

図 2 日本におけるアルキルアルミニウム製造プラントでの反応器破裂事故 (付表, No.13)

日本におけるアルキルアルミニウム製造プラントでの反応器破裂事故(付表, No.13)

本事故が起きるにいたった要因は重層的である。ひとつのプラントを「マルチプラント」として活用していた（ひとつのプラントを、洗浄等を施した上で、複数物質の生産に使用していた）ことが背景にある。一般的に、マルチプラント活用を行うことは珍しいことではない。同一設備で複数物質を生産することができるならば、そうすることが経済的に合理的である：ひとつの物質にひとつのラインを整備するのでは多大なコストがかかってしまい、利益が低下し、ひいては市場での競争に負けてしまう（「社会→組織」の問題）。

マルチプラントで安全に操業するためには、変更管理（生産する化学物質を変える際に設備を適切に調整する）に関するリスク情報、複数化学物質を扱うことに注目したリスク情報（予想外の反応など）を事前に整理しておくことが重要である。しかしながらこの事例では、両者とも十分に評価されないまま操業されていたと考えられている（「組織→装置設備」および「組織→化学物質」の問題）。結果として作業員に危険情報が十分周知されず（「組織→人間」の問題）、それが作業員の危険認識不足と装置設備や化学物質の不適切な扱いにつながった（「人間→装置設備」および「人間→化学物質」の問題）。さらに、現場

作業員から管理者への情報伝達も滞っていた（「人間→組織」の問題）。表 3 に簡潔に整理した。

表 3 事故 No.13 の原因まとめ

インターフェース	組織, 人の行動
社会－組織	経済的な事情を背景として潜在的に危険なマルチプラントを操業していた。
組織－設備	変更管理に関するリスク情報を事前に十分把握していなかった。
組織－化学物質	化学物質の交互生産に関するリスク情報を事前に十分把握していなかった。
組織－人間	作業員に危険情報を十分周知しなかった。手順書にも不備があった。
人間－組織	現場の情報を管理側に十分伝達しなかった（可能性あり）。
人間－設備	作業員の危険認識不足，装置設備の不適切な扱いがあった。
人間－化学物質	作業員の危険認識不足，化学物質の不適切な扱いがあった。

図 2 および表 3 から明らかなように、ひとつの事故でも多数の原因が関係している場合がある。このことは、事故対策として個別の原因をひとつひとつ除去するだけでは不十分であり、対策は「パッケージ」として提案する必要があることを示唆している。例えば（分かりきったことではあるが）設備や化学物質のリスク評価をするだけでは不十分なのであり、それを周知して初めて（さらに言うと、作業員がそれを理解したことを確認して初めて）、事故予防対策としての実効性が担保されるという訳である。

インセンティブとの関連

図 2 および表 3 から事故関係者（組織）の「行動」を拾い上げてみる（考察のためにあえて正確性を欠く記述をしている場合がある）。この事故のケースでは、少なくとも事故データベースに明示的に記述されている問題行動は下記の 5 つに大きくまとめられる。

- 当該企業がマルチプラントを操業した。
- 企業が変更管理および化学物質の交互生産のリスクを評価しなかった。
- 企業が危険情報を作業員に周知徹底しなかった（手順書の不備を含む）。
- 作業員は現場の情報を管理側に適切に伝達しなかった（可能性あり）。
- 作業員は設備や化学物質を適切に扱わなかった。

人にインセンティブを与えて（＝「アメとムチ」を駆使して）変えることができるのは、人の「行動」である。したがって、事故報告書を読解し、その事故が進展していく中で各

人・各組織がとった「行動」を明確に把握することが重要である。上では大きく 5 分類したが、分析上必要であればより詳細に（あるいはより大雑把に）分類すべきである。今後の研究においては、上記のような組織や作業による問題行動を適切な行動に変えることを促すためにどのようなインセンティブを与えればよいのか（＝どのような「アメとムチ」を与えればよいのか）を経済学（ゲーム理論）の厳密な分析手法に基づいて検討する。

C-1-5 考察

人的要因・組織要因が関係すると考えられる事故を「事故原因の概念モデル」に基づいて分類した。これは当該事故が「誰と誰の間で生じた問題が事故原因となったのか」という点に注目した分類である。「情報伝達不足」という現象を考えてみても、同一企業同一部署に属する労働者間の問題なのか、同一企業異部署に属する労働者間の問題なのか、あるいは異なる企業に属する労働者間の問題なのかによって、情報伝達をしない（し難い、できない）理由が異なると考えられる。換言すると、情報伝達しなくなる（したくてもできなくなる）インセンティブは事故関係者の置かれた立場によって異なると考えられる。単に「情報伝達されていなかった」という行動の内容だけでなく、「誰が」という行動の主体を明示的に整理することができた。これは、今後の研究において、事故関係者のうちの誰をターゲットにしてインセンティブ設計すべきなのかという点を整理できたという意味で重要である。

エラー内容による分類では、「教育不足・無知」「情報伝達不足」「社内規定の不備」「慣れ」「社内規定違反」といったものが頻繁に報告されていた。単にどのようなエラーが頻出するかだけでなく、どのエラーとどのエラーが同時に発生しやすいかという観点でも整理することができた。これは、平成 23 年度以降の研究において、事故関係者のどのような行動をターゲットにしてインセンティブ設計すべきなのかという点を整理できたという意味で重要である。事故原因の概念モデルに基づく分類と併せれば、事故を重層的に理解することができる。

事事故例データベースでは、事故情報の現象面（誰が、どのような設備で、何をした、など）はよく整理されている場合が多い。しかし、「事故関係者がなぜその行動をとったのか」という「インセンティブ」の部分は触れられてない。もちろん、事故報告書には、事故に直接関係している確証のある事柄しか記載できないということがあるだろう。インセンティブは「人の意図」に関することであり、人の心の中は直接観測できないため、インセンティブを考察する場合には「推測」が入りがちである。あくまで推測にすぎないことを軽々に記述することはできないという事情は理解できる。

しかし、人の行動を理解する、あるいは変えるためにはインセンティブを理解することが必要である。なぜ各人がそのような行動をとるに至ったのかを捉えない限り、深い事故原因の解明にはほど遠い。また事故抑止対策の立案もままならない。もちろん「インセンティブ」概念は人間行動を理解する唯一の方法ではないが、人間行動について理論的・体

系的に研究することが可能であり、事故の分析に応用可能な分析手法や分析例等の知見が蓄積されていることを鑑みれば、有望なアプローチだと考える。今後の研究では、事故調査において「事故関係者の各人がどのようなインセンティブのもとに行動していたのか」という点を調べる際に調査員が参考にできるような「インセンティブ調査のためのガイドライン」を整備するという方向も検討したい。

< 対外発表 >

牧野良次, 熊崎美枝子, 松倉邦夫, 和田有司 (2012). 事故データに基づくヒューマンエラー発生状況の調査. 安全工学 51(2), pp.106-112.

事故データに基づくヒューマンエラー発生状況の調査

牧野良次¹, 熊崎美枝子², 松倉邦夫¹, 和田有司¹

1 (独) 産業技術総合研究所 安全科学研究部門

2 横浜国立大学大学院 環境情報研究院

要旨

ヒューマンエラーの分類について様々な提案があるが, 実際に発生した事故においてどのようなタイプのヒューマンエラーが原因となっているのかは必ずしも明らかではない. そこで, 事故データベースに収録されている事故事例の中からヒューマンエラーに起因する事故を抽出し俯瞰的に分析することを試みた. 抽出された事故をヒューマンエラーのタイプで分類し, 各タイプの発生頻度, 各タイプと事故の重大性との関連, および事故事例で提案されているヒューマンエラー防止対策を調べた. 事故事例を事故防止に生かすには, ヒューマンエラーを起こした背景要因に踏み込んで調査し, その結果に基づいて管理者や作業者を安全行動に導くための制度設計をすることがひとつの有効なアプローチであろう. 経済学は上記制度設計を行う際に役立つ方法論を提供していると考えられる.

キーワード: ヒューマンエラー, 意図的行動, 非意図的行動, 事故データベース, インセンティブ

1. はじめに

労働災害や産業事故を未然に防ぐためには, 設備安全を推進するだけではなく, 現場で活動する人間の行動をより安全なものにする必要がある. その背景として, システムがそれほど複雑ではなかった時代では技術的対応によって事故防止が可能になると考えられていたが, システムの複雑化によってそれを操作する人間の能力が限界に突き当たるようになったとの理解がある¹⁾. 例えば, 安全工学会は企業の「保安力」が設備安全を含む「保安基盤」および人・組織行動に関わる「安全文化」から構成されると設定し, 後者の中で人間や組織の安全行動・不安全行動について分析している. 一般に人間が犯すミスは「ヒューマンエラー」と呼ばれており, 本稿においてもヒューマンエラーという言葉を用いる.

ヒューマンエラーの問題は労働災害, 産業事故, 交通事故, 医療事故といった幅広い分野で対処されることが望まれている. 学術領域としては心理学, 人間工学, あるいは安全工学といった分野が主に研究を推進してきた. 第 2 節で簡単に紹介するようにこれらの研

究はヒューマンエラーをいくつかのタイプに分類する作業を行っている。ヒューマンエラーをどのような観点から分類しうるかという点については一定の知見の蓄積がある。

事故防止の観点からは、日本全体の状況として「どのタイプのヒューマンエラーがより頻繁に事故原因となっているのか」あるいは「どのタイプのヒューマンエラーがより大きな事故に発展しやすいのか」といった全体像について俯瞰的、定量的に情報整理することが望ましい。なぜならば、個別の事故事例を必要に応じて参照するだけでなく、ヒューマンエラー全体の傾向を把握しておくことによって、国あるいは業界単位で対策を検討する際の資料として活用でき、また個別企業にとっても将来発生しうるヒューマンエラーの予測・予防に役立つと期待できるからである。

そこで本稿では、数多くの事故事例を俯瞰的に調査することを通じてヒューマンエラーの頻度や重大事故への発展可能性に関する理解を深め、国あるいは業界単位等で効率的なヒューマンエラー防止対策を策定する際に役立つ情報を提供することを目的として、およそ 500 件の事故事例を調査し、そこで報告されているヒューマンエラーの抽出と情報整理を行った。

本稿の構成は以下のとおりである。0 節でヒューマンエラーの定義に対する考え方と本稿で採用するヒューマンエラーの分類について整理する。0 節で調査方法を説明し、0 節で結果を示す。0 節は考察および今後の課題にあてる。なお、本稿では化学、石油、および石油化学産業における事故を主たる調査対象とした。

2. ヒューマンエラーの定義と分類について

調査の前提として、ヒューマンエラーの定義および分類に関する本稿での考え方について述べておく。既に述べたようにヒューマンエラーの分類については一定の知見が蓄積されている。そこで、それらの先行研究の中から、本稿においてヒューマンエラーに関する情報を整理するための分類方法を選択することとした。ヒューマンエラーという言葉の定義について必ずしもコンセンサスが得られているわけではない²⁾現状に鑑みて、本稿においてもヒューマンエラーの一般的定義に関する議論には立ち入らないこととした。

ヒューマンエラーの分類は、各研究者の研究目的に依存して多様なものが存在している（分類すると科学的に見えるが、それが本当に事故防止に有効なのかは別問題とする意見³⁾もある）。主なものにはシステムのフェーズ・ライフサイクルによる分類、心理的背景による分類、認知的・情報处理的分類、行動面による分類、原因による分類などがある^{4) 5)}。それらのうち、本稿では英国の心理学者 Reason による不安全行為の分類⁶⁾に基づいて事故事例を整理することにした（図 3）。

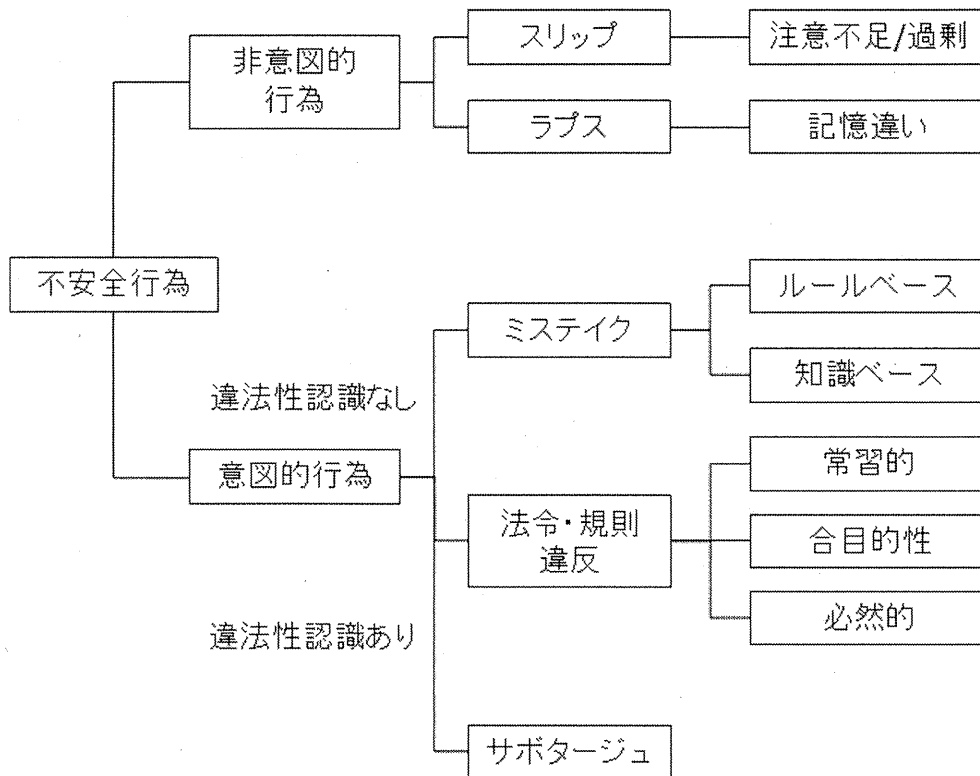


図 3 Reason (1990)による不安全行為の分類
(日本語訳は古田&長崎 (2007) の図表 9-7 を参考にした)

本稿において Reason の不安全行為の分類に基づいて事件事例を整理した理由は3つある。(1) 日本で出版されている書籍でも引用されていることから⁷⁾⁸⁾⁹⁾、分類として比較的受け入れられやすいと判断したこと、(2) 近年、組織的要因に起因する事故や不祥事の結果、規則違反の防止に注目が集まっており⁹⁾、この観点から規則違反を明示的に分類に含むものを採用するのがよいと判断したこと、および (3) 「何が起きたか (例:バルブの誤操作)」よりも「それが起きた背景」がより重要な情報だと判断したことである。現場で起きる具体的な事象 (バルブ誤操作、情報伝達ミス、警報が誤報であるとの判断ミスなど) は既によく知られているためそれらの分類はせず、背景要因に一步踏み込んでいる Reason の分類を適用した。

3. 調査方法

3. 1 調査対象事故データベースと事例抽出方法

インターネット上で利用できる下記 3 種の事故データベースから日本における事件事例を収集した (運営主体は 2011 年 12 月時点のもの)。本稿は化学、石油、石油化学産業での

事故を対象としているため上記事故データベースを選択した（失敗知識 DB には他産業での事故も収録されている）。

- リレーショナル化学災害データベース（RISCAD）：（独）産業技術総合研究所¹⁰⁾
- PEC-SAFER ヒヤリハット事例・事故事例データベース：（財）石油エネルギー技術センター¹¹⁾
- 失敗知識データベース：畑村創造工学研究所¹²⁾

以下では各事故データベースを RISCAD, PEC-SAFER, 失敗知識 DB と表記する。RISCAD は化学災害の事例と化学物質の熱危険性データをリンクさせたデータベースである。調査対象とした事例は詳細な事故情報が記載されている事故進展フロー図（新版）が添付されている 27 件とした。PEC-SAFER は石油各社が所有している情報、知識、教訓等をデータベース化し、製油所の安全を確保する目的で作られたシステムであり、収録されている 287 件の事故事例を調査対象とした。失敗知識 DB は、失敗を防ごうと考える人に過去に起こった失敗から得られる知識を正しく伝達することを意図して整備されたもので、化学産業での事故に分類されている 184 件を調査対象とした。以上合計 498 件の事故事例を母集団としてヒューマンエラー関連事故を抽出した。

各事故データベースには収録内容や検索機能などのサイト構成に違いがあるため、ヒューマンエラーに起因する事故を抽出する方法も事故データベースごとに異なる。RISCAD については、事故事例の本文および事故進展フロー図をすべて読み、人的要因関連のものを抽出した。PEC-SAFER では「項目選択検索」機能を使って「人的要因」の項目をすべて選択して検索した場合にヒットする事故事例を抽出した。失敗知識 DB では、「ヒューマンエラー」で検索してヒットする事故事例を抽出した（2012 年 1 月現在、失敗知識 DB は検索機能がなくなっている）。本調査で対象とした事例はすべて 2010 年 12 月末現在で閲覧可能であった事例である。

3. 2 ヒューマンエラーのタイプによる抽出事例の分類方法

本稿では、抽出したヒューマンエラーを非意図的行為、ミステイク、規則違反の 3 つのタイプに分類した。図 3 にあるように非意図的行為はさらに 2 つに分かれるが、事故データベースの文面から非意図的行為をさらに細分化することは困難であるし、またどのようなヒューマンエラーが発生しているかについて俯瞰的な情報を得るといふ本稿の目的に照らせば非意図的行為をさらに細分化することに特に重要な意味はないと判断した。意図的行為のミステイクについては、図 3 では「違法性認識あり」となっているが、本稿ではやや広く解釈し、（法律・社内規定違反にこだわらず）作業者本人が「不安全行動をとっている」という認識がない事故とした。意図的行為としてはサボタージュもあるが、実際に発

生することは極めて稀であり、かつそもそもヒューマンエラーとは別の文脈で扱うテーマであると判断し分類から外した（実際、事故データベースにはサボタージュによるものは収録されていなかった）。

分類の具体的手順は以下のとおりである。まず、事故事例解説の中にヒューマンエラーが「非意図的であった」、「ミステイクであった」、あるいは「規則違反であった」との主旨の明示的な記述がある事故事例を抽出した。次に、上記のような明示的な指摘がないものについては「分類なし」として抽出した。「分類なし」事例については、データベース記載の情報からそのヒューマンエラーのタイプを推測できる場合が多い。そこで推測によって「分類なし」事例についても可能な限りヒューマンエラータイプの分類を行った。推測による分類には慎重を期したが、あくまで筆者らの主観による分類であり恣意性をもつことを否定できない。したがって、推測による分類に基づく結果の解釈には注意を要する。

抽出されたヒューマンエラー関連事故を分類するために事故事例を読み進む際には、事故の原因体系化モデル¹³⁾を念頭においた。原因体系化モデルはHawkinsによるSHELLモデルをベースとして開発された教訓の体系化モデル¹⁴⁾に「化学物質」という要素を追加したものであり、事故を「社会」、「組織」、「装置・設備」、「化学物質」、および「人間」の5つの要素の相互連関として理解するためのモデルである（図4）。このモデルを念頭におくメリットは、事故事例を漫然と読むことを防止する（事故事例ごとに読み方を変えない）こと、事故に関わる要因を抜けなく読み取るようにすること、ハードウェアの問題も含めた事故の全体像を捉えること、ヒューマンエラーが発生した背景要因を捉えることなどである。

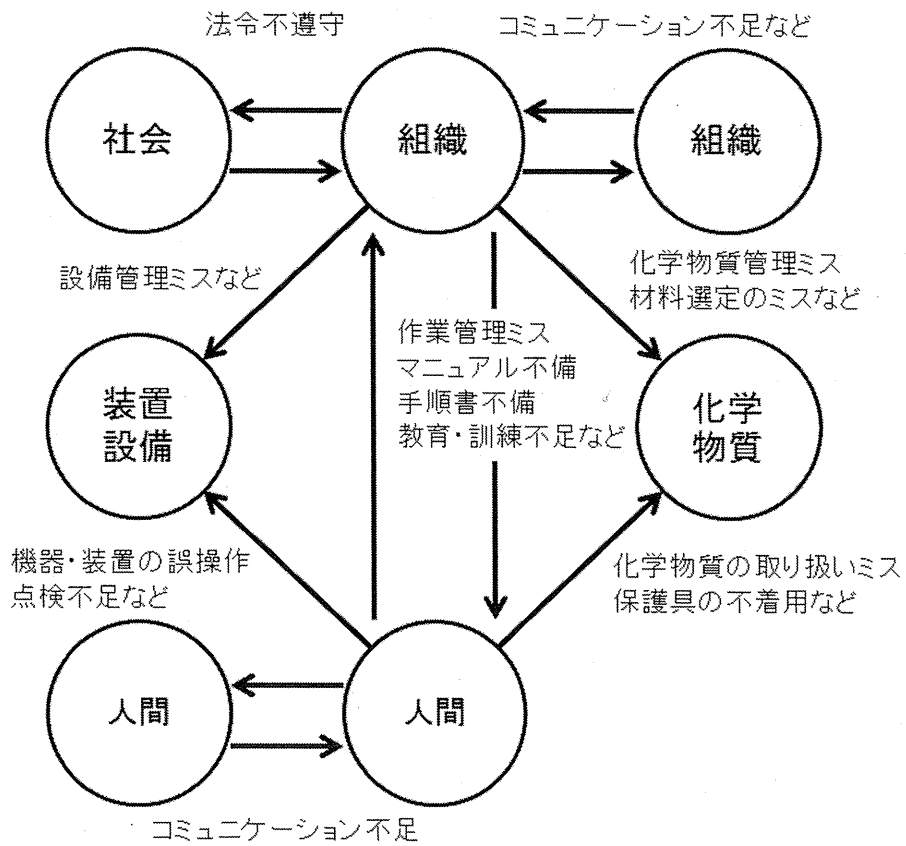


図 4 事故の原因体系化モデル

3. 3 情報整理の視点

ヒューマンエラーに起因する事故をただ抽出して分類するだけでなく、ヒューマンエラータイプ以外の情報と組み合わせて、以下のような視点で調査結果を整理した。

各ヒューマンエラータイプの発生頻度：抽出された事故事例を「非意図的」、「ミスメイク」、「規則違反」に分類し発生頻度について調べた。ヒューマンエラー発生状況を俯瞰的に捉えるとともに、効果的なヒューマンエラー防止対策の立案に役立つ情報になると期待される。

ヒューマンエラータイプと事故の重大性：ヒューマンエラーのタイプと事故の重大性との間に関連があるかどうかを調べた。事故データベースから得ることができる情報として死者数、負傷者数がある。より重大事故に繋がりやすいヒューマンエラーのタイプがあるならば、それを防止することでより効率的に死傷者や経済被害を減らすことができると期待される。

ヒューマンエラー防止対策：事故事例データベースで指摘されているヒューマンエラー防止対策について整理する。よりよい対策のあり方について議論するための情報を提供する。

4. 結果

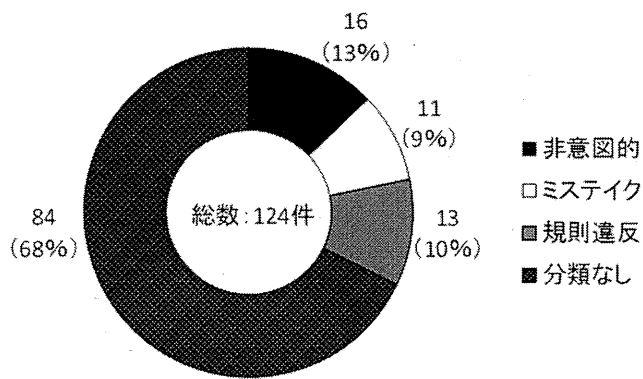
4. 1 事故分類について

ヒューマンエラーに起因すると考えられる事故は RISCAD において 7 件 (26%)、PEC-SAFER において 97 件 (34%)、失敗知識 DB において 20 件 (11%) 抽出された。3 種の事故データベースの合計では、調査対象とした 498 件のうちヒューマンエラーが関連するものは 124 件であり、全体の 25%であった。

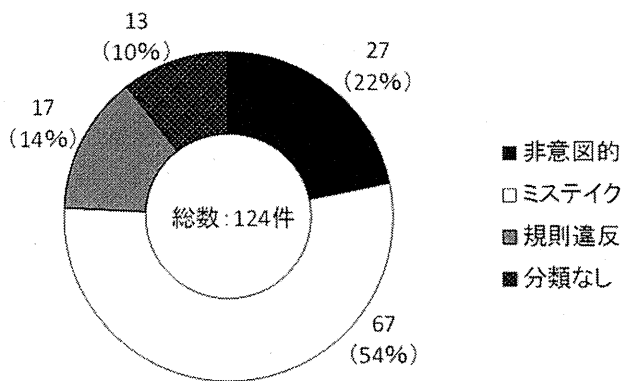
ヒューマンエラーに起因する 124 件の事故うち、非意図的の行為、ミスメイク、もしくは規則違反に起因すると明確に記述されているものはそれぞれ 16 件 (13%)、11 件 (9%)、および 13 件 (10%) であった。それ以外の 84 件 (68%) は分類なし事例であった (図 5 (a))。分類なし事例が多くカウントされる理由は、ヒューマンエラーとして何が起きたかという「事実」については詳細な記述がある一方で、その「原因」については必ずしも明確に記述されていないケースが多いことにある。よく見受けられるのは「検討不足であった」、「確認不足であった」、「誤操作があった」などの記述のみがある事例である。

分類なし事例について、事故データベース記載の情報に基づく推測によって分類した場

合の内訳は非意図的行動 27 件 (22%)、ミスエイク 67 件 (54%)、規則違反 17 件 (14%)、類推できるだけの情報がなかった事例が 13 件 (10%) であった (図 5 (b))。分類なし事例の多くはミスエイクに分類された。不安全行動や違反行動を、それとの認識なく行っていたと解釈されるものである。プラントの状態が安全であるとの誤認識があり、したがって状態について確認をせず、結果として危険を感じずに危険行動を行ってしまうケースがほとんどである。



(a) 推測による分類をしない場合



(b) 推測による分類をした場合

図 5 ヒューマンエラーのタイプ別内訳

抽出されたヒューマンエラー起因の事故 8 件を例として
 表 4 に示した。ヒューマンエラーの内容だけでなく設備上の問題点について情報整理することによって、事故の全体像を把握できる。また、原因体系化モデルに基づいて事故の背後要因についても簡単に記した。

表 4 ヒューマンエラーの事例

ヒューマンエラータイプ	事故ID	タイトル	ヒューマンエラー	設備面	原因体系化	被災者数 (死亡、負傷)
非意図的	PEC-SAFER 00113 (1994/7/23)	充填中のタンクローリーでガソリン漏洩	2名作業の誤作動と誤操作(判断) A: 計器室オペレータ: 異常警報システムの誤作動(誤判断) B: タンクローリーオペレータ: 誤操作と思い込み異常警報をリセット 現場状況確認なし、操作手順の教育不足	自動停止したオーバーフロー防止弁のシステムの要改善	①人間-人間 ②人間-装置	0.1
	失敗知識DB (1972/9/20)	ジケテンのタンクに誤ってトルイジンを入れ縮合反応を起こし爆発	反応開始時の手順ミス バルブの誤操作(単純なヒューマンエラー)	バルブ配置、色分けなどの設備配慮不備	①人間-装置 ②人間-化学物質	1.1
ミスタイプ	RISCAD 7276 (1994/6/4)	精油所の重油タンク改造工事中に火災	コミュニケーション不足 ・運転担当と保安担当者間の情報連絡不足 ・火気使用作業の協議時に設備管理者側の工事責任者の立会いなし ・火気使用工事の日常化/慣れ/危険物管理に対する無関心 ・作業方法の選定ミス(事前協議不足)	タンクの火気使用前洗浄の作業方法の不備	①人間-装置 ②人間-組織 ③人間-化学物質	0.0
	PEC-SAFER 00212 (1993/9/30)	水素化精製装置往復動圧縮機の分解中に小爆発	クリアランスポケットバルブ部の水素ガスのバージ不足(確認不足、計画不備) ・水素ガスの残留確認不足 ・メンテナンス計画不備(協力会社との連絡不足)	マニュアル類の不備、協力会社への連絡?	①人間-人間 ②人間-装置	0.2
	失敗知識DB (1995/2/17)	蒸留釜洗浄中に圧力が上昇して破裂、爆発火災	バルブを全開したミス ・単蒸留と精留切換えの装置でのバルブ誤操作 ・バルブ操作の思い込み	バルブ能工(3方コックなどの対応)不備、安全弁設置なし	①人間-装置 ②人間-化学物質	0.2
規則違反	RISCAD 06165 (2003/4/11)	煙火製造工場の配合所で火薬の調合中に爆発	多忙によるルール無視 ・危険物を危険と思わなくなる	許容量超過、貯蔵場所違反(法令軽視)	①人間-化学物質 ②社会-組織	10.3
	PEC-SAFER 00051 (1997/8/11)	常圧蒸留装置の流量計を点検中残渣油が漏洩し火災	二重バルブの同時開放ミス ・洗浄手順の不遵守 ・安全教育の不徹底	プラグとダブルバルブの設計不備	①人間-装置 ②人間-化学物質	0.4
	失敗知識DB (1989/7/26)	界面活性剤製造装置において勝手に投入位置を変えたことによる過酸化水素の爆発	作業手順の不遵守 ・基本操作の不遵守(変更管理) ・化学物質の安全管理不足	設備設計の不備(鉄さびに対する管理不足)	①人間-化学物質 ②人間-装置	1.1

4. 2 ヒューマンエラー分類と事故の重大性との関連

もし特定のタイプのヒューマンエラーがより重大な事故に発展する傾向にあるならば、重大事故防止の観点からは、そのタイプのヒューマンエラーに特に注意を払い発生を抑制することが効果的である。そこで、非意図的の行為、ミステイク、規則違反、分類なしごとに死亡者数および負傷者数を抽出し、表 5 に整理した。なお、これは死傷者数に関する情報が掲載されていなかった 4 件の事故事例を除外して整理したものである。ヒューマンエラーに起因する 120 件の事故で死亡者は 29 名、負傷者は 166 名であった。死亡者が最も多かったのは規則違反による事故であった (17 名)。負傷者はミステイクによる事故で多かった (80 名)。ただし、事故 1 件あたりでは死亡者数、負傷者数ともに規則違反による事故が最も大きな値を示した。

表 5 ヒューマンエラータイプ別の死傷者数 (人)

	非意図的	ミス テイク	規則違反	分類なし	合計
死亡	6 (0.2)	6 (0.1)	17 (1)	0 (0)	29 (0.2)
負傷者	22 (0.8)	80 (1.3)	60 (3.5)	4 (0.3)	166 (1.4)

カッコ内の数値は事故件数で割った平均値。

4. 3 事故データベースで提案されている対策

事故データベースで提案されている、ヒューマンエラー防止対策を収集し、整理した。提案されている対策はいくつかのパターンに分かれる。主たるものを以下に記す。

管理体制の改善：作業指示・許可方法の改善，責任分担の明確化，立会の強化といった，監督管理体制の確立。

マニュアル等の改善：マニュアルの改善と周知徹底。例としては、引継ぎなどの作業におけるチェックリストの改善，緊急時対応マニュアルの整備，警報システムの現状確認なしでのリセット禁止，同時作業禁止などがあげられる。

教育・訓練の徹底：作業者に作業内容や作業内容の背景について教育する。作業者がそれらの知識を持っていなかったことがヒューマンエラーの背景にあるという理解に基づく。規則違反への対策としても、規則の教育や順守の徹底があげられる場合がある。

設備面での対策：危険源の周囲に柵を設置する，避難経路を設定する，インターロックシステムを導入するといった，ヒューマンエラーを防ぐ，あるいはヒューマンエラー発生後の被害拡大を防ぐ設備面での対策。

他に、バルブ開閉表示札の設置、人員配置適正化、事前のリスク評価の実施などの対策があげられている。対策としての有効性があまり明確でないものもいくつか見られた。例えば、確認ミスや連絡ミスがあった事故事例への対策として「確認を徹底すること」「連絡を徹底すること」があげられるようなケースである。

5. 考察

3.1 節で示した3種の事故データベースは化学、石油、石油化学関連企業で発生したすべての事故を収録している訳ではない。したがって、考察はあくまで3種の事故データベースに収録されている事故の範囲でのものである。しかしながら、上記3種の事故データベースが多くの事故事例をカバーしていることも事実であるので、本研究の結果および考察は現実のヒューマンエラーの傾向をおおむね捉えているものとする。

ヒューマンエラータイプの発生頻度：ヒューマンエラータイプを事故事例収録のデータから推測した場合の内訳は、非意図的行為が22%、ミステイクが54%、規則違反が14%、分類なしが10%であり、ミステイクがおおよそ半数を占めた。事故データベースの記述に基づけばヒューマンエラーの半数は「作業者が危険だと思っていなかった」ことに原因があると考えられる。後述するように、この結果はヒューマンエラー防止対策においてミステイクに注目すべきことを示唆している。ただし、ミステイクの背景には与えるべき知識や情報を与えていない、新人を複雑な作業に従事させるといった組織としての安全対策不備が存在しており、事故の直接原因となった作業員個人に責任があることが不適切であるケースが多い。

ヒューマンエラータイプと事故の重大性：表5によれば規則違反による事故での死傷者数は他のヒューマンエラータイプと比較して多くなる傾向にあるようである。一般に、安全に関する規則は重大事故に発展する可能性が高いと（経験的あるいは理論的に）考えられる不安全行動を取らせないために設定されているはずである。逆に言えば、規則違反は重大事故に発展しやすいと推測される。今回の結果は左記推測と整合的であり、ヒューマンエラー防止対策として規則違反にも注目すべきであることを示唆している。ただし、規則違反と事故の頻度や重大性との関連についてより詳細な統計的検証が必要である。本稿では単純にヒューマンエラータイプごとの平均死傷者数を比較しただけであるが、実際にはある事故における死傷者数は使用していた設備、化学物質、事故発生場所周辺での作業員数など多くの要因から影響を受けている。したがって、ヒューマンエラータイプと死傷者数の関連を正確に知るためには、サンプル数を増やした上で他の要因も説明変数として含めた重回帰分析等の統計的手法によりヒューマンエラータイプと死傷者数との関連を調べなければならない。

ヒューマンエラー防止対策：上で述べたように、ここではミステイクおよび規則違反に関するヒューマンエラー防止対策について考える。非意図的ヒューマンエラーについては従来の人間工学的対策が有効であると考え、ここでは議論しない。

ミステイクは、実際には危険であることを危険と思わず行為するというものである。よって、対処法としては次の2つが考えられる。①作業者の危険感受性を向上させる。②何らかの（危険であること以外の）動機付けをして危険行為をやめさせる。①は従来から指摘されている対処法であり、ミステイク抑止の基本的対策として必須である。ただし、危険感受性を向上させる際の指導者として期待される経験豊富なベテラン作業員が減少し、知識や経験の伝承が困難となりつつあることを考えれば、この対処法の実行可能性を確保するためのさらなる工夫が必要であると考えられる。②について、本来ならば「危険であると感じたこと」が動機付けとなって作業者は危険行為をやめるのであるが、ミステイクの場合はそもそも作業者が危険であると認識していないことから危険行為を実行することになる。そこで、何らかの別の動機付けを行うことによって、作業者が危険を感じていない状況下でも危険行為を抑止することが考えられる。

規則違反については事故データベースにおいては具体性のある対策があまり記述されていない。「具体性がない」の意味は、記述されていた対策が作業者のインセンティブ（誘因）を考慮していないということである。作業者が規則に違反したのは、それが本人にとって規則を守ることよりも望ましかったからであると考えなければならない。これを「作業員には規則に違反するインセンティブがあった」などと表現する。現場でよくあるのは作業効率を上げる（作業速度を上げる、体力的に楽な作業にする）ために規則を破るというインセンティブであろう。よって、規則違反に対して「規則を順守するよう指導を徹底する」ことは本質的な解決にはならない。作業者が規則を守るインセンティブを持つ（すなわち自らすすんで規則を守る）ようになる工夫をしなければならない。

上記のヒューマンエラー防止対策は、あくまで原則的な考え方を示したものである。具体的な方法の立案は今後の課題であるが、動機付けやインセンティブの考え方を理論的基礎とする経済学的研究手法が一定の有効性を持つと考えられる。作業に従事する人間の行動を動機付けやインセンティブという概念に基づいて理解し、ヒューマンエラーとして「何が起きたか」という事実の整理に加えてその発生メカニズムを理論的に分析する方法論を開発することによって、事故調査におけるヒューマンエラー分析方法および事故報告書の記載内容の改善に寄与することができると期待される。

文献

- 1) 古田一雄編著, ヒューマンファクター10の原則, 日科技連出版社 (2008)
- 2) 岡田有策, 組織としてヒューマンエラーの問題にどう向かうべきか, 安全工学, 50-4, p.199 (2011)
- 3) 中田亨, ヒューマンエラーを防ぐ知恵, 化学同人 (2007)
- 4) 塩見弘, 人間信頼性工学入門, 日科技連出版社 (1996)
- 5) 高木元也, 低層住宅建築工事におけるヒューマンエラー防止対策, 安全工学, 50-4, pp.211-218 (2011)
- 6) Reason, J., Human Error, Cambridge University Press (1990); 林善男 (監訳), ヒューマンエラー, 海文堂 (1994)
- 7) Hurst, N. W., Risk Assessment - The Human Dimension, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1998; 花井荘輔訳, リスクアセスメント, 丸善 (2000)
- 8) 大山正, 丸山康則編, ヒューマンエラーの心理学, 麗澤大学出版会 (2001)
- 9) 古田一雄, 長崎晋也, 安全学入門, 日科技連出版社 (2007)
- 10) リレーショナル化学災害データベース (RISCAD) : (独) 産業技術総合研究所, (独) 科学技術振興機構 (<http://riodb.ibase.aist.go.jp/riscad/index.php> : 2011年12月31日アクセス)
- 11) PEC-SAFER データベース : (財) 石油エネルギー技術センター (<http://safer.pecj.or.jp/> : 2011年12月31日アクセス)
- 12) 失敗知識データベース : 畑村創造工学研究所 (<http://www.sozogaku.com/fkd/> : 2011年12月31日アクセス)
- 13) Katoh, K., Abe, S., Nishimiya, K., Higashi, E., Nakano, K., Uchimura, S., Owa Heisig, K., Ogata, Y., Wakakura, M., and Wada, Y., Classification of Causes of Chemical Accidents by Means of Progress Flow Analysis (PFA), Proc. 13th Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, pp.89-95 (2010)
- 14) 原子力安全基盤機構, 巨大システム事故・トラブル教訓集 (2009)

C-2 ヒューマンエラー発生メカニズムの経済学的分析

<対外発表>

牧野良次（2010）. 非正規雇用者は正規雇用者より労災に遭いやすいか？-企業マイクロデータを使った統計解析-, 第43回安全工学研究発表会講演予稿集, PP.71-74

1. はじめに

企業の組織設計は当該企業における労働災害の発生に影響を与えられ、本研究では組織設計としての雇用戦略、具体的には企業が従業員を正規雇用者・非正規雇用者のどちらで雇用するか注目した。非正規雇用者は短期間で辞職する等の理由から安全への配慮が低くなる「インセンティブ（誘因）」が生じ、雇用主側にも同様の理由で非正規雇用者への教育に時間や資金を割かないインセンティブが生じると考えられる。このことから、労働経済学的には非正規雇用者は正規雇用者よりも被災確率が高いことが予測される（以降、これを「雇用契約効果」という）。そこで本研究では、企業マイクロデータを用いた統計解析により、従業員に占める非正規雇用者割合が高い企業ほど労働災害の発生が多いという仮説を検証する。

2. 統計モデル

本研究で推定するモデルを以下に示す。

$$\text{労働災害度数率 } i = f(\text{非正規雇用者割合 } i; \theta_i) + u_i$$

ここで i は企業のインデックス、 θ_i は企業 i の労働災害度数率に影響を与えるその他の変数（次節で説明する）、 u_i は誤差項である。

上式の推定においては「セレクション・バイアス」が存在するか否かが問題となる。セレクション・バイアスとは、もともと事故を起こしやすいタイプの人物（これを「事故傾性が高い」という）が非正規雇用者として雇用される傾向のことをいう（Guadalupe, 2003）。仮にセレクション・バイアスが存在する場合、それを除去せずに推定を行うと以下のような問題が生じる。すなわち、労働災害度数率と非正規雇用者割合の相関が検出されたとしても、その関係が第1節で述べた雇用契約効果によるものか、それとも単に非正規雇用者の事故傾性が高いことを反映しているだけなのか、統計的に区別することができないという問題である。

そこで本研究では、正規雇用者と非正規雇用者との間で事故傾性に差異があるかどうか