

# 製品・システムの保全性

## On Maintainability of Products and Systems

向殿 政男  
Masao MUKAIDONO

### 概 要

製品やシステムを長期に安心して使うためのキー概念である保全について、保全の考え方を概観した後に、安全に関連した保全に関する問題点を考察する。システムとしてのエレベータや、製品としての消費生活用製品の保守点検において、現実に発生している事故例をもとに、安全のための保全は、技術、人間、組織の三分野を包括して総合的に取り組まなければならないこと、及び、企業、顧客、行政の三者が全員で安全を守り、維持しなければならないことを紹介した。

### 1. はじめに

製品やシステムの経年劣化が問題視されるようになってきた。その理由は、例えば、各家庭で使う電気製品等の消費生活用品に関して言えば、新しい機能の製品が次々と出て来て古い製品の寿命が尽きる前に新しい製品に買い替えるという若者主導の時代から、高齢者が多くなり、古いものを大事に愛着を持って使用するようになったという時代背景がある。また、一方で、高速道路や橋のような社会基盤におけるインフラは、1960年代の東京オリンピックの時代に構築したものが多く、そろそろ寿命を迎えつつあるという現実がある。保守や保全が主流になる時代を迎えようとしている。

一方、経年劣化問題は、第一に信頼性の問題、すなわち、製品やシステムが機能を停止して使えなくなることによる社会的混乱や経済的損失に直結する。第二に安全性の問題、すなわち、事故や災害の発生という深刻な事態を招く可能性がある。製品やシステムの経年劣化対策は、設計、製造、設置、運用、廃棄、といったライフサイクル全体に及ぶ。特に、運用の段階における活動、すなわち、保守、修繕、点検等のいわゆる保全活動に強く依存している。なお、経年劣化対策は、設計の段階の活動、すなわち、

長寿命設計や保守容易化設計、修理容易化設計等の保全を考慮した構造や計画を最初から組み込んでおくことも必要である。

本稿では、製品やシステムを長期に安心して使うためのキー概念である保全について、保全の考え方を概観した後に、保全の一般論ではなく、安全に関連した保全に関する問題点を、現実問題として発生している実例をもとに考察することにする。

### 2. 保全の概念

保全とは、一般には、製品やシステムの状態を“十全に保つこと”、すなわち、(1) 運用可能な状態に維持することであり、更には、(2) 機能を失ったら回復すること、も含む。例えば、機械の保全といった場合、機械・設備の機能、生産能力、品質等を維持しながら長期間、稼働出来る状態を保つことであり、かつ、故障して機械・設備が停止したら、修理をして再稼働させる活動のことである。前者の(1)は予防保全、後者の(2)は事後保全と言われる。

保全に関連する用語をリストアップすると、保守、点検、整備、維持、手入れ、修理、修復、交換、試験、復元、改良、校正、検査、調整、注油、清掃、等々があり、実に幅広い概念と活動を含んでいる。狭くは、保守(メンテナンス:maintenance)のこと、

すなわち、正常な状態を維持できるように手入れをすることとみる場合もあるが、現実には、上記のように機能を失ったら回復させることも含んでいて、広い意味の保守とってよいかもしれない。

保全で維持しなければならない機能や性能を失わせる原因は、経年劣化だけではない。一般的に、劣化、欠陥、故障、疲労、誤使用、破壊、地震、摩耗、等々多くのものが存在する。従って、その対策は多様である。特に、故障には、ランダム故障と呼ばれる突然に機能を停止する突然型故障や、機能を徐々に劣化させる機能劣化故障があるが、一方で、設計のミスやソフトウェアのバグのように最初から潜在していて、使用する時に顕在化するシステムティック故障と呼ばれるものがあり、その対策は根本的に異なる。ランダム故障は確率論的に対応出来るが、システムティック故障の予防は、製作のプロセスを管理せざるを得ないのが現状である。

保全の方式には、事後保全、予防保全、予知保全の三種類がある。事後保全とは、前述したように機能が停止してから修理等の保全を行うもので、故障するまで待つ考え方であり、当面のコストは小さいように見えるが、機能を停止する時間と被害を考慮すると、アベイラビリティ（稼働率）は悪くなり、コストは結果的に決して安くなるわけではない。予防保全とは、機能が停止する前に事前に保全を行うもので、時間が来たら行う時間基準保全と、状態を見て行う状態基準保全とがある。更に、止めて行う停止保全と、止めずに行う運転中保全とがある。なお、予防保全は、事後保全に対して計画保全とも呼ばれる。予知保全とは、欠陥を早期に発見したり、寿命を予知したりして事前に行う保全であり、最も望ましい保全方式であるが、状態監視機能、異常監視機能、故障診断機能、予測技術、劣化度の監視・観測技術等が必要となる。

なお、保全を構成する要素は、保全を受ける機械やシステム、保全を行う技術者、保全を支える仕組み・組織であり、これは保全の三要素と呼ばれる<sup>1)</sup>が、安全学<sup>2)</sup>の構成と同様、技術（自然科学）、人間（人間科学）、組織（社会科学）の三側面から総合的に取り組まなければならない課題である。

保全性を評価する尺度について、簡単に触れておこう。保全には、回復させる活動も含んでいるので、修理可能な製品やシステムを対象としている。従って、保全性、すなわち保全の能力を評価する尺度は決して信頼度ではない。修理して早く立ち上げて全

体的な稼働時間を長くすることで評価されるべきである。すなわち、アベイラビリティ（稼働率）が評価基準であり、一般的には、

$$\frac{\text{稼働時間}}{\text{稼働時間} + \text{修理時間} + \text{停止保全時間}}$$
で評価される。

### 3. 保全と安全

前章では、保全は、“十全に保つこと”、すなわち“機能を維持すること”と記して、その概要を述べてきた。しかし、一般的には、保全は“安全あるいは安定した状態を保つこと”とか、“保護して安全にすること”とも解釈される場合がある。前者は信頼性の問題であり、後者は安全性の問題である。一般的には、前者の意味で保全を考えているが、それであっても、以下に述べるように、保全は安全と深く関係している。なお、保全を安全に関連した概念として捉えると、関連した用語に保安という言葉がある。保安は、主として、身体や財産等を危険から守って安全を保つことを意味していて、保全を含む更に広い意味に用いられている。しかし、更に広く、治安（社会の秩序を守ること）、防犯（悪意のあるものから守ること）や防災（天災や不意慮の事故から守ること）等の概念も含むこともあるが、ここでは深入りしないことにする。

本質的に信頼性と安全性は異なった概念であるが、現実には、両者は深く関係している。なぜならば、安全性は、製品やシステムの構造で実現される面と、信頼性に基づいて実現される面とがあるからである。構造で安全性が確保される例としては、本質的安全設計やフェールセーフやフルプルーフ等<sup>3)</sup>があり、信頼性で安全が確保されている例としては、安全装置や安全制御等の付加的設備の機能により安全を実現するものがある。機能安全は、コンピュータ等の電子装置を用いて、信頼性で安全を確保する典型的な例である<sup>4)</sup>。信頼性に基づいて安全性を確保する場合、本来、信頼性を保つための活動である保全は、安全性確保に関して重要な役割を果たすことは明らかである。この面に関しては、多くの解説が出ており<sup>1), 5)</sup>、ここでは詳しく述べないことにする。一方で、構造で安全が実現されている場合でも、その構造の維持が、保守（メンテナンス）に依存している場合には、保全は、安全確保のための本質的な役割を果たすことになる。従来、あまり注目されていないこの場合については、エレベータの事故を例にし

て、以下の項で詳しく紹介することにする。また、保全は、計画や技術の問題として捉えがちであるが、技術的側面だけでなく、組織的側面としての法規制や制度も重要であることを、消費生活用製品の事故を例にして紹介する。

#### 4. エレベータ事故に見る保全問題

かなり時間が経過したが、未だに消費者庁で事故調査等に関して議論されている<sup>6)</sup>重要な事故例として、エレベータによる死亡事故がある。2006年6月に東京港区のマンションのシティハイツ竹芝で、男子高校生がドアが開いたので降りようとしたところ、突然、エレベーターがドアを開いたまま上昇し（戸開走行という）、乗降口の上枠とエレベーターのかごの床との間に挟まれて死亡するという痛ましい事故が発生した。この事故を契機として、国交省で事故調査が行われ、その事故報告書<sup>7)</sup>に基づいて建築基準法におけるエレベータの基準が改正されて、現在では、新規のエレベータの安全の度合いは格段に上昇をしている（ただし、それ以前に設置されたエレベータに関しては、新しい基準は適用されないので、既存不適格として、多くのエレベータが以前の基準のままである）。

ここでは、この報告書に基づいてこの事故における保全に関連する問題を取り上げてみよう。まず、技術的な観点から原因を見てみる。そのためには、事故のあった形のエレベータの電磁ブレーキ（図1）の構造を知っておく必要がある。この原理は良く知られていると思うが、簡単に紹介しよう。現実にエレベータを上下に動かしたり、各階に止めたりしているのは、電動機（モータ）であり、電動機がドラムを回転させ、ドラムに掛っているロープを回すことで行われる。ある階に止まって、ドアを開いて乗客が乗り降りしようとする時、安全の観点から、エレベータが動かないように確実に停止させておく必要がある。これを司るのが、電磁ブレーキである。すなわち、図1で、電磁ブレーキのブレーキドラムは、電動機のドラムと一体化して、止まっている時、エレベータの停止を確実にするために、ブレーキドラムをブレーキスプリング（ばね）のばね力を用いて、ブレーキアームで挟み込み、アームとドラムの間にあるブレーキライニング（パッド）の摩擦力で停止を確保しておく。ドラムを電動機で動かす時には、このブレーキ力を解放しなければならない。

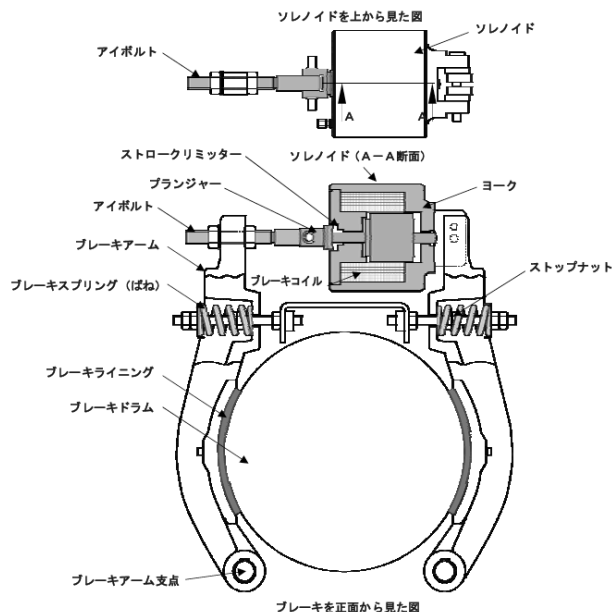


図1 エレベータの電磁ブレーキ<sup>7)</sup>

すなわち、アームを広げておかなければならず、そのためには、スプリングの力に抵抗する形で、ソレノイドのプランジャーなるものを、ソレノイドのブレーキコイルに電流を流して電磁力で横に広げておかなければならない。ブレーキコイルの電流を切ると電磁力が失われてプランジャーを横に広げる力が失われて、ばね力により、ブレーキが掛る構造である。箱が階に到着するとコイルの電流を切って電磁ブレーキを掛けて停止を確保してから、ドアを開く。そして、ドアが閉まってからコイルに電流を流して電磁ブレーキを解放して、電動機でエレベータを動かすという仕組みである。ここでの特徴は、故障等でコイルに電流が流れなくなると自動的にばね力でブレーキがかかるフェールセーフ構造になっていること、及び、電磁ブレーキはドラムが動かないように保持しておくためのものであり、基本的にはブレーキライニングが急激に摩耗することはないということである。

この事故機でのハードウェアにおける事故原因は、電磁ブレーキの保持力が失われていたことであると推定された。事故に至る経緯を以下のように推定することが出来るとされている（図1の電磁ブレーキの構造を参照）。

(1) エレベーターは、電動機の動力で止まり、かごが床に付いた信号を受けてドアが開く前に、電磁ブレーキへの電力が切られた。電磁ブレーキのバネ力



によりエレベーターを止めておく力（保持力）が働くはずだった。

(2) ところが、電磁ブレーキの保持力が失われていたために、バランスを取るために反対側につるされている錘によってカゴが上昇し、戸開走行が発生した。

(3) なぜ、電磁ブレーキの保持力が失われていたかという、ブレーキ内のプランジャーと呼ばれる装置がストロークリミッタにぶつかって、ブレーキライニング（ブレーキのパッド）をブレーキドラムに押し付けるブレーキアームがこれ以上押し付けられなくなっていたからである。

(4) なぜ、プランジャーがストロークリミッタにぶつかったかという、ブレーキライニングの厚さによりプランジャーを適切に調節する構造になっていたが、ブレーキライニングが激しく磨耗しているのに、保守においてこの調整を行っていなかったか、間にあわなかったからである。

(5) なぜ、ブレーキライニングが激しく磨耗したかという、前述したようにエレベーターが動いている間は、電磁ブレーキはソレノイドのブレーキコイルに電流を流して、バネ力に対抗してブレーキが働かないように開放される構造になっているが、実際にはこのブレーキが完全に開かず、半掛かり状態で動いていたからである。

(6) なぜ、ブレーキが半掛かり状態だったかという、ソレノイドのブレーキコイルが途中で短絡をして、巻き数が半分になっていたためにソレノイドの力が弱って、電磁ブレーキを完全に開くことが出来なかったからである。

(7) コイルの巻き数が半分になるような短絡は、ソレノイドのコイルの口出し線での短絡が原因である可能性が高い（コイルの層間の短絡ならば、巻き数が半分になるとは考えられない）。

(8) なぜ、コイルの口出し線での短絡が生じたかという、出入り口における絶縁が不適切であったか、短絡が生じやすい構造であった可能性が高いからである。

(9) なぜ、短絡が生じ易い構造かという、電動ブレーキが働くたびに、ブレーキコイルがブレーキの開閉動作に合わせて動くという構造になっており、ブレーキ開放時にプランジャーがヨークに当たる際の強い衝撃によって、ブレーキコイルに振動が生じ、口出し線の絶縁処理が適切でない場合、口出し線とブレーキコイルが接触をして摩擦を繰り返すことによって、被覆が磨耗して短絡に至った可能性が考え

られるからである。

上記が、戸開走行が発生したメカニズムである。このエレベーターは(9)にあるように、もう少し適切な設計はあり得たはずであるが、保守点検、すなわち保全が適切に実施されていれば、事故はふせげた可能性が高い。この場合の主な保守点検の内容とは、ブレーキライニング（パッド）の磨耗を検出し、プランジャーの調整を適切に行うことである。この電磁ブレーキは、プランジャーを適切に調整することで、フェールセーフ機能が保たれる構造となっている。すなわち、安全が保守点検で確保される構造なのである。これが事故の技術的な側面である。

それでは、この事故は保守点検者の力量や不注意の問題かという、必ずしもそうとは言い切れない。直前の保守点検ではブレーキライニングの磨耗が少なく、急に磨耗が始まって調整が間にあわなかった可能性はゼロではないからである。しかし、この事故では人間的側面よりは、もっと深刻な組織的側面が存在した。この保守点検者に保守点検を実施するに十分な情報が与えられていたか否かという問題である。

保守管理業務が、規制緩和で公開入札になり、当初の製造メーカ系から独立系の保守管理業者に変更されていた。保守料金は1/3になった。その保守管理業者は、同エレベーターの保守マニュアルを保持していなかったため、正しく保守が行われていなかった可能性が高い。本来、エレベーターの維持管理に関する情報は、建築申請時に製造メーカから所有者（管理者）に、それを所有者（管理者）から保守管理業者に渡されることになっているが、現実には多くの製造メーカは保守点検に必要なマニュアルを所有者に渡していなかった。製造メーカ系の保守管理業者ならば、十分な情報に基づいて保守点検が可能であるが、独立系の保守管理業者が請け負う時には、（商売上の敵という感覚からだろう）製造メーカから十分な情報が提供されていなかったのである。今回の場合も、製造メーカ、所有者（管理者）、保守管理業者の3者間で、安全確保の上で必須な保守点検に関する情報共有が不十分であったという組織的な問題が存在していた。更に、保守管理業務の安易な公開入札という社会制度や、エレベーター業界の体質や商習慣という組織的・文化的な問題も関連していると言えよう。この事故を経て、国土交通省は、独立な戸開走行保護装置の設置（二重ブレーキや他の設置）の義務付けを行い（海外の主な国では、既

に、二重ブレーキの規制が行われていた)、製造メーカーは詳細な保守点検マニュアルを所有者(管理者)に渡さなければならないという法規制の改正を行った。

なお、同じような事故が、2012年10月、金沢のホテルでも発生し、従業員が戸開走行で挟まれて死亡した。同じ製造メーカーの同じ型のエレベーターであり、ブレーキが半掛かりで稼働していて、ブレーキライニングが摩耗してブレーキがかからなくなった現象は全く同じである。その原因は、長時間稼働し続けるとブレーキコイルに電流が流れっぱなしになるので、ブレーキコイルが熱膨張を起こし、抵抗が増加し、そのために電流が減少して、プランジヤーを横に開く電磁力が弱くなり、ばね力に抵抗できず、ブレーキが半掛かりになったことである。新しい基準の戸開走行保護装置を付けていれば、この事故は防げたと思われるが、前述したように、既存のエレベーターに新しい基準を強制的に適用させる制度はないので(既存不適格に対して不遡及)、現在でも多くのエレベーター(70万台と言われる)は、古い安全基準のままである。

以上が、このエレベーター事故における保守点検から見た保全に関する状況である。安全が保全によって確保されていることが良くわかる。また、安全のための保全は、技術的側面だけでなく、人間的、組織的側面も関連していて、総合的に取り組まなければならない課題であることも良くわかる。

## 5. 消費生活用製品の経年劣化に見る保全問題

ガス湯沸かし器や電気製品のような消費生活用製品で、保全の問題に関連して大きな事故が起きている。例えば、2005年11月、アパートの一室で風呂に給湯するためのガス湯沸かし器の不完全燃焼による一酸化炭素中毒で、死亡事故が発生した<sup>8)</sup>。ガス湯沸かし器の電源プラグが延長コードのコンセントから外れており、正常であれば、安全装置が働いて点火・燃焼しないはずであった。しかし、その部屋の以前の居住者が10年前に点火不良の修理を依頼した際に、修理業者が安全装置を殺した、すなわち、排気ファンが回転しない状態でもガスが燃焼するよう改造していたのである。この事故については、消費者庁でも評価書を提出している<sup>9)</sup>。これ以前にも同様の安全装置の不正改造で多くの一酸化炭素中毒

による死亡者が出ていたことが判明した。これらの事故は、経済産業省が、2007年5月、消費生活製品安全法を改正して、重大製品事故を知った日から10日以内に製造事業者や輸入事業者は事故報告をする義務を課し、製品が原因であると疑われる事故に対しては、直ちに事業者名、機種・型式名、事故内容等を記者発表し、ウェブサイトでも公表するという、ある意味では画期的な重大事故報告・公表制度を発足させるキッカケとなった。

一方で、経年劣化により、数十年使用した扇風機から火が出て火事になり、大きな社会問題になった。図2は、経年劣化が主因と考えられる扇風機の製造後の経過年数別事故発生状況である。電気製品の使用を開始して30年過ぎてから事故が多くなることに対して、よくここまで使えるというべきか、事故を起こすような扇風機を作ったメーカーに問題があるというべきか、使用した消費者の不注意というべきか、色々な議論があり得るだろう。製造メーカーは、法律上は責任がなくても、ニュース等で報道されることにより、ブランドを傷付けられ、信用をなくすことによって、大きな痛手を受けることになる。しかし、消費者にも使用者責任があるのは明らかである。製品や部品は必ず劣化して、いつかは使えなくなるものであり、消費生活製品といえども保守、点検、修理等の保全活動は必須のはずである。しかし、現実には、家庭内の電気製品等を保守点検する習慣はほとんど定着していない。経年劣化により、電気製品から火が出て火災が発生したことを契機に、経済産業省は、2009年4月、消費生活用製品に関する保守点検に関連した二つの制度を発足させた。一つは、長期使用製品安全点検制度であり、二つ目は、長期使用製品安全表示制度である。

長期使用製品安全点検制度とは、経年劣化によるリスクが社会的許容度を超える製品で、消費者自身による保守が難しいものを特定保守製品と定めて、事業者に対して、消費者への情報提供・保守サポートを義務づける以下のような制度である。

- (1) 製造者や輸入業者は、製品の設計時に想定をした標準的な使用期間を決めて、点検をすべき期間を製品に表示する
- (2) はがき等を製品に添付して、消費者の住所を登録してもらう(所有者情報の登録)
- (3) 点検すべき期限が到来したら、消費者の住所に点検期間が来たことを知らせて、点検を勧める
- (4) それに応じて、消費者が要請したら点検を実施

しなければならない（基本的に有料）

(5) 販売業者は、消費者に対して以上のステップの説明を行うとともに、消費者に製造業者や輸入事業者への所有者情報の登録を取り次ぐ

というものである。ここで重要なのは、通知をもらっても点検を受けるか断るかは消費者の自由であるという点である。この制度が定着するか否かは、発足して間もないので、まだわからない。

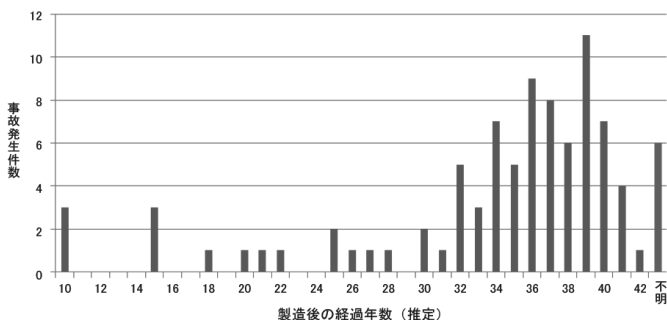


図2 経年劣化が主要因と考えられる扇風機の製造後の経過年数別事故発生状況<sup>10)</sup>

長期使用製品安全表示制度とは、経年劣化による重大事故が一定件数以上発生している家電製品を対象として、標準使用期間を明示して、消費者に対して保守点検を促す制度である。例えば、製造年と設計上の標準使用期間を記して、“設計上の標準使用期間を超えてお使い頂いた場合には、経年劣化による発火・けが等の事故に至るおそれがあります”といった表示を製品に貼らなければならないとする制度である。

経年劣化に対して製品を保守点検して、安全に製品を使用する責任は消費者にもあると記したが、現実には、消費者に強制することも、教育訓練することも出来ない。従って、組織として行政が上記のような各種の制度を決めた。しかし、消費者がこれに応じて保守点検を確実にしてくれる保証はない。消費生活用製品の製造メーカーとしては、次のような手段を施す必要が出てくると思われる。

(1) 死に方設計等の工夫・・・経年劣化等で製品の寿命を終える時、発火等の事故が起こらないように、静かに機能を停止するような設計をはじめから組み込んでおく

(2) タイムチップ導入による保守点検時期の警告・・・製品にタイムチップを入れて、保守点検期間が来た

ことを知らせる。保守点検をしない場合には、機能を自動的に停止するという手段もあり得る。

(3) 事業者が消費者宅を訪ねて保守点検を行う・・・このためには、事業者はトレーサビリティ、すなわち、誰がどのような製品をどのような状態で使用し、使用年限も含めて保守点検の状態を把握しておく必要がある。

(4) 製品を売るのではなく、機能を売る・・・リース製品のように、業者が保守点検をすることを前提に製品の機能を提供してそれを維持するというビジネスモデル

今後は、リスクの高い製品に関しては、各家庭内で使われる消費生活用製品といえども、(3)や(4)の手段が必要となる時代が来ると想定される。

## 6. あとがき

ここでは大型のプラントや高速道路・社会公共設備等のインフラの保全に関しては論じなかったが、これからは成熟した社会や高齢化社会を迎えて、施設設備は新しい建設から維持管理の時代へ向かうだろう。今後の保全の在り方に関しては、本稿で特殊な一例として紹介したシステムとしてのエレベータや、製品としての消費生活用製品の保守点検に見るように、技術、人間、組織の三分野を包括して総合的に取り組まなければならないこと、及び、企業、顧客、行政の三者が全員で安全を守り、維持しなければならないことは明らかである。

我が国のインフラ設備やシステムの信頼性と安全性は、現実には保全で保たれている面があり、現場の保守員の優秀さが我が国の信頼性と安全性の高さを保ってきた歴史がある。今後、益々、保全性の重要さが高まることを考えれば、保全のための人材育成、技術の開発、及び制度の整備に人、モノ、金、情報を投入して行く必要があることは間違いない。

## 参考文献

- 1) 道上勉，向殿政男：信頼性・安全性工学，オーム社 (2009)
- 2) 向殿政男，北野大，他：安全学入門～安全の確立から安全へ～，研成社 (2009)
- 3) 向殿政男：機械設計におけるヒューマンエラー対策，ヒューマンエラーと機械システムの設計，

pp.36-81, 柚原直弘, 稲垣敏之, 古川修編, 講談社 (2012)

- 4) 向殿政男: コンピュータ安全と機能安全, IEICE Fundamentals Review, Vol.4, No.2, pp.129-135, 電子情報通信学会 (2010.10)
- 5) 信頼性ハンドブック, 日本信頼性学会編, 日科技連 (1997)
- 6) 平成18年6月3日に東京都内で発生したエレベーター事故ー 国土交通省が行った調査結果についての消費者安全の視点からの評価ー, 消費者安全調査委員会, 消費者庁 (2013)
- 7) シティハイツ竹芝エレベーター事故調査報告書, 国土交通省 社会資本整備審議会 昇降機等事故対策委員会 (2009)
- 8) 製品安全対策に係る総点検結果とりまとめ〜パロマ工業株式会社製ガス瞬間湯沸器による一酸化炭素中毒事故への対応を踏まえて〜, 経済産業省 (2006)
- 9) 平成17 (2005) 年11月28日に東京都内で発生したガス湯沸器事故, 消費者安全調査委員会, 消費者庁 (2014)
- 10) 生活安全ジャーナル, No.10, NITE (2010)

(むかいどの まさお/明治大学)



向殿 政男

1970 年明治大学大学院工学研究科博士課程修了, 工学博士. 同年明治大学工学部電気工学科専任講師, 1978 年電子通信工学科教授, 1989 年同大学理工学部情報科学科教授. その間, 情報科学センター所長, 理工学部長等を歴任. 現在, 明治大学名誉教授, 明治大学顧問, 明治大学校友会長.

専門は安全学 (製品安全, 機械安全, 労働安全), 情報学 (人工知能, ファジィ理論, 情報教育), 論理学 (多値論理, ファジィ論理). 国際ファジィシステム学会副会長, 日本ファジィ学会会長, 日本信頼性学会会長等を歴任. 2005 年に経済産業大臣表彰受賞, 2006 年には厚生労働大臣表彰受賞. 現在, 経済産業省 製品安全部会 部会長, 国土交通省 昇降機等事故調査部会 部会長, 消費者庁参与, (公社) 私立大学情報教育協会 会長, 安全技術応用研究会 会長, (一社) 品質と安全文化フォーラム 会長.