

2011J0010A

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)

平成23年度 総括研究報告書

研究代表者 牧野 良次

平成24（2012）年 5月

## 目次

### I. 総括研究報告

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

牧野良次 .....1

### II. 分担研究報告

#### 1. 新しい観点からの労働災害事例分析

和田有司, 和田祐典, 松倉邦夫 .....49

#### 2. 国内外の政策動向の情報整理

熊崎美枝子 .....65

### III. 研究成果の刊行に関する一覧表 .....80

別添 研究成果の刊行物・別刷り

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）

総括研究報告書

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）

研究代表者

牧野良次：産業技術総合研究所 安全科学研究部門

研究分担者

和田有司：産業技術総合研究所 安全科学研究部門

和田祐典：産業技術総合研究所 安全科学研究部門

熊崎美枝子：横浜国立大学大学院 環境情報研究院

研究要旨

本研究の目的は，労働災害に関する危険性・有害性等の調査（リスク評価）における災害発生確率の評価精度向上と労働災害による死傷者数の減少に貢献するため，経済学（経済学的思考法の必要性は後述する）における最重要概念である「インセンティブ（誘因）」の考え方を理論的基礎として，ヒューマンエラー発生確率の定量化手法を開発することである。平成23年度では，「研究項目①新しい観点からの労働災害事例分析」として事故事例データベースからヒューマンエラーに関連する498件の事故事例を抽出し人的要因・組織要因に着目した事故分類を行った。「研究項目②ヒューマンエラー発生メカニズムの経済学的分析」では，ヒューマンエラー発生メカニズム分析の一例として，「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—」と題した研究を行い，労働災害において「インセンティブ」という考え方を適用することの有効性を示すことができた。「研究項目③国内外の政策動向の情報整理」では諸外国の労働安全衛生関連法規等を分析した。

A 研究目的

日本における労働災害死亡者数は，厚生労働省による「平成22年における死亡災害・重大災害発生状況等について」等の資料が示すように，明らかに減少傾向にある。災害の減少には機械安全の進展が大きく貢献していると考えられている。しかしながら，いまだ年

間およそ1,200人の労働者が労働災害で亡くなり続けているのが現状である。機械安全の向上に努力し続ける一方で、労働災害死亡者数のさらなる減少を達成するには、事故原因としての「人的要因」や「組織的要因」について検討し、それらに対処する必要があるという認識が産業界や学界で共有されつつある。

各種の事故分析手法やツールでは、人的要因や組織的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、一般によく知られている「なぜなぜ分析」や、産業技術総合研究所安全科学研究部門が提唱している「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）」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的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待ち構えている。それは「インセンティブ（誘因）」の問題である。インセンティブは経済学における基本概念であり「人々の意思決定や行動を変化させるような要因」のことをいう。

経済学では基本的に「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。労働災害の文脈でいうと、労働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、労働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。

既に発生した事故の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）事故の予防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。例えば「なぜなぜ分析」等で潜在的な事故原因として人的要因や組織的要因を抽出し、事故予防のために実施されるべき対策が明らかになったとする。しかしながら、その対策が何者かによって実行に移されると期待できる根拠は必ずしもない。言い換えると、その対策を実行に移すインセンティブを誰かが持つという保証は必ずしもない（そもそも、適切な対策の立案に努力するインセンティブすら、誰も持っていないかもしれない）。その場合「アメやムチ（＝インセンティブ）」を利用して対策を実行させる工夫が必要になるのであり（アメやムチは必ずしも金銭や物品等に限らない。「名誉」といったものもインセンティブになり得る）、その工

夫がない限り対策は絵に描いた餅に終わる可能性がある。

実際に労働災害削減対策を立案する人であり、その対策を実行に移すのも人である。本研究は「人はインセンティブに反応する」という考え方を軸として人的要因・組織的要因に注目した労働災害発生メカニズムを考察し、ヒューマンエラー発生確率の評価方法を開発することを目的とする。経済学ではインセンティブに関する分析についての知見が蓄積されており、我々はそれが労働災害分析にも利用できる、また利用すべきであると考えている。これが従来研究にはなかった我々独特の視点である。

そこで本研究では、労働災害に関する危険性・有害性等の調査（リスク評価）における災害発生確率の評価精度向上と労働災害による死傷者数の減少に貢献するため、経済学（経済学的思考法の必要性は後述する）における最重要概念である「インセンティブ（誘因）」の考え方を理論的基礎として、ヒューマンエラー発生確率の定量化手法を開発する。

平成22年度は第B節で詳述するように「新しい観点からの労働災害事例分析」、「ヒューマンエラー発生メカニズムの経済学的分析」、および「国内外の政策動向の情報整理」を実施した。

## B 研究方法

### B-1 概要

本研究では経済学的分析手法を用いてヒューマンエラー発生メカニズムを解析し、発生確率の定量化手法を解析する。ヒューマンエラー発生確率が「従業員や経営者といったステークホルダーの『駆け引き』の結果に依存して変化する」と理解し、モデル化する点が、先行研究とは異なる本研究の特色である。これはエラー発生メカニズムを理解するひとつの強力な方法と期待され、本研究が経済学的分析手法を導入する理由である。

経済学的分析手法の有用性を示す一例を以下に示す。今日、就業形態の多様化から非正規雇用者の割合が増加しているが、正規と非正規の雇用者では労働に関するインセンティブが異なる。例えば、労働経済学的には「非正規雇用者は、次期の再雇用確率を高めるために生産性を優先し、安全性に注意を払わない傾向がある」と予想されている。従業員や経営者等がもつインセンティブとヒューマンエラーとの関係を経済学（ゲーム理論）の手法でモデル化する試みは既存の労働災害研究にない独創的な視点であり、この研究により従来とは異なる安全対策のアイデアが生まれることが期待される。なお、本研究は錯視とい

った人間工学的な研究とは異なる。

## B-2 各研究項目の詳細

本研究は全3年間で実施する予定であり（平成22、23年度については実施済み。当初3年間の計画であったが継続不可となったため本年度で事業終了）、次の6つの研究項目に分かれる。

- ① 新しい観点からの労働災害事例分析の実施（和田）
- ② インセンティブとヒューマンエラーの関係を経済学（ゲーム理論）の分析手法を用いてモデル化（牧野）
- ③ 統計分析、経済実験等によるモデルの検証（牧野）
- ④ 過去に起きた労働災害事例のケーススタディ（牧野，和田，熊崎）
- ⑤ ヒューマンエラー発生防止対策のマニュアル化（牧野，和田，熊崎）
- ⑥ ヒューマンエラー発生防止対策に関する国内外の制度の情報収集と比較（熊崎）

以下、各研究項目について具体的に説明する。平成23年度以降に実施予定である研究項目についても併せて説明した。

### 研究項目① 新しい観点からの労働災害事例分析（和田）＜H22年度＞

「この事故が起きたのは、どのようなインセンティブが働いた結果なのか？」という新しい観点で労働災害事例を解析することにより、「インセンティブ」と「事故」との因果関係のパターンを収集することが第一段階として必須である（例：従業員が安全規定を順守していなかったならば、彼らがそうするに至ったインセンティブ、およびその行動が労災の発生に与えた影響を資料から明らかにする）。産業技術総合研究所では、和田を中心に「リレーショナル化学災害データベース」の運営に取り組んでおり、労働災害事例の検討や事故フロー進展図の作成の十分なノウハウを持ち、所蔵資料も豊富である。

### 研究項目② ヒューマンエラー発生メカニズムの経済学的分析（牧野）＜H22～H23年度＞

「ゲームの解（ナッシュ均衡）」としてエラーが発生するように事故関係者間の関係をモデル化する。例えば「囚人のジレンマ」ゲームは「人がインセンティブに従って行動した結果、社会的には望ましくない事態（本研究での労働災害にあたる）が生じる」様子をモデル化している。以上のような既知の理論を労働災害に応用して、エラーの発生をモデル

化する。ヒューマンエラー発生確率の低減対策を考えるには「安全文化の評価項目（例：上司と部下の間の風通しがよい）」が手掛かりになる。ただし、安全文化の議論では「風通しがよい状態を実現するための方法」の提案が不十分である。本研究でモデル化されるエラー発生メカニズムを応用すればエラー防止対策（エラーが少ない状態）の理論的な導出が可能となる。つまり、本研究を安全文化の議論を理論的に補完するものとして位置付けることもできる。

#### 研究項目③ モデルの検証（牧野）＜H23年度＞

個別企業データ（東洋経済「CSR企業総覧」など）を使ったマイクロ計量経済分析によってモデルの検証およびヒューマンエラー発生確率の定量化を行う。不足するデータは企業へのアンケートや個別聞き取り調査で補う。また、経済理論を実証する最新の手法である「実験経済学」の手法を取り入れることも検討する。

#### 研究項目④ ケーススタディ（牧野，和田，熊崎）＜H23～H24年度＞

本研究で開発した手法を用いて過去実際に発生した労働災害を再考し、その生起メカニズムの記述とエラー防止対策の導出を行う。いくつかのケーススタディを実施し、本研究の有効性を示す。

#### 研究項目⑤ マニュアル化による普及（牧野，和田，熊崎）＜H24年度＞

研究の成果を、企業の安全担当者が簡便に利用できるような「ヒューマンエラー発生確率評価手法」「エラー防止対策」として整理し、普及を目指す。

#### 研究項目⑥ 国内外の政策動向の情報整理（熊崎）＜H22年度＞

ヒューマンエラー発生防止対策に関する国内外の制度の情報収集と比較を行う。法制度の新設や修正を検討するための基礎情報とする。この研究項目実施のためには、海外での現地調査および関連文献の翻訳が必要となる。

### C 研究結果

研究成果として Makino et al. (2011), Makino (2011), 牧野ら (2011), Makino (投稿中) を発表している。以下ではそれらについて報告する。

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

## Occupational accident analysis with the notion of “incentive”

Ryoji Makino\* Mieko Kumasaki\*\* Kunio Matsukura\* Yusuke Wada\* 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

\*\* Department of Safety Engineering, Yokohama National University, 79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501 Japan, 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.

①RISCAD: 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 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

**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 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.

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）.

## 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りなく、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に置き換えると、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2007年における飲酒運転による死亡事故は10年前の1997年と比較して約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、そのうち純粋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>4,6)</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。

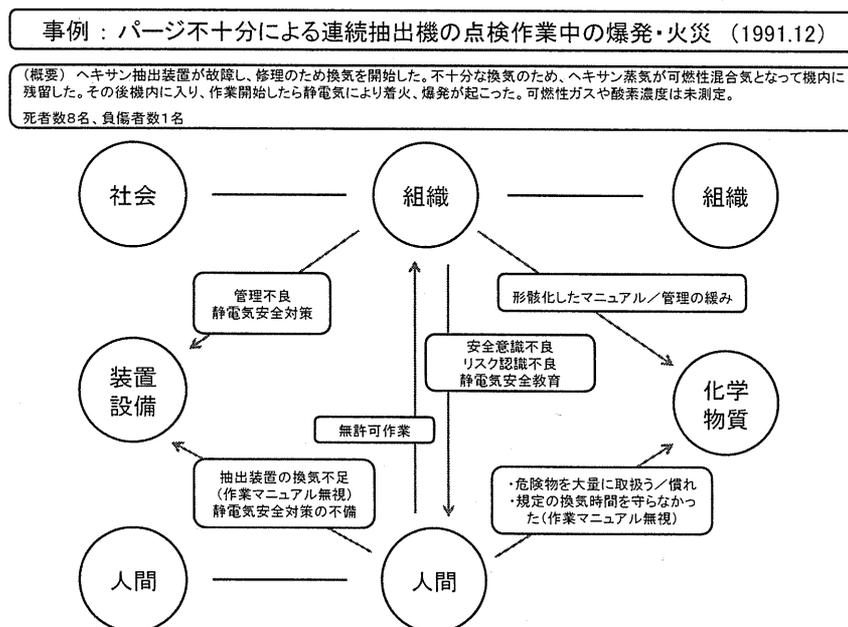


図1. 事故原因の体系化モデル分類例<sup>4,6)</sup>

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者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行えばよいのか（＝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と思う。

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。

#### 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)

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

Are Flexible Workers Truly More Accident-prone? New evidence from Japan

#### Abstract

Numerous studies have investigated the greater frequency of occupational accidents on the part of flexible employment workers (FWs), in comparison to permanent employees, and it is unclear whether the mere fact of being an FW contributes to this greater incidence. Although these studies conducted detailed statistical analyses, some important confounding factors respecting workers' occupational accident involvement risk were not included in the analyses, probably owing to database limitations. The aim of this study is to reconsider the factors influencing workers' occupational accident involvement risk using characteristics data respecting 2,882 Japanese workers and their firms, collected through an Internet survey, which contain newly introduced variables. In summary, our findings suggest that: (i) being an FW *per se* does not affect the accident involvement frequency; (ii) neither increased worker job experience nor safety training necessarily decrease workers' chances of accident involvement; (iii) workers' proneness to accidents seems to have no bearing on accident involvement risk, except in the case of construction workers; (iv) a worker witnessing someone being punished for rule violation or injured in occupational accidents has no influence on accident involvement reduction; (v) occupational accidents tend to happen in workplaces where the company's rules are violated; (vi) safety patrols by managers, and the introduction of an occupational health and safety management system, would be effective in occupational accident reduction. These findings may suggest that measures to develop organizational effectiveness respecting safety would be more effective than those to develop personal ability, in occupational accident reduction.

Keywords: Occupational accidents; Flexible workers (FWs); Permanent workers (PWs); Accident proneness; Cognitive failures questionnaire (CFQ).

#### 1 Introduction

The number of workers hired as flexible employment workers (e.g., dispatched workers, contract workers, and part-time workers) has been growing in the labor market of Japan. The proportion of flexible employment workers (hereafter FWs) rose from 10.3% in 1994 to 13.7% in 2009. The