



# 安全安心社会研究

[ 第 1 号 ]

2011 年 3 月

長岡技術科学大学  
安全安心社会研究センター

# 「安全安心社会研究」創刊にあたって

長岡技術科学大学

安全安心社会研究センター長 三上喜貴

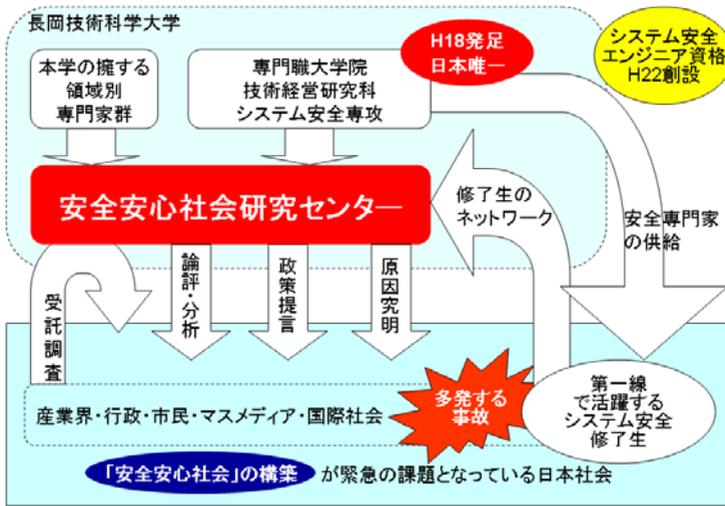
長岡技術科学大学は、2006年4月、専門職大学院として、技術経営研究科システム安全専攻を創設した。同専攻は、国際的なシステム安全の諸原則に基づく専門家養成プログラムとして、日本で初めて、かつ唯一の存在であり、また、2008年3月には教育プログラムが完成年度を迎え、システム安全専門家の第一世代を社会に輩出することになった。

この機をとらえ、システム安全の専門家集団としての教員団の知見と社会の第一線で活躍する修了生を中心とする人的ネットワークを生かして、製品や施設で発生する事故や安全管理に関する第三者専門家の立場からのタイムリーな論評・分析、安全安心社会構築のための政策提言等の情報発信を行うとともに、幅広い調査研究を行う組織として、2008年4月1日に、「安全安心社会研究センター」を設置した。このセンターは、具体的事業として、以下の事業を行うこととしている（次ページの図参照）。

- (1) 事故に関する調査分析とその成果の公表
- (2) 安全安心社会の構築のための調査研究事業
- (3) 安全安心社会の構築のための啓発、社会人教育事業
- (4) その他前条の目的を達成するために必要な業務

具体的には、シンポジウムの開催、事故や安全問題に関する論評・分析及び政策提言、事故原因調査、安全問題全般、政策提案などに関する

受託調査、定期的刊行物の発行、事故情報の収集とデータベース構築などを行うこととしており、既に数回にわたる講演会の開催、ホームページを通じた情報発信、各種の媒体を通じた事故分析報告などを行ってきた。また、修了生の中から選任された客員研究員による、安全安心社会研究センターの活動の一環としての講演なども実施してきたところである。



安全安心社会研究センターの概念図

本誌「安全安心社会研究」は、このセンター構成員の活動成果を広く内外に紹介するとともに、安全安心社会に関する学内、学外の研究者間での研究成果の発表や情報共有を図るプラットフォームとしての役割を果たすことを意図して発行するものである。当面、以下のような方針で編集を行っていく方針である。

- 安全安心社会に関する多様な研究分野を対象とする。労働安全、製品安全に関わる安全だけでなく、食の安全、防災、防疫などを含む、広い範囲の安全を対象とする。

- 社会的関心度の高いトピックス的なテーマと、理論的なテーマを織り交ぜて、また、専門性を保ちつつもなるべく平易な表現を用いるよう心がけ、一般読者にとっても、また安全の専門家にとってもそれぞれに魅力ある誌面とする。
- 論文、総説は複数の視点からの評価を反映するよう、相応しい査読の仕組みを設ける。

本創刊号においても、労働災害、火災・爆発、製品事故をはじめとする各種の事故に加え、口蹄疫、食の安全、自然災害への対応など、幅広い安全問題がテーマとして取り上げることができ、また、社会的な関心の高いテーマから、やや理論的な古典再読、統計データ解説など、幅広い読者を対象とした編集を行うことができたと考えている。

とはいえ、なにぶん初めての試みであり、その編集方針についても暗中模索しながらの創刊ではあるので、安全安心社会の構築という関心を共有される学内外の専門家、読者のご意見、ご協力を得て、今後、内容の充実を図っていききたいと考えている。

\* \* \*

なお、こうして創刊号の発刊準備を進め、校正も終わりかけていたところで、3月11日の東日本太平洋沖地震が発生し、未曾有の規模の津波と、それに引き続く福島第一原子力発電所の事故という複合災害が発生した。創刊号では、この大災害に対する分析を行う時間がなかったが、今後、安全安心社会研究センターの活動の重要な課題として取り組み、随時、その成果を発表していくこととしたい。

---

1) <http://safety.nagaokaut.ac.jp/~safety/>

## 参考 長岡技術科学大学における安全安心社会の構築に向けた取り組みの歩み

年	本学関係事項	社会全体の動き
2001年 (平成13年)	機械安全に関する社会の動向を踏まえて機械安全工学（寄附講座）設置	3月 平成13－17年度科学技術基本計画の理念として「安心・安全で質の高い生活のできる国」が盛り込まれる 5月 厚生労働省より「機械の包括的な安全基準に関する指針」
2002年 (平成14年)	4月 大学院工学研究科機械創造工学専攻に「機械安全コース」を設置	
2003年 (平成15年)		5月 専門職大学院設置基準機械安全の基本国際規格ISO12100（機械類の安全性－設計のための基本概念、一般原則）発行
2004年 (平成16年)	3月 機械安全コースの第一期生修了	4月 文部科学省「安全・安心な社会の構築に資する科学技術政策に関する懇談会」報告書 12月 ISO12100に基づきJIS B 9700制定
2005年 (平成17年)		労働安全衛生法が改正されリスク評価が義務化される（翌4月1日施行）
2006年 (平成18年)	4月 専門職大学院として技術経営研究科システム安全専攻を創設	技術経営関係専門職大学院10校によりMOT協議会発足
2007年 (平成19年)		
2008年 (平成20年)	3月 システム安全専攻の第一期生修了 4月 学内共同教育研究施設として「安全安心社会研究センター」設置 4月 大学院博士後期課程情報・制御専攻に「安全工学コース」を設置	
2009年 (平成21年)	9月 安全安心社会研究センターに客員研究員制度を設ける	
2010年 (平成22年)	3月 システム安全エンジニア認定委員会（向殿征男委員長）との協力により「システム安全エンジニア資格制度」を創設し、第一回試験を実施	
2011年 (平成23年)	3月 「安全安心社会研究」創刊	3月11日 東日本太平洋沖地震発生



## 内容目次

「安全安心社会研究」創刊にあたって

事故分析と論評 ..... 1

口蹄疫と安全安心社会 ..... 59

大自然災害時にも安全安心な社会を求めて

— 災害診療支援システムの研究 — ..... 66

長期統計でみる日本社会の安全 ..... 80

【シリーズ：安全安心社会研究の古典を読む】

第1回：H・W・ハインリッヒの「産業災害防止論」 ..... 87

【シリーズ：海外書紹介】

第1回：カール・ウィーバー編「フード・インク〜

「工場型」農業のもたらす疾病、肥満、貧困が増えている ..... 101

【シリーズ：生活者の視線から】

第1回：私が見たアメリカの安全 ..... 111

# 事故分析と論評

## はじめに

第1部では、労働災害、鉄道・航空機・自動車の事故、火災・爆発事故、製品事故、医療事故など、様々な領域における事故事例の分析と論評を行った27編を掲載する。事故事例の大部分はわが国で発生した事故であるが、一部は海外での事故事例である。事故の発生時点からみると、基本的には近年話題となった事故を撮りあげているが、一部には一世紀以上前の歴史的事故も含まれている。

分析・論評は必ずしも事故の詳細な原因分析を目的として書かれたものではなく、事故から何を学ぶべきか、事故をいかなる視点から捉えるべきか、という点に重点をおいて書かれている。記事は執筆時点の順序に従って並べられているが、読者の関心に応じて記事を探しやすいように、次ページに領域別に分類した記事の掲載ページ索引を示した。複数の領域にまたがる事故は重複掲載した。

なお、本号に採録した記事はいずれも安全安心社会研究センターに所属する本学教員の執筆になるものであり、中央労働災害防止協会の発行する月刊誌『安全と健康』誌2009年1月号から2011年3月号の「事故災害写真館」に掲載された27編の記事を転載したものである。「安全と健康」誌上では、写真とともに掲載されたが、本誌では本文のみを掲載する。転載を許可された中央労働災害防止協会に御礼を申し上げます。

## 事故領域別索引

### 【労働災害】

- ・ ミキサー誤起動による労災事故 4
- ・ 大型重機転倒事故 16
- ・ 製麺機械による労災事故 28
- ・ 試運転中の発電機用ローター破損事故 30
- ・ 強風によるクレーン転倒事故 40
- ・ 船倉における酸欠事故 44

### 【火災・爆発・危険物事故】

- ・ ハイテク立体倉庫火災 8
- ・ 温泉施設ガス爆発事故 20
- ・ タンクローリー事故 22
- ・ スキューバ用タンク破裂事故 24
- ・ 化学プラントの大規模火災 32
- ・ ボイラー破裂事故の歴史 38
- ・ 120年前の二つの火災と電気安全 46
- ・ 地下送電線の爆発事故 50

### 【製品事故・生活空間での事故】

- ・ ジェットコースター脱線事故 14
- ・ 温泉施設ガス爆発事故 20
- ・ スキューバ用タンク破裂事故 24
- ・ 東通村岩屋風車倒壊事故 48
- ・ アミューズメント施設での乗客落下事故 52

**【航空機・鉄道・船舶・自動車事故】**

- ・ 余部鉄橋回送車転落事故 6
- ・ U Sエアウェイズ機事故 12
- ・ ロンドン列車衝突事故 18
- ・ タンクローリー事故 22
- ・ レクサスの大規模リコール 36
- ・ 湘南モノレール衝突事故 42
- ・ 船倉における酸欠事故 44
- ・ 中華航空機炎上事故 57

**【医療事故】**

- ・ 医療用ガス取違い事故 10
- ・ 人工呼吸器チューブの誤接続事故 34
- ・ 人工心肺送血ポンプのチューブ破損事故 54

**【自然災害への対応】**

- ・ 中越沖地震における事業継続マネジメント 26



## ミキサー誤起動による作業員死亡事故

杉本 旭・福田隆文 【安全と健康 2009年1月号掲載】

約18年前、東京湾横断道路工事現場で、ミキサー内に作業員がいるにもかかわらず起動され、死亡事故が発生した。作業後に忘れ物を取りに戻ったとき、いつもより早い時間に起動されてしまったという、いわば偶然が重なった結果であった。国際安全規格で求められている「安全の通報があって初めて起動を可能にする」設備、という視点で考えてみる。

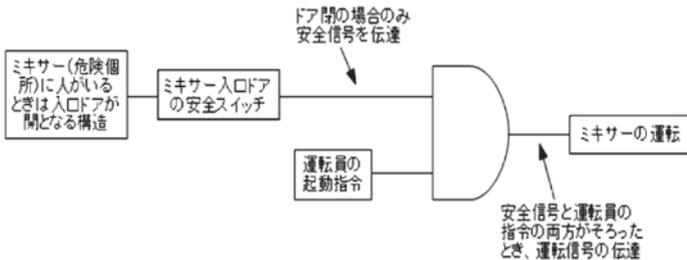
### 偶然が重なった事故

今では観光スポットとなっている「海ほたる」もある東京湾横断道路。この道路工事の東工事区域（川崎市川崎区の洋上）で、1990年10月29日午後1時45分ごろ、作業員2人の死亡事故が発生した。コンクリートミキサー（直径2m、高さ2.5m）内の清掃完了後、結婚指輪を忘れて取りに戻った作業員とそれについて戻ったもう1人の作業員が、たった数秒の運転ではあったが、不意に起動したミキサー内で頭や首を強打して、即死した。ミキサー内で作業するときは、「作業中」の札をかけ、運転員はこの札がかかっていることを確認してから起動することになっていた。この現場では、徹底した安全教育により、この手順は守られ、事実1989年5月着工後1年半は無事故であった。しかし、事故の日は、清掃作業が早く終わったが、(1) 作業後忘れ物を取りにミキサー内に戻り、(2) しかも、そのときに札を再度かけるのを忘れ、(3) 運転定刻前であるが札がないので起動した、ことが重なってしまった。

## 機械・設備にまかせる安全の仕組み

国際安全規格の考え方によれば、「安全の確認」があって初めて運転できる仕組みが組み込まれていることが必要である。札による「危険の通報」では、作業者が札の掲示を忘れれば起動が許可されるし、札がかかっているにもかかわらず運転員が見落とせばやはり起動されてしまう。安全教育で補って事故の発生確率を下げることはできても、根本的な解決にはならない。この事故であれば、ミキサーの入口ドアに、ドア閉のときのみ安全を通報し、それを受けたときのみ運転員の起動操作が有効となる仕組みを設置してあれば、事故は防げた。この仕組みの原理を図に示す。このように、「安全の通報に基づく起動の許可（通報が途切れれば、たとえ実際には安全でも起動しない）」と「危険の通報による起動の停止（通報が途切れれば、たとえ実際には危険でも起動できる）」では、雲泥の差がある。

この事故からすでに18年が経過しているが、作業現場では、いまだに作業者の注意に頼っている機械・設備が多い。しかし、作業者のミスは不可避であって、いずれ悪い偶然が重なり事故となる。国際安全規格ISO12100などの示す安全のつくり方に従った起動の仕組み、つまり「機械・設備にまかせる安全の仕組み」を取り入れ、安全性向上を図りたい。こうすることで、作業に専念できるようになるので、実は効率も向上可能となる。



安全信号の伝達による起動—安全確認型システム

## 余部鉄橋回送列車転落事故

福田隆文 【安全と健康 2009年2月号掲載】

旧国鉄時代最後の年末、山陰本線余部（あまるべ）鉄橋で回送列車が強風にあおられ転落し、乗務員と鉄橋下の工場の従業員計6人が亡くなった。裁判では、「基準風速を超えたのに当直列車指令員が適切に列車を停止させなかったこと」が原因であると判断された。労働現場においても、人の誤判断による事故はまれなことではない。この事故から学ぶ教訓は何であろうか。

### 風を軽視する慣行と転落防止柵のない鉄橋

余部鉄橋は大正時代に竣工したもので、朱色の鉄橋が周囲の景観とも相まって絶景スポットとなっている。現在掛け替え中であり、昨年はその最後の様子を撮影しようと、鉄道ファンが詰めかけた。鉄橋の両脇には列車転落防止の柵はなく、強度上の問題で追加設置もできないとされ、列車の転落の危険性を有していた。昭和61年12月28日、その当時の観測史上4番目の強風が吹いて、お座敷車両で編成された回送列車が転落した。

CTC（列車集中制御装置）センターでは、この鉄橋の運行停止基準（25m/秒）以上の風速になると、警報が鳴動し警告灯も点灯するようになっており、指令員はそれに基づいて列車停止措置をする規定になっていた。しかし、風速やその変化は、記録計の設置されている香住駅に間合せないと分からず、日常的に風速を問い合わせから列車停止の手配を行うのが慣行となっていたし、事故当日もそのようにした。裁判では、列車停止を素早く行うべきであり、また行えば列車は停止できたとして、指令員などを有罪とした。しかし、起訴された

3人の指令員がその慣行に従ったのは無理もないとして執行猶予を付した。

### 人による管理の難しさ

実は、事故1カ月前、2つある風速計のうち、大きな風速となる場所の一基が壊れ、未修理のままであった。また、以前は風速計と連動して列車停止の信号を直接出す仕組みになっていたのが、途中から運転指令員を介するようになった。この鉄橋は、強風にさらされるという地理的条件と転落防止柵がないという構造上の点から、他の場所の運転規制風速が30m/秒のところを25m/秒としていた。つまり、当初は風に対して配慮をしていたが、だんだんと曖昧になり、風速計の修理までも時間を要するような状況となっていたのである。やはり、人による管理には難しさがあり、この点は労働安全の分野でも共通である。

### 安全確認型のシステムが重要

安全のキーとなるポイントは、人による管理でなく、ハードウェアとして安全管理を極力組み込むことである。

さらに、前号（「ミキサ誤起動による作業員死亡事故」本誌4頁）で安全確認信号を得て運転するシステムの構築が大切と記した。この事例のように風速が大きいという危険状態を検知するシステムであれば、信号線の断線など考慮して、安全なほど高い出力（風速が低いほど高い電圧）が出るようにし、出力がある値以上であることをもって安全信号としたい。それが無理であれば、風速計測直後に、危険状態でない場合に「安全信号」への変換を行う（風速が25m/秒より低いときに「安全信号」を出す）こととし、以降「安全信号」がなければ運転が停止されるシステムとするようにしたい。

## ハイテク立体倉庫火災

門脇 敏・福田隆文 【安全と健康 2009年3月号掲載】

製缶工場のハイテク立体倉庫で、竣工半年後に火災が発生した。原因は、缶にポリエチレン製梱包材を巻く際に電熱ヒーターと接触し、ポリエチレンシートに着火した状態のまま倉庫に搬入されたことであった。この火災では、スプリンクラーが作動したが、火災を防止できなかった。スプリンクラーは法規より多く設置されていたが、当時の法規は立体倉庫のような充填率しゅうてんの高い状況を想定していなかった。この火災から、最新の状況や変化に対応して、リスクアセスメントを実施することの大切さを学ぶことができる。

### ハイテク立体倉庫で大規模火災

平成7年11月8日深夜、埼玉県にある製缶工場のハイテク立体倉庫で火災が発生し、約23時間燃え続け、全焼した。竣工後半年の最新式の倉庫であった。出火時に社員が現場に駆け付けると、高さ20m付近に止まった製品運搬用エレベーターの上方から炎が出ていた。初期消火を試みたが失敗し、消防署へ通報した。このとき、倉庫に設置されていたスプリンクラーは作動したが、火災を防止できなかった。消防隊は、車両44台、消防士等410人で消火活動を行ったが、困難を極めた。火勢は予想を上回り、退避が遅れた消防士2人と立体倉庫の技術者1人が死亡した。

この火災は、最新式のハイテク倉庫で起こり、被害が大きかったことから、自治省（当時）消防庁の専門家も加わって原因調査が行われた。その結果、缶にポリエチレン製梱包材を巻く際に電熱ヒーターと

接触し、ポリエチレンシートに着火した状態で倉庫に搬入され、エレベーターで高所まで運ばれてから延焼して火災に至ったと結論付けられた。

### 最新の状況に対応した想定が必要

この倉庫のスプリンクラーは作動したのに、なぜ火災を防止できなかったのだろうか。この倉庫のスプリンクラーは、法規より多く設置されておりその点での不備はなかった。しかし、法規が想定していたのは、この倉庫のように立体的に何層も資材が入る状況ではなかった。

われわれは、ある基準を満たしているから大丈夫と考えがちである。しかし、この火災は、法規類が必ずしも最新の設備に対応していないことを示している。つまり、法規類は既存のものを基準に作られているので、最新の設備であれば前提から見直す必要がある。したがって、立体倉庫の設計時に、多くの製品が保管されることを想定したリスクアセスメントを行うという考えがあれば、スプリンクラーの設置数や消火活動を考慮したラックの配置などが検討されたと思われる。

### 労働現場でも変更の際はリスクアセスメントを

労働現場において、ある設備の性能をアップしたり、一部に新しい機能を追加したりすることが多くある。このような変更の場合、「今までの延長だから大丈夫」と考えがちである。しかし、性能のアップや機能の追加などの変更による影響を熟慮し、リスクアセスメントを実施することが必要である。「危険性又は有害性等の調査等に関する指針」では、設備・原材料・作業方法を変更する際にもリスクアセスメントの実施を求めている。これも同じ考え方から来ていると思われる。

## 医療用ガスの取違え事故

大塚雄市 【安全と健康 2009年4月号掲載】

今から30年以上前、関西の病院で、麻酔器の口金に酸素ボンベと亜酸化窒素（笑気ガス）ボンベのゴム管を間違えて接続する事故が発生した。患者は亜酸化窒素ガスを吸入し続ける状態となり、無酸素症による意識喪失を起こし、死亡した。この事故は医療用ガスの取違えによるものであるが、その背景要因には労働災害防止のための有益な知見が含まれている。

### 誤使用させない設計の重要性

関西地方の病院での手術中に、麻酔準備を担当していた正看護師が麻酔器の口金に酸素ボンベと亜酸化窒素（笑気ガス）ボンベのゴム管を間違えて接続した。患者は亜酸化窒素ガスを吸入し続ける状態となり、無酸素症による意識喪失を起こし、死亡した。この事件で医師、看護師が業務上過失致死罪に問われ、医師には執行猶予付きの禁固刑、看護師には罰金刑が下された。この事故はガスボンベの誤接続が直接的な要因と考えられている。

この事故の危険源としては、“ヒューマンエラー、人間挙動”<sup>1)</sup>があげられる。すなわち、誤接続により酸欠という危険事象を引き起こすことが容易に予測されるものである。したがって、そのようなエラーを防止できるような対策（本質安全設計）を導入することが望ましい。医療機器に関するリスクマネジメント規格（JIS T 14971 A.2.27）においても、「注意散漫な環境において多様な使用者が容易に誤使用を生じないように設計することが望ましい」と明記されている。

比較的規模の大きい病院では、ガスの供給設備は集中管理されてい

るので、手術室等においては、壁面の配管端末器に接続してガスを供給するようになっている。この配管端末器も、ガスを特定できるような形状にすることが規定され、また、ガス固有の識別色表示が規定される等、誤接続防止のための対策が必要となる（JIS T 7101、T 7111）。このように、関連法規・規格を参照しつつ、危険源を明確に同定して予防対策を講じることが、過去の事故を教訓として活かす最も有効な手段ではないかと思われる。特に、事故を個人要因に帰することなく、危険源分析に基づき、システム的な対策を施すことが必要である。

### 法規と規格の整合性

なお、本事例については、法規と規格にまつわる問題点も近年指摘されている。救急搬送等で用いる小型ガスボンベは、使用者の立場ではJISに依拠<sup>いきよ</sup>していることが望ましい。しかし、病院で集中管理するような高圧ガスボンベの製造等は高圧ガス保安法、高圧ガス取締法で規制され、その識別色は同法容器保安規則に指定されているため、JISと法規の間で非整合（酸素ガス容器は容器保安規則では黒色、二酸化炭素ガス容器は緑色と規定。JIS T 7101では酸素ガスの識別色を緑色と規定）がある。そのため、緊急時などには識別色の認識があいまいとなり、エラーを誘発しやすくなることが予測される。

2008年には福岡県の病院で酸素ガスと二酸化炭素ガスを取り違える事故が発生しており、早急な対策が望まれる。

労働現場においても、設備によって操作ボタンなどの色や形状が変わったりしないよう配慮することが重要である。作業のエラーを防止するためには、システム的な対策が有効であり、かつ必要であると考えられる。

- 
- 1) JIS B 9702「機械類の安全性—リスクアセスメントの原則」の「附属書A（参考）危険源、危険状態及び危険事象の例」に示された危険源。

編注）参考：平成21年3月3日付け医政指発第0303001号「診療の用に供するガス設備の誤接続防止対策の徹底について」が厚生労働省から発出されている。

## ヒーローは誰か

木村哲也 【安全と健康 2009年5月号掲載】

2009年1月15日、ニューヨークの空港を出発した旅客機USエアウェイズ1549便は離陸直後に鳥が衝突し全エンジンが停止した。都市部墜落という大惨事になってもおかしくない危機的状況であったが、機長の適切な判断と操縦により、旅客機はハドソン川に着水し、乗客乗員155名全員が無事に救助されるという奇跡的結果となった。極限状況を乗り越えた機長は「奇跡のヒーロー」として称賛され一躍時の人となったが、奇跡のヒーローを支えた者たちの役割を忘れてはならない。

### 大惨事回避の3要素

2009年2月24日に開かれたアメリカ連邦航空局（FAA）委員会でのP.ギリガン氏（FAA航空安全部門副責任者）の証言から、次の（A）～（C）の3点が大惨事回避の要因としてみて取れる。

**(A) バードストライク事故<sup>1)</sup> 発生確率の低減への取組み**：FAAではバードストライク事故情報を積極的に収集し、DNA分析により事故に関与した鳥の種類を明らかにして、空港運営や航空機設計に役立てている。また「野生動物アセスメント」を実施し、必要に応じて鳥の生息地を空路近辺から排除すること（沼の埋め立て等）も実施している。このような取組みがなければ、より大量の鳥がエンジンに吸い込まれ、事故が重大になっていたことが考えられる。

**(B) 航空機の安全認証と事故時の生存可能性向上への取組み**：航空機は技術基準に基づき安全認証を受けている。例えば、エンジ

ンは一定量の鳥を吸い込んでも、危険な大破断や火災を生じず安全に停止することが求められている。また、機体は着水時の生存可能性を向上させるため、水面に浮いている時間の確保など脱出に配慮した設計がされている。

**(C) 関係職員の訓練：**脱出時の実際の状況を反映したシナリオに基づく乗員訓練が実施されており、機長、副操縦士、3名の客室乗務員すべてが今回与えられた役割を適切に果たした。また、航空管制官も緊急着陸に障害となる飛行機の排除等の対応を適切に行った。着水した機体からの救助ではニューヨーク市消防局等の対応も適切で迅速であった。

上記 (A) ～ (C) のどこかに安全上の穴（例えば技術基準の不備、乗員訓練での手抜き）があれば、奇跡のヒーローの誕生はなかったかもしれない。今回の大惨事の回避は、多くの航空安全関係者の継続的努力の賜物であり、関係者全員が「乗客乗員の命を守るために最大限の努力をする」というヒーローの心を持っていたと言えるだろう。

### 産業機械の安全確保も同じ

ところで、産業機械の安全設計の基本となる国際安全規格ISO 12100 (JIS B 9700) では、(A) 危険源を事前に排除する本質安全設計を基本に、(B) 合理的予見可能な誤使用を考慮し規格に基づく安全設計を実施し、(C) 使用者の訓練により安全を確保すること、を求めており、今回の大惨事回避の要因と同じ構造を見ることができると。航空安全と産業機械安全と分野が異なっても安全の原則は同一であり、その遵守は事故を防ぐ基本である。しかし実際の現場では、安全要件の実施に厳しい経済的要求から反対にあうことも多々ある。厳しい経済的要求に屈せず、安全上の判断を適切に行う職場での安全関係者は、事故を未然に防いでいる陰のヒーローたちといえるだろう。

---

1) 鳥の衝突によって引き起こされる事故

## ジェットコースター脱線事故

～安全のための保全情報の重要さ～

福田隆文 【安全と健康 2009年6月号掲載】

関西の遊園地で走行中のジェットコースターが大きく傾き、乗客20人が死傷する事故が発生した。この事故の直接原因は金属疲労により車軸が折損し脱線したことであるため、保全の大切さがクローズアップされた。それとともに、設計者から使用者に保全のやり方の情報が漏れなく示され、それを着実にを行うことの大切さも示された事故である。これは、生産現場の機械・設備でも共通のことである。

### ジェットコースターの車軸が折れ脱線

平成19年5月5日、関西の遊園地でジェットコースターが走行中に脱線し、1人が車体とレール左側の点検用通路の手すりの間にはさまれ即死、19人が重軽傷となる事故が発生した。6両編成で全長970mのコースを約2分で走行する立乗型のジェットコースターで、走行中に車軸が折れ、それが原因で車輪が落下し車体が大きく傾き脱線したものである。

車軸折損の原因は、その後の調査で、金属疲労と推定されている。事故車両は、通常年1回の定期点検を2月に行い、その際自主的に分解点検を行っていた。しかし、この年は2月の点検を先延ばしにして事故に至った。また、JISで規定する車軸の探傷試験を実施しておらず、車軸の交換も15年間行われていなかった。このため、この事故では、点検の内容や部品の交換の有無が問題とされた。

### 使用上の情報の大切さ～設計者は個別具体的な指示を～

ISO 12100 “機械の安全性－設計のための基本概念、一般原則” 第二部には、設計者は附属文書により、点検の性質・頻度、熟練者に限定される事項、オペレータが実施できる事項など保全について明確に示さなければならないことが規定されている。つまり、保全に関する情報は設計者から漏れなく伝えられることが求められ、もちろん、使用者はそれを忠実に実施しなければならない。

機械に必要な保全事項は機械の設計によって決まる。今回の事故にあてはめて考えても、検査の必要性や方法、周期は設計（車軸の形状や大きさのみでなく、車体重量や走行条件など多くのことが関係する）で決まる。よって、検査周期は設計の詳細が分からない使用者は決めることができない。したがって、ISO 12100では設計者にその情報を明示することを求めている。また、JIS等に規定されている検査であっても、設計者はその規格等を指定して実施を求め、必要なら条件（検査頻度、検査方式）を付加して伝えなければならない。部品の交換も、時期や判定基準を具体的に示すことが求められる。これは、この事故を契機にした調査で、車軸の探傷試験や交換が他の遊園地においても必ずしも実施されていなかったことから、設計者からの情報伝達の重要性が分かる。

今回の例は、保全に関する十分な情報が伝えられ、それを着実に実施することの大切さを再度考えさせる事故であった。生産現場で機械・設備を新設・更新したときに、性能と立上げ（運転開始）に関心が集まりがちではあるが、日々の安全作業のためには、いかに保全するかが大切な情報であるので、よく確認すべきである。

## 大型重機の安全確保に向けて

阿部雅二郎 【安全と健康 2009年7月号掲載】

大型重機の事故のニュースをよく見聞する。その事故防止あるいは減少に向けて、さらなる安全性の向上、安全確保を図るために、取り組むべき方向性について、大型重機転倒事事故例を取り上げて論じる。プロである作業者は事故につながる「誤り」をゼロに維持し継続できるのであろうか。

### 人間への依存には限界がある

大型重機に限らず機械の安全を確保するために、主として何をよりどころあるいは何に依存すべきであろうか。言うまでもないが、人間、機械あるいは両者が考えられる。人間は優秀で、特に日本人は勤勉なので、しっかり教育して人間に依存しようというのは、当たり前のようではあるが限界がある。人間に依存するならば、人間の感覚や判断が重要な役割を果たすことになるが、人間の感覚が機能発揮に努めても、「感じにくい」、「感じない」場合や「感じないことにする」場合がある。人間が備えている感覚を単純に分類すると五感となり、そのうち、特に機械安全では、視覚、聴覚、体感を含む触覚、ときには臭覚が大切となる。しかし、社会が豊かで便利になったせいも、人間の感覚は鈍化傾向にあると思える。併せて判断の機能も鈍化しているようである。人間に依存できる限界は低下していると言える。

### 事事故例にみる人間の誤り

安全確保に、これからも人間に依存し頼りにしてよいのだろうか。写真に大型重機のひとつである基礎工事用機械（アースドリル）の事

故現場の様子を示す。マンション新築工事現場でケーシングのつり上げ作業中に機械が転倒したものである。トラック1台と歩行者が下敷きとなり、工事用機械の運転者も含め6人が死傷した。

こうした工事現場で起こりうる「誤り」の中身を列挙してみる。「誤った認識」の対象として、つり荷重量そのもののほか、機械を支える地盤状況（地形《傾斜等》および地質《軟弱の度合い》）、つり上げ作業時の機械の基本性能（つり上げ可能荷重と作業半径の関係）がある。また、機械は水平で堅固な地盤上での作業を前提に設計されている。使用者、運転者および作業者は全員正しく、誤りなく認識しているであろうか。「誤った操作」として、巻上げ中のつり荷が地中に一部埋没している場合の横引きなどがある。大げさにいえば、地球を引っ張るようなものである。「誤った判断、行動」として、転倒予兆を感知（体感）した後の不適切な行動もある。機体の浮遊感を看過し、作業を継続する行動に出ることもある。作業を早く終えたかったり、目の前のことが気になったりすると、とっさの判断で行動してしまうこともある。

機械の周辺にいる人間は、こうした誤りによるリスクに常にさらされているのである。単純そうな機械の作業においても、さまざまな誤りの種は潜んでいる。人間の誤りは起こりうると考えるのが自然である。それをできる限り起こさないのがプロであるはずだが、プロも人間である。人間に依存するまま進めば、人間の誤りに起因する事故の顕在化は今後ますます進むと思われる。便利さと引き換えに人間の感性や判断能力は低下するだろう。やはり、人間に依存するのではなく、人間の誤りを許容する安全システムの現実的な構築が必要である。機械に技術として、すきまなく安全を盛り込んでいくことが課題となる。

## ロンドンでの列車衝突事故

～人間にシステムの安全を依存することの限界～

平尾裕司 【安全と健康 2009年8月号掲載】

1999年、イギリスのロンドン市内のパディントン駅で列車が正面衝突し31人が死亡する事故が発生した。安全装置の不完全性や運転士のヒューマンエラーなどが要因として挙げられ、人間に依存しないシステムの重要性が痛感される事故となった。

### 運転士のブレーキ操作の誤りで列車衝突事故

1999年10月5日の朝8時ごろ、ロンドン・パディントン駅を出発したテムズ・トレイン社の気動車3両編成の下り列車と、ファースト・グレート・ウェスタン社の客車8両の両端にディーゼル機関車を連結した上り高速列車HSTがロンドン・パディントン駅から約4km離れたランドプローク・グローブ・ジャンクションで正面衝突をした。この事故で、気動車は大破するとともに、気動車の燃料に引火し、高速列車HSTの先頭機関車の後部の客車1両に火が広がり、死者31人、負傷者423人の大惨事となった。

この事故の直接の原因は、下り気動車の運転士が信号機の停止現示（赤信号）を見落とし、その信号機の手前で停止せずに高速で安全が保障されない区間に入行し、反対方向から来た上り列車に衝突したものである。衝突時の2列車の速度の合計は210km/時に達したと想定される。

鉄道はこれまでの200年近い歴史のなかで、多くの事故を教訓に、人間は誤ることを前提として、運転士の操作ミスなどに対しても事故に至らないよう独自の安全装置を発展させてきた。イギリスにおいて

は、運転士に対して前方の信号機が停止現示であれば警報を与え、さらに5秒以内に確認のボタンを押さなければ非常ブレーキを動作させるAWS（自動警報装置）を1950年代にいち早く設置している。しかし、AWSの欠点は、運転士が確認ボタンを押した後は、人間のブレーキ操作に依存することである。このため、事故が多発したことから、人間の操作によらずにシステムで列車を完全に停止させて安全を確保する新型の列車停止装置の開発も進められていた。

### 人間に依存しない安全対策とその早急な実施の重要性

このような状況のなかで発生したロンドン・パディントン駅近傍における列車衝突事故は、下り列車の運転士がAWSの確認ボタンを押した後に停止信号を見落として進行（信号冒進）した結果であるが、調査委員会によって関連するいくつかの事実が明らかにされている。事故が発生したその信号機で過去6年間に8件の信号冒進があったにもかかわらず何も対策がとられなかった。また、信号冒進があった場合には列車運行センターで自動的に検出する装置が付加され、その検出を受けて指令員が無線で列車に対して停止信号を送信することになっていたが、事故時には停止信号が送信されなかった。

重要なことは、人間に依存しない本質的な安全対策とその早急な実施である。現在、イギリスでは、AWSに代えて運転士への依存を抑えたTPWS（列車防護警報装置）が導入されている。

機械安全や労働安全においても、人間に依存しない安全対策とその早急な実施が重要であることは同様である。

## 東京温泉施設ガス爆発事故

福田隆文 【安全と健康 2009年9月号掲載】

東京都内の温泉施設で爆発があり、多数の死傷者が出る惨事となった。温泉とともに汲み上げられたメタンガスが機械室に充満し、何らかの火花で爆発したのが原因と考えられている。しかし、配管のメンテナンスについて施工業者から施設所有者に伝えられていない、ガス濃度のチェックは誰が行うかがあいまいなまま操業していた等、管理上の根本的な問題があった。本事故は、設備の安全のためには情報の伝達と管理が重要であることを示している。

### 汲み上げた温泉に含まれていたメタンガスが爆発

平成19年6月19日午後2時ごろ、東京渋谷の女性専用スパで爆発事故が発生した。爆発は地下の機械室で起こり、1階にいた従業員らが被災し、3人が死亡、8人が負傷した。なお、浴室など客設備は幸いにも別棟になっていた。建物は爆発により壁、屋根などが跡形もなくなり、骨組みだけの無残な姿となった。

このスパは、食事、宿泊もできる女性専用施設で、女性にとって快適な場所・サービスを提供するものであった。しかし一転して、ここで爆発が起こるなど、利用客はおろか従業員の誰一人として考えていなかったであろう。原因は、源泉と一緒に汲み上げられたメタンガスを十分排気できず、機械室に充満したところに何らかの火花が発生し爆発したものと推定されている。類似事故があったこともあり、この設備の設計の際にガスの危険性は認識され、換気（吸気・排気）設備などもあった。しかし、新聞報道によれば、①設計図面と実際の設備

に違いがあり、吸気口が設置されていない、②渋谷区役所に提出されていた図面ではガス検知器が記載されていたが実際にはなく、この図面自体、設計業者とは別の業者の見積り用であった、③工事途中で排気場所の設計変更がなされ、配管形状から配管内に水がたまりガスがうまく排出されない可能性があったため、水抜きが必要となっていたが、施設所有者にその旨が連絡されていなかった、④ガス濃度などの管理について、施設所有者は外部業者に委託したと主張し、設備管理会社はガス関連の管理は受託していないと主張するなど管理上の役割認識がくい違い、多くの問題が浮かび上がった。

### 安全のための管理の重要性

この事故は、設備の補助的な部分の管理がおざなりにされた結果起きたと考えられる。温泉の供給や客が入浴に直接使う設備の管理は営業に直結しているので、設置時に十分配慮し実施されていたであろう。しかし、サービスに直結しないような安全面の管理には十分な資源が振り向けられないことがある。また、この事故でも問題になったように、設備設計者・施工者・管理会社と発注者（施設所有者）との間で、管理に必要な情報伝達の不備や理解のくい違いが生ずることがある。

残留リスク、つまり設備に残っている危険性は何であって、そのために必要となる管理活動はなにか、それは誰が、どの程度の頻度で行うのかを意識して協議・検討し、きちんと文書化し、それに従って実施体制を構築し、その実施を定期的に確認することが肝心である。そのためには、設備設計者は所有者に安全に関する十分な情報を提供する、逆に所有者は設計者に提供を求めることが重要である。このことは、「危険性又は有害性等の調査等に関する指針」にも盛り込まれており、産業現場においても重要であることを強調したい。

## 道路を走る危険物

～タンクローリー事故～

三上喜貴 【安全と健康 2009年10月号掲載】

タンクローリーの事故といえば、2008年8月、首都高速5号線で発生した横転事故（板橋事故）が記憶に新しい。速度超過のためカーブを曲がりきれずに横転したタンクローリーが道路側壁に衝突し、満載していたガソリンと軽油で路面や側壁などが数百mにわたって燃え、隣接するマンションの外壁も焼けるなどした。全面復旧したのは73日後という大事故だった<sup>1)</sup>。路上を走る危険物のいくつかの事故とその教訓について考えてみたい。

### LPガス噴出、炎上事故

道路上を走る危険物にはいろいろあるが、タンクローリーに絞ると、最も古い有名な事故は1965年に西宮市の国道を走行中の5t積みタンクローリーが運転手の居眠り運転により横転し、積荷のLPガスが噴出、炎上した事故がある。死者5人、重軽傷者26人、家屋焼失31棟という大惨事だった。科学技術振興機構（JST）の「失敗知識データベース」<sup>2)</sup>を検索すると、タンクローリーの事故が13件ほどあるが、充<sup>じゅう</sup>填<sup>てん</sup>・払出中の事故が11件で走行中の事故が2件。このうちの古い方の事故が西宮の事故である。

この事故を契機として、当時の高圧ガス取締法施行規則が改正され、移動計画書の届出制、移動経路の制限、長距離移動の場合は運転手2人などという規則が設けられた。危険物、特に可燃物を積載したタンクローリー事故の原点となる事故であった。

## 化学物質漏出事故

一方、有害化学物質の大規模な漏出事故として有名なのが、1997年8月5日早朝に東名高速下り線の静岡県菊川付近で発生したタンクローリー横転事故（菊川事故）であろう。積載していた脂肪酸クロライド1.6tが流出、雨水と反応して塩化水素が発生した。事故発生は5時33分だが、当初漏れ出した危険物の正体が何であるか分からず、6時13分には品名がクロロホルムであるとする誤った通報もあるなど危険物の特定が遅れ、出荷元作成の製品データシートが現地の消防本部にファクスで届いたのは、事故発生から4時間後の9時36分だった<sup>3)</sup>。

危険物除去に必要な資材の確保、路面の清掃等にも手間取り、東名下り線は15時間も閉鎖された。周辺住民にも大きな不安を引き起こした。事故後、危険物に対する非常時の処置が明記されたイエローカードの携帯などが関係業界でも励行されるようになった。

## 事故から得られた教訓

これらの事故の教訓は何か？ まず運転手の疲労の問題が挙げられる。タンクローリーの運転手は普通車両の運転手よりは安全意識が高いと言えそうだが、それでも疲労が重なれば事故につながる。板橋事故の運転手も前夜の睡眠時間は3時間半だった<sup>4)</sup>。

この事故では首都高速道路が運送事業者に対して45億円という巨額の賠償請求を行い話題になった。一般に荷主は請負先の運送事業者に対して保険に入るよう指導しているそうだが、小規模な事業者の賠償能力の問題も提起された。

車両の危険物表示の問題もある。菊川事故の国会議事録を読むと、日本の道路は国際接続していない、というのが危険物輸送の国連勧告を採用しない理由だそうだが、そろそろ考え直してはどうか。

1) 首都高速道路株式会社、社長記者会見、2008年10月14日

2) 失敗知識データベース:<http://shippai.jst.go.jp>

3) 国会議事録、参議院総務委員会、2001年6月26日

4) 国土交通省、自動車運送事業に係る交通事故要因分析報告書第3分冊、2009年3月

## 充てん作業中のスキューバ用 アルミ合金製容器の破裂事故

武藤睦治・大塚雄市 【安全と健康 2009年11月号掲載】

平成12年6月、沖縄県の空気充てん所で、スキューバ用アルミ合金製容器（ボンベ）が充てん直後、破裂する事故が発生した<sup>1)</sup>。その際、充てん用ホースが飛び跳ねて作業者が打撲傷を負った。この事故は従来起こりにくいとされてきた6000系アルミ合金の応力腐食割れによるもので、その要因には労働災害防止のための有益な知見が含まれている。

### 破裂事故の原因

破裂事故は、スキューバ用アルミ合金（A6351-T6）製容器に空気を充てんし、容器圧力が約20MPaに達した作業完了直後に発生した。破裂時に飛散した2個の破片による被害としては、作業を半地下式の充てん水槽内で行っていたため、設備の一部を破壊したにとどまったが、飛び跳ねた充てんホースが作業者の右足を直撃し、打撲傷を負った。この事故の発生メカニズムは、容器内に水分、塩分が浸入してねじ部を腐食させ、容器の内圧と腐食の相乗効果によりねじ部にき裂が生じ、そのき裂が充てんを繰り返す中で徐々に成長して、ある長さに達した時点で破裂に至ったものと考えられている。

事故調査委員会の調査からは、以下の点が要因として指摘されている。

- ①製造時に熱間加工を容器頭部に行うことで、その付近の金属組織が変化し、腐食に対する耐性が低下した。
- ②容器の内圧が0の場合は充てん準備中に水分や塩分が容器内に浸

入しやすいこと。

③浸入した塩分、水分は、ねじ部のすきまで腐食を引き起こしやすいこと。

④圧力容器は、破裂前にき裂が容器の厚みを貫通し、内容物が漏洩することで圧力が低下し破裂には至らないよう設計されている。

しかし、この容器のねじ底部からき裂が進展する場合はその条件が成立しにくく、破裂する可能性があったこと。

以上の要因が複合的に関与し、破裂に至ったものと推定されている。対策としては、より耐食性がある材料に変更しても割れは発生することから、1年に1度の目視点検を行うよう規制すること、塩分、水分の浸入防止措置をとることが挙げられている。

### 事故から得られる教訓

安全設計の観点からこの事故を分析すると興味深い点が見えてくる。この容器の異常状態を何らかのセンサーで検知できたのだろうか？少なくとも、容器の内圧は、設計者の想定範囲を越えてはいない。き裂の長さを観察していればよいが、容器がねじ底からのき裂進展で破裂することをあらかじめ想定していなければ対応できない。

すなわち、リスク評価の最初のステップである危険源の同定において、この破壊事故については破壊力学や材料強度についての基礎知識を必要とするのである。その意味で、構造の異常状態を予測する手法FMEAと、異常によって生じる危険源が人にどのような危害を及ぼしうるかを検討するリスク評価を連動して実施する必要がある。労働現場で、リスク評価を行う際、どのような異常、破壊が起こりうるかを予測する必要があり、信頼性および品質管理等の専門家と協力して実施していただきたい。このような取組みは、具体的な危険事象の導出、ひいては作業者に対するリスク低減に有益であると考えられる。

1) 本事例紹介は、高圧ガス保安協会の事故調査報告書を参考にしている。

## 新潟県中越沖地震の教訓と企業活動における 事業継続マネジメント(BCM)のあり方

渡辺研司 【安全と健康 2009年12月号掲載】

2007年7月に発生した新潟県中越沖地震では、その約3年前に発生した新潟県中越地震の際と同様に、サプライチェーンを経由して被災地域の範囲を越えて全国的に自動車産業で操業停止などに波及した事例が見られた。本稿では、このような大規模災害をも「想定外」としないような事業継続マネジメント(BCM)のあり方について概説する。

### 新潟県中越沖地震の被害概要

新潟県中越沖地震は、新潟県上中越沖を震源とし2007年7月16日10時13分に発生したマグニチュード6.8の地震である。住民への被害は新潟県柏崎市を中心に県内近隣市町村や長野県の一部で家屋の損壊、断水や停電が発生した。

また、柏崎刈羽原子力発電所で火災事故も発生し、当面の操業を停止せざるを得ない状況に陥り、また、流通・小売業の大型店舗の被災による閉店や中小企業や商店街が廃業するような事例も見られるなど、地元経済の復興へ暗い影を投げかけた。

### サプライチェーンを経由した連鎖障害

新潟県中越沖地震では、柏崎市にあるエンジンの主要部品製造大手の工場が操業停止となり、トヨタ自動車、ダイハツ工業が国内すべての工場で操業を停止、その他の国内自動車メーカーも生産を一部停止したことから、全国の月間生産台数が前年比約9%下落した。特定地

域で発生した企業の事業中断がサプライチェーンを介して日本全体の自動車生産に大きく影響を与えたことになる。

この影響は自動車メーカーにとどまらず、何万点ともいわれる部品や部材を納入する企業群も、操業や在庫にかかわる調整を余儀なくされ、鋳工業の2007年7月の生産指数も落ち込んだ。

### 教訓に基づくその後の取組み

被災各社では現場レベルで被災の度合いを軽減できるような取組みを実施している。例えば、工場建屋を耐震補強したり、生産情報のデータを毎日、他県にある事業所に専用回線経由でバックアップしている。また、工作機械の固定方法に工夫を加えたり、天井配管に柔軟性を持たせるといった工場内での対応に加え、同時被災しないような地域をまたがった形で生産拠点間に互換性を持たせることで、生産全体としてのレジリエンス（しなやかな復元力）を確保しているところもある。

### 事業継続マネジメントの見地からの今後の課題

大規模地震の発生を事前に予測することは難しく、また、その発生周期が比較的長いことから、2004年の新潟県中越地震後は「喉元過ぎれば熱さ忘れる」となりがちであった。新たに学んだ教訓を、当該地域内外とも共有しながら、企業における事業継続マネジメントの枠組みに体系化して組み入れる必要がある。いずれにしても、被災経験の有無にかかわらず、自らの生業の再認識と重要業務におけるレジリエンスを確保するための愚直な取組みを行うのがBCMの基本である。自らの高い問題意識によって、例え「想定外」の災害や事故が発生したとしても、その企業に求められる社会的責任を全うする、という企業経営としては当たり前のことをやり抜く備えをすることが最も肝要なのである。

## 製麺機の事故例に学ぶ安全確認の原則に基づく設計

杉本 旭 【安全と健康 2010年1月号掲載】

### 安全確認型の原則

安全には、「安全確認の原則」がある。①安全は、確認されて初めて「安全」であることが認められ、②危険を伴う行為(運転)は、安全が確認できないときは実行しない、という原則である。これは、賭け(不安な実行)を許さないとする確定論の立場であるが、これを徹底すれば事故は決して起こらない。逆に、事故が起こるとしたら、安全を確認しないまま行為を実行した場合である。事故の原因調査はこの状況を調査することであり、再発防止のためには、あらためて安全確認をしっかりとできるようにしたものに作り替えるということになる。

ここでは、この原則に準拠しないで起こった事故は、それに気づかなければいつまでたっても解決しないという例をあげよう。

### 製麺機による指切断事故

昭和63年7月に起こった製麺機のカッターによる指切断災害である。PL法以前に起こったこの製品事故は、泥沼裁判の典型となった。設計者の「私が設計した機械でこんな事故は起こるはずがない」、被害者の「それではなぜこの事故は起こったのか」という主張のしあいので3年間を費やし、この間、それ以上の実のある議論はほとんどなかった。

筆者が産業安全研究所に所属していた時代、筆者の「安全」についての武器は「安全確認の原則」であった。事故の原因・調査のときには、これが特に大きな武器となった。機械設備の制御部等の「安全確認→

運転OK」を仕込んだ部分を取り出し、そこに危険側故障、つまり誤って起動を生ずるような故障がないかを探すのである。

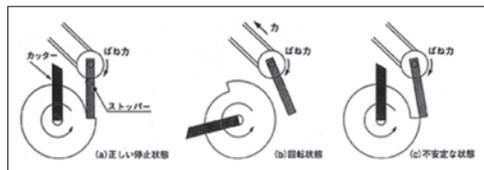
さて、問題の事故だが、カッターが回転して麺を一定の長さに切るという自動運転時には、スライダー（麺のスライド機構）がガードの代わりとなって手の入るすき間はない。清掃のためスライダーを開くとリミットスイッチ（LS）がOFF信号となりカッターが停止する。ところが、停止中のカッターが不意に回転して、清掃作業者の指切断事故が起こったのだ。

### 原因調査

もともと、LSがOFF信号のままではカッターが動くはずはないのだが、どこかに危険側故障が潜んでいたというわけである。

原因調査を依頼されてチェックしてみると、不意に起動を生ずるような危険側故障が難なく見つかった。終わりの見えない争議が、たった1日の調査で解決したわけだが、それは筆者の武器「安全確認の原則」の威力にほかならない。下記の図を参照いただきたいが、簡単に言うと「起動スイッチと停止スイッチを同時に押したら運転状態はどうか？」の問題で、カッターが起動しようとする瞬間にLSのOFF信号が入った場合に不意に起動する不安が潜んでいた。本裁判の関係者全員に集まっていただき、目の前で、カッターが回転する瞬間を確認してもらった。

この問題を確率やリスクの問題として処理しようとする人がいたら、安全確認の原則で「確認なくして安全というな」と無責任を戒めてほしいと思う。



製麺機事故の原因

カバーを開けると、リミットスイッチによりストッパーが作動し、回転軸を止める機構になっていた。しかし、起動状態でカバーを開けると、ストッパーが不安定な状態になる場合（C）があり、この場合は、わずかなショックでストッパーがはずれ、起動することが判明した。

## 発電機用ローターの試運転における破損事故

福田隆文 【安全と健康 2010年2月号掲載】

### 試運転中にローターが破損—その1

昭和45年10月に、重さ約50t、長さ7mの33万kW発電機用蒸気タービンローターが、製造工場におけるオーバースピード試験中に破損し、死者4人、重軽傷者61人に及ぶ大きな事故が発生した。

ローターは大きく4片に分かれ、①空中に放出され880m飛んで海中に落下、②1,500m飛んで山腹に落下、③現場床に突き刺さり、④さらに1つは工場内を転がり、また、数多くの小さな破片も飛び散って、周囲にいた人を死傷させた。原因は、その後の調査で内部の材料欠陥であることが判明した。

### 試運転中にローターが破損—その2

昭和47年6月に、60万kW発電機用タービンが、発電所への据付け時のバランス調整と試運転を実施中に3カ所で破損し、継ぎ手やタービン翼が最大で380m飛ぶ事故が発生した。また、内部に入れてあった水素ガスに着火し、火災も発生した。

定格速度までのバランス調整確認は終了しており、事故は、それ以上の回転数での試験を行っているときに発生した。幸い人的な被害はなかった。

原因は、①バランス調整が十分でなかったため、試運転中に振動が起り、それが起因となって軸受の一部が破損し、②その軸受が機能しなくなったことでローター軸の振動はさらに大きくなり、③軸受、

ハウジングやそれらを止めているボルトが耐えきれなくなったことである。

### 試運転は危険があると考え万全の体制を

これらの事故のローターはそれぞれ別のメーカーのものであり、原因も異なるが、ともに大型回転機の事故であり、回転数が高いときに持っているエネルギーのすさまじさを実感させる。

試運転は設計した機能を満たすことを確かめるためとともに、安全上の問題がないかを確かめるために行う。つまり、まだ安全性が確認されていないから行うのである。だから、試運転は、危険があると考え、それに対する十分な準備をして行うことが必要である。

試運転における危険は何も大型機だけの問課題ではない。砥石を交換したときには、バランスをとり、そして回転試験を行う。この作業を何回も行っているうちに、「まさか破損することはないだろう」と思うようになっていないだろうか。また、油圧・空圧を利用する設備であれば、吹出しや破裂があることを考えておかなければならないだろう。

さらに、試運転は何も新規のものだけではなく、保全後に行うものもある。慣れた設備であっても、そこにある危険源を十分意識し、試運転に臨みたい。

なお、その1の事例の事故後、その事業場では、試験は地中に掘ったピット内で行い、かつ、もし破損が起こっても破片が飛散しないような蓋ふたを設けている。

## 化学プラントの大規模火災

門脇 敏 【安全と健康 2010年3月号掲載】

### 化学プラントの大規模火災

2007年12月、茨城県神栖市かみすにある化学プラントで大規模火災が発生し、4人の方が亡なられた。この化学プラントでは、ナフサ（粗製ガソリン）や灯油などを原料として、石油化学製品の基礎原料であるエチレンなどを生産していた。火災発生時には、配管のメンテナンス作業が行われていた。作業中にバルブが突然開いて多量の油<sup>1)</sup>が漏れ出し、それが発火して大規模な火災に至った。

この火災事故は、事業場のみならず社会的影響も大きかった。それゆえ茨城県は、大学や総務省消防庁の専門家も加えた火災事故調査等委員会を設置し、事故原因や再発防止策の調査・検討を行った。

### 火災の発生原因と再発防止策

火災の発生は、バルブが突然開いたことによる油の漏えいと、発火源の存在によるものであった。バルブが開いて油が漏えいした原因として、次のことが挙げられている。①バルブの施錠がなされていなかった、②バルブ駆動用空気元弁が開いていた、③バルブの操作スイッチがオンになった。これらのことが同時に発生してバルブが開き、多量の油の漏えいにつながったものである。また、可能性のある発火源として、1) 電気火花、2) 静電気火花、3) 高温配管等の熱面、が挙げられている。しかし、発火源の特定には至っていない。

油の漏えいに対する策として、①バルブ施錠の基準化、②バルブ駆

動用空気元弁の閉・脱圧の基準化、③バルブ操作スイッチの隔離と防護、が挙げられている。発火源に対する策として、1) 電動工具使用の基準化、2) 帯電防止作業服などの着用、3) 高温配管等の断熱被覆の状態の点検、が挙げられている。また、今後の再発防止に必要なこととして、事前のリスク評価とそれに基づくリスク低減対策、ならびにマネジメントの強化が指摘されている。

### 労働安全衛生マネジメントシステム

改正労働安全衛生法が平成18年4月から施行され、それに基づき改正「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針」（厚生労働省告示第113号）が公表されている。この指針の第14条には緊急事態への対応が明記されており、緊急事態が生じる可能性を評価し、それが発生した場合の労働災害防止措置を事前に定め対応することになっている。火災の再発防止の上でも、労働安全衛生マネジメントシステムの構築は重要であり、今後、化学プラントでも幅広く行われることが期待される。労働安全衛生マネジメントシステムを普及させる手段として、中小企業主に対する労災保険の特例メリットや、一部の損害保険会社の労災上乘せ保険等の保険料を割引くなどの制度が実施されているが、さらなる制度の拡充が必要である。安全確保のために保険制度の積極的な活用を検討すべき時が来ているのではないだろうか。

---

1) 漏れ出したのはクエンチオイルという冷却油で、高温の分解ガスに直接噴霧し冷却するため使用される。

## 人工呼吸器チューブへのコネクター誤接続事故

大塚雄市 【安全と健康 2010年4月号掲載】

### コネクター誤接続による死亡事故

平成15年、九州大学病院で、ネブライザー<sup>1)</sup>コネクターの接続ミスにより患者が死亡する医療事故が発生した。事故の経過としては以下のとおりである。

- 1 患者は救急搬送後、合併症治療のため集中治療部で1ヶ月間治療を行っていた。
- 2 事故当日は、人工呼吸器をはずして自発呼吸に移行できるか試みるために、ネブライザーマスクでの吸入を行った。しかし、末梢血酸素飽和度<sup>2)</sup>が低下したため、再び人工呼吸器の使用状態に戻した。
- 3 看護師が定期的吸入療法を行うため、挿管チューブにネブライザーを接続する際、T型コネクターではなくネブライザーマスクで使用するL型コネクターを接続した。
- 4 吸入療法開始5分後、医師が患者の血圧低下に気づき、ネブライザー吸入を休止し、用具による人工呼吸を行った。しかし患者は最終的には亡くなった。

### 事故原因

この事故の直接原因は、前項3において、T型とL型のコネクターを誤接続したことにある。呼吸には吸入と患者からの呼気の排出が必要で、T型コネクターならば、一方が酸素チューブの吸入側に接続さ

れており、もう一方が吐き出し口として機能するため、持続的な呼吸を行うことができる。しかし、L型コネクタの場合、患者の呼吸が排出されず、吸入側からの圧力によって酸素が肺中に流入されるだけとなる。この結果、肺に正の圧力がかかり、呼吸困難の原因となる。このL型コネクタとT型コネクタは色や透明度が全く同じで誤認しやすいため、病院側としても間違えないよう注意喚起を行っていたとのことである。

### 人の注意に頼らない対策を

システム安全設計の考え方から検討すれば、人間の注意に頼った安全確保の限界を如実に表しているように思えてならない。普段、ネブライザーマスクでは、L型コネクタを利用するため、ネブライザーを人工呼吸器チューブに接続する際に、意識をしないとL型コネクタを普段どおり接続してしまう。医療従事者がいかに高い技能を有しようとも、このエラーを完全に防止することは困難である。

誤接続防止のためにコネクタの形状を変更しておくことが対策として検討される。また、異常状態が酸素の吸入圧力で検出できうるのであれば、管の体外部に安全弁や破裂板に類する構造を設置しておくことで、圧力が異常に上昇することを防止することも対策としてはありうる。人に頼った安全ではなく、想定されるリスクに対して、システマ的な対策が必要となる。

労働現場でも、作業者の技能によってリスクが覆い隠されている機械設備があるだろう。是非とも、国際規格に基づくリスク評価やリスクマネジメントを積極的に行い、想定される危険事象の導出、ひいては作業者のリスクの低減を十分に行っていただきたい。

- 1) ネブライザー：液体の薬剤を噴霧する医療装置。
- 2) 末梢酸素飽和度：指先などの末梢組織における血中の酸素濃度分圧を大気中の酸素分圧で除して%で表したもの。呼吸・循環機能が正常であるかの指標となる。

## グローバルな安全とは？

木村哲也 【安全と健康 2010年5月号掲載】

### アクセルペダルが戻らず事故～大規模リコールへ～

2009年8月28日、アメリカ・カリフォルニア州の高速道路を走る高級車レクサスから緊急電話が発せられた。「アクセルが戻らない、トラブルだ、ブレーキが効かない、交差点に近付いている、つかまって、つかまって、折って」（訳筆者）。電話は衝撃音とともに途切れた。この事故で4人の尊い命が失われた。

この事故はくアクセルペダルがフロアマットに干渉して戻らなくなったことが原因とされ、メーカーであるトヨタ自動車（以下トヨタ）は、アメリカにおいて約400万台に対してリコール（回収・無償修理）を実施した。今年1月には、別の原因でアクセルペダルが戻らなくなる現象が報告され、230万台に対してリコールが実施された。次いで2月には、新型プリウスのABS<sup>1)</sup>の不具合が報告され、国内も含め43万台のリコールが実施された。これらのリコール対応費用は数千億円に達し厳しい経済的損失が生じたとされているが、それとともに、会社としての安全に対する姿勢にも厳しい目が注がれることになった。

2010年2月24日、同社の豊田社長が米議会下院監視・政府改革委員会の公聴会で対応する様子がテレビで放映され、米メディアから「トヨタバッシング」とも呼ばれる厳しい報道が相次ぐことになった。

## グローバル化の中で求められる安全

長い自動車産業の歴史の中で、同社は品質で世界的に高い評価を得るようになっており、2008年には新車販売台数で世界一になるなど、日本を代表するグローバル企業である。そのトヨタが、安全性という自動車の根本的な部分で市場から課題を突き付けられた原因は何か、トヨタ自身の対応策から考えてみたい。

同社は一連のリコールを教訓に「グローバル品質特別委員会」を設置し、アメリカ、欧州、アジアなど全地域での統合的な品質向上活動を開始した。2010年3月30日に開かれた第1回委員会では、次の項目が議論された<sup>2)</sup>。①最適かつスピーディなリコール等の市場処置決定プロセスの構築、②各地域での顧客からの情報収集力の強化、③情報開示の強化、④顧客情報を反映したさらなる安全技術開発、⑤人材育成。

これらの項目を安全規格の視点から考えると、①③は「Honestly and Quicklyの原則」（事故発生時には正直に素早く対応することが最も社会的混乱を防ぐ）に、②④はリスクアセスメントの「合理的に予見可能な誤使用の明確化」と関連づけられる。すなわち、この2点に関して、社会の安全の要求は、同社の想定を上回っていたと考えられる。

ところで一般に、生産現場では残念ながら「Honestly and Quicklyの原則」に背く労災隠しが見受けられ、また、リスクアセスメントの未実施の生産設備もある。グローバル化というキーワードを「利用者、価値観の多様化」と考えれば、中小企業を含むすべての企業がグローバル化の波に直面している。今回の事案に見るグローバルな安全の課題は、実は身近な課題かもしれない。

1) ABS：アンチロックブレーキシステム

2) トヨタニュースリリースを筆者が要約

## ボイラー破裂事故の経験に学ぶ

三上喜貴 【安全と健康 2010年6月号掲載】

### 小説に書かれた明治の蒸気機関破裂事故

田山花袋の「蒲団」(1907年発表)の一節に、東海道線の佐野(今の裾野)と御殿場間で起こった蒸気機関車の蒸気機関(ボイラー)破裂事故のことがでてくる。「<sup>すさま</sup>凄じい音がし(中略)機関が破裂して火夫が二人とか即死した」

この小説は自然主義文学の誕生を宣言したともいわれる作品であり、物語は作者の実生活を赤裸々に描いたものだとされるが、事故についてはどうも創作のようだ<sup>1)</sup>。日本では、鉄道でも、工場でも、船舶でも、ボイラーの破裂事故はそれほど頻発しなかった。

しかし、日本で破裂事故が少なかったのは、ボイラーがある程度完成されたところに工業化への道を歩み始めたからに過ぎない。これは幸運なことだったと言えるが、深刻なボイラー破裂事故の経験が先発工業国に生み落とした検査・保険事業について、真剣に学ぶ動機・機会を失うこととなった。

### 第三者検査と保険事業の創設

産業革命の中心都市、イギリスのマンチェスターでは、頻発する破裂事故への対策として、機械技術者協会会長の職にあったウィリアム・フェアバーンが音頭をとり、自分たちで雇った検査技師にボイラーの安全性を検査させ、基準をクリアしたボイラーのみ保険を付保するという仕組みを1854年に作り上げた。政府に頼らない、自律的

な検査体制の誕生であった。

南北戦争直後のアメリカでは、1865年、ミシシッピ川を運行する蒸気船でボイラーが破裂し、死者1,200人という史上最悪の事故が起こった。これを契機に翌年、保険産業の中心都市コネチカット州のハートフォードに、マンチェスターをモデルとして、蒸気ボイラーの検査保険会社が設立された。

ドイツ（当時プロシア）は、後発工業国であったし、イギリスやアメリカと比べると安全に対する国家の関与は大きかったが、やはり蒸気機関を保有する事業者が集まり、1872年に蒸気ボイラー検査協会を作った（今日のTUVラインラント）。

### 明治期の日本の選択と現代日本の課題

明治期の日本が選択したのは、国や府県レベルの規則によるボイラーの安全管理であったが、それ以前に第三者検査や保険という仕組みの重要な役割に気付いた先駆者はいた<sup>2)</sup>。イギリスのグラスゴーに留学してしいた高山直質<sup>なおもと</sup>は保険会社の検査基準書を日本に送り、参考にしてほしいと訴えた。政府で船舶検査を担当していた原田虎三は政府を飛び出して「コンサルティング・エンジニア」を名乗り、第三者検査業務を始めた。

ボイラーに限らず、今後、安全のグローバル化を進める際には、技術基準の整合だけではなく、前述の先駆者たちのように、安全の制度設計の重要性も忘れてはならない。

- 1) 明治34（1901）年7月13日に横川一軽井沢間で起こった事故は状況が似ている。花袋はこれを参考にした可能性がある。
- 2) 「安心安全社会を構想した明治の先覚者達」、生活安全ジャーナル（3）、81-86、2006年11月号

## 重機と自然は共生できるか？

～気まぐれ風に十分な対策を～

阿部雅二郎 【安全と健康 2010年7月号掲載】

### 強風によるクレーン転倒事故

屋外で使用するクレーンのような重機は、それを取り巻く自然、すなわち大地および大気とうまく共生できないと安全性を確保できない。「軟弱な大地」、頻度は少ないが揺れる大地「地震」、さらに、動く大気「風」との共生が求められる。特に、日常的にたいじ対峙する風との共生への対策は不可欠である。

平成22年初めに、東京都で風による移動式クレーンの横転事故は起きた。毎日新聞の記事によると、午前9時ごろ、工場建設現場で工事用クレーンが横倒しになり、近くにいた作業員がクレーンのアーム部分の直撃を受けて、右肩を骨折する重傷を負い、クレーン運転者が足を打ち軽傷を負った。近くにいた工事関係者は「クレーンのアームを約30m伸ばして約250kgの鉄板をつり上げる作業中に、方向転換をしようとしたら突風にあおられた」と説明しているという。気象庁によると、当時、現場地域で9時13分に最大瞬間風速26m/秒を観測し、事故発生時も強風が吹いていたとみられるとのことである。

### 風への対策

風は日常的に吹くので、その対策はすでに取られている。重機側の対策として、例えば、移動式クレーンは風より受ける荷重を考慮して設計・製造されている。その構造規格によると、風より受ける荷重は風速16m/秒として計算することとされている。風速16m/秒の風

は、気象庁が採用している風力階級表では、樹木全体がゆれる、風に向かうと歩きにくい「強風」である。一方、人間側の対策として、クレーン等安全規則等によると、10分間の平均で風速が10m／秒以上の強風時における作業の中止を定めている。

風が吹いているときの作業では、つり荷が風から受ける荷重への配慮も重要である。上記の事故の作業では風からの圧力を受ける面積が広い鉄板をつり上げていたため、つり荷が大きく振れたり、回転したりした可能性がある。クレーンや荷が風から受ける荷重の大きさは、言うまでもなく風速によるが、風速は重機が作業する場所の地形や地表からの高さ、さらに、周囲の建築物環境等の影響を受ける。このことを考慮して作業を計画し、実施することを忘れてはならない。

### 風対策は今後さらに重要に

異常気象が叫ばれるようになって久しい。突風や竜巻の発生頻度や規模は各地で拡大しつつあるように思える。風は気まぐれである。突風がいつ吹くか等、予測は簡単とは言えない。当たり前であるが、機械側の対策を強化しつつ、人間側である管理上の対策を怠りなく実行することが基本である。例えば、後者として今後さらに重要になると考えられるものに、管理者や運転者へ現場の状況に応じた局所的な風の状況等の情報を随時提供するシステムの確立および運用が求められる。情報は正確に伝わらないと意味がなく、風速等提供する情報の定義、内容等を明確にしておくことにも留意が必要である

いずれにしても、自然はますます凶暴になることを念頭におき、できることから改めて始めるしかない。

## 湘南モノレール衝突事故

～制御ソフトウェア設計の重要性～

平尾裕司 【安全と健康 2010年8月号掲載】

### ブレーキ力不足で駅所定位置に停止せず分岐器に衝突

2008年2月24日の朝9時54分ごろ、湘南モノレール江の島線西鎌倉駅に進入した下り列車がブレーキ力不足となり、所定の駅停止位置に停止できずにその先の分岐器に衝突した。西鎌倉駅ですれ違う予定であった上りの列車は、下り列車が同駅に停止できずに走行してくるのを発見したため、非常ブレーキをかけて下り列車の19m手前で停止した。双方の列車の乗客および乗務員（計42人）には死傷者はなかったが、下り列車の車両および分岐器等の施設が損傷した。

この事故が発生したのは、列車のモーターを駆動制御するVVVF（可変電圧可変周波数）インバータが、高周波電磁雑音（ノイズ）の影響で加速継続状態となったためであり、その直接の原因はノイズである。しかし、VVVFインバータ制御用のマイクロコンピュータのソフトウェアの構造が適切ではなかったことが、ノイズによって減速制御不能な状態に至った根本理由であり、ソフトウェアの安全設計の重要性を再確認する必要がある。

VVVFインバータ制御用のマイクロコンピュータには、正常な動作をしているかを診断するウォッチドッグタイマ（決められたタイミングでマイクロコンピュータから出力があるかをチェックし、異常な場所には主回路電流遮断指令を出力）も設けられていた。しかし、2つあるVVVFインバータのうち1つにおいて、ノイズによってマイクロコンピュータが割込禁止状態になり、その結果、ウォッチドッグタイ

マには信号を出力するものの、加速減速制御処理をスキップし続けることになった。これにより、ブレーキ操作という運転士の新たな運転操作を認識せず直前の加速継続状態を維持し、衝突事故に至った。

### 制御用ソフトウェアの安全設計の重要性

安全に関する装置・システムのソフトウェアには、装置・システムの機能を実現することだけでなく、ハードウェアは故障することや人間はミスをするを前提とし、そのようなことが生じた場合においても安全を確保するための考慮が必要とされる。コンピュータ制御システムにおいては、制御回路上の故障やその他異常をどこまで対象とし対策を実現するかの検討が重要である。今回の湘南モノレールの衝突事故は、割込処理というタイミングを含む複雑な条件下での故障・異常によって生じたものであり、安全に関係する装置・システムのソフトウェアの適切さの重要性を再確認する機会となったといえよう。

このようなコンピュータ制御の安全確保のための要件（機能安全）については、ソフトウェアの開発時のドキュメント管理を含め、国際規格として定められている。

工場現場にもコンピュータ制御の装置・システムが多く導入されるようになっており、機械安全や労働安全の分野においても、今後、ソフトウェアの安全設計の重要性が増すことになろう。

## 船倉における酸欠事故

### ～法令遵守とリスクアセスメント～

福田隆文 【安全と健康 2010年9月号掲載】

#### 盲点を突く酸欠事故

1986年8月にカメルーン・ニオス湖周辺住民約1,700人が死亡する自然災害があった。住人が逃げようとした形跡はなかった。後の調査で、原因は、湖底から噴き出した二酸化炭素が湖水に高い濃度で溶解しており、そのガスが一気に噴出し周辺の空気を排除した結果、酸欠になったと推定されている。酸欠は目に見えないだけに、逃げることもできなくなる恐れがあるので予防が肝心である。

労働現場でも酸欠による災害が繰り返されている。平成元年から21年までに酸素欠乏症の労働災害で353人が被災し、うち163人が亡くなっている。これらでは、作業主任者を置かず、酸素濃度測定を行っていない結果の事故、つまり法令を遵守していれば防げた事故が散見される。

一方で、ある程度、法令上の対応がされていたと考えられるケースでも事故が発生している。2009年6月、海外から到着して鉱石運搬船で荷降ろし準備のため船倉に降りた作業員が倒れ、救助しようと続いて降りた2人も倒れた。消防による救助後、全員の死亡が確認された。船倉は縦24m、横18.5mで、鉱石上面までの深さは9mであり、ハッチ（屋根状のカバー）を開き、クレーンで作業用重機をすでに下ろしていた。井戸のような筒状の空間でもなく、ハッチも開いていた。さらに、作業前に船倉内6カ所で酸素濃度が測定されており、20.9%と大気と同等の数値が記録されている。しかし、作業者が降りたタラッ

プ付近は測定されておらず、ハッチの構造から、この個所の酸素濃度が低かった可能性が指摘されている。この点に事前に気が付ければ、事故は防げた可能性がある。

### 法令遵守とリスクアセスメント

労働現場の対応としては、まず労働安全衛生関係法令を遵守することが重要である。労働安全衛生法別表6に規定されている作業場所であれば、作業主任者を配置するとともに、酸素欠乏症等防止規制（酸欠則）で作業開発前の酸素濃度測定、空気呼吸器等の配備等が規定されている。これらは、過去の事故から学んだ対策であり、怠れば過去に経験した事故が再び発生しうることを意味している。

一方、法令上の実施事項は一般的な形で示されているため、それを単に実施するのでは対応が漏れる可能性もある。そこで、職場の現状を踏まえた上でリスクアセスメントを行い、「法令遵守に漏れはなく、現状に合った内容か」「さらに安全性を高める方策はないか」などを見ていくことが重要となる。

リスクアセスメントが普及したことが望ましいが、法令を遵守し基本的な安全確保を実施することがまず前提である。その上で、さらに安全性を向上させるためにはリスクアセスメントの実施が重要であることを忘れてはならない。

なお、その際には過去の事故事例から学ぶことも大切である。本稿執筆でも参照したが、安全衛生情報センター (<http://www.jaish.gr.jp/>) には、さまざまな災害事例が掲載されているので、こういった情報を活用していくことも有効である。

## 120年前の2つの火災と電気安全

三上喜貴 【安全と健康 2010年10月号掲載】

今回は、約120年前の電気事業黎明期、日米両国それぞれの電気安全のあり方に大きな影響を与えた二つの火災を取り上げる。

### 1893年のシカゴ万博と保険会社の反応

今回は、約120年前の電気事業黎明期、日米両国それぞれの電気安全のあり方に大きな影響を与えた二つの火災を取り上げる。

1893年のシカゴ万博と保険会社の反応 電気の利用は日米ほぼ同時に始まった。エジソンの会社（後のGE）がニューヨークで発電所の営業を始めたのは1881年。日本では、その翌年に東京電灯（後の東京電力）が営業を開始した。両国において、夜間照明を最も早く導入したのは夜も休まない工場であり、その初期には火災が頻発したようだ。

ファクトリーミューチュアル保険の主任技師は、1881年にニューイングランドで電灯照明を導入した同社の付保対象65工場のうち、半年間に23工場で火災が発生したと報告しており、これに対処すべく、各火災保険会社は電灯設置基準を作成した。米国で電気安全に真っ先に反応したのは保険会社であった。

しばらくして、1893年に開催されたシカゴ万博では、電球10万本が使われて電気の時代の幕開けを世に知らしめたが、その陰で、会場には頻繁に消防車が出動せざるをえなかった。これに手を焼いた保険会社は、ある電気技術者を雇って電気設備の徹底検査に当たらせた。この技術者こそ、検査機関Underwriters Laboratories社（米国保

険業者安全試験所)の創設者メリルであった。

### 1891年の帝国議事堂炎上と政府の反応

日本では、1891年1月20日未明に起こった帝国議事堂の火災が、電気安全に関するその後の制度設計を方向付けた。第1回帝国議事堂が迎えた最初の冬、まだ珍しい電灯照明を施した木造の仮議事堂が全焼するという惨事が起こった。「引込線の上を火が走った」などという流言が飛び交い衆議院書記官長は電灯原因説をとった。真の原因が解明されぬまま、<sup>ていしん</sup>逋信省は各地方長官に対して「電気事業を営むものがあるときは、取締方法を定めて逋信大臣の許可を受け、しかる後に事業を許可せよ」と訓令した(電気事業が経済産業省の所管となるのは戦後である)。当時の地方官庁には電気安全などを審査する能力はなかったが、例えば東京府では、警視庁が電気事業取締規則を定めて事業認可の基準とした。この規則には、落成検査、技師長の配置、電気工作物の試験などの規定がおかれ、政府による電気安全規制の骨格が定まった。

火災の直後、わが国電気工学のパイオニア志田林三郎は「電灯の安危を論じ<sup>うんぬん</sup>云々」と題する長文を電気学会雑誌(第32号、1891年3月号)に寄せ、電気事業者は施設の検査を怠らないこと、しっかりした知識を持つ電気技師を雇うことなどを提言しているが、保険社の積極的な反応や民間のイニシアチブによる検査機関の誕生は、当時の日本では望むべくもなかった。

こうして120年前に日米は異なる二つの道を歩み始めた。近年、日本の仕組みも次第にグローバルな制度に歩み寄りつつあるものの、まだ隔たりは大きい。官民学がともに考えなくてはならない課題である。

## 風力発電用風車の倒壊事故

～保守における意識差 停止中の風車の倒壊～

武藤睦治・大塚雄市 【安全と健康 2010年11月号掲載】

2007年1月8日、青森県東通村岩屋地区の風力発電設備で倒壊事故が発生した。この風車は1月に発電システムの故障のため停止中であり、風車翼が風による荷重を受けない状態にするために、固定ブロックを用いてアイドリング状態注<sup>1)</sup>としていた。しかし、このブロックの固定が不十分であったために、脱落して油圧システムを損傷させた。そのため翼のピッチ角度を制御していた油圧が失われ、2つの翼がファイン状態<sup>2)</sup>となり、ローターが過回転（事故時は定格の倍の38rpm）した。このため風車基礎部にかかるモーメントが耐力以上となり基礎部が破壊し、倒壊に至った。

### フェールセーフ（安全側故障）の重要性

この事例では、アイドリング時の風車の信頼性の確保のために、油圧によるピッチ角制御と固定ブロックという二重の対策が施されていたが、事故時はどちらの機能も喪失状態であった。その場合、過回転が生じることは事故後の解析結果からも明らかである。事故の最終報告書でも挙げられているとおり、油圧の異常を検知してブレーキをかけるなどの、故障時に安全状態を保つ対策が必要であったと考えられる。また、過回転時に負荷を支えるアンカーボルトについて、引き抜きによる実性能の検討が行われていない。アンカーボルトの耐力が、定格回転数の2倍で破損するという低い設計裕度しか持っていなかったことについては疑問が残る。油圧制御という安全機能について、フェールセーフの検討がもう少し必要だったのではないかと考えられる。

ク製の風車を、風況がまったく異なる日本で利用したが、設計している条件自体が大きく異なれば、その影響は当然検討する必要がある。

### 保守における設計者と作業者の乖離

設計者は、自身が設計した部品が当然その機能を発揮することを期待する。しかし、それは保守を行う作業者の協力が前提である。本事例でも、固定ブロックという安全上重要な部位について、実際の作業内容がマニュアルから逸脱し、その固定にトルクレンチが使用されていなかった。設計者が当然のこととして要求する作業が、実は風車の信頼性確保上不可欠な作業であることが、果たして作業者に認識されていたのであろうか（実際、この作業の失敗によってボルトの耐力を超える負荷を受けている）。保守点検において、締め具のトラブルは特に注目されるエラーである。設計者自身が、保守点検でのエラーの防止として、エラーに対応した作業指示書などの工夫を行っていく必要がある。一般機械においても、保守点検を作業者に求めながらその内容を省略するなど、保守の重要性を自らが貶（おとし）めているようなマニュアルが少なくない。保守点検におけるトラブル防止のためには、設計者と作業者が協調して、保守点検のリスク評価を行わなければならないのである。

- 1) 主軸ブレーキを開放してロックし、固定ブロックを用いて3つの翼が風の流れる方向と平行になるようにして風を逃がす状態（フェザリング状態）
- 2) 翼面が風の方向に垂直で、風を最も受け止めやすい状態。

## 地下送電線の爆発事故

～確実な作業手順の大切さ～

福田隆文 【安全と健康 2010年12月号掲載】

### 送電線の絶縁油に着火し爆発

2009年暮れ、市道下に敷設されていた基幹送電線の工事中に爆発が起こった。マンホールのふたが吹き飛び、アスファルトが飛び散り、炎や煙が立ち込めた。幸い、この事故による人的被害はなかったが、鎮火には3時間半を要した。爆発事故は、工事のため送電を休止していた基幹送電線に送電を再開した後、再度停止し、別の作業を行って2度目の送電再開時に起こった。

この事故の原因は、2度目の送電を行う前に残留電荷の放電を行わなかったことと推定されている。1度目の送電前には電荷の放電を行っていたが、2度目の送電前には、すでに行っているから不要と思いついで行わなかった。このため、送電開始時に絶縁耐圧以上の過電圧が発生し、絶縁が破壊された。ケーブルが破損した結果、アークにより絶縁油が発火し、爆発事故に至った。

その後の対策として、操作指示伝票の中に残留電荷放電を確認することとその理由を記載し、さらに実施したことを確認しないと送電できないようにシステムを変更した。

### 流体の残圧による事故

この事故は基幹送電線という特殊な場所で起きたが、通常の作業でも類似のことはないだろうか。設備内にあるコンデンサーの負荷もすぐにはなくなるしないし、電気だけではなく、油空圧機器の残留圧によ

る事故も発生している。

油空圧機器の残留圧による事故は、①空調機の配管内の残圧により、取り外している最中の配管のキャップが突然飛び出し、作業者が吹き飛ばされた事故、②オートクレーブ<sup>1)</sup>で残圧開放弁を開けた際の作動が不十分であったため、残圧のある状態でふたを開け高温液体が噴出した事故、③粉体輸送車のタンク上のハッチが解放時に残圧により急激に開き、作業者が墜落した事故、などさまざまな産業現場で起こっている。

機械安全設計の国際安全規格（JIS B9700）では、動力供給を遮断したら可能な限り自動的に減圧させる、それが不可能なら減圧装置を設ける、等を求めている。作動中は加圧していることを意識しているが、停止中は圧力がないものと考えがちである。しかし、機械が停止操作後も惰性でしばらく回転し続けるのと同じように、残圧も必ずしもゼロとはならない。

このような事故をなくすには、停止すると残圧がなくなるような設計になっているか、それが無理なら残圧への警告がなされているか、加えて、手順書に残圧がないかの確認や残圧処理の実施が記載されているか、さらには、その手順の意味が理解され、守られているか（守っているか）、について点検することが大切であろう。

---

1) オートクレーブ：内部を高圧力にすることが可能な耐圧の容器で化学反応や滅菌処理などを行う

## アミューズメント施設での落下事故

～安全装置を無視したことによる事故～

福田隆文 【安全と健康 2011年1月号掲載】

### シートベルト未着の搭乗者が落下

2005年4月18日午後、東京都内のアミューズメント施設で、下半身が不自由な方が遊具から落下、死亡する事故が起こった。この遊具は、人の乗った椅子が前傾し、最大約10mまで上昇下降する。このとき、下方からの風を受け、また床面の大型ディスプレイに映し出される地上の映像を見て、高度1万mからのダイビングを疑似体験できるものであった。

高い位置で椅子が前傾するため、人の落下対策として、腰部のシートベルトと肩部のハーネスの両方で体を固定するようになっていた。被災者は体が大きく、シートベルトを装着できず、ハーネスだけを装着して搭乗した。実は、ハーネスを装着しただけで運転することは、それ以前から行われていた。

この日も、運転担当者は、現場責任者に報告していたが、被災者が下半身不自由であることを伝えなかったために、ハーネスの固定をしっかりとすればよいと判断されていた。しかし、被災者の場合、足で踏ん張ることができなかったため、椅子が高さ約5mの位置にあったところから落下した。

この遊具導入時に作成された運営マニュアルには、両方の固定ができない場合、搭乗を断ることになっていいたが、運営をしている間にマニュアルが改訂され、シートベルトが未装着でも例外的に運行を許可する旨が記載されていた。

## 機械設備での対応を最優先に考える

マニュアルの策定にかかわっていた開発者が、その改訂にはかかわっていなかったことが、事故後の社内調査で分かった。このことは問題であるが、より根本的な対応としては、シートベルトとハーネスが装着されないと運転できないように装備の設計を行うことである。現場での適切な管理は大切であるが、どうしても搭乗者の希望に添いたいという気持ちと、運用をスムーズにしたい気持ちから、ついつい許容して運転しがちである。

機械安全の国際規格ISO12100や機械の包括的な安全基準に関する指針が、実施可能なことは機械・設備で対応することを求めているのは、このような理由が大きい。設計者は安全装置を設置して事故を防ぐと同時に、安全装置があることにより作業がしづらくなることのないように十分配慮しなければならない。そうしないと、せっかくの安全装置が無効化されてしまう。むしろ、このような配慮をすることで、作業がしやすく、生産性のよい機械・設備、つまり安全性と生産性が両立した設備とすることができる。

一方、安全帯の装置のように、作業者の自主的な管理が重要なことも多くある。

「装着しないで事故なく作業ができたことがあるから」、「これはちょっとした作業だから」などと考えずに、保護具を常に適正に使用し、いつ事故の芽と遭遇しても大事に至らないようにしたい。

## 人工心肺装置の送血ポンプのチューブ破損

～説明義務、警告義務とは～

大塚雄市 【安全と健康 2011年2月号掲載】

### 送血ポンプのチューブ破損

平成7年7月12日、千葉県内の病院において、心臓に「右室二腔症」があるとの診断により右室流出路の狭窄部拡大きょうさくのための心臓手術を受けていた患者が、人工心肺装置中の送血ポンプのチューブ破損により血流中に空気が混入して脳梗塞を発症し、言語障害、右手運動障害等の後遺症を負った。

この医療事故に対して損害賠償請求訴訟が提起され、臨床工学技士に対しては、安全性確保の義務から生ずる機器監視義務に違反していた過失が認定され、人工心肺装置の製造会社に対しては、本件機器の操作に関する製造者としての説明ないし警告の義務に違反する過失が認定された。

### “想定外”の事故に対する注意義務

この事例では、ポンプ内でローラーとともに回転していたチューブガイドの先端部の角が、浮き上がっていたチューブの一部分に接触し、チューブの外壁を削り、3cmの穿孔せんこうをもたらしたことが、亀裂の発生機序であると認定されている。また、亀裂から空気が流入して患者の脳内に流入したため、重篤な脳機能障害をもたらしたことが認定されている。

本来、チューブの浮き上がり等を防止する機能を有していた上側チューブガイドが、ポンプ外のチューブの締め付けが不十分であった

ために機能せず、チューブが浮き上がったとされている。

通常、チューブの破損は想定外であるため、臨床工学技士の注意義務違反には当たらないと主張したが退けられた。技師の役割は人工心肺装置の操作全般に及ぶものであり、空気混入を検知するエアートラップの監視も当然含まれると判示されている。

### 製造者の説明義務および警告義務

製造者は、製造物責任法施行直前に、「チューブ装着後はチューブホルダーにてチューブを確実に押さえて下さい」という警告ステッカーを貼付したとされている。それでも、人工心肺装置の故障は患者の生命にかかわる重篤なリスクを有するので、この事故で起きた現象をあらかじめ具体的に警告すべきであったとして、過失が認定されている。

この事例はまさに、リスクアセスメントを行い、具体的なリスクとその対応策を明示することを求めているものである。使用者の臨床工学技士が、チューブの固定不十分によって摩擦、チューブ破断に至る機構を自力で予測し、対応を検討することは到底不可能である。であるからこそ、製造者のリスクアセスメントにより、具体的なリスクシナリオに即した対応の提示が不可欠となる。特にどのように故障に至るかについては、専門家である製造者のみが想定しうるもので、製造者は、どのような対策によって未然に防止しているのかを、具体的に示すことが要請されている。

製造現場の機械の取扱説明書も、そのような観点で見直していただきたい。それによりリスクの低減につながることを期待される。

**始業時点検 外観点検票**

\_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_月 \_\_\_\_\_日 No. \_\_\_\_\_ 点検実施者名 \_\_\_\_\_

機種名 \_\_\_\_\_ 管理番号 \_\_\_\_\_

医療機器安全管理責任者 \_\_\_\_\_

点検箇所	点検項目	評価
外装	破損やネジの緩み、ひび割れ、汚れ（油・血液等）はないか	合・否
電源コード	プラグやコネクタの破損、コードの亀裂や傷はないか	合・否
各種ケーブル	プラグやコネクタの破損、ケーブルの亀裂や傷はないか	合・否
表示部	表示機（液晶パネルやCRTなど）に破損はないか	合・否
ツマミ・スイッチ類	ツマミやプラグ、スイッチの破損や緩み・抜けはないか。また、スムーズに動くか	合・否
付属機器	付属機器（センサーやホルダーやオクルーダーなど）に破損やひび割れ、紛失はないか	合・否
電気・ガス設備	壁面コンセントや医療ガスアウトレットの破損やひび割れはないか	合・否
排気口	排気口はきれいでありはまらないか	合・否
稼働時間	ローラーポンプ等の稼働時間の記載	合・否

（社）日本臨床工学技術士会では、「医療機器の保守点検に関する計画の策定及び保守点検の適切な実施に関する指針」などを作成し、医療機器の適正な取り扱いを普及促進している（図は同指針に示される人工心肺装置の保守点検チェックリストの抜粋）。

図提供：社団法人日本臨床工学士会

## 中華航空機炎上事故

門脇 敏 【安全と健康 2011年3月号掲載】

### 事故の概要

2007年8月20日、中華航空ボーイング737-800型機が那覇空港に着陸した直後、エンジン部から出火して炎上し、機体は大破、一部を残して焼失した。

同機には乗客157名と乗務員8名の計165名が搭乗していたが、短時間のうちに全員が機外へ脱出し、死傷者はいなかった。

この事故では、同機が那覇空港に着陸した後、主翼のスラット注)を格納する際に、右主翼内の燃料タンクにボルトが突き刺さって壁面に破孔が生じ、ここから多量の燃料が機体外に漏れ出した。そして、漏れ出した燃料が右エンジンの高温部に触れて発火し、機体全体が炎上するに至ったのである。

燃料タンクにボルトが突き刺さって破孔が生じたことについては、スラットのアーム(支柱)の後端に取り付けられていたボルトが脱落し、それがスラット格納の際にアームに押されたことによると推定されている。また、ボルトの脱落については、中華航空が事故の前月にボルトを締め直した際に、ワッシャー(留め具)を付け忘れたことが原因ではないかといわれている。

### 乗務員に対する国民の反応の違い

事故機の乗務員に対する国民の反応は、台湾と日本の両国で大きく異なっており、大変興味深いものがある。台湾では、これだけの大事

故が起きたにもかかわらず死傷者を出さずに全員を脱出させたことに対して、機長や客室乗務員に賛辞が寄せられていた。一方日本では、彼らは乗客全員を無事に脱出させ、また事故原因との直接的な関係がなかったにもかかわらず、賞賛されるどころか避難時の対応のまずさが指摘されていた。

日本では、事故を起こした当事者および関係者を糾弾し、責任を厳しく追及する傾向がある。この事故では結果的に死傷者は出なかったが、一つ間違えれば大惨事になっていた可能性があることから、乗務員を英雄視することにためらいがあったのではないかと推察される。

米国では、2009年1月15日にハドソン川に機体を不時着させた機長が英雄視されているが、同様な事故が日本で起きた場合、同じ反応が生じたかどうかは疑問である。

### 安全の確保

われわれは事故が起きると、その原因を突き止め、明らかにし、それをもとに安全を確保しようとしてきた。つまり、安全の確保には事故の原因究明が不可欠ということになる。

日本では、事故を起こした当事者に対し、責任を厳しく追及して罰を与えるという制度をとっている。時折、事故の責任追及の過程で当事者の協力が得られず、事故原因が明確にならないケースがある。当事者の協力が得られないと、事故から得られる情報が少なくなり、将来の安全確保につながらなくなってしまう恐れがある。この問題をクリアするためには、何らかの解決策を考えなければならない。海外における免責や司法取引の制度を検討することも、賢明な術の一つではないだろうか。

# 口蹄疫と安全安心社会

長岡技術科学大学生物系教授

医学博士 福本 一朗

## 1. 口蹄疫とその危険性

2010年3月に宮崎県で発生した口蹄疫は8月27日、宮崎県東国原知事の口蹄疫終息宣言で幕を閉じた。その間28万8643頭の家畜が殺処分され、畜産関連の経済損失は1400億円、無関連損失は950億円とされたのみならず、今後、年間426億円の損失が3～5年続くといわれている。

口蹄疫 (*Aphthae epizooticae*) とはピコルナウイルス科アフトウイルス属の口蹄疫ウイルスによって引き起される家畜の伝染病で、豚・牛・羊・鹿・猪などの鯨偶蹄目およびハリネズミ・象などが感染する口蹄疫ウイルスによる感染症であり、日本では家畜伝染病予防法において法定伝染病に指定されている。ウイルスの本体の形状は、直径21～25ナノメートルの球形で、ウイルスの分類上ではエンベロープを持たないRNAウイルスであるピコルナウイルス科アフトウイルス属に属している (Fig.1)。

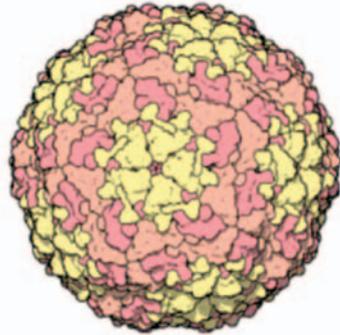


Fig.1 口蹄疫ウイルスを包むタンパク質  
(<http://ja.wikipedia.org/wiki/口蹄疫ウイルス>2010.8.26より)

日本では牛・綿羊・山羊・豚が家畜伝染病予防法2条によって法定伝染病に指定されている。口蹄疫は高い伝播性、罹患動物の生産性低下、幼獣の高い死亡率という特徴を持ち、蔓延すれば畜産業界に大きな経済的打撃を与えかねないため、罹患動物に対しては治療が選択されることは基本的にはなく、他の家畜への感染拡大を防ぐため罹患した患畜は確認され次第、家畜伝染予防法に基づいて全て速やかに殺処分される。1870年より2010年までに世界中で1950万頭の患畜および口蹄疫感染の危険性がある家畜が殺処分された (Fig.2)。

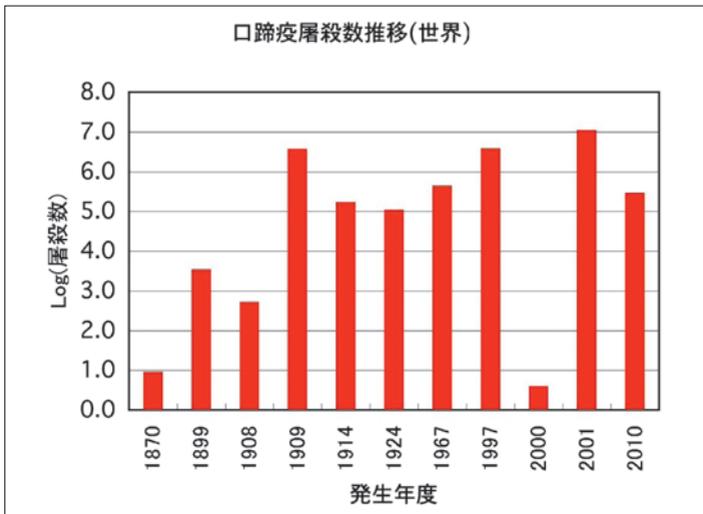


Fig.2 2010年までに世界で殺処分された口蹄疫患畜数推移

病的にはウィルス血症を起こし、突然の40℃以上の発熱・元気消失・流涎が見られ、舌や口中、蹄など皮膚の柔らかい部分に水疱が形成され、やがて破裂して傷口となる。患畜は水疱が破裂した際の傷の痛みと細菌による二次感染で摂食や歩行が阻害され体力を消耗

する。このため乳収量や産肉量が減少するため畜産業には大きな打撃となる。死亡率は成畜では数%であるが、幼畜では50%にも達する。不顕性感染もあり、症状が全くなくても感染地域で飼育されていた牛・豚はウィルスのベクター（運び屋）となり、肉製品・分泌物・精液・糞便による感染源となる。牛乳には水疱形成の4日程度前からウィルスが排出される。ウィルスは60℃ 30秒加熱や4%炭酸ソーダなどで無害化されるといわれているが、消毒で口蹄疫ウィルスが100%防げるわけではない。ウィルスはA型やC型等7種類に分けられ、今回の宮崎のウィルスは遺伝子検査でO型と判明したが、それは中国や韓国で発生したO型ウィルスの遺伝子と99%一致した。不活化ワクチンはウィルスの型が完全に一致しないと十分な効果が出ないとされているが、今回は予め備蓄されていたO型対応ワクチンが使用された。

## 2. 口蹄疫対策の問題点

- (1) 感染力が極めて強く、感染すれば殺処分するしかない口蹄疫では速やかな屠殺と埋葬がなされねばならないが、今回の宮崎県の場合には埋葬地が足りず殺処分が遅れた。ウィルスの判定は東京の動物衛生研でしかできない事になっているため、感染確認が遅れた。そのため宮崎県内に広く感染し、同県の畜産業は壊滅的な打撃を受けてしまった。
- (2) 感染地域の広がり方を見ると、同心円状ではなく順番に南下している。これは感染経路が空気感染ではなく、野生動物か昆虫であることを強く疑わせる。昆虫による感染であるとすると、完全に封鎖できない現在の牛舎の構造では感染阻止が困難である。
- (3) ワクチンについては接種時期が遅すぎたのみならず、ワクチン接種した家畜をもウィルスの増殖を抑えるためという理由で殺

- 処分しなければならないとされた。これは本来予防のために作られているワクチンの利用法としては誤っている。農林水産省の見解通り人間には感染せず、感染した家畜の肉を食べても人間に害がないとするならば、人間のインフルエンザワクチンと同様に、感染の危険性が高まる前に健康な家畜に接種しておくべきである。
- (4) さらに殺処分そのものについてもその有効性とコストベネフィットを再検討すべきである。もし殺処分が感染拡大に有効であるとするならば、両者には負の相関が見られるはずである。しかし2001年に欧州で口蹄疫が発症した時のEU各国の対処を発生数と殺処分数の関係で見ると $r=+0.998$ の極めて強い正相関であった (Fig.3)。この事実は少なくとも2001年度の口蹄疫発生では殺処分数が感染拡大に寄与したとは言い切れず、感染症全てに共通する自然免疫の発生を期待する手法との科学的な比較検討

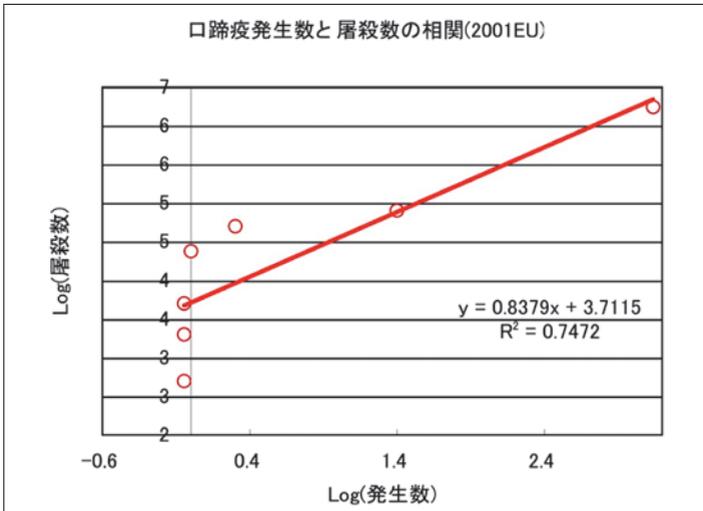


Fig.3 2001年欧州口蹄疫発生における各国発生件数と殺処分数の相関

が必要と考えられる。

### 3. 悲劇を繰返さない安全安心社会を求めて

筆者は獣医ではなく医療安全を専門とする医師であるが、「食の安全」という観点からは「一般医学の安全思想」が口蹄疫にも応用可能であると信じる。ただ防疫手段として罹患個体を屠殺する「殺処分」が第1手段とされていることが人間の疫病と異なっている点である。しかし動物保護団体の指弾を受けるまでもなく、地球上の命は等しく大切にされねばならない上に、家畜を家族同様大事に飼育されている酪農家の方々の悲しみを思うにつけ、「殺処分」にはそれを実行するに足る科学的根拠と cost vs. benefit 感覚が必要とされよう。また、「一度あることは将来必ず繰返して生じる」「危険をゼロにすることはできず、ただその発生率を減少させられるだけである」「世の中に無料のものではなく安全安心にも、不断の努力とある程度の費用がかかる」という危機管理・システム安全哲学に基づき、以下のシステム安全的対策を提言したい。

- (1) ここ百年の過去の歴史を振り返ると、口蹄疫は周期的に世界中で発生している。そのため将来にも必ず再び発生する危険性が大きいため、常設の監視・防疫機関を国連・各国・各自治体に設置しておく。
- (2) 科学的に検証された口蹄疫対応マニュアルを毎年改訂し、関係者に周知する。
- (3) 常日頃から、口蹄疫簡易診断手法とワクチンを含む予防治療方法の研究開発を継続し、インフルエンザの様に発生ウィルス種別予測とワクチン備蓄を行う。
- (4) 不幸にして発症した場合には、行政側と第三者代表側の2名の

記録官が権限を持って独立に経過・対策・評価を記録し、定期的に国民にありのままを報告する。

- (5) 口蹄疫終息直後から、常設の監視・防疫機関が責任を持って、実際に実施された行動の評価と提言・対応マニュアルの改訂を義務として行う。
- (6) ウィルスは物理的・化学的に賦活化されない限り、基本的には半永久的に“生存”し続ける。とすれば「殺処分」と「埋立て処分」は、「臭い物には蓋」式の応急処置に過ぎず、加熱処理等の最終処分が望ましい。
- (7) 人間には行われている「隔離」は、免疫個体を得ることができするため、「自然免疫個体」「血清」「新しいワクチン開発」へと繋がる可能性がある。嚴重に隔離された無人島を平静時からそのような隔離観察施設とすることが望ましい。
- (8) 宮崎県口蹄疫の場合には、農水大臣・県知事・市町村長・家畜保健衛生所の指揮系統が複雑に交錯し、迅速かつ強力な行動がとれたとは言えない。国民生活に多大の影響を与えることを重視すると、FEMA（アメリカ合衆国連邦緊急事態管理庁＝Federal Emergency Management Agency of the United States）の様な常設の危機管理機関を頂点とする指揮命令系統を構築しておくことが望ましい。

#### 4. 結語

「喉元過ぎれば熱さ忘れる」といわれる様に、人間は忘れる動物であり、特に不幸なこと、嫌なことを忘れなくては、明日に向かって生きて行くことはできない。しかし人間社会全体としては、戦争や大災害の様に決して風化させ忘れ去ってはいけない記憶もある。特に、将来再び同じ様な不幸が生じる危険性が高い口蹄疫の様な疫病に対しては、

「温故知新」でまさに「喉元過ぎた」その時から、次の発生に対して緻密で計画的な対応を開始しなければならない。そして常日頃からそのような対処と覚悟をしておくことが、結局は国民生活においても経済活動においても人類の幸福に役立つことを皆が自覚すべきだと思料する。

また古来の賢人が述べた如く、常に悲惨な経験から学び続けるとともに、生命という貴重な代価を払って得たデータは決して無駄にせず有効に生かし続ける社会的システムを常備することが、安全安心社会を構築する唯一の手段であり、厳しい自然を生き抜いて来た人類の叡智の賜物であると信じる。それを実現するためには、任務として被災データや対応マニュアルを集中的に蓄積・解析・改訂するとともに、あらゆる種類の災害とその対策方法を平常時から一括調査・研究し、国民に周知せしめることをその任務とする常設の国家機関の設立が必要と考える。

「常在戦場（越後長岡牧野家牛久保壁書）」

「災いに遭うときには遭うがよろしく（三条大地震良寛和尚見舞状）」

---

#### 《参考文献》

1. 吉岡裕編集監訳／須長昭治訳：「狂牛病と口蹄疫」、p52～61、農林統計協会、2001
2. 藤原豊司「欧州統合の地平—拡大・深化・最終形態」、p140～142、日本評論社、2002
3. 村上直久「世界は食の安全を守るか—食品パニックと機器管理—」、平凡社新書237、p70～76、2004
4. 「ワクチン効果？ 口蹄疫発生、減る傾向 楽観戒める声も」、asahi.com 2010.6.9
5. フリー百科事典「ウィキペディア (Wikipedia)」口蹄疫、2010.7.18
6. <http://ja.wikipedia.org/wiki/口蹄疫ウイルス2010.8.26>
7. <http://ja.wikipedia.org/wiki/アメリカ合衆国連邦緊急事態管理庁>

# 大自然災害時にも安全安心な社会を求めて

## —災害診療支援システムの研究—

長岡技術科学大学災害ME研究室 客員教授/株式会社プロジェクトアイ代表取締役

防災士 佐橋 昭

### 1. はじめに

《災難に逢 時節には 災難に逢がよく候

死ぬ時節には 死ぬがよく候 是ハこれ 災難をのがるゝ妙法にて候》  
良寛禅師は災害や死も自然の一貫で、禅でいう一大安心（あんじん）を泰然として受け入れる妙法を説く。この文は、禅師が1828.11.12 越後大地震（M7.4）で自らも被災しながら、与板の地で被災された山田杜臯老の無事を喜び、安心（あんじん）を得る法を説かれた一節である。

また越後長岡藩牧野家11代当主牧野忠恭は、

《常在戦場》

を掲げ、いつでも戦場にいる心構えと備えを藩士に徹底させていた。

越後の偉人が残した言葉は、科学技術を探求する長岡技術科学大学の安全安心社会研究にいまも示唆を与えているのではないだろうか。

災害は必ず起こる。ならばその現実を受け入れ、その上で被害を許容できるレベルにまで落とし込むために十分な備えを行う。これらの教訓は我々災害ME研究会の基本理念となっているし、この教訓が必要なのは何も我々に限ったことではないであろう。

我が国は、ご存知のとおり地震大国である。全世界で起こる震度6以上の地震は、その2割が日本周辺で発生している。しかし残念ながら

ら災害救助機器開発において、我が“科学技術創造立国”日本は遅れていると言わざるを得ない。その一端は2004.10.23新潟県中越地震において垣間見えた。本学生物系 医用生体工学教室 福本一郎教授は、地震発生時から医師として新潟県中越地震の避難所診療に当たられた。阪神・淡路大震災より10年が経とうという当時において、一切の災害診療支援技術の向上が見られなかったのだ。

地震は天災である。しかし、いつか必ず来ると解っている天災に対し、何も備えをせず、結果として災害が大きくなった場合、それでも天災と呼べるだろうか。

そこで災害診療支援システム・災害救助機器の開発が急務であると考え、災害ME研究会を興し、先進的に災害診療支援機器創出に取り組んできた。小社はこの研究会に参画し、人命救助の壮大な目的に向けて医学と工学を融合した機器開発に挑んでいる。この度、安全安心社会センターに参画させていただき、学ばせていただくことで「災害診療支援システムの開発」がより強固なものとなるだろう。

## 2. 災害診療支援システム開発の概要

災害時の避難所診療で、医師は繁忙を極める。不眠不休で、カルテ記入もままならない。加えて電源・通信等のライフラインが途絶し、精密な医療機器が落下するなどにより使用不可能となり、血圧・心拍など基本となる生体情報を採ることも困難となる。この現況を工学的に打破するべく、様々なデバイスの研究・開発を行ってきた。そして、現在図1に示した総合的な災害診療支援システムの構築を目指している。互いに相関関係を持つこれらのデバイスは、開発の難易度、必要とする専門知識の差異から、研究開発の進捗状況に差が生じているが、最終的な事業化に向けて日々開発を行っている。以下にいくつかのデバイスの説明を行う。

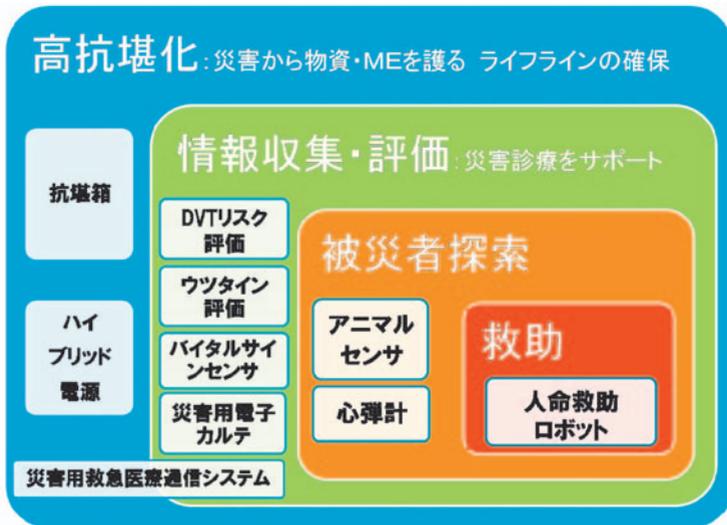


図1 災害診療支援システムの概要

### 3. バイタルサインセンサ

バイタルサインとは生命の維持に必要な脈拍数、体温、呼吸数などの指数であり、平時、災害時にかかわらず、治療を行う上で必須となる指標である。災害時であってもバイタルサインを確実に迅速に計測することは、そのまま災害時の安全安心社会構築の第一歩となるだろう。

#### 3.1 避難所救急医療バイタルサインセンサ

避難所で迅速に生体情報を自動計測し、電子カルテに記録可能なバイタルサインセンサである。図2に示す血圧・心拍・体温計測を一体とし、生体情報として採取時間の短縮を図り、採取データを患者IDと共に、当測定器に保存し、随時カルテへ自動記載する。

### 3.2 人命救助ロボット搭載用生体モニタリングシステム

人命救助ロボットの概要は「4. 人命救助ロボット」にて述べるが、遠隔で医療行為を行う以上、当ロボットにもバイタルサインセンサの搭載は不可欠である。フレキシブルなアームの先に人体の血流状況を確認する赤外線カ

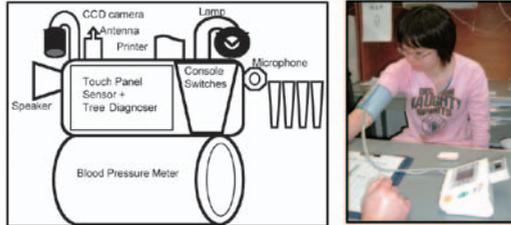


図2 避難所救助用バイタルサインセンサ

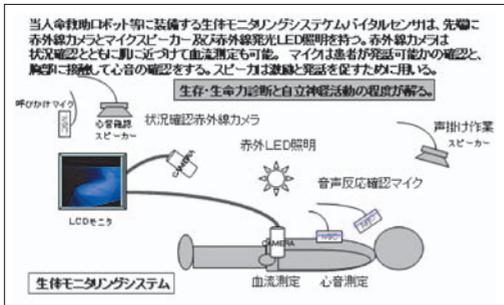


図3 生体モニタリングシステム概略図

メラを備え、更に、マイク／スピーカで励ましながら被災者の声の確認と、心音の確認を行い、確実な救出とトリアージも行う。(図3参照)

### 4. 災害用救急医療通信システム

今日の高度にオンライン化された医療の現場において、通信網の断絶は安心安全社会の危機に直結する。しかし残念ながら今日までの大災害においては、必ず通信回線が停止し、被災地診療が孤立化しているのが現実である。



図4 災害用電子カルテ 試作画面

そこで被災者の自律神経の活動を感知・計測し、生命力を診断して、その生体情報を電子カルテに反映させる。また特段の知識が無いものでも医師の活動をサポートできるように、入力を容易にした電子カルテ（図4参照）の研究開発を行ってきた。このカルテ情報は、災害救助本部及び災害拠点病院に避難所救急医療情報通信システムで自動的に送信することで、協調医療が可能な災害医療支援システムである。

#### 4.1 避難所救急医療情報通信システム

上述の方法で記入したカルテ情報を、災害拠点病院へアドホックネットワーク無線でデータ送信する、避難所救急医療情報通信システムの開発である。（図5）

避難所における診療は、電源や通信が途絶えることで、特に援助が必要な災害の急性期において、まったく孤立した状況にあるのが現状である。これを解決する避難所診療支援デバイスである。



図5 避難所救急医療情報通信システム

#### 4.2 人命救助ロボット画像データ医療情報通信システム

後述する人命救助ロボットによる人命救助作業の実施は、将来的に

上記バイタルサインデータと現場の映像のデータを遠隔の災害拠点病院に伝送しながら、オンラインで医師の指示を受けつつ行うことを目標とする通信システムである。

## 5. 人命救助ロボット

大震災において、瓦礫に挟まり動けなくなった被災者の患部の圧迫を不用意に開放した場合、Crush syndrome (=クラッシュ症候群、挫滅症候群)を発症し、短時間で死に至る可能性がある。これを防ぐためには、

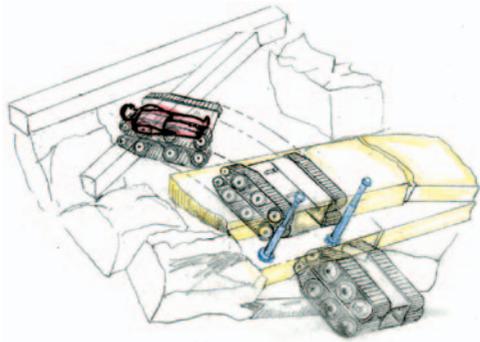


図6 人命救助ロボット運用想定図

医師が瓦礫に潜り込み、処置を行う必要がある。しかし普段から災害現場で行動するべく心身を鍛えている災害救助隊員ですら危険な崩壊現場に、素人の医師がアクセスする事は二次災害の危険性もあり、さらに安全が確保されるまでは救助作業を開始できないという時間遅れも避けられない。

そこで瓦礫に閉じこめられた被災者に直接アクセスする人命救助ロボットの実現は、救助者・要救助者共に危険に曝さないことで災害医療安全対策に有効である。

現在のクローラ型災害救助ロボットは、その無限軌道(クローラ)の回転方向の制限のために、上下がつかえている狭い空間では進行不可能である。また到達できたとしても、瓦礫に挟まれた被災者を直接救助することはできなかった。そこで無限軌道を重ねることにより、床と天井の上下に推進力を得る機構を考え、さらに左右の無限軌道の

間に、狭窄空間を広げる上下ジャッキ機構とその上下ジャッキの間に被災者を収納する機構を備えた双帯対向クローラを開発した。このロボットを用いて被災者に接近する。(図6参照)

しかし、ただ収容しただけではCrush syndromeは防げない。そこで当人命救助ロボットにはカフを備え、圧迫開放と同時にカフ内に収容して炭酸ガスでカフを膨張させ再圧迫し、血液の再環流を阻止する。その圧迫を維持したまま医師のいる施設に送り、安全が確保された場所で適切な施術を受けてもらう。

この人命救助ロボットは既に試作一号機を製作しておりし、図7のように、2009.1.10横浜開港150周年記念「安全・安心フェスティバル」において本学福本教授の学友である安全安心総責任者の横浜市危機管理監上原美都男安全管理局長の計らいにより実演を行った。この



図7 人命救助ロボット実演（人命救助ロボット収容被災者役は筆者本人）

際、横浜市危機管理局レスキュー隊員より、震災時に実用となるための多くのアドバイスをいただいた。

## 6. 災害診療支援システムを構成するその他のデバイス

### 6.1 ダリウス型風車、ソーラーセルを一体化したハイブリッド発電装置

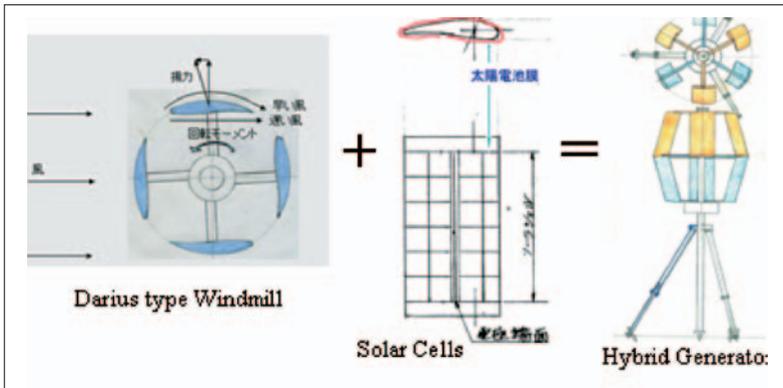


図8 ハイブリッド発電機

災害であっても不断の電力を確保するべく、ダリウス型風力ブレード表面に薄膜Solar Cellを蒸着して高効率のHybrid発電機とした。(図8参照)

これにより雪国の災害時にも、太陽電池が雪に埋もれることもなく使用が可能となる。

さらに夜、しかも無風状態時であっても電力を供給出来るよう、自転車による人力、燃料電池や車のバッテリーも利用可能な複合発電システムとした。

どれほど優秀な医療機器も、動力が確保できなければ使用できない。災害時の電源確保は安全安心社会構築のための基礎となる。円滑な災

害医療の実施のため、①避難所で健康状況を把握できるバイタルサインセンサや生体モニタリングシステムの電源、②避難所救急医療電子カルテ装置の電源、③医療の孤立化を防ぐ緊急医療データ通信の救急医療通信システムの電源、アドホック無線など基地局を解さない通信の完成を目指して、ハイブリッド発電機を無線中継局電源として無線機と一体で、中継局とすることにも展開、④手元照明用の電源、そして被災地で、⑤瓦礫の下に閉じ込められた人の発見・救出をめざす人命救助ロボットの電源とする。

## 6.2 犬の匂い脳波計測システムによる災害救助システム（アニマルセンサ）

人間の嗅細胞は500万個に過ぎないのに対して、犬の嗅細胞は2億個もあり、そのため人に比して非常に高い匂い検出能力を備えていることは周知の事実である。災害現場で瓦礫に埋もれた被災者を発見するために災害救助犬が活躍している。しかしその数は我が国で200頭と少ない上に、育成するにも2年の月日と3億円の費用を要するため、新たな救助犬の誕生数は限られている。しかし犬の嗅覚は救助犬であっても一般家庭で飼われている犬であっても変わらない。そこで一般家庭で飼われていて訓練を受けていない犬の嗅覚反応に基づく脳



図9 アニマルセンサ

波の変化から被災者を発見するアニマルセンサの開発である。（図9参照）

被災者探査はもとより、麻薬・爆発物・劇物等の危険物発見への流用が可能で

あり、テロ対策として安全安心社会実現に向けての活躍が期待できる。

## 6.3 抗堪箱 —医療用保管箱—

地震により、多くの医療機器が落下・転倒により使用不可能とななり、災害診療の大きな妨げとなった。従って医療用保管箱は、災害時

の落下・転倒に対する対衝撃性、火災から機器を守るための耐火性・耐熱性、水害および消火活動に対する耐水性に優れている必要がある。また災害時の持ち出しを考慮し、可搬性も重要である。そこで、耐火金庫のような構造を避け、図10のよ

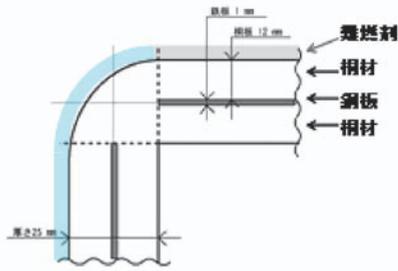


図10 抗堪箱 構造

うに内・外装に桐材、中央に鋼板を配した3層構造の保管箱を開発した。また外装の表面には難燃剤であるメタルシリコンを塗布し耐火性を向上させた。

これにより図11・図12に見られるように良好な燃焼実験結果を得た。

この抗堪箱に、これまで紹介したバイタルサイン機器・電子カルテ等医療用デバイス及びエッセンシャルドラッグなど災害時に必要なものを収納し、発災直後確実に使用出来る状態に保つものであり、ひい

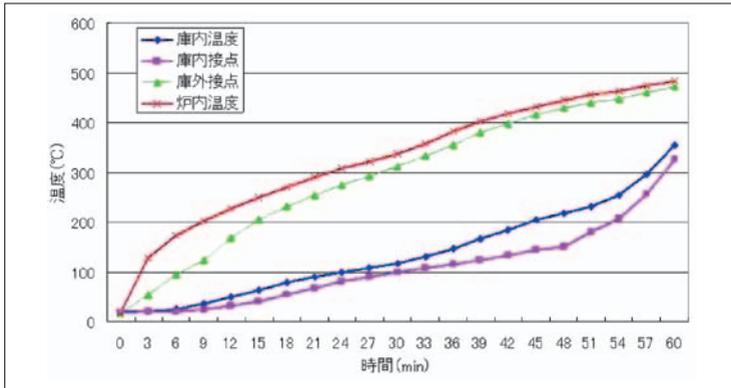


図11 抗堪箱 燃焼実験結果



図12 抗燻箱 燃焼実験後

ては災害時の安全安心を担保するものである。

また医療機器・医薬品に限らず、幾世代も伝えたい文化遺産・美術品・希少価値の高い楽器等を災害・事故から保護するボックスとして転用も期待できる。

## 7. まとめ

新潟県中越地震の2ヶ月後、2004.12.26スマトラ沖地震M9.1で22万人が亡くなるという信じられない多数の犠牲者が出ている。また3年後2007.7.16新潟県中越沖地震M6.8が起き、翌年2008.5.12四川大地震Mw7.9で約9万人が亡くなり、近時2010.1.12ハイチ地震M7では22万人が亡くなるという史上最悪の人道危機へと続いている。我々の災害診療支援システム開発は到底間に合わず、いつも災害に追い越されていくようで焦りを禁じ得ない。

前述した研究は未だいくつもの課題を残すが、次の大災害がそこまで迫っている今日を“生き伸びる”ために、我々以外にも多くの医学・工学の研究者に取り組んでもらえることを願って、“第49回日本生体医工学会大会 Revolution ME オークナイズドセッション:災害時に人命を守る新しい生体医工学的支援技術の構築を目指して『大地震に備える災害ME研究』”を2010.6.25に開催した。

その中で、本学システム安全系門脇敏教授に「災害・事故におけるシステム安全：専門職の養成」と題して講演をいただいた。また、埼玉医科大学保健医療学部池田研二教授に「災害現場での医療機器 — 被災者のヴァイタルサインモニタを中心に—」の講演をいただいた。こうして牛のような歩みではあるものの、幅広い研究者への着実な広

がりを見せつつある。これからもより多くの研究者の参加を得て『災害診療支援システムの研究』を確実なものとし、安全安心社会構築の一助となるべく邁進する所存である。

## 8. 参考文献

- 1) 佐橋昭・内山尚志・織田 豊・福本一朗:「大災害時高抗堪性ME 機器システムの研究」、電子情報通信学会技術研究報告Vol.106, No.81 (MBE2006 16-21) , Page17 ~ 20, 2006.5.27, 富山大
- 2) 佐橋昭・内山尚志・織田豊・寺島正二郎・福本一朗:「新潟中越地震に学ぶ災害時避難所診療支援システムの研究」、日本集団災害医学会誌, Vol.11, No.2, pp132, 2006.12.27 名古屋国際会議場
- 3) 佐橋拓・佐橋昭・内山尚志・織田豊・福本一朗:「大災害時瓦礫の下にもぐる人命救助ロボットの基礎研究」,第13回日本集団災害医学会大会抄録JADM-3, pp406, 2008.2.11 筑波
- 4) Taku SAHASHI, Akira SAHASHI ,Yutaka ODA, Hisashi UCHIYAMA, and Ichiro FUKUMOTO: “A basic study of automated medical rescue robot under natural disaster”, The 9th Asia Pacific Conference on Disaster Medicine 2008.11 Seoul WC2008/11/2 program book, 2008/11/2to4. Seoul
- 5) 佐橋拓・佐橋昭・内山尚志・福本一朗:「大災害時瓦礫の下にもぐる人命救助ロボットの研究」第14回日本集団災害医学会発表 2009.2.13 神戸国際会議場
- 6) 佐橋 昭・佐橋拓:「新潟県中越地震に始まった災害ME研究会」第100回臨床工学研究会 2009.3.17
- 7) 佐橋 拓、佐橋 昭、織田 豊、内山 尚志、福本 一朗:「抗担性を

- 有する災害医療備品保管箱の開発」第48回日本生体医工学会  
2009.4.24 東京江戸川船堀タワーホール船堀
- 8) 佐橋 拓、佐橋 昭、内山 尚志、福本 一朗：「瓦礫に潜り、クラッシュシンドローム回避機構を有する人命救助ロボットの研究」第29回日本生体医工学会甲信越支部大会2009.9.26
- 9) 佐橋 昭、佐橋 拓、内山 尚志、福本 一朗：「被災地を孤立させない災害医療支援システムの研究」第29回日本生体医工学会甲信越支部大会2009.9.26
- 10) 佐橋 拓、佐橋 昭、内山 尚志、福本 一朗：「災害時避難所を孤立させない災害診療支援システムの研究」第15回日本集団災害医学会総会・学術集会抄録集p351 2010.2.12
- 11) 佐橋拓：「防災工学の視点から見た災害救助活動における医療責任の研究」臨床工学研究2010.3.17
- 12) 佐橋 拓、佐橋 昭、内山 尚志、福本 一朗：「災害時のME運用における医療責任の基礎研究」電子情報通信学会MEとバイオサイバネティックス研究会信学技報 I E I C E T e c h n i c a l R e p o r t M B E 2010-1 (2010-5) ,p1 ~ p7, 2010.5.21, 会場：富山大学
- 13) 佐橋 昭、佐橋 拓、内山 尚志、福本 一朗、高橋 聡、榛沢和彦、門脇 敏、池田 研二：第49回日本生体医工学会大会OS生体医工学会プログラム企画「大自然災害時に人命を守る新しい生体工学的支援技術の構築を目指して」『大地震に備える災害ME研究』日本生体医工学会会誌第48巻特別号第49回日本生体医工学会大会プログラム・抄録集 p116 ~ p119, 2010.6.25 大阪国際交流センター
- 14) Taku SAHASHI, Akira SAHASHI , Hisashi UCHIYAMA, and Ichiro FUKUMOTO: “Development and management

researches of medical rescue robot under natural disasters” ,  
10th Asia Pacific Conference on Disaster Medicine August 26  
(Thu) -28 (Sat) , 2010 Sapporo prince hotel

- 15) 佐橋 拓、佐橋 昭、内山 尚志、福本 一郎:「災害用人命救助ロボットの研究開発と運用上の責任」第28回日本ロボット学会,  
2010.9.24, 名古屋工業大学

# 長期統計でみる日本社会の安全

長岡技術科学大学

システム安全系教授 三上喜貴

## はじめに

「安全と水は日本ではタダ」と言われるほど、日本は安全な社会と考えられてきた。犯罪が少ないことに加えて、技術的な面でも事故の少ない安全な国と考えられてきた。しかし近年では、こうした「安全神話」を揺るがすような様々な事故が多発し、あらためて「安全安心社会の創設」が社会的な関心、政策上の重要課題となるに至っている。本稿では、死亡統計、労働災害統計、火災統計、交通事故統計といった諸指標の長期トレンドを概観することにより、日本の社会の安全の度合いを考える材料を提供したい。

## 病気と事故

長期間にわたって日本人の死亡原因を観察する場合、最も信頼できるのは厚生省の人口動態統計である。人口動態統計は住民基本台帳の異動情報をもとに作成されている。死亡原因として病気についてはかなり詳しく調べられているが、不慮の事故による死亡については交通事故とそれ以外という区分しかない。この統計に基づき、過去100年間における日本人の死亡原因の推移を図1に示す。戦前は肺炎・気管支炎や結核といった感染性疾患が死亡原因の上位を占めるが、戦後はこうした病気が克服され、他方で悪性新生物（癌）、心疾患、脳血管

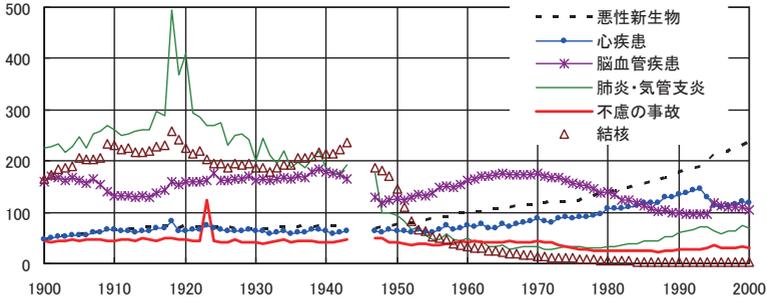


図1 日本人の死亡原因 単位：死亡率（人口10万対）

出典：厚生省人口動態統計より筆者作図

注：最近の死亡原因上位5位まで（悪性新生物，心疾患，脳血管疾患，肺炎・気管支炎，不慮の事故）と，戦前期の主要な死因であった結核のみ示した。明治31年以前及び第二次大戦中の1944-1946年間の統計はない。1995年以降は若干の定義変更がある。1918-20年はスペイン風邪の影響である。

性疾患などの病気が主たる死亡原因となった。しかし、不慮の事故による死亡は戦前戦後を通じて上位5、6位を占める原因である。

では不慮の事故の内訳はどうなっているのか？戦後に注目すると、労働災害や交通事故による死者数は1970年以降減少傾向にある。気になるのは全体として減少しつつあった不慮の事故による死者数が1990年以降反転し、しかも、火災、交通事故、労働災害以外の原因による不慮の事故死者数が若干増えつつあることである。高齢化が進む中で、家庭内における危険が死亡事故に結びつく可能性が高まっているのではないかと（図2、図7参照）。

戦前についてみると、自動車普及の水準から考えてそれほど主要な死亡原因であったとは思われぬ交通事故を除き、労働災害や火災統計といった統計の補足率には限界があったものと思われるから、「その他」の原因の一部が実際には労働災害や火災による死亡者であった

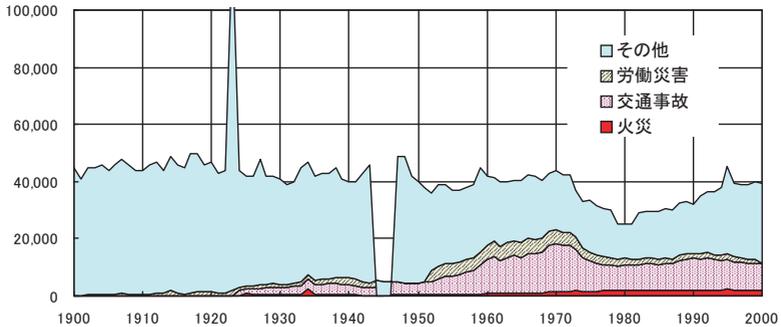


図2 不慮の事故による死者数とその内訳（1900－2000）

出典：厚生労働省「人口動態統計」及び「労働災害統計」、消防庁「火災年報」、警察庁「道路交通事故事故統計」、国土交通省「鉄道事故統計」及び「海上事故統計」

可能性は高い。

また、図2において特異値として観察される1923年は関東大震災、1934年は函館大火、1995年は阪神淡路大震災である。

### 労働災害死傷者数

明治以降の労働災害件数の推移を見てみよう。労働省の公式史に掲載されている労働災害死傷者数統計を図3及び図4に示す。戦前は工業労働の場そのものが戦後に比べれば小さく、しかも労働災害を統計的に把握するという社会の認知機能も不十分であり、また統計の範囲は定義もしばしば変更されているから戦前戦後の一貫した比較を行うことは難しいが、本統計によってまず業種別の概観を試みよう。

戦前においては、製造業よりも鉱山、特に石炭鉱山での災害が多数の死傷者をもたらした。1899年には当時の主力炭鉱であった福岡県豊国炭鉱で日本初の炭塵爆発事故があり、210名の鉱夫が一気に死亡

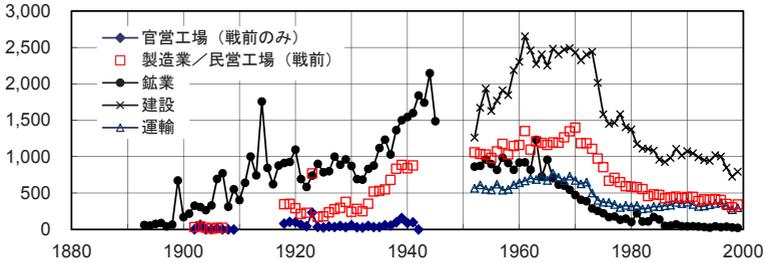


図3 労働災害による死亡者数の推移

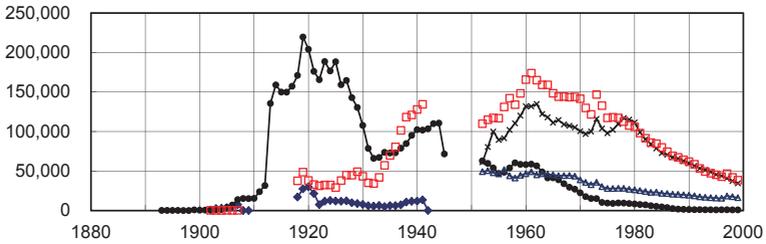


図4 労働災害による死傷者数の推移 (要改訂)

出典： 戦前は労働行政史1(1961年)、戦後は労働行政史2(1969年)及び労働省史(資料編)(2001年)の統計を元に筆者作成。原資料は、官営工場及び製造業のうち1902-1907年は農商務省商工局「工場災害統計表」(明治41年)、1918-1941年は「工場監督年報」；戦後は全ての産業について労働基準局調べ。

注： 負傷者の定義については、戦前は特段の定義なし。戦後～1972年は「休業8日以上」、1973年以降は「休業4日以上」の負傷者数。

亡するという惨事が起こっている。しかし国内鉱山の閉山が進むとともに鉱業での災害死傷者数は次第に減少に向かった。

製造業をみると、明治期においては官営工場の占める比率が高かったため、労働災害統計も官営工場での件数を特掲しているが、官営工場での死亡者数、死傷者数はそれほど大きくない。他方、民間の製造業での死者数、死傷者数は戦時経済体制への移行が始まった1930年

代に増加した。製造業の事故の場合には、一度に数百人という多数の労働者が死亡することはない。

運輸業、建設業における労働災害件数については戦前の統計では把握されておらず、戦後の数値のみであるが、現在ではむしろ労働災害の主たる発生場所となっているといつてよい。

## 火災

一方、危険物による犠牲者はどうか。まず火災による災害件数の歴史的な概観からはじめよう。図5に過去約百年間の出火件数及び火災による死亡者数を示す。昭和9（1934）年の函館大火を最後に街全体を焼く尽すような大火災は姿を消した。これは防火建築の普及、都市計画や消防体制の整備など、総合的な防火対策の勝利を示すものではあるが、にもかかわらず、戦後の出火件数、死亡者数は増勢に転じており、2000年時点においても年間6万件台の出火があり、火災による死亡者数は年間2000人の水準にある。これは労働災害による死亡者数とほぼ同じである。火災は引き続き主要な危険源である。

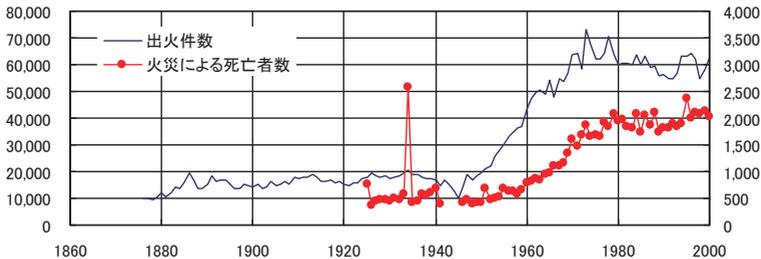


図5 日本の火災発生件数及び火災による死者数の推移（1876-2000）

出典：日本長期統計総覧、消防庁（<http://www.fdma.go.jp/>）

## 交通事故

交通事故については1924年以降統計が得られる。図6に示すように、交通事故による死亡者数は一進一退を繰り返し依然として年間1万人という高水準にある。参考までに米国の数値も掲げたが、車の登録台数において日本よりも一桁多い米国では交通事故死者数も約4万人となっている。日米ともに、これは労働災害や火災による死者数をはるかに上回る水準であることを忘れてはならない。

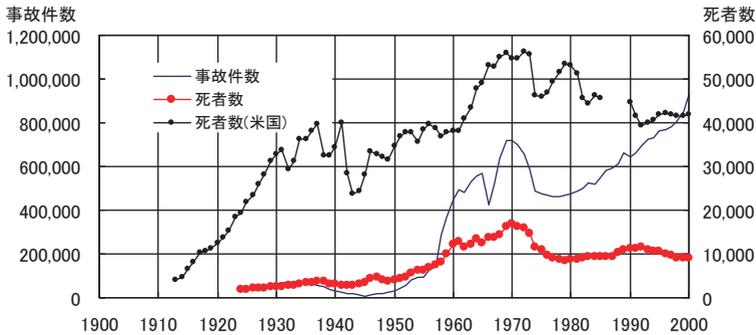


図6 交通事故件数と事故死者数の推移 (日本と米国) (要データ追加)

出典： 警察庁「交通事故発生状況」：<http://www.npa.go.jp/toukei/index.htm>  
 交通事故総合分析センター：<http://www.itarda.or.jp/>、日本長期統計総覧

## おわりに

以上のように労働災害、火災、交通事故という主要な事故原因別の死亡者数の長期的推移を概観してきたが、ここでもう一度図2に戻してみよう。1970年代以降、労働災害による死者数は減少傾向にあり、火災と交通事故による死者数も横ばい傾向にある中で、不慮の事故による死者数が1980年代以降増加している。これは何に起因するのか。詳細な分析は後日に行うこととするが、2000年における不慮の事故

による死者数の年齢別内訳（図7）をみると、交通事故以外の高齢者の事故が大きなウェイトを占めることがわかる。自宅内、あるいは外出先、歩行中における高齢者の不慮の事故が主要な原因となっていると推測できる。今後、高齢者の単身世帯や高齢者のみの世帯がますます増加し、危険に対して脆弱な人口層は増加する。これに対する備えが求められているといえよう。



図7 年齢別にみた不慮の事故による死者数（2000年）

出典：厚生省50年史所収統計より筆者作図

シリーズ：安全安心社会研究の古典を読む No. 1

## ハイน์リッヒの「産業災害防止論」

長岡技術科学大学

システム安全系教授 三上喜貴

### はじめに

長岡技術科学大学安全安心社会研究センターは、安全安心社会の創出に貢献する新しい知見を提供する場たらしめる意気込みをもって、本誌「安全安心社会研究」を創刊するものである。しかし、われわれは新しい知見の創出に邁進するだけでなく、同時に過去の英知の蓄積からも学び直す必要がある。安全は決して新しい問題ではなく、人類の社会が誕生以来抱えてきた問題である。しからば、その長い人類の歴史の中で生まれた古典の中から今日のわれわれに役立つ章句を拾い上げ、その背景にある考え方を分析し、それを現代に役立つ教訓や知見として再解釈することは大いに意味のあることであろう。

安全安心社会の研究は、工学、医学、法学、社会学、心理学など、あらゆるジャンルからのアプローチを必要とするだろう。しかし、今日の科学や工学は分析的な細分化が著しく進んでおり、総合する視点を失いがちである。そこで、かつて一人の知性が多くの領域をカバーしていた時代に書かれた古典は、我々がともすれば見失っているような総合の視点を与えてくれるように思う。われわれが模索する「安全安心社会」なるものの姿を構想する上で、先駆者の想像力から学ぶ意義は大きい。現代の科学技術や社会制度を相対化し、より自由な発想を獲得する上で古典と呼ばれる作品が与えてくれるものは大きいと

信じる。

そういった狙いから本誌は、「安全安心社会の古典を読む」というコーナーを設けることとし、内外、古今東西の古典の中から、安全安心社会をどのように捉えるのか、どのように構築するのかについてのヒントを紹介することとしたい。先に述べたように安全安心社会の研究は、工学、医学、法学、社会学、心理学など、あらゆるジャンルからのアプローチを必要とするだろう。従って、このコーナーで取りあげる古典もそのジャンルには特定の制限を設けないこととしたい。

今回は連載第1回として、ハインリッヒの「産業災害防止論」を紹介する。

### 災害防止を「見える化」したハインリッヒの法則群

安全の仕事に携る者で、ハインリッヒ (Herbert William Heinrich、1881-1962)の名を知らないものはないだろう。いわゆる「ハインリッヒの法則」の中で最も有名なものは「300 : 29 : 1の法則」だが、彼の名前を冠する法則は幾つかある<sup>1)</sup>。

米国損害保険業界のパイオニア、トラベラーズ保険<sup>2)</sup>のエンジニアであったハインリッヒは、1926年に“Incidental Costs of Accidents to the Employer”と題するレポートを発表した。これは、同社の保有する約1万件の事故事例に基づき、会社にとっての産業災害のコストは、機会コストを含めると被災した労働者への補償額の四倍に相当すると主張したものであって、“Rule of Four”として有名になった。このレポートの題名が“To the Employer”となっていることに示されるように、ハインリッヒは、産業災害のコストがいかに大きいかを具体的な数値で示し、安全は単に人道の問題であるだけでなく、経営に大きなコストをもたらすものであり、経営トップが真剣に関心を持つべき問題だと訴えた。

これに続いてハインリッヒは、75,000件の事故データの分析を基に“The Origins of Accidents”というレポートを発表し、98%の事故は回避可能なものであり、88%は雇用者の不注意、10%が労働環境上の問題に起因するものであるとした。そして、最後の2%は“Acts of God”として避けがたいものであるとした。これは88：10：2の法則と呼ばれた。

更に1929年、彼は“The Foundations of a Major Injury”と題するレポートを発表した。1件の重大事故の背後には29件の軽微な事故があり、更にその背後には300件のヒヤリハット事故があるという。冒頭に述べた日本で最も有名なハインリッヒの法則である（図1参照）。

今、これらの法則を仮にハインリッヒの第一法則、第二法則、第三法則と名付けておこう。

トラベラーズ保険のレポートとして発表されたハインリッヒの一連の報告の意義は、今日風に言うならば「災害の見える化」にあったと言えるだろう。労働災害のコストを機会費用も含めて把握しやすい単純な数値によって「見える化」し（第一法則）、次に、適切な安全対策さえ講じればこれらの労働災害がどの程度まで削減しうるものであることを示し（第二法則）、更に、災害の規模分布まで示して（第三法則）、対策を講じることの効果をまるで科学法則のように数値化することで「見える化」したのである。

彼が保険会社のエンジニアであったことは、見える化に必要な数値化を可能にする大量のデータにアクセス可能であったことが大きく貢献していた。実際、彼がこれらの法則を発表したのは、彼がトラベラーズ社の補償支払部門から技術・検査部門に異動した年（1925年）の直後の数年間のことであった。

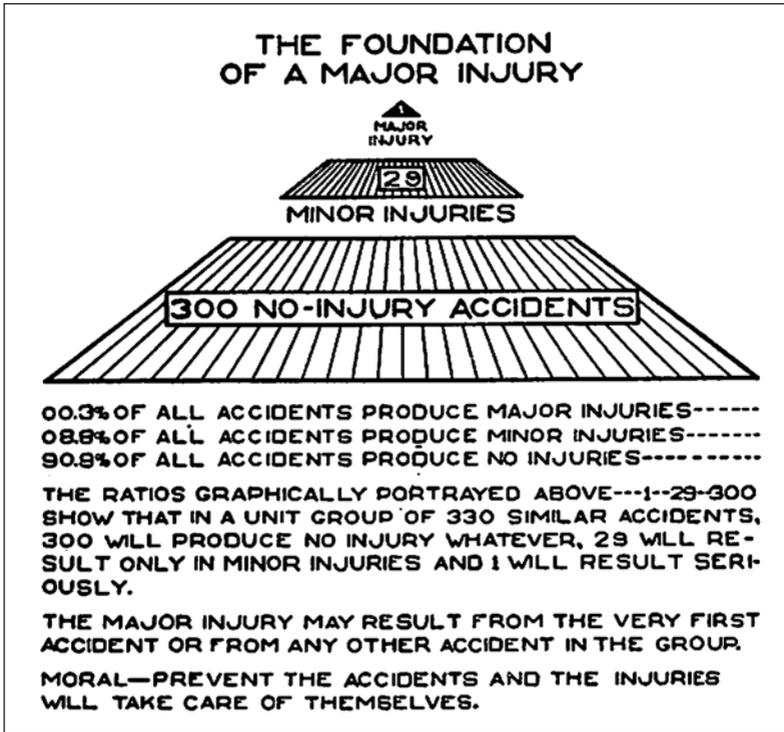


図1 ハイリッヒの300対29対1の法則の説明図（第2版、27頁）

### 第5版まで重ねた「産業災害防止論」

大恐慌まっただ中の1931年、トラベラーズ保険の検査・エンジニアリング部門における17年間に及ぶ経験を集大成したものとして、ハイリッヒは「Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach」を発表した。同書には、彼が発表してきた一連の法則群とともに、損害保険会社の安全エンジニアとして経験を積んできた産業災害防止のノウハウがぎっしりと詰め込まれていた。同書は初版出

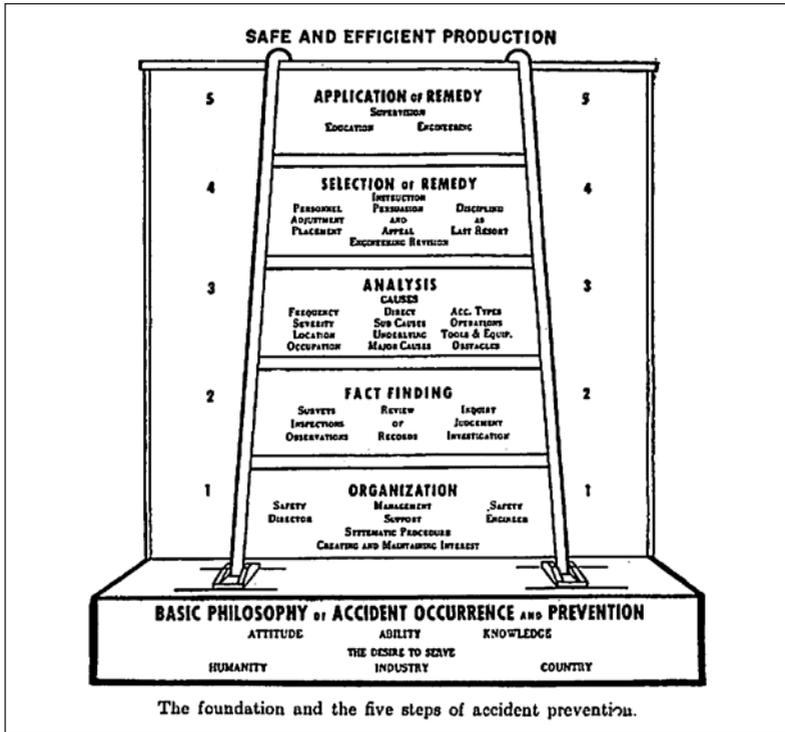
版以降、著者の生存中だけでも1941年、1950年、1959年と3回にわたって増補改訂され、没後の1980年には安全マネジメント分野の著名なコンサルタントだった二人の著者、ダン・ピーターセン (Dan Petersen) とネスター・ルース (Nestor Roos) によって大幅な改訂増補が行われた。特に副題が

“Scientific Approach” から “Safety Management Approach” と変更されたことは、二人の著者の姿勢を物語っている。

初版のページ数は366頁だったが、版を重ねるたびに少しずつ頁を増やし、生存中の最終版である第4版は480頁となった。しかし、初版以降、章の構成には毎回かなり大幅に変更されているもののその骨格は変わっておらず、産業災害防止のための手順が、「組織編成」→「事実 (事故データの収集)」→「(原因) 分析」→「教正 (是正) 方法の選択」→「教正 (是正) 方法の適用」という5段階で示されている。

日本では、同書第1版が早くも1951年に日本安全衛生協会から初めて訳出紹介され、「災害防止の科学的研究」なる邦訳題名で刊行された。戦後占領下の日本では1947年に労働省が設置され労働基準法が成立して、労働安全に対する戦後の取り組みが始まろうとしていたところであり、抛るべき指針として定評のあるハインリッヒの書は、おそらく貪るように読まれたことであろう。これは同書が「世界安全衛生名著全集」の第2号として発行されたという事実からもうかがい知ることができよう。(ちなみに配本としては第1回)

そして、1956年には原著第3版のほぼ完訳が「ハインリッヒの事故防止」として刊行された。この版の訳者は「ハインリッヒ研究会」となっているが、訳者まえがきに「当時 (前著の翻訳時)、改訂増補第3版による許可を得ながら出版を急いだ事情から、止む無く第1版に抛った・・・」とあるところからみて、同じ訳者らの手によるものだろう。



第2図 産業災害防止のための基本的手順（初版、10頁）

それから四半世紀を過ぎた1982年にはハインリッヒは既に世を去っていたが、原著第5版に基づいて、総合安全工学研究所訳「ハインリッヒ産業災害防止論」が海文堂出版から刊行された。

このように同書は原著の版が改まるに対応して初版、第3版、第5版と3度にわたり訳書が作られ、日本の読者に届けられてきた古典である。

出版年	書名、発行所等（対応する邦訳）	原著 頁数
1931	Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach, McGraw-Hill (災害防止の科学的研究、日本安全衛生協会、1951年)	366
1941	第2版	448
1950	第3版 (ハインリッヒの事故防止、日本安全衛生協会、1956年)	470
1959	第4版 “assisted by” として著者にE. R. Grannissが追加される。	480
1980	第5版 著者にDan Petersen、Nestor Roosが追加され、 副題が“A Safety Management Approach”と変更される。 (ハインリッヒ産業災害防止論、海文堂、1982年)	468

### 保険事業と「安全安心社会」

本稿で筆者がこの古典に注目するのは、安全安心社会構築にあたって、ハインリッヒ自身の生涯の活動拠点となった損害保険事業が果たす役割について考える素材を同書に見出したからである。彼は「産業災害防止論」第2版の付録「産業災害防止の背景」で次のように述べている。この付録はハインリッヒ本人によるものではなく、おそらくは仕事上のよき協力者であったグラニス（R. E. Granniss）という人物<sup>3)</sup>によるものであると注釈されている。しかし、第2版の著者は引き続きハインリッヒ一人だけとなっている事実を考えると、ハインリッヒとの共通の理解の下に直接的な筆をグラニスが執った、と考えよう。

幸いにして、新しい力が事故防止に加えられた。それは組織的事故防止に保険が、重要な役割を果たしつつあったことである。初めて「事業主責任法令」が実施されるとともに、保険は事業主が従業員の事故による負傷

から不測の損害を受けることをカバーする機会となった。

また、保険会社としては新しい加入者の保険料率を定めるために、彼等の工場に点検人を派遣して危険の可能性を検討する必要があった。点検人、あるいは保険技師は次第に危険の判定に練達して、彼の豊富な経験は事故の減少に貴重な指示をするようになった。こうして保険会社による工作上的サービスを通じて、事業主は次第に全工作方法や、それによって生産コストを切り下げ得ることを悟るようになってきた。長い間、事故防止工作は保険会社の技術部の負うものであった。そして彼等は自己の利益を守る一方、産業に対して輝かしい貢献をしたのである。(ハインリッヒ研究会訳、「ハインリッヒの『事故防止』」、1956年、324頁)

ここで言う「事業主責任法令」とは、従業員が業務上の事故により被った傷害等の損害に対する事業主の賠償責任を定めた法令であり、アラバマ州(1885年)、マサチューセッツ州(1887年)など、米国の各州で順次成立していった。ヨーロッパでは、宰相ビスマルクの下でドイツが先陣を切って1885年に成立させ、イギリスでも1880年に成立していた。

一方、このときまでに米国では各種リスクを対象とする損害保険が誕生していた。火災保険は、まだ植民地時代であった1736年にベンジャミン・フランクリンによって開始され、火災以外の事故による財産上の損害を填補する損害保険(Casualty Insurance)は1864年、後にハインリッヒの勤務することになるトラベラーズ保険によって始まっている。防火対策を施した優良工場のみを保険対象とするファクトリー・ミューチュアル保険も1835年に成立していた。

これらの先行する保険事業においても、既に保険会社の派遣する検

査員がリスクを評価し、保険会社の定める一定の安全基準を満たさない物件には付保しないということが行われていた。更に、物件のリスクに応じた保険料率を決定するという傾斜的な料率設定が行われていたので、保険事業は損害の填補のみならず、リスクの低減にも役割を果たすようになっていた。

これらが、いずれも事業財産の損失を填補するための保険であるのに対して、ハインリッヒが「新しく加わった力」と言っているのは、事業主責任法令の成立を契機として事業主が負うことになった労働災害に対する賠償責任のリスクを填補する新しい保険、賠償責任保険 (Liability Insurance) である。賠償責任保険に基づく第一号の保険契約は、1886年にミルウォーキー州の保険会社によって締結されている。

ハインリッヒ死後の1980年に発行された「産業災害防止論」第5版では、以上のような保険の機能が、より整理された形で以下のように述べられている。この引用部分もハインリッヒ自身ではなく、第5版を増補改訂した二人の著者が付け加えたものだが、その基本的な考え方は、ハインリッヒ自身が生涯を通じて実践していた活動そのものであったといえる。

政府が保険会社に対して職場における事故の防止を命じたことはない。雇用者に対する補償責任を作り出しただけである。しかし、このことによって、災害予防を働きかけることは保険会社にとって利益を生む事業となった。

“Government intervention never commanded insurance companies to prevent accidents in the workplace. It simply created worker’s compensation; it thereupon became profitable for insurance carriers

to encourage loss prevention. "

### 安全マネジメントにおける「見えざる手」

一般に保険の機能はリスクの社会的分散にあり、危険分散を図ることによって危険に対する感受性が失われ、かえって危険の発生頻度を高めてしまう恐れすら懸念されるが、実際には次のような二つの機能を通じて、保険は事故の未然防止機能を発揮した。

- ✓ 保険会社の示す一定の安全基準を満たすことを付保の条件とする。
- ✓ 安全対策に応じて保険料率を傾斜的に設定する。

こうした保険の事故予防機能の側面は、ハインリッヒの国アメリカに先立って、イギリスで成長した。筆者は既に幾つかの機会にこのことを論じてきたが、あらためてその概略を繰り返せば次のようになる。

起源は、1666年のロンドン大火を契機として考案された火災保険である。この保険制度は単に被災者の火災による損害を補償するだけでなく、防火対策を講じた建築物に対しては、そうでない建物の二分の一の保険料を適用するという形でロンドンの耐火都市化を促進した<sup>4)</sup>。また18世紀頃には、この仕組みが海上保険と船舶検査という形で繰り返して形成された。ロイズ船級検査協会が船舶の安全性を検査、評価する業務を開始し、検査に合格しない船舶は保険を付保されないか、あるいは高額の保険料が請求されるという仕組みが生まれた。そして19世紀には、この仕組みが更にボイラーを始めとする産業分野に応用されていった。

筆者は、この仕組みを「保険＝検査型システム」と呼ぶ。そして、この民間主導の安全マネジメントシステムが生まれた背景には、産業革命そのものを推し進めた根本精神に共通の精神があると考え。つ

まり、それは個人の利己心の追及が社会全体としての幸福の増進につながるという新しい哲学であり、それが安全の追及においても形を得たのである。

産業革命論を描いたイギリスの経済学者アシュトンが、アダム・スミスの『諸国民の富』（1776年刊行）が「人々の心の中に生まれつつあった思想に比類なき表現を与え」、「論理と大系とを与えた」として、次のような要約を与えている<sup>5)</sup>。

「それぞれの利益に従って行動する個人が、自然科学の法則と同じように非個人的な、少なくとも無記名的な法則を生み出すという考えが人々の注意を引きつつあった。そして個人がその利益に従って行動することが社会的にも有益であるというこの確信が、産業における革命に特徴的であったところのあの楽観主義の精神を刺激した。」

保険＝検査型システムのもつ社会的機能は、文字通りこのような新しい論理を体現したメカニズムのひとつといえるのではないだろうか。「産業災害防止論」の第5版は、これを更に敷衍して以下のように述べている。

理想的には全ての危険源に対して、自己の利益のためにそれをコントロールする必要がある誰かが存在することだ。

“Ideally, for every hazard someone needs to control it for his own self-interest.”

この考えの中には幾つかの注目すべき要素がある。第一は、安全への動機付けが広く分散している社会を望ましいとする分権的社会の理想であり、第二は、自己利益に基づく行動こそ最も信頼のおける動機付けであるという近代社会の根本哲学である。

## おわりに

しかし、最後に指摘しなくてはならないのは「見えざる手」と言っても、それはあるがままの市場では機能しない。ある危険源が自己の管理下にあり、しかもその危険が顕在化したときに被害を受ける物もまた自己財産である場合、「見えざる手」が働くことは自明である。自分の家や工場の防火対策を念頭におけばよい。自己財産への損害を減らすことは言うまでもなく当人の利益であるから、その人は危険源を懸命に減少させるために努力すると期待してよい。

しかし、危険源の影響が他者に及ぶ場合は自明とは言えない。危険源の管理者にとって他者の被害は他人事であり、その減少は自己利益につながらない。そこで、現実の社会では、他者の被害に対しても危険源の管理者が一定の利益を感じる関係者となるよう社会システムが生み出されてきた。本稿で述べた事業主責任法令はまさにそのひとつであるが、刑事法システムや賠償責任を問う不法行為法システムもまた同様の機能を持つ

このようにして、他者の苦痛を危険源の管理者の負担へと置き換える社会システムをいかにデザインするかが、いつの時代も問われている。

- 
- 1) 以下における法則群の紹介は「安全衛生の国際殿堂」(Safety and Health Hall of Fame International) の記述によった。同殿堂は1987年に創設されたものであり、ハインリッヒは1993年に殿堂入りした。
  - 2) トラベラーズ損害保険は1864年に米国で初めて損害保険を始めた企業であり、1897年には自動車保険を開始するなど、常に米国の損害保険事業をリードしてきた企業である。同社は2004年にはセントポール保険会社と合併してセントポール・トラベラーズ保険となったが、2007年にはトラベラーズ社と改称した。現在も全米第二位の損害保険企業

である。

- 3) グラニスの所属について、原著第2版ではNational Conservation Bureauと、同第3版ではColonel. R. Granniss, manager, Loss Prevention and Engineering Department, Royal-Liverpool Groupと紹介されている。
- 4) 木村栄一、損害保険の歴史と人物、日本損害保険協会、1993年
- 5) アシュトン、産業革命、岩波文庫版、p.156.

## ハインリッヒの生きた時代と日本

年	米 国	年	日 本
1736	新大陸初の火災保険会社		
1835	ファクトリー・ミューチュアル誕生		
1864	トラベラーズ保険設立 (米国初の損害保険会社)		
1867	ボイラー保険検査事業開始、マサ チューセッツ州で工場検査官制度		
		1868	明治維新
1869	マサチューセッツ州で労働統計部設 立、労働災害の実態調査開始		
1881	ハインリッヒ生誕		
1885	アラバマ州で事業者責任法成立		
1886	初の労働災害補償責任保険契約		
1887	マサチューセッツ州事業主責任法		
1891	初のエレベータ賠償責任保険		
1892	イリノイスチール・ジョリエット工 場、安全部門設置 (米国初)		
1898	初の自動車損害賠償保険	1903	農商務省「職工事情」
1906	USスチール、安全委員会設置		
1910	イーストマン、「労働事故と法」		
1911	ニュージャージー州労働者災害補償法成立	1911	工場法成立
1912	全米産業安全会議 (後のNSC)		
1913	ハインリッヒ、トラベラーズ入社		
1916	NSC、初の安全パンフレット発行	1916	工場法施行
1921	米国ほぼ全州で労働災害補償法	1919	ILO加盟
1926	4対1の法則 88対10対2の法則	1925	細井和喜蔵「女工哀史」
1929	300対29対1の法則	1929	工場危害防止・衛生規則
1931	「産業災害防止論」初版	1931	労働者災害扶助責任保険法 労働者災害扶助法
1941	「産業災害防止論」第2版	1938	ILO脱退
		1945	終戦、占領開始
		1847	労働省設置、労働基準法成立
1950	「産業災害防止論」第3版	1951	「産業災害防止論」初邦訳
		1956	原著第3版のほぼ完訳発行
1959	「産業災害防止論」第4版	1958	産業災害防止総合5ヵ年計画
1962	ハインリッヒ没	1964	中央労働災害防止協会設立
1971	労働衛生安全法 (OHSA) 成立	1972	労働安全衛生法成立
1980	「産業災害防止論」第5版	1982	原著第5版邦訳発行

シリーズ：海外書紹介 No.1

## 「工場型」農業のもたらす疾病、肥満、貧困が 増えている —米国で脅かされる食の安全・安心—

長岡技術科学大学 経営情報系准教授 村上直久

カール・ウィーバー編『フード・インク—工場型農業で生産された食品は疾病、肥満、貧困をいかに促進しているか、それに対してあなたは何かができるか』

パブリック・アフェアーズ、  
ニューヨーク、2009

FOOD, INC. : How Industrial Food is Making us Sicker, Fatter and Poorer—And What You Can Do About it, edited by Karl Weber, Public Affairs, New York, 2009



日本国内では、米国を中心とする環太平洋パートナーシップ協定 (TPP) への参加に向けた動きが強まっている。日本がTPPに加わった場合、米国産農産物が雪崩を打って入ってくると予想されているが、米国の「食と農」の現状については意外と知られていない。

米国で「食の安全・安心」は揺らいでいるのか。

こうした疑問に答える上で有力な手がかりになりそうなのが FOOD, INC.) (フード・インク) だ。本書は同名のドキュメンタリー映画の理解を助けるために出版された。この映画は2010年の米アカデミー賞ドキュメンタリー部門候補作品だった(アカデミー賞を受賞したのは、日本のイルカ漁を描いたThe Cove)。

## 1. 米国で揺らぐ食の安全

編者のウィーバーは序論で、「米国における食品の供給は、今や消費者の健康や農民の生活、労働者の安全、自然環境よりも利益を優先する一握りの大企業によってコントロールされている」と指摘。この結果、過去40年間で米国内の食品供給システムは革命的”変貌”を遂げ、今では胸がより大きな鶏、害虫に抵抗力がある大豆種子、畑からスーパーマーケットの長い移動の間、腐らないトマトを有するようになった」といわゆる“プラス面”はあるものの、半面、“マイナス面”も顕著であるとし、次のような例を挙げた。

—子どもを中心に肥満が広がっている。

—糖尿病など食習慣に関連した疾病が急増している。

—大気や水を汚染し、安全性と栄養価が疑わしい食品しか生産していない、ひどく悪臭のする「工場型」農場が存在する。

言い換えれば、米国では「食料の豊かさ」は必ずしも「食卓の豊かさ」をもたらしておらず、食の安全・安心や人々の健康も脅かされている。

そしてウィーバーは、米国の食品関連大企業が米国内外において「社会的責任」を果たしていないとの見方を示した。

—低賃金にあえぎ、医療保険でカバーされていない農業労働者や食品加工工場労働者が多数存在し、増え続けている。事実上の奴隷労働と見なされるケースも一部ではみられる。

—“秘密主義”の食品企業が消費者への食品供給だけでなく、地球上で命を育む遺伝子の構成自体をもますますコントロールするようになった。

—自由貿易協定の下での米農産物の輸出拡大は、開発途上国の農民を窮乏化させている。

## 2. 問題は先鋭化

映画フード・インクが米国の農業と食品関連産業が規制緩和に伴い、いかに過去40年間で企業主導型に変貌し、それにつれて食の安全などをめぐるさまざまな問題が先鋭化してきたかをドキュメンタリー・タッチで描いているのに対し、手引書（companion book）として位置付けられる本書は、映画を監督したロバート・ケナーのほか10人以上の専門家が、映画の理解を助け、より鋭い問題意識を涵養するために、食品供給の工業化や「ファストフード国家」を改革する必要性、米国のフード・システムが地球温暖化を促進していること、世界食糧危機などについて論じている。グラミン銀行でノーベル平和賞を受賞したバングラデッシュのムハマド・ユヌス氏も「金融危機と世界の飢餓」について執筆している。そして各章の終わりにはAnother Take という付録のセクションがあり、関連情報を満載している。

例えば第一章には、「ファストフード国家（Fast Food Nation）」を著したエリック・シュロッサーとの対話が掲載されているが、続くAnother Take には工業型農場がもたらした食の安全への脅威が簡潔に述べられている。

1990年代に欧州、特に英国で猛威をふるい、日本でも2001年に最初の感染牛が発見された、BSE（牛海綿状脳症、いわゆる狂牛病）について、米国では規制は緩やかであり、消費者はBSEの脅威から

十分守られていないとしている。

米食品医薬局（FDA）は1997年、BSE対策として、「動物飼料」を畜牛に与えることを原則禁止したが、「鶏肉くず」や牛の細胞を含んでいる可能性がある、レストランなどの残飯は例外とされた。

米国では2003年12月以来、3頭のBSE感染牛が見つかり、日本や韓国などは米国産の牛肉輸入を数年間、禁止、大手牛丼チェーンの吉野家などは牛肉の調達先をオーストラリアなどに切り替えた。その後、米国ではBSE禍の広がりが見られなかったので、米農務省は2006年秋、BSE感染の有無を調べる検査の規模を10分の1に縮小、現在では年間4万頭のみ対象となっている。

こうした中で、米政府は日本政府に対し、米国産牛肉の牛の月齢に基づく検査を中止するよう迫っている。

Another Takeでは、消費者にとってより安全な規則として、月齢にかかわらず、動物飼料システムからすべての畜牛の部位を除去するとともに、残飯や畜牛の血、鶏肉くずが飼養牛のえさに混入しないようにする重要性を強調している。

米国では牛肉に関連して、BSEよりも恐れられているのが大腸菌による感染だ。映画では、2001年夏、大腸菌に汚染されたとみられるハンバーガー3個を食べた後、出血性大腸炎を発症し、約2週間後に死亡した当時2歳半の男子ケビン君の母親バーバラ・コワルシクさん（コロラド州在住）が規制強化を求めて、首都ワシントンで地元選出の連邦議会議員に涙ながらに陳情し、その後、議会で証言する場面が出てくる。

Another takeでは畜牛が食肉処理される前の5日間、肉を柔らかくするために牧草ではなく、トウモロコシや大豆をベースとするエサを与えると、大便中に大腸菌バクテリアが大幅に増加するとのコーネル大の調査結果を紹介。また野菜についても、洗浄用水や灌漑用水が

家畜廃棄物を含んでいれば、大腸菌に汚染される可能性があるという。2006年に米国で発生したハウレンソウの大腸菌汚染は動物廃棄物が原因だった。日本でも1990年代にO(オー)-150大腸菌汚染禍などがあり、他人事ではない。

抗生物質耐性菌の増加も取り上げられている。

抗生物質は過密で非衛生的な状況の飼育場における疾病の発生を予防するために多用されており、この結果、抗生物質への耐性を有する新たな細菌が発生し、ペニシリンが効かないブドウ球菌の変種が生まれている。

米国医師会(AMA)や国立衛生研究所(NIH)は抗生物質への耐性がみられることは重大な公衆衛生問題だとしている。

### 3. 過密飼養の弊害

一般の米国人は農場について、広大なグリーングラスの牧草地や大きな赤いサイロの並ぶ用地がワイヤーで結んだフェンスで囲まれているというようなイメージを抱いているとみられているが、過去40年間で、こうしたイメージとはかけ離れた経営効率最優先の工場型農場が主流となってきた。

典型的な例が養鶏場だ。本書によると、数十万羽の鶏が狭苦しい工場型養鶏場で育てられている。狭い空間で呼吸し、糞尿を垂れ流し、ウイルスや細菌の繁殖に絶好の条件を作り出している。映画はキャロル・モリソンさんの養鶏場を紹介、その中では木枠で囲まれたスペースにひよこがほとんど身動きが取れず、密集していた。エサに成長ホルモンを混ぜられ、成長期間が従来の約3カ月から50日弱に大幅に短縮されているため内臓や骨が十分に発達せず、まさによちよち歩きで弱々しい感じだ。過密飼養は鳥インフルエンザウイルスのH5N1型など強毒性ウイルスへの突然変異を起こしやすい環境だとい

う。

蓄牛の場合は、食肉処理される前に垂れ流す糞尿の処理が適切にされず、牛皮に堆肥がまだ付着しているのに処理場に回され、食肉がバクテリアやウイルスで汚染される可能性があるという。

#### 4. 大企業による“農業支配”

米国では過去40年間で、一握りの大企業による“農業支配”が進んできた。特にタイソン、カーギル、スィフト、スミスフィールドのパワーは圧倒的だ。タイソンはチキンの最大手であり、前述のモリソンさんの養鶏場などに代表される工場型農場に資金の提供から生産食肉の買い上げまで一括して面倒をみており、実質的な傘下に置いている。カーギルは穀物、スミスフィールドは豚肉製品で知られている。

これらの企業が提供する初期設備投資用融資は、少人数農家でも日本円で数千万円に達し、そのうえ新しい農業機械を次々にローンで買わされ、農家は“借金漬け”になっているという状態だ。

さらに、本来は化学品大手だが、モンサントはトウモロコシや大豆、小麦など主要穀物の遺伝子組み換え（GM）種子事業に進出。瞬く前に種子市場におけるシェアを伸ばし、現在は、モンサントのGM種子なしには種まきが事実上出来ない農家が増えている。そしてモンサントはGM種子の効果を一代限りとし、農家が毎年、同社のGM種子を買い付けざるを得ないように仕向けている。モンサントによる事実上の種子ビジネス支配だ。

日本では農家の競争力を強化するために、企業による農業への進出、とりわけ農地の購入を自由化すべきだとの議論があるが、その場合、米国と同様に一部大企業の跳梁跋扈が起きないだろうか。

## 5. 農業者の窮乏化

大企業による農家支配の進行に加えて、米国農業の構造的な特徴として、中南米からの移民労働者の低賃金労働が広がっていることが指摘されている。

カリフォルニア州は全米最大の経済規模を誇る州だが、同州最大の産業は農業であり、それを支えているのは合法、非合法を含む移民による労働だ。

筆者は2010年初めにサンフランシスコから東南へ車で約2時間の広大な農業地帯を訪れる機会を得た。ブドウやオレンジなどの広大な果樹園が広がり、ブドウ畑は米国の大手ワイン醸造所のガロなどが所有。果樹園の間に、ブルーのテントの集落が点在し、収穫作業を行う季節移民労働者が家族で住んでいると地元の有識者から聞いた。彼らは、果物や野菜の収穫期に合わせて、米国内を移動する。当然、就学期の子どもたちに十分な教育を受けさせることはできず、低所得者対象のメディケアなどの公的医療の恩恵も得ていない。

本書には、「格安の食物、労働者が払う犠牲」と題した章がある。その中で、アグリビジネス（農業関連大企業）は米政府による、移民を生かさず、殺さずという政策を活用し、利益を上げているとの指摘がある。米国への最近の移民労働者の大規模な流入は、北米自由貿易協定（NAFTA）など自由貿易協定が後押ししているという。そして、米政府の補助金によって安く生産されるトウモロコシがNAFTAの枠内でメキシコに輸出されることで、メキシコのトウモロコシ生産者のうち200万人近くは農業を捨て、メキシコ各都市や国境を超えた米国に流入していったという。

本書によれば、米国では農業労働者1世帯の年収は平均1万3000ドルであり、大半の農業労働者は貧困ライン以下で生活している。彼らの窮状の背景には、非合法移民が米国各地の農場でさらに低い賃金

の労働を甘受していることが、全体の賃金水準を押し下げているという悪循環があるという。

## 6. 現状は変えられる

本書および映画の双方とも暗い現状の指摘ばかりではない。米国でも、イタリアで始まったスローフード運動が一部では盛んに行われており、有機栽培による果物・野菜や食肉、穀物はスーパーマーケットに行くと、独立のコーナーを設けて販売されている。小売チェーン最大のウォルマートも世評を高めるために有機食品の買い入れに熱心だ。ただ、有機食品は工場型農業にはそぐわないため割高である点は否定できない。

映画の中でも指摘されているように、「健康によい食事をするにはよりお金がかかる」のは確かだ。

もちろん、米国では食の安全をめぐり、問題意識を持ち、現状を変えようとする団体が多数存在する。

しかし、これらの団体には大きな壁が立ちはだかっている。

「食品誹謗防止法（Food Disparagement Law, “veggie libel “ lawとも呼ばれる）の存在だ。これは13の州で成立しており、同法の下で食品会社は自社の製品の質を批判する者を容易に提訴でき、一部の州では立証の要件も他の分野での中傷事案と比べて緩やかに設定されている。

かつてテキサス州で黒人司会者のオーブラ・ウインフリーさんがBSEに関する行事を主催したところ、同州の食品誹謗防止法に基づいて訴えられたことがあった。ウインフリーさんは最終的に勝訴したものの、米国内で食の安全について声を上げようとする人々に対して冷水を浴びせたのだった。提訴を恐れて、言いたいことも言えず、「自主規制」する米国人が少なからず存在するという。

それでも本書の編著者と映画の監督は楽観主義者だ。本でも映画でも、選挙で食品供給システムの変革に賛成する政治家に投票することを呼びかけ、「世界を変えることは可能だ (You can change the world.)」とのメッセージを発している。

映画を監督したケナーは、過去において強大なパワーを誇り、米連邦政府に強い影響力を行使していた大たばこ会社のパワーを米国市民が大幅にそぐことが出来た前例を引き合いに出し、米国の食品システムを支配している大企業に対しても同様のことが可能になるよう望むとしている。

## 7. 日本へのインプリケーション

米国農業の「工場化」の進展は、日本社会の「安全・安心」にいかなるインプリケーションを及ぼすであろうか。

まず、本書と映画で繰り返し指摘されたように、米国農業は大豆とトウモロコシの大規模生産を展開しており、それもほとんどがモンサントなどのGM種子を使用したものである。日本は年間消費量のうち大豆は約7割、トウモロコシは約9割、米国からの輸入に頼っている。大豆加工品のうち例えば私たちが日常食べている豆腐のほとんどは米国産GM大豆に由来しているとみられる。欧州連合 (EU) が「予防原則」に基づく、安全性への懸念から米国産GM農産物を厳しく規制していることを考えれば、慄然とするのは筆者だけであろうか。

また、2010年秋以降、TPPをめぐる論議が活発化してきたが、仮に日本がTPPに参加し、米国からコメや小麦などの主要穀物が無関税で大量に輸入されるようになると、日本の稲作、麦作農家は壊滅的な打撃を受けるだけでなく、大規模化を通じて生き残りを図ろうとする日本の農家は米国で広くみられるようになった「工場化」の道をたどり、そのうえ大規模食品関連企業の系列下に入るようになる可能性

は否定できないだろう。



本書は映画についての第一部、「食品をめぐる戦いの内側」と題した第二部、地域農園の立ち上げやシンプルな食生活、子どもの肥満対策などを提言している第三部の三部構成である。

さまざまな著者が登場するので、統一性には欠けるものの、逆に多面的な見方に接することができるともいえよう。巻末の参考URL，論文や著作などの文献についてのリストも充実しており、米国の食と農が抱える問題を知るには見逃せない一冊といえよう。(了)

シリーズ：生活者の視線から No.1

## 私が見たアメリカの安全

長岡技術科学大学

システム安全専攻第4期生 塩森 淳

仕事の関係でアメリカ・ワシントン州に数年間滞在する機会があった。そこに生活の拠点を置くことで、短期間の旅行では知りえなかったアメリカの本質を垣間見ることができ、大変貴重な時間を過ごすことができた。

生活を始めてわかったことのひとつに、アメリカは“子供の安全”を大変大事にするということがある。日本での常識からすれば「なんにもそこまで規制しなくても良いのではないか」と思えるような法律もある。しかしなかなか後を絶たない子供の事故を耳にするたびに、日本もアメリカに見習うべきところがあるのではないかと感じる。そこで、ここでは“子供の安全”という観点から私の独断と偏見、そしてシステム安全の考え方を少しだけ取り入れながらアメリカを見てゆきたいと思う。

アメリカでは誘拐や虐待をはじめとする犯罪が多発していることや、訴訟社会であるという理由があるのだろうが、とにかく子供の安全については徹底されているようで、親には子供を保護する義務が法律によって定められている。その一つの例として、12歳以下の子供だけを放置することは僅かな時間であっても認められていない、ということがある。日本でよく発生するパチンコに熱中している間に車に放置した子供が亡くなった、という類の事故はアメリカでは耳にしな

い。それは例えば、スーパーマーケットの駐車場で子供を車に乗せたままショッピングカートを返却するためにほんの僅か車を離れるだけでも犯罪になる可能性があるくらいだから、数時間も子供を放置するなどということは到底考えられない行為なのである。

また、12歳以下の子供だけで留守番ということも認められていない。ちょっと近所までのお遣いの間だけ、といってもダメである。この場合は子供と一緒に連れて行くかベビーシッターなどに子供を看てもらふ必要がある。実際にベビーシッターを頼む場合は両親がパーティーに参加するなど比較的長時間外出する場合に利用することが多く、短時間であれば大抵子供も連れて行ってしまう。



アメリカで購入した子供用椅子（ハイチェア）。ベルトが5点式になっておりレーシングカー並である。また、股の部分はベルトに加えプラスチックの出っ張りにより子供が前にずり落ちないようにになっている。アメリカでは一般的に見かけるタイプである。

そして極めつけだったと今でも思っているのが、家内が病院での出産を終えて退院時に病院スタッフから言われた言葉である。「車にベビーシートが適切に取り付けられているのが確認できないと子供は退院させません」そして本当にベビーシートがチェックされ、書類にサインをさせられ、大丈夫だと判断されると、笑顔で「バイ」と退院を許可されたのである。これには本当に驚いたのと同時にひどく感銘を受けたことを今でも憶えている。

他にも、レストランにある子供用椅子や、子供を乗せることのできるショッピングカートには必ず

ベルトが着いているし、チャイルドシートを助手席に取り付けている人などもない。当然チャイルドシート無しで車に子供を乗せるなど言語道断である。そんなことをすればすぐ警察官に呼び止められるだろう。幼稚園への通園や学校への通学は親が送迎するかスクールバスである。道端を子供だけで歩いて登下校するという光景も見られない。

子供を守ろう、という姿勢は次のようなことから見る事ができる。それは、ある人が街を歩いていて、子供が虐待を受けているかもしれないと思える場面に遭遇したとしよう。人によっては思い過ごしだろうとそのまま立ち去るかもしれないが、少しでも虐待の疑いがあるのであれば直ちに通報することが推奨されている。実際、日本の感覚で自分の子供を叱っているときに軽く頭を叩くところを目撃・通報され、警察に連行された邦人もいたようである。叱責していた親は虐待のつもりはなかったのだろうが、頭を叩くと言う行為が理由を問わず暴力とみなされるので言い訳は聞き入れられないのである。

なぜここまで子供を守るといふ考えが浸透しているのか。それはポジティブな見方をすれば、大人たちが子供の安全の大切さを理解し、子供を守る法律や規制に敬意をはらって行動しているのだろうと信じたいし、ネガティブな見方をすれば訴訟が怖いのでできる限りのことはやっておこうという考えなのかもしれない。しかしいずれにせよ、手厚い子供を保護する社会システムが作り上げられているのは事実であって、少なくとも先の病院のスタッフにあるように、権威を持って子供の安全を確保しようとしている姿勢が感じられたのは確かなのである。

このように子供の安全について徹底した社会で生活をし、自分の子供を授かり育てたことも影響したのか、日本への帰国後は頭をひねってしまう場面にしばしば遭遇した。ベルトのない子供用椅子やショッピングカート、助手席に子供をそのまま乗せ平然と運転する親等々、

以前はあまり気にも留めなかったが今は気になってしかたがない。

システム安全でよく引用されるISO/IEC Guide51で定義される「合理的予見可能な誤使用」やリスクベースでの安全の考え方を取り入れていけば、もう少し安全性の高い椅子やショッピングカートになっていたかもしれないし、子供を助手席に座らせる親ももっと減るかもしれない。

日本では未だに後を絶たず度々繰り返される子供だけの留守中の火事や、駐車場に放置された車での子供の死亡事故などはアメリカのような規制をすればもっと防ぐことができるのではないかと思う。もちろん大人たちが子供を守るという意識を持つことも大切であるが、性善説ありきの生ぬるいルールだけではどうしても限界が出てくる。こういった痛ましいニュースを聞いた時、なんとかならないものかと心が痛む。そして安全に関する国際規格の考え方がもっと子供の安全にも浸透し、事故を未然に防ぐことに一役買うことを願うと同時に、それを広めてゆくのはシステム安全を学んだ私たちの役目なのかもしれない。

## 安全安心社会研究センター主催の講演会等の活動

### 【第1回】特別講演会

日 時：平成21年1月7日（水）14：30～16：30

場 所：長岡技術科学大学マルチメディアシステムセンター

テーマ：「安全・安心技術と原子力利用」

講 師：国立高等専門学校機構理事 小田公彦 先生

「安全技術から安全文化そして安全・安心技術へ  
～原子力安全規制行政と科学技術政策立案の経験から～」

東京大学大学院工学研究科原子力専攻教授 班目春樹 先生

「原子力技術の活用に向けて」

### 【第2回】特別講演会

日 程：平成21年12月23日（水）10：30～17:50

場 所：明治大学駿河台校舎リパティタワー 9階 1095室

テーマ：「安全安心社会のためのシステム安全」

（明治大学大学院新領域創造専攻安全学系との共催）

講 師：経済産業省製品安全課製品事故対策室長 藤代尚武 様

1. 現在の我が国の製品安全行政について
2. 諸外国における製品安全に関する取り組み
3. 今後の製品安全行政の課題

長岡技術科学大学安全安心社会研究センター客員研究員 大賀公二 様

「System Safetyから学ぶこと」

### 【第3回】特別講演会

日 程：平成22年12月23日（木）10：30～17:50

場 所：明治大学駿河台キャンパス 紫紺館3階 S3+S4会議室

テーマ：「安全安心社会のためのシステム安全」

（明治大学大学院新領域創造専攻安全学系との共催）

講 師：経済産業省製品安全課製品事故対策室長 藤代尚武 様

「現在の我が国の製品安全行政について」

消費者庁消費者安全課課長補佐 村上智信 様

「消費者安全に係る消費者庁の取り組みについて」

**【安全安心社会研究センター運営委員】**（平成23年3月末）

センター長

長岡技術科学大学 システム安全系 教授                      三上 喜貴

副センター長

長岡技術科学大学 生物系 教授                                      福本 一郎

委員

長岡技術科学大学 システム安全系 教授                      平尾 裕司

長岡技術科学大学 システム安全系 教授                      門脇 敏

長岡技術科学大学 システム安全系 教授                      福田 隆文

長岡技術科学大学 システム安全系 准教授                      阿部雅二郎

長岡技術科学大学 システム安全系 准教授                      木村 哲也

明治大学 理工学部 教授    杉本 旭

長岡技術科学大学 技術開発センター客員教授                      佐橋 昭

**【安全安心社会研究センター客員研究員】**（平成23年3月末）

山本 幹夫 氏

大賀 公二 氏

岩岡 和幸 氏

## 安全安心社会研究 [ 第 1 号 ]

---

平成23年3月31日発行

長岡技術科学大学 安全安心社会研究センター

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1

代表電話 0258-46-6000

発行責任者 三上喜貴

E-mail: [mikami@kjs.nagaokaut.ac.jp](mailto:mikami@kjs.nagaokaut.ac.jp)

ホームページ : <http://safety.nagaokaut.ac.jp/~safety/>

---

印刷・製本 あかつき印刷(株)



リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。