

総説

安全の基本を概観する ～安全学の視点から～

明治大学 顧問 名誉教授
公益社団法人日本保安用品協会 特別会員
公益財団法人鉄道総合技術研究所 会長
一般社団法人セーフティグローバル推進機構 会長 向殿 政男

1. まえがき

安全に携わる者にとって、通常、自分の分野の安全については良く分かっているはずである。しかし、改めて安全そのものを総合的に、全体的に考える機会はありません。そこで、本稿では、「安全を基本から考える」(*)ことを目指して、まず、常識的な範囲内で安全を全体的に広くとらえて、簡単に体系化、構造化して考えてみることにする。そのためには、安全学^{[1], [2]}が有効な指針になると思われるので、安全学の紹介方々、安全学の視点から、これらを眺めてみることにする。

2. 安全の世界は広い

本稿では、安全といっても、最終的には、人工物の安全、モノづくりにおける安全等を対象にしようと考えている。しかし、ここではもっと広く、日常生活での安全を振り返ってみよう。安全の世界は実に幅広いことが分かる。例えば、図1に、「自然」、「人間」、「人工物」という三者関係での安全を考えてみる。

「人間」の社会では、日常的に人の悪意、故意等で生活の安全が脅かされている。オレオレ詐欺、窃盗、放火、殺人、等々である。また、国家レベルになると戦争が人間社会の中での安全を脅かす最も大きな脅威の一つになっている。一方、人間の誤り、間違いによって、人工物のモノが壊れ、交通事故が起これ、列車等の通常の運行が妨げられることがある。時には、テロ行為のように、人間の悪意、意図で建物を壊し、社会インフラを破壊して社会の安全を脅かすことがある。また、人間の普段の行為、図1では営為と記しているが、これが長い間で「自然」に影響を与え、自然環境を悪化させて、自然災害を激甚化させることに繋がる。本来、地震や台風等の自然災害に対して人類は制御できないものであるが、土砂崩れや河川の氾濫等は、人間の営為が関係している場合が多い。地球温暖化等は長期における人間の営為が自然に影響を与えているとも考えられる。

「自然」は、地震、台風、長雨等の自然災害を通して人間社会に大きな不幸をたびたびもたらし、人工物を破壊して人間社会の安全を脅かしている。

「人工物」は、人間の日常生活の利便性、人間の幸せのために構築され、運用されているが、事故、故障、劣化、人間の誤り等が原因で本来の機能を失って人間の安全を脅かす。更に、その存在自体が自然環境に大きな影響を与える場合もある。

(*) 本稿は、2024年6月7日 一般社団法人日本ヘルメット工業会の社団化15周年記念として講演した「安全の基本を再確認する～安全学入門～」の導入部分をまとめたものである。

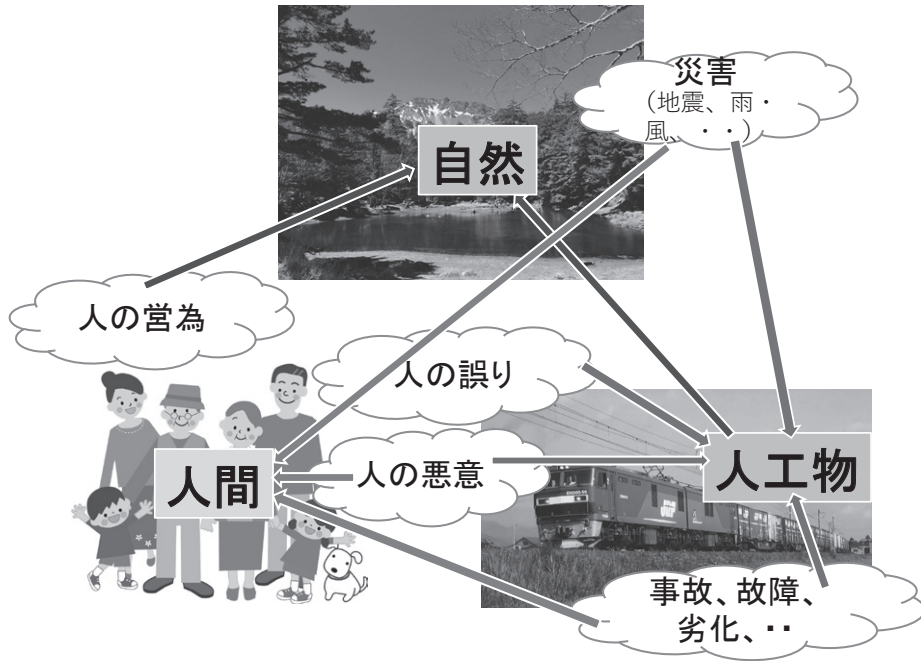


図1 安全の世界は広い

以上のように、ここで考えただけでも安全に関する範囲は極めて広い。前頁に紹介したことは、すべて安全を脅かす原因に関連した事項である。しかも、それぞれによって安全の内容は大きく変わる。安全の話をしていても、何の安全を対象にしているのか、どの安全かについて語っているのかを明確にしない限り、話は通じないことになる。

3. 安全の構造

どの分野の安全について語っているかを明確にすれば、ある程度話は通じるかもしれない。しかし、実は、安全のどの側面を対象としているのか、例えば、被害のことなのか、原因のことなのか、責任のことなのか、等々で興味の対象が異なっている場合が多い。そこで、ここでは多くの安全の分野でも構造的に共通している項目を取り上げて、図2のように分類した「安全の構造」なるものを考えてみた。

この「安全の構造」の5つの項目について少し詳しく見てみよう。

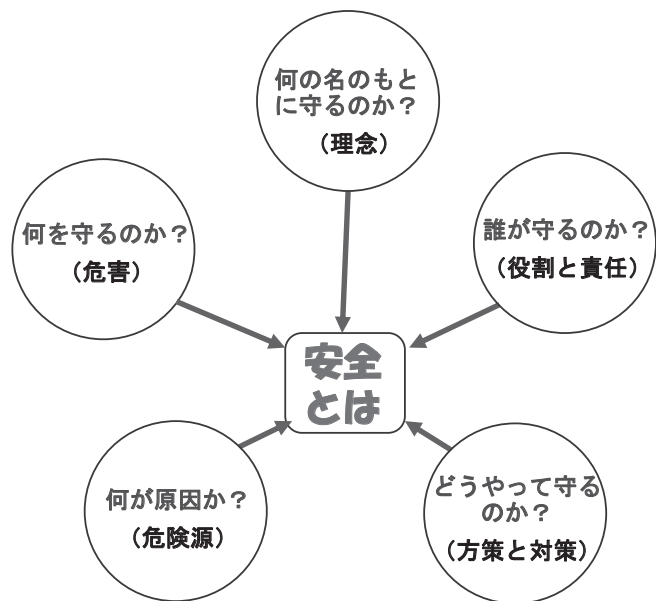


図2 安全の構造

(1) 何の名のもとに守るのか：これは抽象的すぎるかもしれないが、この理念を明確にしておかないと話を通じない。我々モノづくりの場合には、もちろん、「人命尊重」の名のもとに安全を守っている。しかし、中には、命より大事な「正義」の名のもとに、「人間の尊厳」の名のもとに、時には「神」の名のもとになると状況は変わってくる。

(2) 何を守るのか：これが最も大事で、何の安全を対象としているかという問いである。モノづくりでは、「人命尊重」の名のもとに「人を守る」ことである。すなわち、人を死なせない、怪我をさせない等に身体的な傷害から人を守ることを目的としている。人の場合、身体的傷害だけでなく、メンタル等の精神的障害から守る、病気等の健康障害から守る等が含まれる場合がある。心を守るというのもあるかもしれない。一方、「情報を守る」ということもある。「情報を守る」が人に関連している場合には、プライバシー、個人情報を守ることであるが、広くとらえると、情報漏洩、セキュリティ、偽情報拡散等まで広がることになる。そのほかにも「機能・運用・サービスの継続」を守る、「生産」を守る、「利潤」を守る、「財産」を守る、「組織」を守る、「経済」を守る、「社会」を守る、「自然」を守る、「環境」を守る、等々、色々な場合があり得る。安全を守れない時には失うものがあり、損害が発生する。これをここでは、「危害（ハーム：Hurm）」が発生したということにする。

現実には、守るものとして、例えば「安全性と生産性」のように、同時にいくつかを対象としなければならない場合がある。この場合、同時に守れない時もあり、守るべき対象に順番（優先順位）や重みづけを付ける必要が出てくる。これは価値観の問題である。安全は、科学だけでは解決できない理由は、価値観の問題が含まれているからである。この順番を決めるためには、(1) で記した理念が大事になる。人命と利潤の両方を守ろうとした場合、「人命尊重」の理念の下では、損をしてもよいから取り返しのつかない人命を救え、ということになる。しかし、現実には、モノづくりの場合でも、本音は「利潤尊重」であって、そのための「人命尊重」なのではないかと疑われかねないような場合もある（人が怪我をしたり、命を落としたりすると利潤が得られなくなるので、「人命尊重」を言っているにすぎない。このような場合には、人命の価値が低い（安い）となると、人命より利潤が優先され、人命はあまり顧みられないことになるだろう）。

(3) 何が原因か：なぜ、安全が守れなくて危害が出てしまったのか。安全を脅かし、危害を発生させる原因があるはずである（根本的な原因は、通常、危険源（ハザード：Hazard）と呼ばれる）。

自然災害の場合は、人間は、一般的には原因そのものである危険源を、予測することはある程度可能かもしれないが、前述したように除去、制御することができない。しかし、モノづくり、すなわち人間のために、人間が作り、人間が運用する人工物（人工システム）の場合、危害を発生させる原因は、除去、制御できるはずである。ここで、原因を三つの側面に分けて考えてみよう。人間側と、システム、ハード、モノ側（これらを以後、技術側と呼ぶことにする）、そして、安全を確保するために人間が決めたツール、規則、基準、マニュアル等の組織側の三つである。

人間側の原因には、前述したように人間の失敗・不注意（ミス、ヒューマンエラー）、不慣れ・未熟（力量不足）等がある。更に、人間の意図、悪意もあり得る。技術側の原因には、故障、劣化、設計不備・保守不足等があり、組織側の原因には、基準、ルール、規格等の未整備、不明確・不統一、間違い・矛盾、不徹底・形骸化等がある。

原因を簡単に三つの側面に分類してみたが、現実には、それぞれの境界、複合、連鎖、重層等が原因になっていて、単純の一つには分類できない場合も多い。また、表面に現れている原因には、その背景に真の原因がある場合がある。よく、人間側の原因としたヒューマンエラーには、そのような行動に至った背景に真の原因があり、ヒューマンエラーは結果である。その背景を明確にしない限りヒューマンエラーは無くならないと言われている。その背景、すなわち真の原因と言われるものにもまた、組織的側面、人間的側面、ハード的側面があるだろう。このことは、システム側も同様で、例えば、設計不備・保守不足等の真の原因は、設計・保守に関連する人間や組織、そして技術的現状の制約等があり得る。組織側の原因の背景には、人間が作成し、人間が守るのであるから人間側が深く関係しているのは明らかであり、現実にはハード的、法律的な制約もある。原因は、回帰的なのである。

読者が関連する安全の分野での災害が、何が原因で、どのように連鎖して危害に至ったかを具体的に考えて、上の三つの側面に分類して考察してみることをお勧めする。

- (4) どうやって守るのか：安全確保のためには、現実には、この項目がもっとも大事である。ここでもまた、人間側、技術面、組織面の三側面から、考えてみよう (図3)。

安全確保には役割分担がある

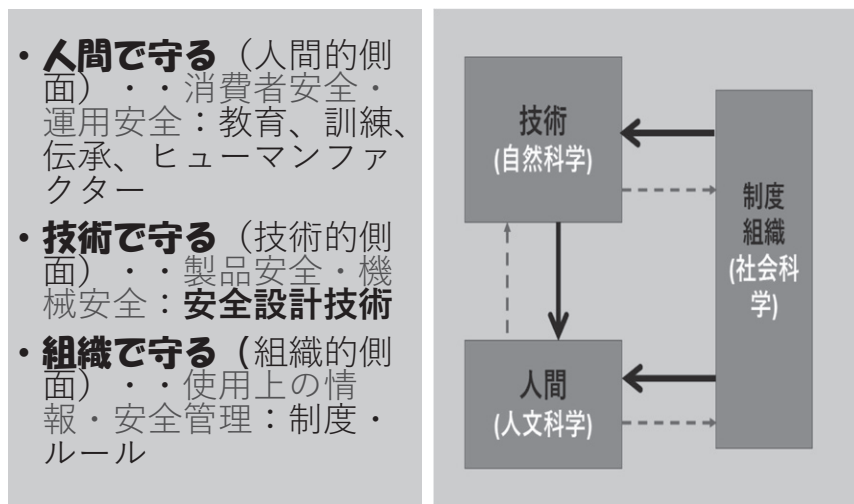


図3 安全を人間、技術、組織で守る

- (4)-1 まず、「人間で守る」ことを考えよう。人間が行動で安全を確保しなければならないという面である。例えば、失敗しないように注意しながら工場で安全に作業をしたり、人工システムを安全に運転・操作したりするのは人間の役割である。また、安全に作業が行われるように現場で管理・監督するのも、安全な人工システムを設計、製作したり、安全の管理システムやルールを作成したりするのも、人間の役割である。安全確保における人間の役割は本質的である。この人間の役割を十分に果たすためには、人に対する教育、訓練、そしてそのやり方を体験・体得することが重要である。広く、人文科学で安全を守るともいえよう。

- (4)-2 次は、「技術で守る」について考える。使用する機械・設備そのものが安全でなければならない。使用する人間が怪我をしないように機械・設備側が安全である必要がある。これは、技術で安全を守ることである。広くとらえれば自然科学で安全を守ることができる。

なお、安全な機械・設備を設計・製造するためには、安全設計者が従うべき基本として、スリーステップメソッドが常識となっている。このことについて簡単に説明しておこう。最初の第一ステップは、本質的安全設計である。本体そのものをはじめから安全に設計、製造せよ、すなわち、危険源を含まないように、含まざるを得ないときには、その危険源で発生する危害が出来るだけ小さくなるように最初から配慮して設計せよというものである。第二ステップが、安全方策、安全装置の設置である。危険源の危険性（リスク）が、残っている場合には、安全防護策を設けて人間が近づけさせないようにするとか、安全装置を付けて、機械側が故障しても、人間側が間違えても、危害が発生しないようにハード的に構築することである。それでもリスクは残るので、第三のステップとして、利用者へ使用上の情報を提供する。どこにどのようなリスクが残っているかは、設計者はよく知っているのだから、危険なところをすぐ分かるように明示し、警告し、どのように利用すべきかの情報を提供するのも設計者の役割である。この最後のステップは、設計者が技術で安全を守るといよりは、情報を提供して最後の安全の確保は、利用者自身に任せていて、人間が安全を守ることが期待していることになる。

- (4)-3 三つ目は、「組織で安全を守る」ことである。ここで組織と言っているのは、制度や仕組みのことであるが、それだけでなく、法律、ルール、標準等の人間が決めて、それをみんなが守るといふ、ある意味で社会科学的な面を含んでいる。更に、組織の中には、広い意味の環境、すなわち社会的な環境や人工的な環境も含めるべきかもしれない。広く言えば、社会科学で安全を守るといえよう。例えば、企業でいえば、管理体制、監査制度、国でいえば、認定・認証制度、規格、基準、罰則等の法律制度や国家的な機構もここに属する。

- (5) **誰が守るのか**：これは安全確保の役割分担であり、その役割における安全の責任分担の話である。基本的には、「安全は、みんなで守るもの」であるが、そこにはそれぞれ役割分担がある。安全確保には、技術で守る、人間で守る、制度で守るの三つの側面を紹介したが、それぞれには関係者がいる。例えば、モノづくりの企業でいえば、技術面には、設計者や技術者、人間面には作業員、組織面には、管理者・経営者がいる。技術者は安全な製品を作る役割、作業員は安全に作業し自分の身は自分で守る役割、管理者・経営者は、ルール、マニュアル、基準等を作成して、法律に準じて安全を管理する役割がある。以上の役割分担を大きく見ると、例えば、技術面では企業が、人間面では消費者が、そして組織面では国自体が対応していて、それぞれ安全確保の役割があるといえる。なお、安全の責任は、どこまでやったら安全かという安全の本質や法律等が関連していて、ここでは触れないが、極めて重要だが困難な課題である。

以上、安全といった場合、まず、理念として「何の名のもとに守るのか」を明確にする必要があるだろう。その下で、「何を守るのか（危害は何か）」、「何が原因か（危険源は何か）」、「どうやって守るのか（方策と対策）」、「誰が守るのか（役割と責任）」等を構造的に分類して考え

る例を紹介した。これらの具体的な内容は、安全の分野によって異なる可能性が多い。読者の関連する安全の分野で、その内容を明確にしてみてもいいだろうか。もちろん、提案している安全の構造についても他の考え方、分類の仕方もあるかもしれない。是非、自分の安全の分野を例にして、考えて頂ければ幸いである。

4. 安全は、みんなで創るもの—安全学と協調安全

前項の「安全をどうやって守るのか」において、安全確保の役割を、人間、技術、組織の三側面から考察した。これは当然のことのように思われるが、安全は総合的に、統一的考えるべきであるという安全学の視点から来ている。

安全学^{[1],[2]}について、少し紹介しよう。安全の分野は、前述したように、実に幅広い。安全学とは、多くの安全の分野に共通する部分や共通概念を統一して体系化、標準化することを目指している新しい安全に関する学問である。分野を超えた安全の共通部分を体系化し、安全の用語を統一化して、安全の基本を明確にして、安全学がすべての安全分野の共通用語になることを目指している。安全学によって、安全を総合的に眺めることができるよう

になる。その下で自分の安全の分野を深く掘り下げることができ、どこが他と異なり、どこに自分の安全の分野の特徴であるかを知ることができ、他の安全の分野に学ぶことができるようになる。これらのことを通して、多くの安全分野全体が、整合性をもって発展していくことの支援に繋がると期待される。現実には、すべての安全の分野を包含するような安全学の確立は、あまりに広くて不可能のように思えるので、当面は、モノづくりを対象に安全学は構築されつつある。

さて、安全学では、安全を人間、技術、組織の三側面から考察すると記したが、このことは図4のように図式化することができるだろう。人間、技術、組織の三側面が協調して安全を確保することを「協調安全」と呼んでいる^{[3],[4],[5]}。近年、発展著しいICTの技術を用いることで、協調安全が色々な場面で実現されつつあり、これは「Safety 2.0」^{[3],[4]}と呼ばれている。「安全は、みんなで守るもの」と述べてきたが、この協調安全の理念は、もっと広く「安全はみんなで創るもの」という標語で表されており、これは安全学の基本的な考え方の一つである。モノづくりの場合は、図3に役割分担の例が示されている。なお、これらの三つの側面を企業のトップが経営者として価値観をもってマネージメントしていくのは安全マネージメント（広い意味の安全管理）である。

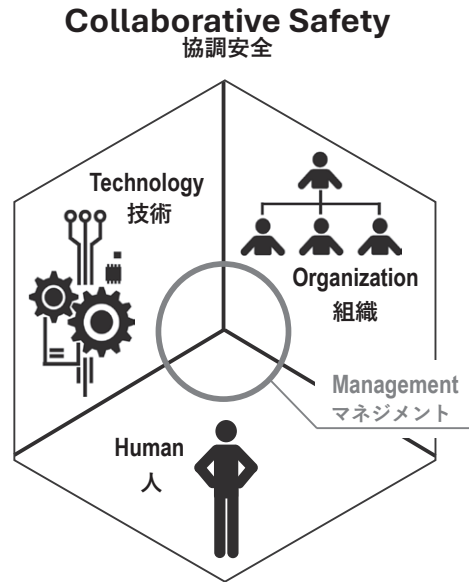


図4 安全の人間、技術、組織の三側面…協調安全

5. 安全確保のステップと災害へのシナリオ

モノづくりにおいては、機械・設備、製品、システム等の安全をいかに確保するかの安全確保のステップ、そして安全が確保されなくなったとき、どのようにして災害に至るかのシナリオ

を整理して知っておく必要がある。ここでは、主として技術面から、これらを簡単に考察してみる。

大きな流れを図5に示す。これに沿って説明をして行こう。人命尊重の名のもとに、作業者の身体的な傷害を守ることを目的に考えてみよう。最初は、作業者が使う機械・設備を安全に設計・製造することである。その時の順番は、スリーステップメソッドの所で説明したように、まず、「本質的安全設計で守る」（製品本体に危ないところを最初から作らないように設計せよ）、次に、「安全方策・安全装置で守る」（本体に付加的に安全装置を設置する）ことになる。出来上がった機械・設備には、リスクは残留しているのが常である。どこにどのような危険源が存在し、それらをどのような取り扱うべきかの情報を提供するのには設計側の役割であり、この情報等に基づき、後は「人間の注意で安全を守る」ことになることは既に紹介した。これ以降は、安全な作業、安全な行動が人間の作業者にまかされることになる。ここでの重要なことは、この順番であり、「人間の注意の前に、機械設備のハードで安全を確保する」のが基本である。この時に、機械・設備や製品が高熱だったり、突起物があったりして、人間が間違えると身体に傷害を与えたりすることがある。また、時には環境の雰囲気等が人体に悪影響を与えたりすることがある。これらのことを考えて、人体を守るために「保安用品で守る」ことが重要となる。この意味で、保安用品は、人間の安全を守る最後の砦になっている。

順調に作業等が進めば安全は確保されていることになるが、時には予定外のことが生じる。機械・設備が故障したり、人間が間違えたり、地震が発生したりすることが原因で、安全が脅

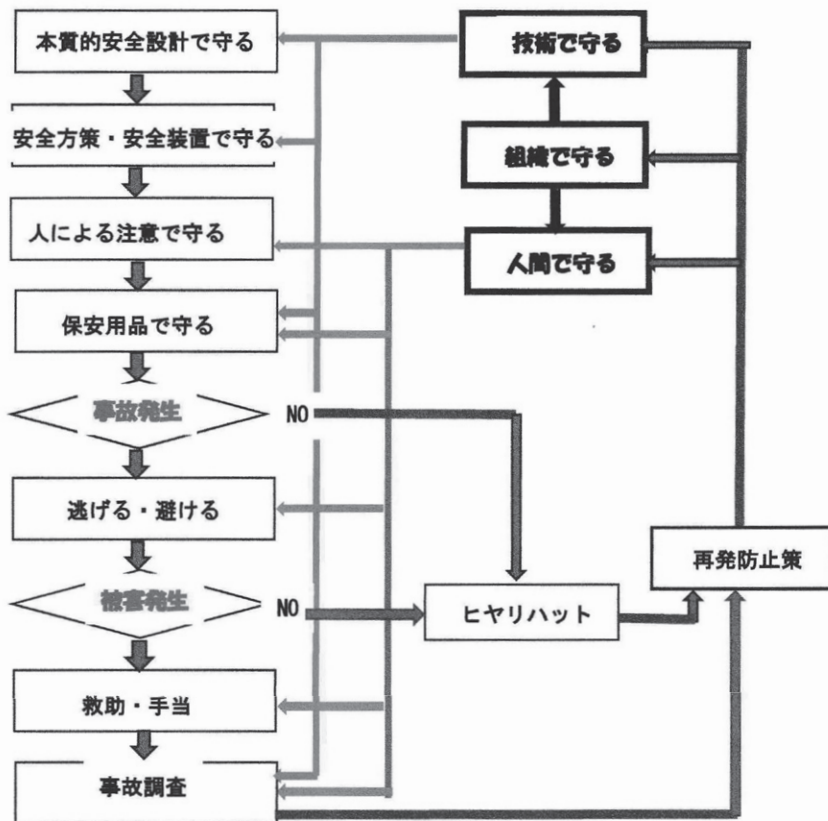


図5 安全確保ステップと災害へのシナリオ

かされることが発生する。いわゆる「事故が発生」する。ここでうまく対応して、又は運がよくて、安全上の問題が発生しなければ、いわゆる「ヒヤリハット」の発生に留まる。そうでなければ、人間の身体的な傷害等が発生する可能性がでてくる。時間的余裕や避難場所等が用意されている場合には、人間がうまく対応して、例えば、逃げたり、避けたりすることができる場合がある。この場合も「ヒヤリハット」の発生である。しかし、それができない場合には、人体の傷害等が発生してしまう。すなわち「危害の発生」(図5では「被害の発生」)となってしまう。この時、たとえ被害が発生しても、早急に被害者を救出し、手当てをして人命を救助するステップが必須となる。被害の拡大防止もここに入る。

最後に必要なのが、事故調査である。被害が発生してしまったのは仕方がないと諦めて、そのままにしてしまったり、当事者に責任を取らせて済ましたり、緊急の安全対策を施しただけにしてしまったりしてはいけない。必ず、被害の原因、その背景等を明らかにして、再発防止策の実施に繋げなければならない。

事故調査と再発防止について、少し詳しく述べてみよう。事故や災害の原因は、よく想定外の事故などと言われるが危険源を見逃していたのか、それとも安全方策が不十分だったのか等のハード的な原因を明らかにしなければならない。また、人間のミスや誤操作等の場合には、それ自身が原因とは考えずにこのヒューマンエラーを起こさせた背景、例えば勤務体制の問題、過重労働の場合、心理的な問題等を明らかにする必要がある。事故調査体制は、専門家を含めた独立した組織として設置すべきで、意見を当事者や経営者等を含めて関係者から聞きながら、出来るだけ科学的根拠に基づいて原因と背景を明らかにすることが望ましい。事故調査の目的は、事故、災害の原因を明らかにすることであって、責任問題とは切り離すべきであることに注意を要する。中には、責任を明らかにすることを事故調査の目的に入れている場合があったりするが、これはもってのほかである。正しい情報が得られなくなり、真の再発防止にはつながらない。どこでどうすればこの災害に至るステップを止められることができたのか等の対策提案も事故調査報告に含ませる場合もある。これらの事故調査報告の結果に基づいて、経営側は再発防止策を技術面で、人間面で、そして組織面で立案して、出来るだけ早く実現すべきである。財政面で直ちに行うことが難しい場合には、計画を立てて、何年後に対策を完了するかを明示すべきである。なお、ヒヤリハットとは、運が良くて被害が出なかっただけであるとも考えられるので、災害に至る前に再発防止策のためには大変有益な情報が得られたことになる。この意味から、ヒヤリハットの情報は出来るだけ多く出してもらい、出した人を褒める風土が望ましい。ヒヤリハットに関しても、事故調査と同様に原因を明確にして、図5に示すように、再発防止策につなげるべきである。

図5で、「逃げる、避ける」や「救助、手当」の項目を入れているが、これらの項目は、技術面として設計の段階から配慮すべき設計技術者の役割である。設計者は、事故は発生するものと考えて、人間に逃げる時間的余裕を与えたり(徐々にしか被害は広がらないような構造等)、逃げる経路等を作っておいたり(逃げられない場合には、シェルターのように人間が逃げ込める空間を作る等)するのは、設計の段階から考えておくべきことである。また、災害は起こるものと考えて、被害を小さくするように、けが人を救出しやすいように、被害が拡大しないように、被災後に早く復帰できるように、構造上の配慮等をする事は、すべて最初から考えておくべき設計者の役割である。

ここでは、主として技術面から安全確保のステップと災害へのシナリオを考えた。これ以外にも、組織面を主として、更に人間面を主として、これらのことを整理しておく必要があるはずで、是非、各自で皆と相談をしながら検討してみたい。

6. あとがき

安全に携わる人であれば、だれでも知っていることを、安全学の観点から、ほんの一部分であるが体系的にまとめて考えてみた。ここでの紹介は余りに基本的過ぎ、余りに簡単過ぎるかもしれないが、自分が携わっている安全の分野がどのような安全を、どのように取り扱っているのか、そして、安全確保における自分の役割が全体の中でどのような位置にあり、どのように他と連携していくべきか等を考えるときの参考になるはずである。特に、保安用品は、人間を守る最後の砦であり、その重要性を知ると共に、安全確保のためには、保安用品で守る前にやるべきことが多々あることも理解して頂きたい。

本来は、「安全の基本を考える」ことを目的に書き出したのであるが、そのためには、ここで記した安全の常識的な枠組みを知った上で、(1)そもそも安全とは何か（安全概念の明確化）、(2)どこまでやったら安全といえるのか（許容可能なリスクの概念）、(3)リスクアセスメントの考え方、(4)リスク低減策、等を紹介する必要がある。残念ながら本稿ではそれらを書くゆとりがないので、またの機会にしたい。

【参考文献】

- [1] 向殿政男、入門テキスト安全学、東洋経済新報社、2016-3
- [2] 向殿政男、北條理恵子、清水尚憲：安全四学、日本規格協会、2021-10
- [3] 向殿政男、新しい時代の安全・安心を創る—Safety2.0と協調安全—：一橋ビジネスレビュー、安全・安心のイノベーション、2019年WIN（67巻3号）、2019-12
- [4] 向殿政男、Safety 2.0とは何か？ 隔離の安全から協調安全へ、中央労働災害防止協会、2019-5
- [5] セーフティグローバル推進機構、実践！ウェルビーイング：日経BP発行、2023-5