組みと言えるようなものがある．たとえば設計審査などはこの一例と言える．

むすび

本稿では安全性と信頼性の概要と品質管理分野において信頼性の高い製品やシステムのため，どのような活動が展開されているかを述べたが，OR的な面から考えても，今後，手法面や管理面で改善されるべき点は少なくないと思う．

とくに，最近はシステムの信頼性が取り上げられているが，このシステムへのアプローチにもORの果すべき役割は大きくなるものと期待されている．本稿が，この方向へ多少とも貢献できれば幸いである．

参考文献

1) 真壁　肇：信頼性におけるOR的方法，経営科学 (1972)

2) J.M. ジュラン（木暮　監訳）：1970年代へのQCの胎動，エンジニアーズ，1，2，3月号 (1970)

まかべ・はじめ　1928年生　東京工業大学工学部教授(経営工学科)
略歴：1951年東京工大卒(応用数学課程)
東京理大数学科，横浜国大工業教員養成所を経て現在に至る．
専攻：生産管理，統計学．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．