

## D 結論

### D-1 新しい観点からの労働災害事例分析

既存の事故データベースに収録されている事故について498件の報告書を調査したところ、「人的要因」「ヒューマンエラー」が原因と考えられる事故が124件存在していた。それらの事故報告を詳細に読み、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。

### D-2 ヒューマンエラー発生メカニズムの経済学的分析

ヒューマンエラー発生メカニズム分析の一例として、「Occupational accident analysis with the notion of “incentive”」および「Are Flexible Workers Truly More Accident-prone? New evidence from Japan」と題した研究を行った。前者は労働災害の発生原因として事故報告書でよくあげられる「情報伝達不足（コミュニケーションエラー）」に着目し、情報伝達不足が生じる原因をゲーム理論的に考察した。後者は組織設計としての雇用戦略、具体的には従業員を正規・非正規のどちらで雇用するかに着目した。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）」があり、正規雇用者よりも被災確率が高いことが労働経済学的には予測される。本研究では独自のインターネットアンケートで得た個人データを用いた統計解析により上記予測の検証を行った。統計解析の結果、諸変数の影響をコントロールした上で非正規雇用者であることは事故被災確率と統計的に有意な関係は見られなかった。一方、社会規定違反が横行している事業所では労働災害発生率が高いという結果が得られた。

### D-3 国内外の政策動向の情報整理

労働安全衛生、とくに化学プロセスが行われる労働現場を管理する法律・システムは対象としたすべての国にあるが、関与する省庁は国によって異なることがわかった。また、連邦制の国では連邦法にて大きな枠組みを与え、州法にて執行についての具体的な手続きを示すことにより補完的な関係にある。国によっては、死亡事故が数人程度の労働災害ではほとんどニュースにならないなど国民の労働安全に対する意識が比較的低い一方、かねてからある労働安全衛生や化学物質に関する規制をより実効化するために近年相次いで改

正を行うなどの措置を行っている国もある。予防的な査察についても統計的に事故が多い業種・事業者に絞った査察を行うことを明示するとともに、安全に関する査察を行う機関が査察に関する費用回収を担うよう法改正を行う国がある一方で、事故など安全に重大な問題が発生した時の罰金や懲罰的措置はない国もある。これらの背景には安全をどの機関が担うか、公的機関による恣意性を厳密に排除するかどうかという点に違いがある。各国の制度の違いは直接の安全成績よりは化学技術を管理する考え方の成熟度・差異によるものと考えられる。

最終年度（平成24年度）の研究が継続不可と判断されたため、一部当初計画を完遂できなかった部分がある。

## E 研究発表

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，71-74（2010年11月11日発表）。

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.

牧野良次，熊崎美枝子，松倉邦夫，和田祐典，和田有司（2011）. インセンティブ（誘因）概念によるヒューマンファクターの理解：事故再発防止に向けて。第44回安全工学研究発表会講演予稿集，pp.85-88（2011年12月1日発表）。

Makino, R. (2011). Approaching the Problem of Occupational Accidents with Economic Way of Thinking, unpublished document presented at the Workshop of Occupational Health and Safety (at Hung Kuang University, 2011/09/29)

Makino, R., Are Flexible Workers Truly More Accident-prone?（投稿中）

Makino, R., Kumasaki, M., Matsukura, K., Wada, Y., Wada, Y (2011). Occupational Accident Analysis with the Notion of "Incentive." Proceedings of Asia Pacific Simposium on Safety 2011, pp.324-325.

注) 特許取得なし，実用新案登録なし。また，健康危機情報，知的財産権の出願・登録状況については関連事項がないため省略した。

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
牧野良次	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		71-74	2010
Makino et al.	Occupational Accident Analysis with the Notion of “Incentive”	Proceedings of Asia Pacific Symposium on Safety 2011		324-325	2011
牧野ら	インセンティブ（誘因）概念によるヒューマンファクターの理解：事故再発防止に向けて	第44回安全工学研究発表会講演予稿集		85-88	2011
牧野ら	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(3)	106-112	2012
Makino, R.	Are Flexible Workers Truly More Accident-prone?	(投稿中)			

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—

(独) 産業技術総合研究所 安全科学研究部門

牧野良次

Do temporary workers have more occupational accidents than permanent workers?

Ryoji Makino

Research Institute of Science for Safety and Sustainability, AIST

キーワード：労働災害，非正規雇用，事故傾性

Keywords：Occupational accidents, Temporary workers, Accident proneness

## 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ると考えられる。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・非正規雇用のどちらで雇用するかに注目した。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， $\theta_i$  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を検討するため，インターネットアンケートを実施した。

### 3. データ

#### 3.1 インターネットアンケート調査

2010年2月18～22日、web上でインターネットアンケートを実施した。回答者数は2,958人（性別内訳＝男性1,446人、女性1,512人；雇用種別内訳＝正規雇用1,506人、非正規雇用1,452人）、回答率は56.8%であった。

アンケートでは性別、年齢、職業等の質問事項に加え、「認知ミス質問票（CFQ: Cognitive Failures Questionnaire）による調査を実施した。この質問票は、「家の中で、ある場所から別の場所へ移動したとき、何のために移動したのかを忘れてしまっている」といった30項目の質問について、回答者に「非常によくある（=1）」、「よくある（=2）」、「ときどきある（=3）」、「ほとんどない（=4）」、「まったくない（=5）」から最も良くあてはまるものを選択してもらうものである。スコアの合計値（最小30点、最大150点）が低いほど事故傾性が高く、高いほど事故傾性が低いと判断する（Broadbent, *et al.*, 1982; Wallace, *et al.*, 2002）。

さらにアンケートでは、最近5年間における労働災害および（通勤以外での）交通事故の被災回数についても質問した。

#### 3.2 東洋経済 CSR データ総覧

企業レベルデータは東洋経済 CSR データ総覧から取得した。データは2008年の横断面データであり、サンプル数は387社（上場企業）である。取得したデータは労働災害度数率、全従業員に占める非正規雇用者の割合、全従業員に占める性別年齢別構成比率、従業員平均年齢、従業員平均勤続年数、月平均残業時間である。

### 4. 結果

#### 4.1 CFQ スコア

労働災害について最近5年間で被災経験のある群（248人）の平均CFQスコアは87.9、経験のない群（2,710人）の平均CFQスコアは93.4であり、両者の差は統計的に有意であった（有意水準5%、以下同じ）。交通事故について最近5年間で経験のある群（375人）の平均CFQスコアは89.2、経験のない群（2,583人）の平均CFQスコアは93.2であり、両者の差は統計的に有意であった。これらのことから、

CFQスコアは事故傾性の指標として利用可能であるとの先行研究の結果を確認した（図1）。

次に、正規雇用者と非正規雇用者との間で平均CFQスコアを比較した。性別および年齢別の影響を考慮するため、35歳未満の男性（第1群、正規248人、非正規240人）、35～54歳の男性（第2群、正規480人、非正規357人）、55歳以上の男性（第3群、正規76人、非正規45人）、35歳未満の女性（第4群、正規246人、非正規256人）、35～54歳の女性（第5群、正規

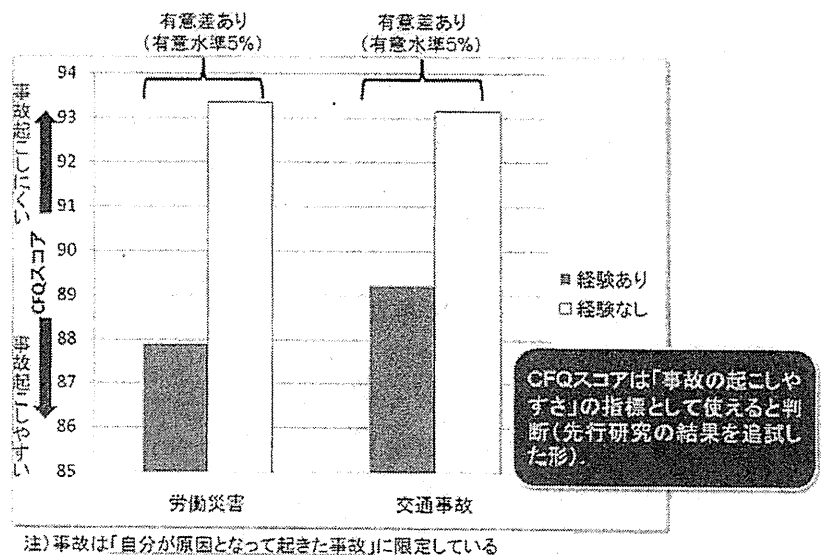
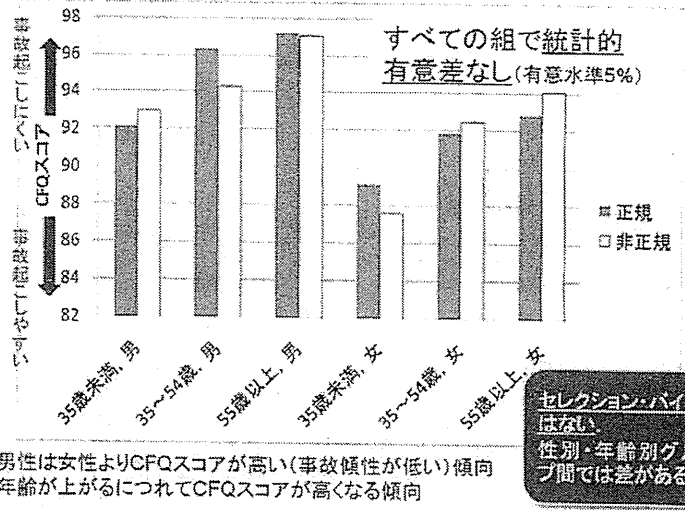


図1 事故経験者および非経験者のCFQスコアの比較

412人、非正規479人)、55歳以上の女性(第6群、正規44人、非正規75人)の各群に分けて分析を行った。第1群から第6群について正規および非正規雇用の平均CFQスコアはそれぞれ(92.1, 93.0), (96.4, 94.3), (97.2, 97.1), (89.2, 87.6), (91.9, 92.5), (92.9, 94.1)であった。すべての群について正規雇用者と非正規雇用者の平均CFQスコアに統計的有意差は



なかった(図2)。これはアンケート回答者となった正規雇用者と非正規雇用者については事故傾性に差がなかったことを意味する。この結果を根拠に、第2節に示した統計モデルを推定するにあたってセレクション・バイアスを考慮する必要はないと判断した。ただし、図2から明らかのように(1)男性は女性よりCFQスコアが高い(事故傾性が低い)傾向、(2)年齢が上がるにつれてCFQスコアが高くなる(事故傾性が低い)傾向が観察される。そこで、統計モデルを推定する際には、企業*i*の従業員の事故傾性を定量化する指標として、全従業員に占める性別年齢別構成比率を用いることとした。

4.2 企業データを用いた統計解析

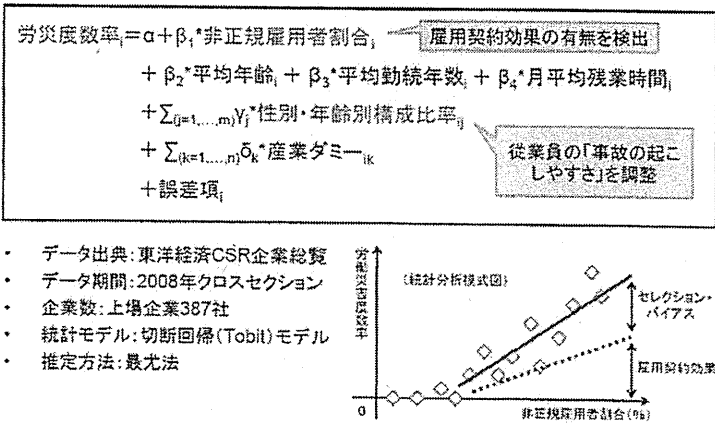


図3 企業データを用いた統計解析の概要

図3に企業データを用いた統計解析の概要を示す。統計モデルの被説明変数は労働災害度数率、主たる説明変数は従業員に占める非正規雇用者割合である。図3に示したように、この変数の係数が正数で有意であれば、雇用契約効果の存在が示唆される。労働災害度数率に影響を及ぼすと考えられる平均年齢、平均勤続年数、月平均残業時間、従業員に占める性別年齢別構成比率をコントロール変数として加えた。特に従業員に占める性別年齢別構成比率は従業員の事故傾性を定量化した指標と解釈できる。サンプルである上場企業387社の中には労働災害度数率が0である企業も存在する。被説明変数は0以上の正数をとる(0で切断された)データであるため線形モデルを適用することは適切でない(理論値としてマイナスの労働災害度数率が得られることを排除できない)。そこで統計モデルとして切断回帰モデルを採用し、最尤法による推定を行った。図4に推定結果を示す。主たる説明変数である非正規雇用者割合の係数は(図4では「非正規雇用者が10%増えると」と表示)、従業員の事故傾性をコントロールした上で統計的に正に有意であった。これは雇用契約効果が存在することを示唆している。

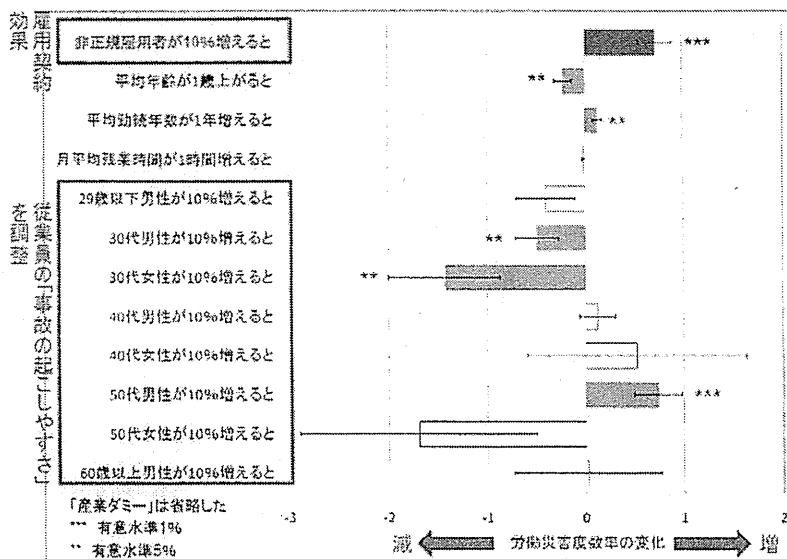


図4 企業データを用いた統計解析の結果

コントロール変数については、平均年齢の係数が負に有意、平均勤続年数が正に有意であった。平均年齢が高い企業は労働災害度数率が低いとの結果はCFQ調査結果で得られた「年齢が高いほど事故傾性が低い」との結果と整合的である一方で、平均年齢が高い企業は危険な作業を伴う事業を営んでいないことを示している可能性もあり、本研究で用いたデータからは由を確定することはできない。

従業員の平均勤続年数が長い企業は労働災害度数率が高いという結果は、勤続年数が長くなり作業に慣れることによる「油断」の効果が、「危険回避に関する知識の蓄積」の効果を上回ることを示唆するものと考えられる。

## 5. まとめ

統計分析の結果は、諸変数の影響をコントロールした上で従業員に占める非正規雇用者割合が多い企業ほど労働災害度数率が高いことを示した。これは雇用契約効果の存在を示唆するものである。雇用契約効果が存在するならば、労働災害削減対策としては従来から指摘されている従業員への教育訓練の他に、労働契約のあり方を見直すといった方向性が考えられる。具体的な契約設計のあり方は今後の研究課題である。

## 参考文献

- Broadbent, DE., Cooper, PF., FitzGerald, P., Parkes, KR., 1982. The cognitive failures questionnaire (CFQ) and its correlates. *British Journal of Clinical Psychology* 21, 1-16.
- Guadalupe, M., 2003. The hidden costs of fixed term contracts: the impact on work accidents. *Labour Economics* 10, 339-357.
- Wallace, JC., Kass, SJ., Stanny, CJ., 2002. The cognitive failures questionnaire revisited: Dimensions and correlates. *Journal of General Psychology* 129, 238-256.

# Occupational Accident Analysis with the Notion of "Incentive"

Ryoji MAKINO\*, Mieko KUMASAKI\*\*, Kunio MATSUKURA\*, Yusuke WADA\* and Yuji WADA\*

\*Research Institute of Science for Safety and Sustainability (RISS), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 16-1 Onogawa, Tsukuba, 305-8569 Japan, [ryoji-makino@aist.go.jp](mailto:ryoji-makino@aist.go.jp)

\*\*Department of Safety Engineering, Yokohama National University, 79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501 Japan, [kumasaki@ynu.ac.jp](mailto:kumasaki@ynu.ac.jp)

**Abstract:** We propose a new approach to analyze the mechanism of occupational accidents, employing the economic concept of incentive. In the existing literature of occupational accidents, a human factor is regarded as one of the main causes of accidents. For the prevention of occupational accidents, therefore, human actions are considered to be the target of control. Accident reports in Japan usually place their focus on listing up of unsafe actions. But watchwords to stop unsafe actions which are often seen in occupational setting do not necessarily assure the change of worker's behaviors. From the viewpoint of economics, which has developed the analytical tools for actions, it is assumed that a man who took unsafe actions in an occupational accident must have had an incentive to do so. We argue that the most important thing in drawing plans to prevent occupational accidents is to provide proper incentives for managers and/or workers to avoid unsafe actions. We first illustrate the way of analyzing occupational accidents with the notion of incentives by introducing an example, and then discuss the possible applications to accident prevention plans.

**Keywords:** Occupational Accidents, Human Factors, Incentive, Economics

## INTRODUCTION

To draw up effective occupational accident prevention measures, studying about and learning from past accidents are crucial. For this purpose, efforts have been made to collect information on past occupational accidents, analyze mechanisms of its occurrence, and develop systems that can easily be used by managers and workers on the job to browse through the analyzed results. In Japan, the Relational Information System for Chemical Accidents Database (RISCAD), the Petroleum Energy Center - Safety Assist For Engineer in Refinery (PEC-SAFER), and the Failure Knowledge Database are such systems.

There are roughly two possible approaches in analyzing the causes of and in planning preventive measures for occupational accidents. One method analyzes errors and accidents that occur in the nonbehavioral physical engineering systems, and the other approach analyzes human errors that occur in the behavioral dimensions of managers and workers.

For errors and accidents that occur in physical engineering systems, the method of probabilistic risk assessment (PRA) is well developed. However, researchers point out that the development in the understanding of the occurrence mechanisms of human error and assessment of probability of human error are rather behind when compared with the PRA

method for physical engineering systems. For example, Bedford & Cooke (2001) pointed out that "Despite many years of research, there are still no very satisfactory models for human reliability" [1].

We believe that the current analytical methods used for the development of human error prevention measures are not entirely satisfactory for the following reasons. One reason is because the general trend in the current human error prevention measures does not go so far as to consider practically applicable measures to guide humans (for example, managers and workers) to behave in the way we desire (for example, safer behaviors). While emphasis on the importance of safety behaviors (to dissuade unsafe behaviors) itself may pose no harm, it offers neither analysis on practically applicable measures nor new ideas that can be used to guide others into behavior in a certain way. For example, in a situation where we wish to have workers wear safety belts, Takagi (2011) commented that "we must consider how workers can be encouraged to wear safety belts" [2]. The question here is the kind of measures that can be used to guide managers and workers to choose favorable behaviors.

To assess the occurrence mechanisms of human error and to design preventive measures against human error, we believe that the economic way of thinking, which is founded upon the concept of "incentives," and the game theory way of thinking that considers the notion of strategic interdependency



among individuals are important. This is because we think that economics and game theory provide theoretical tools based on the concept of incentives to understand why people choose certain actions and thus offer a framework that can be applied to formulate solutions for this problem.

The research was conducted to claim the efficacy of the way of thinking used in the field of economics and game theory when analyzing occupational accidents and drawing up preventive measures. Although a preliminary version of this idea can be seen in the paper published by Hausken (2002), the idea remained highly abstract [3]. This is the first step of a series of research that aims to develop practical applications of this idea.

## METHODS

First, data on actual cases of occupational accidents involving human error were collected and organized. Various reports on occupational accidents, compiled in a database of accidents reported in Japan, were examined and occupational accidents that were caused by human error or organizational error were extracted. Information on the extracted accident cases such as the background of the accident, sequential development of the accident, details of human error, etc. were then organized. These were further categorized to reveal the occurrence patterns of the accidents.

Next, the basic idea behind the way in which the way of thinking used in the field of economics and game theory can be applied to the observed occurrence patterns of the accidents for formulating preventive measures, is organized and explained.

## CASE STUDIES OF OCCUPATIONAL ACCIDENTS

Cases of occupational accidents recorded in the three databases listed below were chosen as the population of the study.

① RISCAD: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) and Japan Science and Technology Agency (JST)

② PEC-SAFER database: Petroleum Energy Center (managed by Japan Petroleum Energy Center since April 2011)

③ Failure Knowledge Database: Japan Science and Technology Agency (JST) (managed by Hatamura Institute for the Advancement of Technology since April 2011)

Cases of occupational accidents in each of the three databases were searched using keywords such as "human factor" and "human error" and a total of 212

such cases were found. Their breakdown was 38 cases in database ①, 154 cases in database ②, and 20 cases in database ③. Due to the characteristics of the databases, accidents included as the population of this search were confined to primarily chemical related accidents.

Of the total 212 cases of occupational accidents, 155 were judged from information written on the report as accidents that were due to strong influence of chance and were therefore excluded from further examination. This left 57 cases of accidents for categorization. Examples of the accidents are shown in Table 1.

The cases were categorized according to the cause of occupational accidents. The cause of occupational accidents which was frequently raised by the incident reports are listed in Table 2. The five most frequently stated causes of accidents are examined below.

Table 2: Patterns of human error

Items	Cases
Lack of communication	21
Habituation	14
Inadequate staffing	6
Lack of training and/or ignorance	27
Misjudgment due to unwarranted assumptions	7
Breach of internal regulations	9
Lack of internal regulations	13
Inadequate safety measures at the corporate level	4
Violation of law	2

### Lack Of Training And/Or Ignorance

There were many accidents that were thought to be caused by lack of knowledge such as operational procedures that the personnel in charge of the operation are reasonably expected to have knowledge of. This explanation goes hand in hand with the interpretation that the management had not trained their employees on indispensable knowledge. The thinking behind the solution that says that if lack of knowledge was the problem, teaching would be the answer, is simple and can easily be understood. However, the problem is not that simple. This is because simply having knowledge of something has no direct link with preventing accidents. Every driver knows that driving 100 km/h on an ordinary road is dangerous. However, despite this knowledge, people drive over 100 km/h for various reasons.

### Lack Of Communication

Lack of communication typically appeared in the form of insufficient exchange of information. Unshared information among workers within the same department, among different departments within the

Table 1 Examples of the accidents

ID	Title	Type of human error	Human error (in detail)
RISCAD 7276 (1984/6/4)	Fire erupted during reconstruction work of an oil tank at the oil refinery.	Lack of communication	① Insufficient exchange of information between the operator and safety personnel. ② When discussion was held on work that required the use of fire, it was unattended by the person in charge of the reconstruction work from the facility management side. * Routine work using fire, habituation, and indifference towards the management of hazardous materials.
PEC-SAFER 00340 (1996/9/24)	Eleven people were poisoned due to ammonia leakage.	The valve was opened by mistake (without confirmation).	* While loosening the flange in the line, a different operator opened the valve on the ammonia tank (lack of instruction and communication)
PEC-SAFER 00148 (1987/6/11)	Fire due to smoking while cleaning sludge inside a crude oil tank.	Smoking while handling hazardous materials.	* Smoking while inside the tank of hazardous materials / routine and habituation (employee of a cooperative company)
PEC-SAFER 00308 (1985/12/21)	Large-scale fire due to explosion of petroleum products storage facility.	Liquid level inside the tank was not controlled. Wrong assignment.	* Two workers did not notice overflow from unloading tank. (lacked awareness that they were handling large quantities of hazardous materials, habituation)
RISCAD 07272 (1997/11/11)	High temperature pump of a vacuum distillation device exploded at the oil refinery	Lack of communication (unreliable communication)	① Unclear transmission of basic procedures *** clear on-site transmission ② Insufficient OJT for new employees (one year field experience) * Teach operation along with its reason

same firm, and between companies (typically with cooperative companies), became the cause of an accident. Three explanations as to why information may not be shared are raised as an example. ① Since exchange of information takes time, the workers omit to do so. Especially when the worker was to leave the field after the exchange of information, maybe the worker becomes (though nonconsciously) somewhat careless. ② The worker mistakenly assumes that information that needs to be shared has already been shared. The worker makes the assumption (either consciously or nonconsciously) that whatever the worker knows must also be known by another. ③ The worker lacks understanding of the importance of information sharing. And for this reason, the worker had never even thought about checking whether information is shared or not.

**Habituation**

Even when the worker was engaging in activities that entail high risks when viewed objectively (such as short cut behavior and breach of rules), if the same action was repeated every day and days passed without an occurrence of an accident, the worker might begin to suppose that the high risk action cannot become the cause of an accident since it had

not caused one all this time, and as a result, it might work to reinforce the high risk activity. In the case where it is handling of chemical substances, even when the substance is actually hazardous and must be handled with plenty of care, it is not difficult to imagine that as constant handling of the substance continues, one might begin to feel as if there were no danger in handling the substance.

**Lack Of Internal Regulations**

This was the case in which the scope of work and work procedures were not clearly defined. This cause was often pointed out in accidents where lack of communication had also been attributed as one of the causes. The understanding behind this is that the lack of predefined rules regarding information sharing (the types of information to be shared, with whom, at what point, and how it should be shared) was the source of the problem. It is easy enough to point out the lack of regulations after the accident. However, it can be less than apparent as to what should be specifically included in the rule when the accident is yet to occur.

**Breach Of Internal Regulations**

This reason was often pointed out along with misjudgment due to unwarranted assumptions. It can

be inferred that assumptions such as it is all right, it is safe, there should be no problem with this operation, etc. all led to the conception that breach of regulation should pose no threat. There is also another commonly used reasoning which is that compliance entails cost. In this case, the cost does not always imply monetary costs. Generally speaking, compliance often demands physical, psychological, and time burden. Thus, it is thought that people breach regulations simply to avoid such burden.

### **INCORPORATION OF INCENTIVES IN THE ANALYSIS**

From here on, example analyses of occupational accidents using the economic way of thinking centering on the concept of incentives and the game theory way of thinking that deals with strategic interdependence are presented. The content of this section is indebted to Hausken (2002) [3].

#### **CHANGING THE DEFINITION OF COST**

When cost is mentioned, a large number of safety researchers seem to consider cost only in terms of monetary costs. However, costs cannot be limited to monetary costs. As pointed out in the previous section, compliance often demands physical, psychological, and time burden and these are also costs. On the other hand, greater disaster risk due to breach of rules is also a part of the overall cost. Actions of managers and workers are presumably intended to minimize this overall cost. In short, not only in monetary terms, but various costs are working as incentives to influence human behavior.

#### **Considering The Length Of Relationship Among Concerned Parties**

When it is apparent that the relationship is only temporary, the possibility of not being able to achieve cooperation (in this case, to take safety behaviors together) is high. It is not easy to establish cooperative relationships with people one may never have to work together again after the current (one time only) relationship. This is because cooperation generally entails burden. When the relationship is expected to last for a long time, cooperation might be achieved. This idea is formalized as the folk theorem. Even in analyzing occupational accidents, the relationships among concerned parties, especially whether the business relationship is expected to continue or not, must be taken into consideration.

#### **Considering Information Held By The Concerned Parties**

Normally, managers and workers do not completely know what type of person others are (for example, job competency, ability to assess disaster risks, discounting of the future, and physical fitness). In a situation where worker "A" does not know what type of person co-worker "B" is and thus impossible for A to predict B's next action and A's next action was to change depending on B's next action, to predict A's next move, one must know A's prediction of B's actions.

### **Incorporating The Thinking Of The Principal-Agent Theory**

Normally, workers work for corporate managers to receive pay in return. However, since it is difficult for corporate managers to directly observe the work performance of its workers, the workers have the incentives not to make the best effort. Under this circumstance, corporate managers need to create internal systems designed to generate incentives for the workers to strive for the best. The principal-agent theory formalized such problem. In the context of occupational accidents, workers must be given adequate incentives to select safety behaviors (or not to take unsafe behaviors).

### **CONCLUSION AND FUTURE PLANS**

In this research, we indicated the importance of incentives when studying the causes of human error in occupational accidents. Based on the results of this research, we are planning to construct a model that can be used to quantitatively simulate occurrences of human error.

### **ACKNOWLEDGEMENT**

This paper is a partial result of an ongoing research supported by the Health and Labour Sciences Research Grant as a Research on Occupational Safety and Health: Development of a Human Error Probability Quantification Method Based on Economic Game Theory (H22-Rodo-Young-007).

### **REFERENCES**

- [1]T. Bedford and R. Cooke, Probabilistic Risk Analysis : Foundations and Methods, Cambridge University Press, 2001.
- [2]M. Takagi, "Measures to prevent human error in the low-rise housing construction", Journal of Japan Society for Safety Engineering, Vol. 50, No. 4, pp.211-218.
- [3]K. Hausken, "Probabilistic risk analysis and game theory", Risk Analysis, Vol. 22, No. 1, pp.17-27, 2002.

## インセンティブ（誘因）概念によるヒューマンファクターの理解 ：事故再発防止に向けて

(独) 産業技術総合研究所 安全科学研究部門

牧野良次, ○松倉邦夫, 和田祐典, 和田有司

横浜国立大学大学院

熊崎美枝子

Understanding of Human Factors by the Incentive: For Prevention of Accidents

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Ryoji Makino, Kunio Matsukura, Yusuke Wada, Yuji Wada

Yokohama National University

Mieko Kumasaki

キーワード：ヒューマンファクター、インセンティブ、規則違反、慣れ

Keywords : Human factors, Incentive, Rule violation, Experienced

### 1. はじめに

労働災害発生抑制の観点から化学災害をはじめとした既存の事故データベースの事故事例を精査してヒューマンファクターを抽出し、事故原因の背後に潜むインセンティブ（誘因）の側面から不安全行動の要因を探った。事故関係者によるどのような行動をターゲットとしてインセンティブ設計（アメとムチ）をすべきなのかという観点から見た事故再発防止の取組みの経過について報告する。

### 2. 新しい観点からの労働災害事例分析

各種の事故分析手法やツールでは、人的要因や組織要因を事故原因として抽出するという作業が既に行われている。例えば、一般に「なぜなぜ分析」や、産業技術総合研究所の「事故分析手法 PFA (Progress Flow Analysis: 事故進展フローを用いた事故分析)」などでは事故の根本的な原因を検討した結果、しばしば人的要因や組織要因の存在が浮き彫りになる。

しかしながら、たとえ人的要因や組織的要因の存在を認識するに至ったとしても、その改善策を実行しようとする際に解決すべき問題が色々と待ち構えている。

今回の新たな観点である“インセンティブ”とは「人々の意思決定や行動を変化させるような要因」のことである。「ある人がある行動をとった背景には、その行動をとるインセンティブがあった」と考える。作業者が被災リスクの高い行動をとったならば、その背景にはそうするインセンティブが働いていたと考える。当事者は自分がインセンティブに反応していることに自覚的である場合もあれば、無自覚である場合もある。事故を分析する際に、単に「...という行動に問題があった」と指摘するだけでなく、もう一步踏み込んで「その行動をとったのは、作業者にどのようなインセンティブがあったからなのか」という視点を持たない限り、真の事故原因は見えてこないのではないかと考える。

また、既に発生した事故原因を考察する場合だけでなく、これから起こる（潜在的な）事故予防対策を講じるためにもインセンティブの考え方は必須である。対策を立てても、皆がそれを実行に移すかどうかは別問題である。適切なインセンティブ設計によって対策を確実に実行させる工夫が必要となる。インセンティブは必ずしも金銭や物品等に限らない。たとえば、昇進、名誉といったものもインセンティブになり得る。事故予防対策は、その工夫がない限り真の本質的な事故防止策にならない可能性があると考えられる。

## 2.1 インセンティブの例

交通事故事象での話置き換えると、インセンティブの“アメ”部分として「ゴールド免許」（1994年5月施行）の制度がある。この制度において、更新期間延長による実質的更新手数料の軽減、任意自動車保険料金の軽減（一部の業者）が行われた。しかしながら、これにより交通事故（死亡）の大幅な減少には繋がらなかった。

一方、インセンティブの“ムチ”部分としては、道路交通法の「改正道路交通法」（2002年6月施行）での飲酒運転の罰則等の強化、さらに「自動車運転過失致死傷罪」「危険運転致死傷罪」「飲酒運転に関する厳罰化」（2007年9月施行）その後の罰則等の強化での①飲酒運転者への罰則強化 ②周辺者への罰則の新設などがある。これにより飲酒運転による死亡事故は、10年前（1997年時点）の約3分の1に減少した。

しかしながら、厳罰の中で新たな問題点が生じた。それは“危険運転致死傷罪”の適用を恐れて逃げる事例が出てきたことである。ここでは、インセンティブ（アメとムチ）の方策、重さ、対象範囲などのバランスに難しさがあることを指摘するに留めておく。

本研究の軸は、ヒューマンエラーの原因分類で①意図しない行動と、②意図的行動に分類した上で、「違反行動タイプ」にどのようなインセンティブが作用しているか？というところにターゲットを絞り込み解析を進める。（表1）

表1. ヒューマンエラーの原因分類<sup>1)</sup>

No.	タイプ	詳細
①	意図しない行動	うっかり（忘却、看過、誤判断）、考え不足（浅慮、無思慮）、惰性（思い込み、習慣）、自失（不判断、未知遭遇）など
②	意図的行為：違法性認識あり（バイオレーション、サボタージュ）	規則（ルール）違反：逸脱、無視、省略（近道）不遵守、無関心、横着（手抜き）、慣れ

## 2.2 事故事例の収集

事故収集の第一段階として、化学、石油、石油化学関係でそれぞれのデータベース<sup>2-4)</sup>から、ヒューマンエラーなどの事故事例を検索し、合計212件が抽出された（重複を含んだ件数）。それらの事故報告を詳細に読み、そのうち純粹なうっかりミスと考えられるものや偶然要素が高いと考えられるものを除外した“57事例”について、(1)事故原因の概念モデルによる分類、(2)エラー内容による分類を行った。

第二段階では、全業種（機械、建設、航空・宇宙、金属、電気・電子・情報、自動車、食品、電力・ガス、鉄道、原子力、船舶・海洋、その他；化学、石油、石油化学を除く）の948件の事故事例について、ヒューマンエラーなどの事故事例を検索し、“103件”が失敗知識データベースから抽出され同様の分類を行った。

## 2.3 事故事例の分析

事故事例における人的要因、組織要因の記述を系統立てて整理する方法として、以下に述べるアプローチをとった。『原子力・航空・鉄道・化学・宇宙開発分野の事故・トラブル98事例から学ぶ巨大システム事故・トラブル教訓集』<sup>5)</sup>は、分野横断的に事故原因の体系化を図ることを目的とし、Frank H. Hawkinsによる「SHELLモデル」をベースに、「装置・設備」「人間」および「組織」という3要素から巨大システムが構成され、その外側に「社会」が存在するというモデルを提示している。本研究では、上記の4要素にさらに「化学物質」を加えて作成された“事故原因の体系化モデル”<sup>6)</sup>に基づいて事故の分類整理を行うことを試みた。このモデルでの分類作業では、より幅広い視点でその要因を読み取ることで事故内容を包括的に整理できる。

事例：パージ不十分による連続抽出機の点検作業中の爆発・火災（1991.12）

（概要）ヘキサン抽出装置が故障し、修理のため換気を開始した。不十分な換気のため、ヘキサン蒸気が可燃性混合気となって機内に残留した。その後機内に入り、作業開始したら静電気により着火、爆発が起こった。可燃性ガスや酸素濃度は未測定。  
死者数8名、負傷者数1名

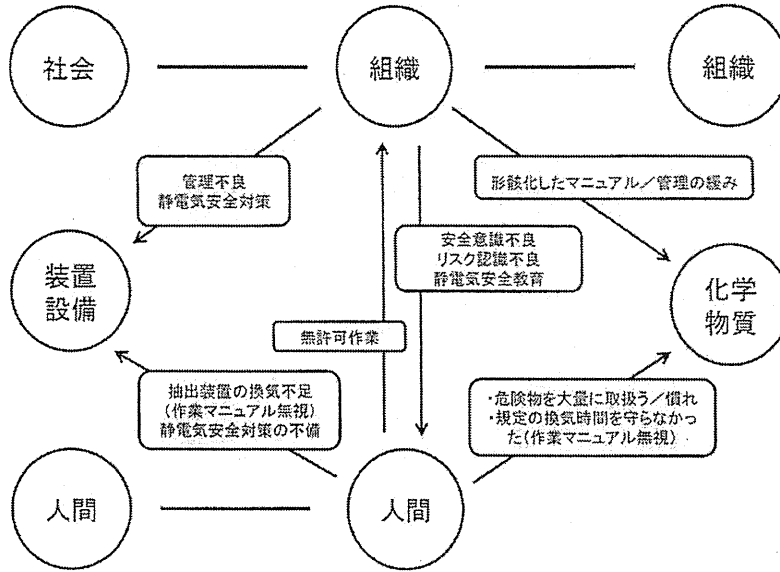


図1. 事故原因の体系化モデル分類例<sup>4,6)</sup>

図1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。また、どの要因とどの要因が関連して発生しやすいかという観点でも整理できる。

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。設備や化学物質のリスク評価をするだけでは不十分であり、リスク評価結果を周知して、そして作業者がそれを理解したことを確認してはじめて、事故予防対策としての実効性が期待できる。

インセンティブの観点からこの事故の原因に関する仮説を立てると、以下ようになる。

- ・常時、危険物を大量に取扱い作業していることから“慣れ”が生じ、注意するインセンティブが低下してしまったと考えられる。
- ・作業時間を短縮したい等の理由から、規定の換気時間を守るインセンティブが低下したと考えられる。
- ・許可を受ける手間を省きたい等の理由から機器内作業を無許可で行うインセンティブが上昇したと考えられる。

上記事例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設計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）について、今後、経済学的分析手法に基づいて検討する。

### 3. まとめ

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。事故報告書や事故事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ことが多い。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。しかし、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または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、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、有望なアプローチであり、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ので事故再発防止に繋がると考える。

今後、以下の点について、精査して行きたい。

- ①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。
- ②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。
- ③事故関係者のリスク認識の甘さ=“慣れ”が、インセンティブにどのように作用するのか。

### 謝辞

本研究は、厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業)「労働災害の発生抑制を目指した経済学(ゲーム理論)に基づくヒューマンエラー発生確率の定量化手法の開発とそのリスクアセスメントへの導入」H22-労働-若手-007の助成による成果の一部をまとめたものである。ここに謝意を表する。

### 参考文献

- 1) Reason, J., *Managing the Risk of Organizational Accidents*, Ashgate (1990)
- 2) 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
- 3) PEC-SAFER データベース: (財)石油エネルギー技術センター [2011年4月以降は、(財)石油エネルギー技術センター 運営]
- 4) 失敗知識データベース: (独)科学技術振興機構 [2011年4月以降は、畑村創造工学研究所 運営]
- 5) 『原子力・航空・鉄道・化学・宇宙開発分野の事故・トラブル 98 事例から学ぶ巨大システム事故・トラブル教訓集』(原子力安全基盤機構, 2009)
- 6) Katoh, K., Abe, S., Nishimiya, K., Higashi, E., Nakano, K., Uchimura, S., Owa Heisig, K., Ogata, Y., Wakakura, M., & Wada, Y., *Proc. 13th Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries*, pp.89-95, Belgium (2010)





## 事故データに基づくヒューマンエラー発生状況の調査

まき の りょう じ † ・ くま さき み え こ † †  
 まつ くら くに お † ・ わ だ ゆう じ †  
 牧 野 良 次 † ・ 熊 崎 美 枝 子 † †  
 松 倉 邦 夫 † ・ 和 田 有 司 †

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える。

キーワード：ヒューマンエラー，意図的的行為，非意図的的行為，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<sup>1)</sup>。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。2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。3節で調査方法を説明し、4節で結果を示す。5節は考察およ

† (独)産業技術総合研究所 安全科学研究部門：〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1

E-mail: ryoji-makino@aist.go.jp

†† 横浜国立大学大学院 環境情報研究院：〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-7



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<sup>2)</sup> 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<sup>3)</sup>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・情報処理的分類、行動面による分類、原因による分類などがある<sup>4)5)</sup>。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<sup>6)</sup>に基づいて事故事例を整理することにした（図 1）。

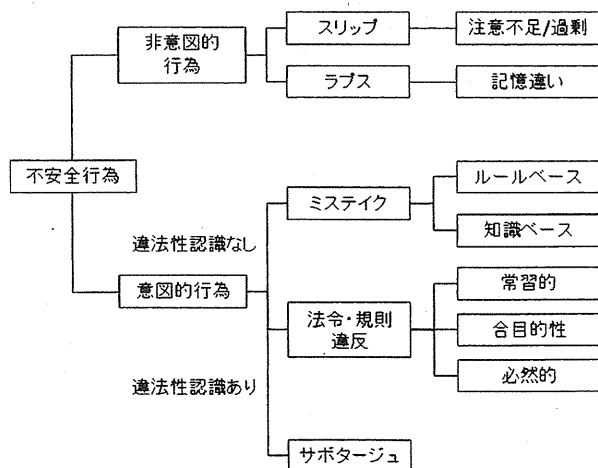


図 1 Reason (1990) による不安全行為の分類  
 (日本語訳は古田&長崎 (2007) の図表 9-7 を参考にした)

本稿において Reason の不安全行為の分類に基づいて事故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<sup>7)~9)</sup>、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<sup>9)</sup>、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故事例を収集した (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<sup>10)</sup>
- 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<sup>11)</sup>
- 失敗知識データベース: 畑村創造工学研究所<sup>12)</sup>

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1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の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1では「違法性認識なし」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も含めた。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い)。

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。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。次に、「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ことから推測によって「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<sup>13)</sup>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<sup>14)</sup>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2)。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。

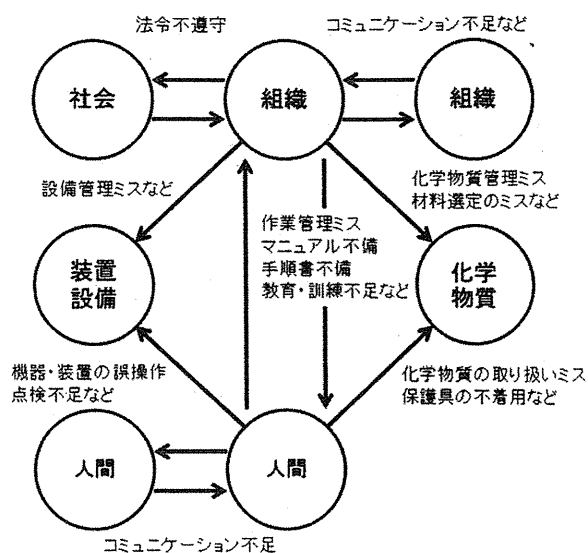


図2 事故の原因体系化モデル

### 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はなく、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」、「ミステイク」、「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が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

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、ミステイク、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3(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の行為27件(22%)、ミステイク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3(b))。分類なし事例の多くはミステイクに分類された。不安全行為や違反行為を、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為を行ってしまうケースがほとんどである。

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1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。

#### 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2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が多かった(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2 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)

( )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。

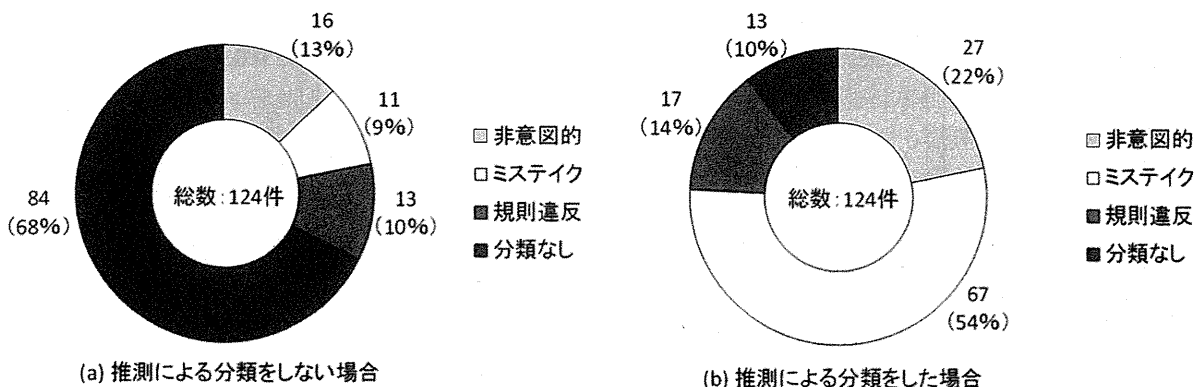


図3 ヒューマンエラーのタイプ別内訳

表1 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
ミスティブ	RISCAD 7276 (1984/6/4)	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パーシ不足(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	バルブを全閉したミス ・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	バルブ施工(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