

安全管理手法の変遷に関する調査研究

Research on Changes in Safety Management Techniques

北條哲男*, 大幢勝利**, 前川行正***

Tetsuo HOJO, Katsutoshi OHDO, Yukimasa MAEKAWA

*博士(工学), ものつくり大学教授, 建設技能工芸学科, (〒361-0038 埼玉県行田市前谷 333)

**博士(工学), 労働安全衛生総合研究所, 建設安全研究グループ上席研究員,
(〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6)

***中央工学校, 講師, (〒114-8543 東京都北区王子本町 1-26-17)

In the industrial accident prevention field, there is "Heinrich's premises" well known to many safety control managers. As industrial structure changes from the Heinrich era remarkably, a view of emphasizing a worker's action side as essence of a safety control has come to be reexamined. As a result, it becomes necessary to analyze an induction factor thought about as a background of an error not only it regarded a cause of an accident as a thing by personal human error. Therefore, an action from human factor side became indispensable. In this research, changes of past safety control system are investigated and a consideration is added to future safety control system in the construction industry.

Key Words: Safety control, Construction industrial accident, Heinrich's premises, Human factor

キーワード: 安全管理, 建設労働災害, ハインリッヒの法則,
ヒューマンファクター

1. はじめに

建設業は他産業に比べて重大災害の発生率は依然として高く、全産業における建設労働災害が占める割合は約 23%であるのに対して、死亡災害が占める割合は 33%にものぼる。2005 年の死亡災害は 500 人以下に減少したが、2006 年の労働災害の速報値によれば、前年よりやや増加する結果となっている。建設業は、作業内容や作業条件が一定ではないためシステム化・マニュアル化が難しく、また安全設備的にも十分に対応できない面がある。

従って、建設業で発生する労働災害は不安全行動に起因するものが極めて多く、これまでは主に作業者の不安全行動に着目して災害防止に取り組んで来た。作業者の高齢化が進み熟練技術者・技能者の減少が著しくなる今日、従来の労働災害防止対策に加え、新たな対応策を講じることが極めて重要な課題となっている。

土木学会安全問題研究委員会では、ヒューマンファクター研究小委員会において建設産業における安全管理のあり方等に関する調査活動を行っており、昨年度はフレッド・マニユエル著「ハインリッヒの再検討: 自明の理か神話か」¹⁾を分析しながら、この問題を研究してきた。これは、マニユエル著の「安全管理の実

践」全 24 章の中の第 7 章を全米安全評議会が小冊子に分冊編集したもので、17 回世界労働安全衛生会議 (2005 年 9 月米国オーランドにて開催) にて入手したものである。本書にはマニユエルが調査した興味深い見解が述べられており、本文は研究小委員会のメンバーが本書を通じてハインリッヒの研究経緯について整理し、その資料を基に更に安全管理のあり方について調査研究したものである。

本文では、まずハインリッヒの研究を概観し、それに対してハインリッヒの研究の再検討の考え方を紹介し、その後の安全管理の手法を調査した結果について述べる。最後に、これまでの安全管理の手法に関して分析をおこない、新たな方向性について考察を加える。

2. ハインリッヒの研究について

ハインリッヒ(1881~1962)は 1931 年に出版した著書「産業災害防止」²⁾において、労働災害を分析して事故原因解析を行い、いわゆるハインリッヒの法則を導いた。1941 年の第 2 版において災害防止の本質について加筆し、産業安全の原理やドミノ理論

に基づく災害の連鎖とその予防法に関する見解を述べている。

産業安全の分野では、安全管理に「ハインリッヒの法則(トライアングル)」(図-1)がよく知られている。これは、「1つの重大事故の背景には、29件の別の軽症事故があり、さらに同種の300件の無傷害事故(ヒヤリ・ハット)を伴っている」との経験則であり、重大な事故を防ぐためには、その裏に潜むたくさんの事故の芽に注意して対策を講じる必要があるということを示唆している、と考えられている。これはハインリッヒが1920年代の災害事例から導き出した考え方で、その注記にはこの比率はあくまで平均的なケースに適用できると記されている。補足説明として、構成比率「1:29:300」は、同一人物に起こった同様な330事故を1単位とするグループの中に、300は負傷者のない事故であり、29は軽微な負傷事故であり、そして1が重大な負傷事故であることを示す、と記されている。更に、このような無傷害事故(ヒヤリ・ハット)や軽症事故の背景には多数の不安全行動や不安全状態が存在しており、不安全行動や不安全状態を無くせば災害は発生しないと記されている。

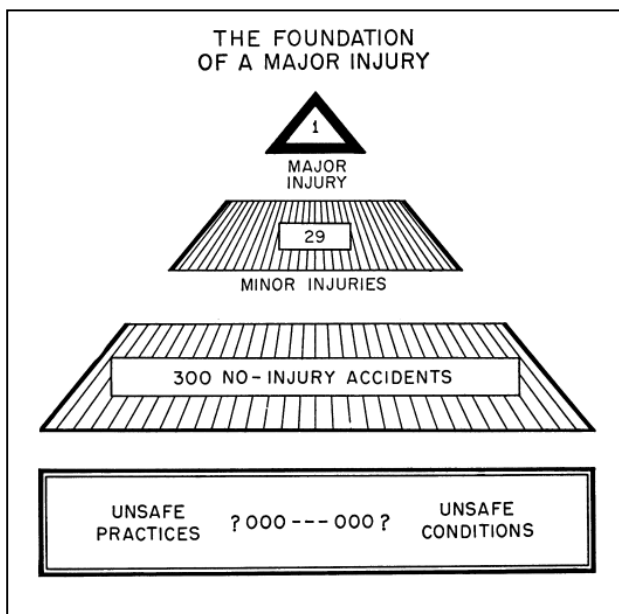


図-1 ハインリッヒの法則²⁾

ハインリッヒは事故原因の分析を行ない、事故の直接原因の88%が人の不安全行動、10%が機械的・物理的不安全状態によって生じるもので、残りの2%が防止不可能と分析してこのような結論を得るに至った。従って、不安全行動・不安全状態の原因を取り除けば、事故原因の98%は予防可能であると判断した。

また、災害発生メカニズムをドミノ理論(図-2)によって説明している。本図は、社会的または家庭的欠陥に基づく個人の過失が起因となって不安全行動・不安全状態が発生し、事故や災害に至ることを示したものである。従って、不安全行動・不安全状態を取り除くことが災害防止の要点であるとしている。

本書を貫く彼の考え方は、作業者の不安全行動が事故の主要な原因であり、その障害を取り除くことが災害防止対策の基本であるという点にある。即ち、個人の不安全行動が主要な事故の原因となっており、不安全行動をいかに少なくするかを主要な目的と

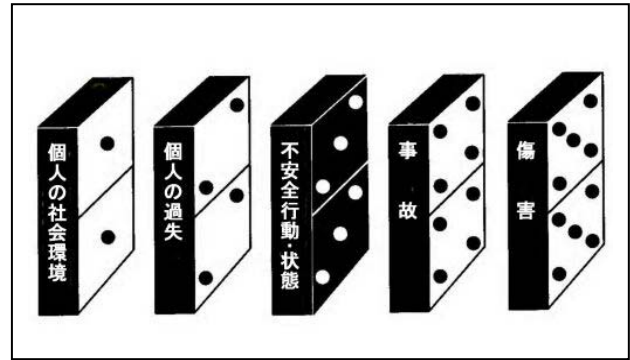


図-2 災害連鎖の5つの要素

した安全管理に取り組むべきであるということが基本的な思想となっていると考えられる。このハインリッヒの安全管理の手法は、産業界の労働災害防止に役立つ考え方として長年にわたり尊重されてきた。

3. ハインリッヒの研究の再検討

しかし、ハインリッヒの「産業災害防止」が著された約70年前から産業構造は著しく変化し、安全管理の本質として作業者の行動面を強調する見解への再検討³⁾がなされるようになってきた。フレッド・マニユエルは、その著書「安全管理の実践」の第7章「ハインリッヒの再検討」において、ハインリッヒの考え方について現在の視点から再検討の必要性を述べている。

まず、ハインリッヒの研究は1920年代の事例分析から導きだしたものであり、基本的なデータの信頼性やその後3回にわたり改訂版を出す毎に記述内容に変化が見られる点に疑問を投げかけている。作業者の不安全行動が事故の主要な原因であり、事故防止には主に心理学的解析に基づいた是正措置を採ることを推奨している点にも、問題解決手法の方向性の有効性を疑問視している。最も重要な問題点は、ハインリッヒの概念の根幹を成す事故原因理論にあると考え、この概念に根本的な見直しをすべきであることを指摘している。つまり、「88:10:2」の理論に対する根本的な見直しが必要であると述べている。

例えばテッド・フェリーは1981年に出版した著書「現代の事故調査と分析」において、不安全行動の原因調査を行った多くの場合、作業環境や作業方法になどの作業システムに内在する要因に重大な事故の原因があると指摘している。つまり、原因を個人のヒューマンエラーによるものと捉えるだけでなく、エラーの背景として考えられる誘発要因を分析し、対策を施すべきであると述べている。

また、品質管理分野における「85:15の原則」の考え方は、安全管理にも適用できると指摘している。これは、世界的に有名なエドワーズ・デミングの「デミングの管理方法」(1986年出版)において、作業で生じる問題の85%はシステム内、つまり管理の責任であり、残りの15%が作業者の責任であるということを示したものである。不安全行動に着目しすぎる作業者の状態や行為に焦点を絞るため、作業に内在する根本原因から注意をそらすことになるためである。従って、原因に着目してシステム全体に係わる根本原因の究明に集中し、システムの改善を目指した安全対策へ

の取り組みが重要であると述べている。人間工学分野の先駆者として著名なアルフォンス・シヤパニスもデミングと同様に、エラーの誘因の究明が事故原因調査の第一歩であるとの見解を示している。

このように、事故発生のメカニズムや事故原因に関する分析に関する多くの研究者によって、作業者ではなく作業システムに重点をおいた研究が進められるようになってきた。

フェリーは、更に「ハインリッヒの法則(トライアングル)」に関しても、「1:29:300」の構成比率にあまり囚われるべきではないと述べている。この構成比率はあまりにも有名になりすぎており、結果としての数値のみが誤用される恐れがあることを危惧しているからである。その理由として、当時の保険会社の統計から導き出したデータの信頼性が低いことや改訂版を重ねるたびに説明も無しに用語の定義が修正されている点などを指摘している。事実、ハインリッヒがいかにも構成比率を定めたかについて述べた「産業災害防止」の原文を見ると、当時のデータにおいても「1:38:500」や「1:33:600」など数ケースについて検討されたことが伺うことができ、注記に記されているように、「1:29:300」の比率はあくまで平均的なケースのみに適用されるとの表現に着目すべきであろうと考えられる。

その後、この比率に関しては様々な研究が実施され、例えばフランク・バードは、異なった21の分野から報告された約175万件の事例を分析して「1:10:30:600」の比率(図-3)を示している。これは、1件の重大事故に対し、10件の軽傷事故、30件の物損事故、600件の無傷害事故があるとする見解である。従って、より科学的な見地からは、統計量そのものが絶えず変化していることを考慮すると、その比率は時代とともに変化し永久不変ではないかもしれないと指摘している。

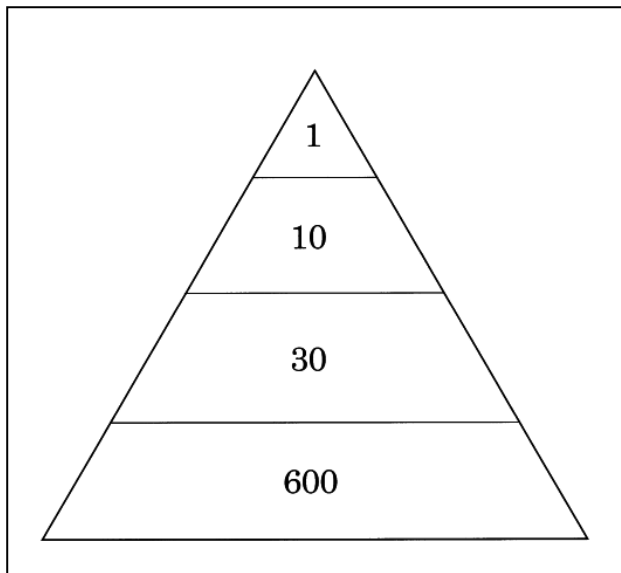


図-3 バードの法則

4. ヒューマンファクターの分析

このように1980年頃から、作業者本人だけに原因と対策を求める考え方では十分でなく、ヒューマンエラーの背景として考え

られる全ての要因を捉え、分析することが行なわれるようになった。即ち、対策を講じる上では人間行動に及ぼす影響を単に個人レベルのファクターだけでなく、組織や管理体制など個人の行動に影響を及ぼす様々な要因をヒューマンファクターとして幅広く分析して対策を講じるとの考え方である。

ヒューマンファクターの定義³⁾については、研究対象によって異なるようであるが、一般産業分野においては「機材あるいはシステムが、その定められた目的を達成するために必要な全ての人間的要因」あるいは「社会システムが有機的にパフォーマンスを発揮するために必要な要因のうち、人間側にかかわる要因」と解釈されている。広義のヒューマンファクターには、例えば現場の作業に携わる人、計画や設計を担当する人、それらを監督する管理者、企業経営者、行政の責任者など人間が介在する全ての階層やプロセスに係わる問題が含まれる。従って、人間行動に及ぼす影響を単に個人レベルのファクターだけでなく、集団組織レベル、社会文化レベルのファクターなどの観点から幅広く分析して対策を講じることが必要となる。また、災害は作業者の誤操作・誤動作などのヒューマンエラーが起因となり発生するケースが多いが、エラーに至るには直接原因、間接要因、背後要因などがある。従来は表面的な直接原因のみに着目する傾向にあったが、対策を講じる上では、その背景にある各プロセスにおける根源的要因としてのヒューマンファクターを明確に把握することが重要と考えられている。

ヒューマンファクターの要素に関して、ホーキンスが提案したSHELモデル⁴⁾を図-4に示す。ヒューマンファクターの要素を、中心のL:作業者本人、S:ソフトウェア(作業手順や指示内容等)、H:ハードウェア(道具や設備)、E:作業環境(照明、温度、作業空間等)、下段のL:周りの人々(上司や同僚)で構成されるSHELモデル(図4)で表わした場合、作業者本人とこれらの周囲の要素との間に間隙が生じた時にエラーが生じる⁴⁾と説明できる。これに管理要因(m)を加えてm-SHELモデルと呼ぶ場合もある。



図-4 SHELモデル

中心のLやS、H、E、Lの状態は、その作業状況により時々刻々と変化し、周囲のSHELの状況の変化した場合、中心のL

がその状態に対応できなければ、そこに間隙が生じる。従って、ヒューマンエラーを防止するためには、中心のLと周囲のSHELとの整合性を常に適正に保つことが求められる。建設業において多発する墜落災害を例にすると、作業指示の不徹底(LとS)、開口部の養生が不十分(LとH)、高温での作業(LとE)、コミュニケーション不足(LとL)などの不整合により事故が生じることになる。そのため、各現場においてこれら要素全体を見渡して、各要素の間隙が生じないよう関係を最適に調整することが求められる。

航空産業、電力産業、化学産業などの分野においては、以前からヒューマンファクターに関する調査研究⁷⁾が行われている。航空産業では運行乗務員に起因する航空機事故が多く発生していることが指摘されており、事故の発生要因に対する人間と機械の関係は、時代とともに機械・機材の性能が向上するに従い人間にかかわる要因が相対的に増加していると分析⁸⁾されている。このため、ヒューマンファクターに重点をおいた対策の取り組みが国際的に推進されており、認知科学や情報処理理論に基づく研究、チームのメンバー間の連携性を向上させるクルー・リソース・マネジメント(CRM)などが実施されている。

電力産業では、特に1979年に発生した原子力発電所事故を契機に、原子力の安全におけるヒューマンファクター研究の必要性が強く認識されるようになった。発電所などの巨大技術システムでは、二重三重の安全対策を施した多重防護策をとっているにもかかわらず、事故の原因はヒューマンファクターに起因するものが多い。わが国では、(財)電力中央研究所に設置されたヒューマンファクター研究センターにおいて、過去の災害事例を分析し、直接原因とともに背後の潜在要因を抽出し、エラーに至る直接原因、間接要因、背後要因の分析から再発防止対策を導くヒューマンファクター分析・評価手法(J-HPES)⁹⁾などの開発を通じて再発防止・未然防止に努めている。

5. 多重防護壁と組織的対応の考え方

ヒューマンファクター面からの対策を考える一例として、リーズ⁷⁾の「スイスチーズモデル」(図-5)が挙げられる。これは事故の原因を、主に組織的な側面から捉えようとするものである。現在のような複雑なシステムを設計・生産・運転・管理するのは人間であり、人間の意思決定や行為には何らかの形で組織が関わっているからである。

事故は単一の原因で発生することは少なく、潜在的に潜む危険性がいくつもの防護壁を突き抜けて生じるとする考え方である。理想的な状態では、防護壁の全てが確実に機能しているべきだが、あたかもスイスチーズの穴のように、現実には各層に防御のほころびがある。この四つの防護壁を、例えば「人間」「道具・設備」「作業環境」「管理体制」と考えると、チーズの穴は各項目の問題点を表している。この穴は、位置も大きさも状況により変動し常に揺れ動いており、様々な要因が重なったときに、安全措置の階層にできたこの穴を突き抜けて事故が発生する。従って、事故を防止するためには各階層において、チーズの穴を防ぐ効果的な対策を立案することが不可欠であることを示している。

理想的な状態では、防護壁の全てが確実に機能しているべきだ

が、あたかもスイスチーズの穴のように、現実には各層に防御の

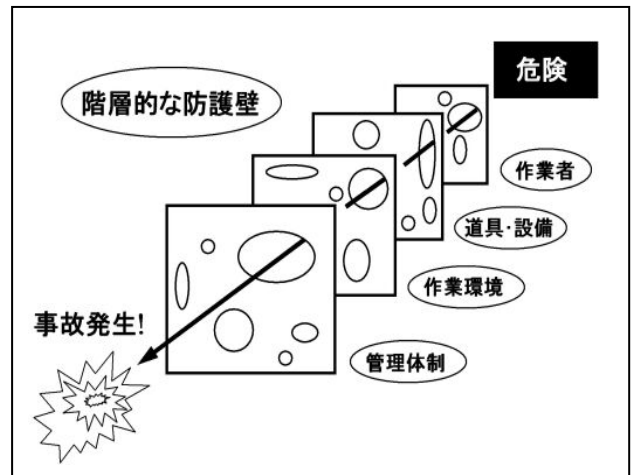


図-5 スイスチーズモデル

ほころびがある。この穴は、即発のエラーまたは潜在的原因によって形成されるものである。即発のエラーとは、現場の第一線にいる人間が犯すエラーや規則違反で、このような不安全行動はシステムの安全に直接的な影響を及ぼす。しかしながら、その悪影響はすぐに顕在化するので、事故の原因究明や対策は比較的容易である。一方、複雑なシステムの中で働く人間は、個人の行動要因を対象にした範囲では説明できない何らかの理由でエラーをしたり、規則違反をする。これらの理由が、潜在的原因と考えられ、組織にはこの潜在的原因が常に存在する。例えば、不適切な設計、管理の不備、ずさんな作業指示、使いにくい道具などの潜在的原因が長い間潜んでいて、ある時局所的な環境と即発のエラーが組み合わさって何層もの防護層に穴を開けてシステムの防護を破壊してしまう。この組織的要因による事故発生に至るメカニズムを図-6に示す。本図において、様々な寄与要素が結びついて事故の発生に至ることが示されている。

このような要因は、組織風土・企業文化などの組織的な背景に起因する場合が多いと指摘されている。つまり組織の上層部の方針や見識によって穴の位置や大きさが大きく影響される。従って、組織内の安全文化の醸成とともに、管理者層が組織を含む総合的な安全管理システムの構築に取り組むことが極めて重要となると言える。

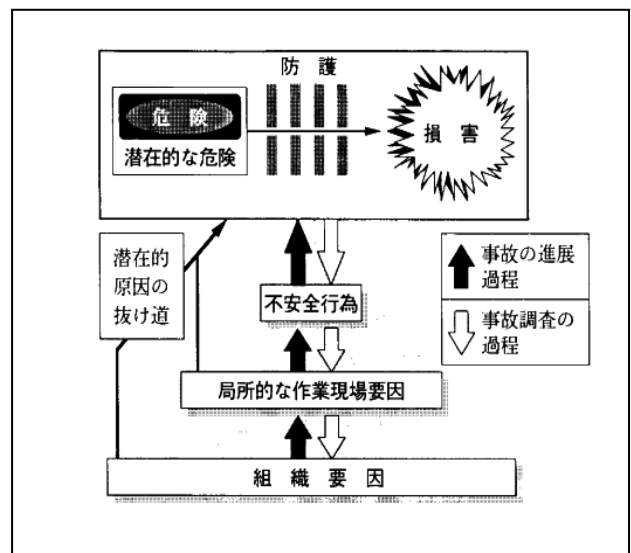


図-6 組織的要因による事故発生メカニズム⁷⁾

6. 安全管理へのアプローチ

安全管理の考え方について概観してきたが、これらを安全管理の手法の観点から整理すると、「人間モデル」「工学モデル」「組織モデル」に分類することができる。

これまでの安全管理の代表的な考え方が「人間モデル」であり、このモデルでは作業者を安全行動から不安全行動に至る行為を自由に実施できる個人として見なしている。結果的にヒューマンエラーは、個人の不注意、技能や経験不足、あるいは怠慢などの心理的要素により引き起こされるものと認識されている。このモデルは、最も広範に採用されており、産業化が始まった初期段階から引き続き多くの産業分野で使用されている最も歴史の長い手法であると言える。

「工学モデル」は、信頼性工学・人間工学・リスク管理および人間信頼性評価などにその源を発するものである。安全性は、何らかの形でエンジニアリングされ、可能な範囲でできるだけ正確に数量化が試みられ、工学的なシステム信頼性に焦点が置かれる。人間モデルとは対照的に、ヒューマンエラーは人間と機械との不適合、あるいは人間を制御器とみなしてその認知的特性を適正に考慮しないために生じる過誤であると見なしている。このモデルは、原子力産業や航空産業などシステムの安全性が極く少数の人間によって制御できるような分野に適用されてきた。

「組織モデル」は、ヒューマンエラーを原因としてよりも結果として見る比較的新しい考え方である。エラーは、一般的にはシステムにおける潜在的な原因の存在を示す兆候と見なされる。このモデルは、安全健全性維持のための事前対策、およびシステムの基本プロセスの継続的な管理が必要であることが求められ、その意味で総合的品質管理と共通する概念と言える。

これらの考え方は、安全管理に対するアプローチの仕方の相違点であるので、互いに相反するものではなく、適用分野の特徴に応じていくつかのモデルを用いて分析することは可能と考えられている。

ここで建設業の場合を考えてみると、建設業は作業内容や作業条件が一定ではないためシステム化・マニュアル化が難しく、また安全設備的にも十分に対応できない面がある。2006年の建設業の労働災害⁸⁾のうち死亡災害を要因別に分類(図-7)すると、墜落・転落(38.4%)、建設機械等(14.1%)、自動車等(13.3%)、飛来・落下(9.6%)、土砂崩壊(3.6%)の順に多く発生しており、墜落・転落、建設機械・自動車等、飛来・落下災害の三大災害が全体の約8割近くを占めている。特に建築工事では墜落・転落が約5割を占めており人的要因の比重が極めて高くなっている。

このように、建設業で発生する労働災害は作業者の不安全行動に起因するものが多く、これまで主にヒューマンエラー防止の視点から種々の検討がなされてきた。例えば、日本建設業団体連合会では、収集した災害事例を未経験・危険軽視・近道行動などの9つのヒューマンエラー要因に分類し、それに応じた防止対策事例集⁹⁾を作成している。また建設経済研究所では、(財)電力中央研究所で開発された手法に基づいてヒューマンエラーを分析する手法の建設版を研究し、さらにそれを用いて原因分析と対策を立案するための簡易版(HEART手法)¹⁰⁾が提案されている。このように、

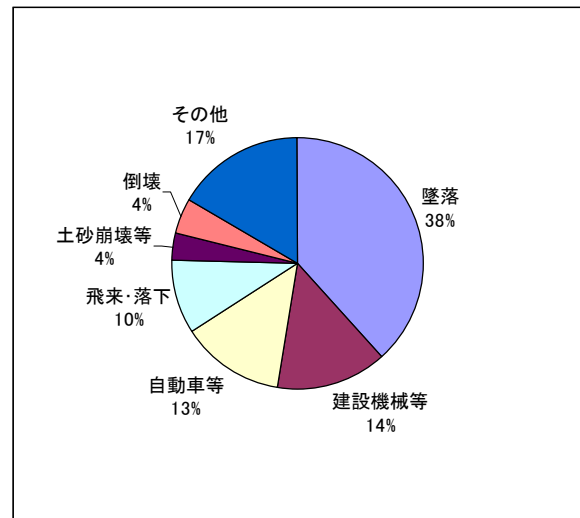


図-7 死亡災害の要因別分類

建設業においては主にヒューマンエラーに着目した分析手法の検討が行われている段階である。これらは、前述の「人間モデル」に立脚したアプローチと言え、作業者自身に対しては極めて有効な管理手法となっている。しかし、前述のように、作業者本人に原因と対策を求める考え方は基本的な対策案としつつ、今後は組織や管理体制など個人の行動に影響を及ぼす様々な要因をヒューマンファクターとして幅広く分析して対策を講じることが必要であると考えられる。

従って、個人レベルの対策を検討するとともに、今後は作業者を取り巻く全ての要素を考慮し、エラーを組織としての潜在的な原因を示す兆候と考える「組織モデル」を参考にした新たな安全管理手法の取り組みに向けたアプローチが望まれる。この場合、産業分野では潜在的リスクの領域や程度が異なることを考慮して、建設業により効果的な分析を行なうことが必要であろう。なお、建設業の特徴として、システム化された実施形態が少ないために、人間-機械系の信頼性向上や人間工学的評価を適用した「工学モデル」による手法の適用性に関しては、やや難しいであろうと考えられる。

7. おわりに

本調査研究では、安全管理の分野においては古典的な研究と言えるハインリッヒの「産業災害防止」で述べられた基本的思想を整理し、更に現在の視点から見た再検討の考え方を紹介した。「産業災害防止」が著された約70年前から産業構造は著しく変化していることを考慮すると、マニュアルの見解のように見直すべき点があることは事実であろう。しかし、本研究において最も重要なことは、事故の原因を個人レベルに帰すのではなくヒューマンエラーの背景として考えられる全ての要因を捉えて分析する考え方の導入の重要性が指摘されている点であろう。

「ハインリッヒの法則」が示す概念は、現在でも大変貴重な考え方といえよう。「ハインリッヒの法則」の構成比に関しては諸説があるものの、数多くのインシデントが存在する環境のなかでは、やがて重大災害が発生するという考え方は多方面で引用されてい

る。重要なのは、実際の数値にあるのではなく、このような考え方を提示した点にあると考えられる。マニュアルの著書においては、この点も含めいくつかの懐疑的な見解が示されているが、ハインリッヒは災害防止の研究の先駆者として最も影響力の大きい人物であることに異論はないであろう。

このような経緯を踏まえて、その後の研究ではエラーの背景として考えられる誘発要因を分析するヒューマンファクター面からの取り組みが進められるようになった。ヒューマンファクター研究の実施例として、分析手法としてのSHELモデルや、組織的要因を重視して対策を考えるスイスチーズモデルなどを示した。特に、複雑なシステム下において設計・生産・施工・管理などが実施されている現在の産業の安全管理においては、管理者層が組織を含む総合的な安全管理システムの構築に取り組むことが極めて重要であることを指摘した。

最後に、これまでの安全管理の手法に関して整理し、安全管理へのアプローチとして三種類の取り組み方があることを示した。また、建設業の労働災害の特徴から、建設業で発生する労働災害は作業者の不安全行動に起因するものが多いことを示した。従って建設業の安全管理においては、個人レベルの対策を基本的に施した上で、今後は作業者を取り巻く全ての要素を考慮し、エラーを組織としての潜在的原因を示す兆候と考える「組織モデル」を参考にした新たな安全管理手法の取り組みが望まれることを述べた。

更に最近の研究として、現在の複雑な社会・技術システムを考慮した事故防止に対する実践的なアプローチの試みとして、エリック・ホルナゲルの6角形機能表現を用いて分析した研究¹¹⁾が挙げられる。入力・出力・資源・制御・時間・事前条件の6種類の要素で構成された六角形機能において、それぞれの機能の変動がどのように他の機能の変動に影響するかを分析し、事故の発現に共鳴の概念を取り入れた機能共鳴事故モデルを提案している。具体的には6角形機能表現を用いた多数のネットワークを形成して分析を行なおうとするものであり、今後のこのような方面からの取り組みも必要となろう。

なお、本文は土木学会安全問題研究委員会ヒューマンファクター研究小委員会のメンバーである大嶋勝利(独)労働安全衛生総合研究所)・小園敏幸(鹿島アクアテック(株))・白砂孝夫(株)阿家)・花安繁郎(横浜国立大学)・北條哲男(ものづくり大学)・前川行正(中央工学校)の調査研究をもとにまとめたものである。本調査研究に携わった委員会の関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) Fred. A. Manuele, Heinrich Revisited-Truth or Myths, On the Practice of Safety, Wiley-Interscience, 2003
- 2) H. W. Heinrich, Industrial Accident Prevention, McGraw-Hill, 1959 (Fourth Edition)
- 3) 北條哲男, インシデント調査によるヒューマンファクターに関する基礎的研究, 土木学会建設マネジメント研究論文集, 2003
- 4) 小松原明哲, ヒューマンエラー, 丸善株式会社, 2003
- 5) 吉野賢治・藤本順三, 原子力発電におけるヒューマンファクター問題, 安全工学, Vol38, No.6, 1999
- 6) (財)電力中央研究所, ヒューマンファクター分析・評価手法, 1992
- 7) ジェームズ・リーズン (塩見弘監訳) : 組織事故, 日科技連出版社, 1999
- 8) 建設産業安全衛生早わかり・平成19年版, 建設労働災害防止協会, 2007
- 9) (社)日本建設業団体連合会, ヒューマンエラー防止対策事例集, 1996
- 10) 高木元也, 建設業におけるヒューマンエラー防止対策, 労働調査会, 2002
- 11) エリック・ホルナゲル (小松原明哲監訳), ヒューマンファクターと事故防止, 海文堂出版, 2006

(2007年8月17日受付)