

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目: 特定領域研究

研究期間: 平成 17 年度～平成 21 年度

課題番号: 17074002

研究課題名(和文)技術リスク管理のための社会システムの歴史的発展過程に関する研究

研究課題名(英文)A study on the history of social management system for technology risks

研究代表者

三上喜貴(MIKAMI YOSHIKI)

長岡技術科学大学・技術経営研究科・教授

研究者番号: 70293264

研究成果の概要(和文):本研究は、技術に起因するリスクの管理に関する社会システムの発展過程について、日本と欧米諸国との比較を通じて、共通性と日本の特殊性を抽出するとともに、規制環境と技術革新とのダイナミックな関係について分析したものである。規制環境は経済社会システムのあり方によってその形態は大きく異なり、特に日本の明治以降の規制環境は過度に政府の規制に依存する特殊な形態であった。今後の技術革新に対する教訓を汲み取り、今後の制度設計に生かすためには、そうした特殊性を正確に理解するための国際比較の視点が重要であり、本研究では、規制の形態を、制裁と賠償の法、行政による規制システム、保険と第三者検査による自主管理システム、市場メカニズムという四つの類型に整理することにより、今後の制度設計に対する見通しを与えた。

研究成果の概要(英文):This study aims; to describe historical development process of social management systems of technology risk through international comparison between Japan and selected Western countries; to draw commonalities and differences; and to describe dynamic mutual interactions between regulatory environment and innovation. The form of regulations varies depending on socio-economic system of the country. The form of regulations in Japan after the Meiji Restoration was extremely dependent on government control. In this study author classifies safety regulations into four categories, sanctions and liability compensation laws, government regulations, self-regulatory system of insurance and third party inspection, market mechanism. These framework of analysis gives us an insight about how we should learn lessons and how we should design social environment for safety regulations in future.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
17 年度	4,500,000	0	4,500,000
18 年度	4,600,000	0	4,600,000
19 年度	4,000,000	0	4,000,000
20 年度	4,800,000	0	4,800,000
21 年度	4,500,000	0	4,500,000
総計	22,400,000	0	22,400,000

研究分野:

科研費の分科・細目:

キーワード: 安全規格, システム安全, 技術者協会, リスク評価分析, 保険事業, 第三者検査

## 1. 研究開始当初の背景

「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、世紀末を迎えた 1990 年代末頃から、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た。

歴史を振り返れば、日本における安全は決してタダで確保されてきたわけではなく、技術と社会制度の両面からの努力があいまって獲得されてきた。本特定領域研究は「技術リスク管理のための社会システムの歴史的発展過程に関する研究」と題する計画研究を通じて、主として社会制度の側面でのどのような取り組みが行われてきたのかについて、歴史的な分析と国際比較分析を通じて、日本における特徴やその技術革新プロセスへの影響について調査分析を行うことを企画した。

## 2. 研究の目的

技術リスクを管理する社会システムは、事業者、消費者、労働者、政府、保険事業、検査機関、技術者協会等の行為主体から構成され、各国における法制度や歴史等を反映して、特色あるシステムを形作っている。本研究は、産業革命初期の淵源まで辿り、かつ国際比較の視点を加えつつ、日本の技術リスク管理のための社会システムの特徴を明らかにすることである。

## 3. 研究の方法

### 3.1 文献調査(海外)

歴史的発展過程の研究については、文献調査が基本である。このため、欧米については、検査機関、保険会社等の歴史に関する基本文献資料を収集した。調査対象となった主な機関は以下のような機関である。これらのうちのいくつかの資料は英語以外の資料であり、特に関心の高いものについては英語への翻訳を外注により行った。

- (1) Lloyds Register of Ships (英)
- (2) Lloyds Insurance (英)
- (3) Vulcan Insurance (英)
- (4) Manchester Steam Boiler User Association (英)
- (5) BSI (英)
- (6) Berufsgenossenschaften (独)
- (7) TUV (独)
- (8) Bureau Veritas (仏)
- (9) Underwriters' Laboratory (米)
- (10) ASME (米)
- (11) ASTM (米)
- (12) Manufacturers Mutual (米)
- (13) NFPA (米)

### 3.2 文献調査(国内)

また、日本についても、制度創設時の事情調査が重要であることから、明治・大正・昭和の各時代における関係資料の収集を行った。法制面では、各省庁の 100 年史等の資料が整備されているが、これを技術面から扱った記録はこれまで十分に調査吟味されてこなかったところであり、特に以下のものが参考となった。

- (1) 工学会誌(明治期)
- (2) 工場法制定時の内部調査資料各種
- (3) 産業福利(昭和戦前期の安全運動関係)
- (4) 内務省史・労働省史・商工行政史等
- (5) 高圧ガス保安法関係者の記録
- (6) 保険会社の記録(特に第一汽缶機関保険関係)
- (7) 鉱業法関係の制度史資料

### 3.3 統計データの整理

安全に関する長期統計の整備も重要な柱であった。日本については明治以降の利用可能な全期間に渡って事故に関する主要な統計系列を収集するとの目標で取り組んだ。ここでデータ源となったのは、前項で述べた行政史関係の資料である。また、比較的新しい分野である製品事故については、製品評価技術基盤機構のデータベースを用いた解析も行った。さらに、総理府の収集している消費生活実態調査から、製品の使用期間の分布などのデータが得られる見通しであり、これについては指定統計の目的外使用の申請までこぎつけたが、政権交代に伴う混乱であろうか、申請後の処理が進まず、これは結局実現しなかった。

### 3.4 規制制度の国際比較の枠組み

安全規制と一言にいっても、社会により、その具体像は相当程度異なる。国際比較の枠組みとして、当初は政府規制と自主管理といった単純な二分法的枠組みを考えていたが、研究の過程で修正・改良が重ねられ、最終的には、安全マネジメントのシステムの原型として4つの類型を設けた。それは

- (1) 保険と検査を通じた政府によらない自主管理型のシステム
- (2) 政府による事前規制のシステム
- (3) 制裁と賠償責任に関する法(不法行為法システム)
- (4) 市場とその補正政策(契約法, 消費者保護政策を含む)

の4つのサブシステムである。これについては、詳しくは4項で述べる。

### 3.5 取り上げたセクター

全ての技術領域を対象とすることはできないので、安全マネジメントシステムを作り上げる過程で大きな役割を果たしたいいくつかのセクターに焦点を当てた。それは

- (1) 船舶検査と保険
- (2) ボイラー検査と保険
- (3) 電気安全の検査と保険
- (4) 製品安全(特に子供の事故)

## 4. 研究成果

### 4.1 長期統計で見る日本社会の安全

(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。

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(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ない交通事故を除き、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する事故となった。その後も炭鉱での爆発事故はあつと絶えず大規模事故が相次いだ。傷害者数を加えた死傷者数で見ると、大正年間から昭和初期にかけては毎年15万人を越えている。当時の鉱山労働者数は20万から40万の水準にあったから毎年およそ数人に一人が労働災害に遭っていたことになる。戦後も相変わらず炭鉱での事故は高い水準を示し、1963年には三井三池の炭塵爆発事故で一気に457人が死亡するという惨事が起きている。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。

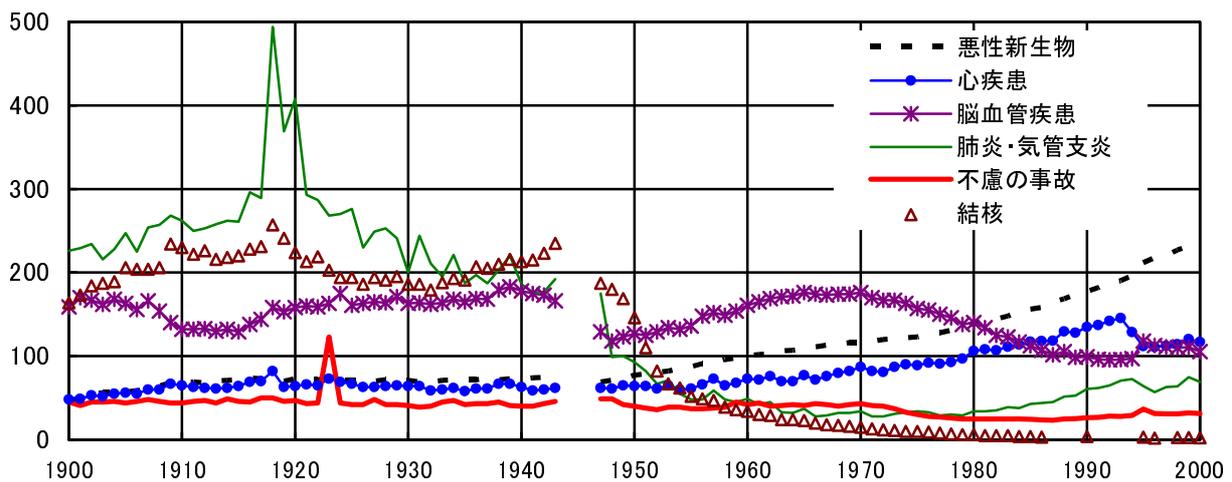


図1 日本人の死亡原因 単位:死亡率(人口10万対)

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。

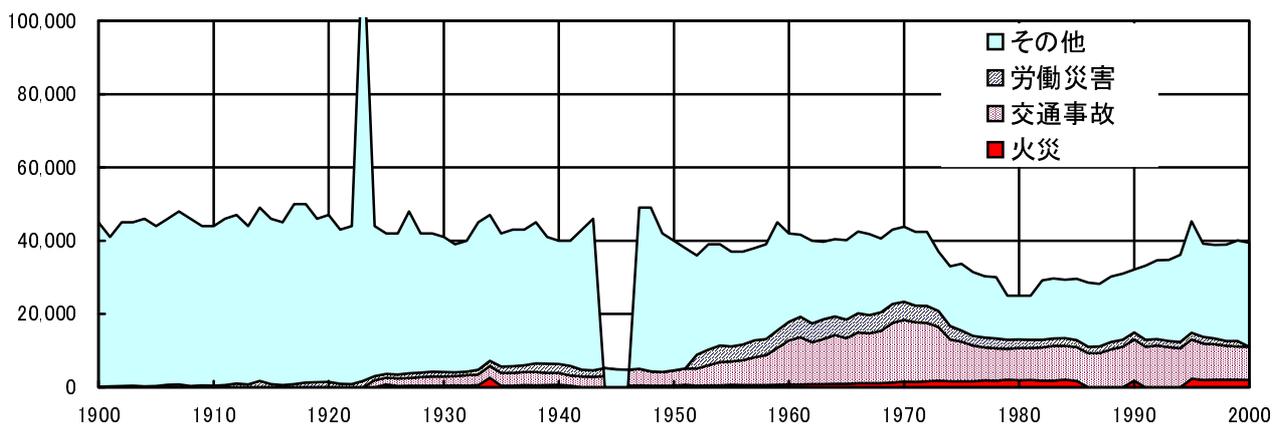


図2 不慮の事故による死者数とその内訳：1900－2000

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「道路交通事故統計」，国土交通省「鉄道事故統計」及び「海上事故統計」

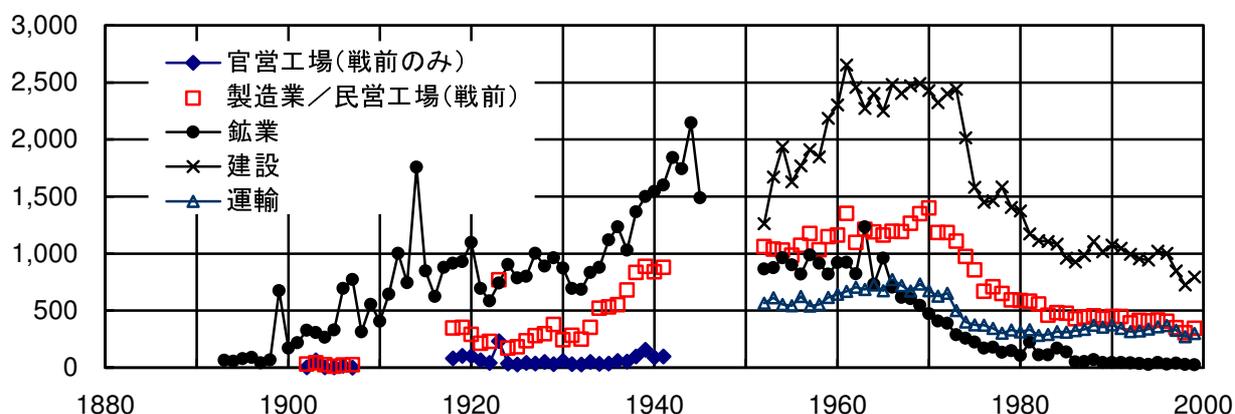


図3 労働災害による死亡者数の推移

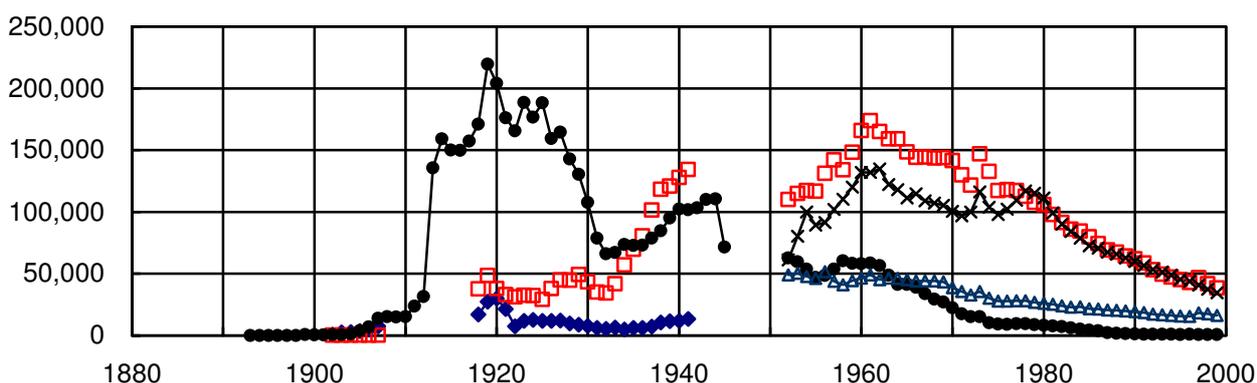


図4 労働災害による死傷者数の推移(要改訂)

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。

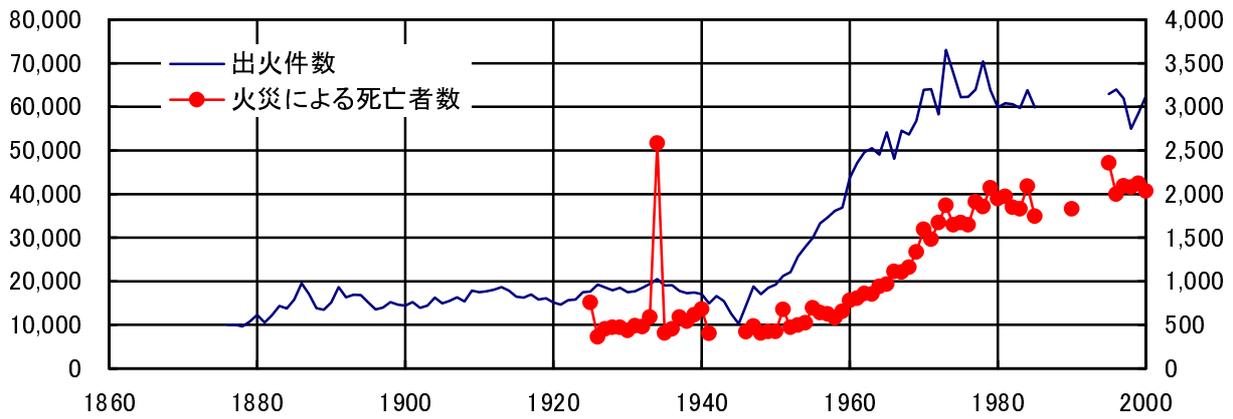


図5 日本の火災発生件数及び火災による死者数の推移 1876－2000  
 出典：出典：日本長期統計総覧，消防庁 (<http://www.fdma.go.jp/>)

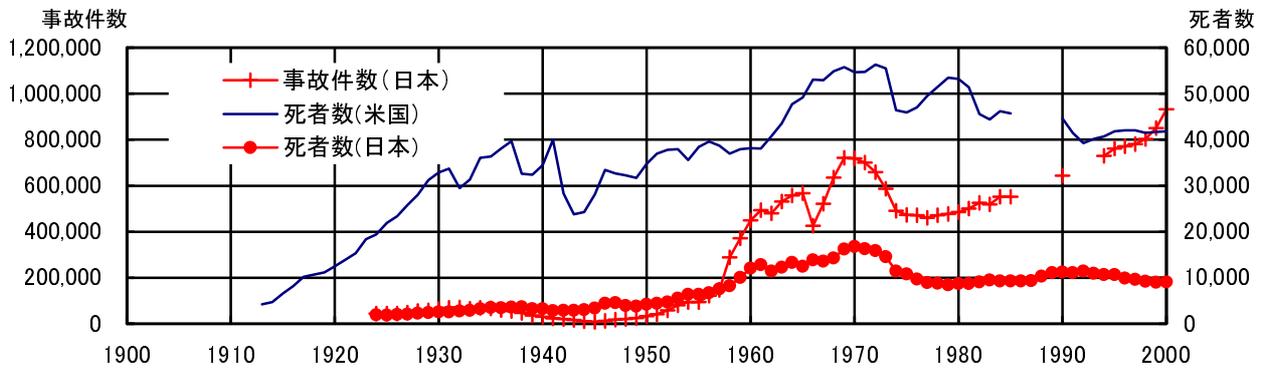


図6 交通事故件数と事故死者数の推移(日本と米国)(要データ追加)  
 出典：警察庁「交通事故発生状況」：<http://www.npa.go.jp/toukei/index.htm>  
 交通事故総合分析センター：<http://www.itarda.or.jp/>，日本長期統計総覧

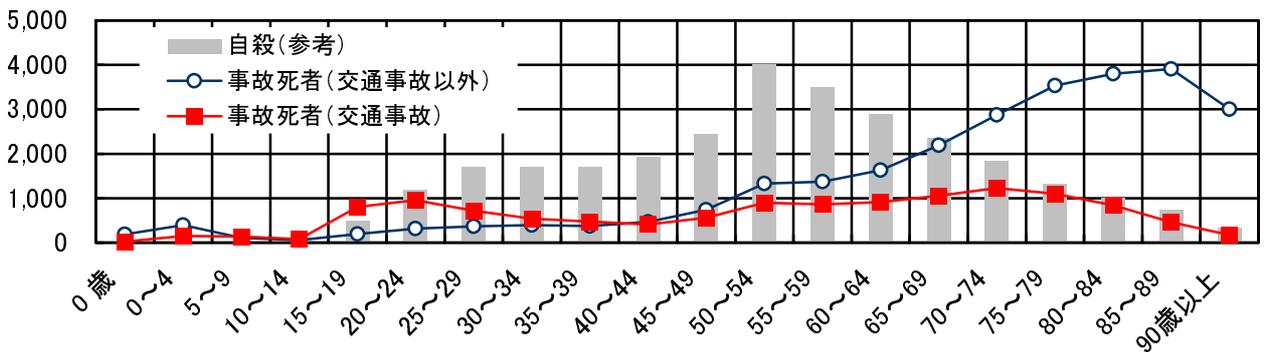


図7 年齢別にみた不慮の事故による死者数(2000年)  
 出典：厚生省 50年史所収統計より筆者作図

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。

#### (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ながら依然として年間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。

#### 4.2 キャッチアップ期における安全

日本がキャッチアップ型の技術革新を進めている間は、安全の確認された技術を導入してきたわけであるから安全の問題にゼロから取り組む必要はなかった。しかし、日本が世界のフロントランナーとなって技術革新に取り組む分野では、常に新しい技術の持つリスクを評価し、安全な技術として確立する必要がある。本報告では、まず初めに明治以降の工業化の過程で安全問題にどういった取り組みがなされたかについて考え、その後、日本がフロントランナーとして安全に取り組んだ好例として、新幹線と大型タービンの二つの事例を取り上げて安全と技術革新の問題について考えていきたい。

#### (1) 日本の産業革命

明治41年、夏目漱石は小説「三四郎」の中で、「明治の思想は西洋の歴史にあらわれた三百年の活動を四十年で繰返している」と主人公に語らせている。イギリスで三年間を過ごし、イギリスの文学や歴史を学んできた漱石には、明治維新以降急速に変化しつつある日本の短い歴史が産業革命あるいは近代社会の登場以降のイギリスの歴史と重なり、しかもその変化速度のあまりに速いことに驚いた。実際、イギリスと日本の工業化のテンポを比較すると、イギリスが文字通り300年間かかって成し遂げた変化を日本は40年で達成しているといっても過言ではない。図1は過去250年間のイギリスと日本の工業化状況を示すいくつかの指標を比較したものである。指標としては、産業革命を牽引した産業としての綿工業の活動水準を表す原料綿の消費量、鉄道の営業延長キロと銑鉄生産量の三つの指標を選んだ。

イギリスでハーグリーブズ(1720頃-1778)らが活躍して紡績機械の新技术がもたらされ、産業革命の端緒が築かれたのは18世紀の半ば頃であったが、これから約100年以上遅れて出発点に立った日本はその後の50年余りの短期間にイギリスの生産量を凌駕する水準に到達し、1930年代にはイギリスを抜いて世界の生産力を誇るまでになった。また、イギリスのステューブソン(1781-1848)らによって蒸気機関車が実用されたのは1825年のことであるが、この面でも50年遅れてスタートした日本はその後の半世紀の間に全国的な鉄道網を作り上げた。鉄鋼業も同様であり、釜石製鉄所を出発点に試行錯誤を繰り返しながら、1901年に完成した八幡製鉄所は日本を一気に一大製鉄国に押し上げた。あらゆる面で、日本の工業化は目覚ましい速度を記録したのである。

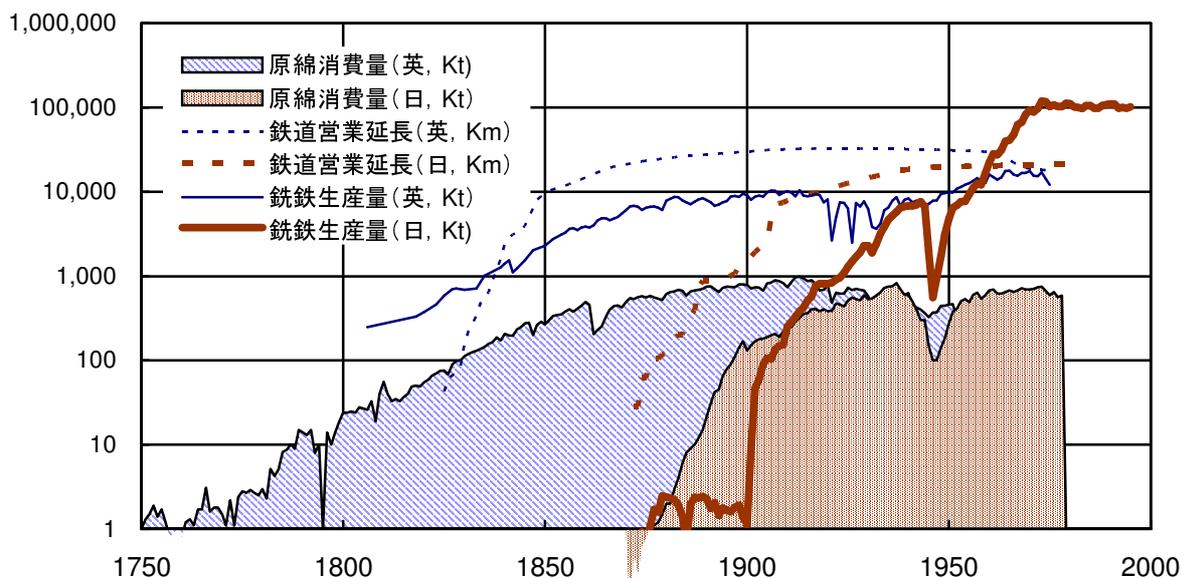


図8 日本とイギリスの工業化指標(1750年から2000年)

出典: マクミラン新編世界歴史統計(ヨーロッパ歴史統計)及び日本長期統計年鑑

#### (2) 危険だった初期の労働現場

しかし、こうした急速な工業化はそれまでの日本人が体験したことのない新しい危険を日本社会にもたらした。幾つかの例を挙げよう。まず、工場や鉱山などの職場における危険である。図3は労働災害による死者数を過去100年余りの期間にわたって示したものである。当時最も危険だった職場は炭鉱であり、大量の死者を出す大惨事もしばしば起こっていた。1899年には大分県豊田炭坑で日本初の炭塵爆発事故があり210名が死亡するという大惨事が起こっており、続けて1914年には福岡県田川の三菱方城炭坑で爆発事故があり、687人が死亡した。地下深くでしかも劣悪で危険な爆発性のガスを発生させている現場には危険が満ちていたのであった。当時の主力産業であった綿紡績工場などでは大勢の女工が働いていたが、その職場環境もまた劣悪であり、紡績業の急速な発展の陰には、紡績・製糸工場で働く幾百万の女工達の犠牲があった。当時の紡績・製糸工場における労働の厳しさ、労働条件の劣悪さを詳細に描いた「女工哀史」の著者細井和氣蔵は、自序で次のよう書き出している。

「虐げられ蔑まれながらも日々『愛の衣』を織りなして人類をあたたく育んでいる日本三百万の女工の生活記録である。地味な書き物だが、およそ衣服を纏っているものなれば何びともこれを一読する義務がある。そして自らの体を破壊に陥れる犠牲を甘受しつつ、社会の礎となって黙々と愛の生産にいそんでいる『人類の母』——彼女たち女工に感謝しなければならぬ」。

### (3) ボイラー検査と保険の事例

しかしながら、明治の日本が直面した全ての工業上の危険は全て欧米の先進工業国が経験済みの危険であった。例えば、産業革命の原動力であった蒸気機関は頻繁にボイラーの破裂事故を起こした。年間の事故件数は数千件に及び、それは工業国の宿痾とも呼ぶべき難題を提起していた。したがって、日本はこうした事例に学ぶことができた。蒸気機関の生み出す動力は産業革命の原動力であったが、同時に、それは新しい工業社会の抱え込んだ危険源でもあった。ボイラーの破裂事故である。ニューコメン(1663-1729)の時代の蒸気機関はいわゆる大気圧機関であり、精々大気圧を利用するに過ぎなかったが、19世紀にはいとより大きな出力、高い効率を目指して大気圧以上の蒸気圧を利用する高圧蒸気機関が開発されるようになった。ワット(1736-1819)自身はこうした高圧蒸気機関は危険であるとしてその開発に慎重な態度をとったといわれるが、やがてステューブソン(1781-1848)によって蒸気機関車が1825年に登場するなど、数気圧の蒸気を利用する蒸気機関が広がっていった。そしてワットの懸念したようにボイラーは頻繁に破裂事故を起こすようになったのである。

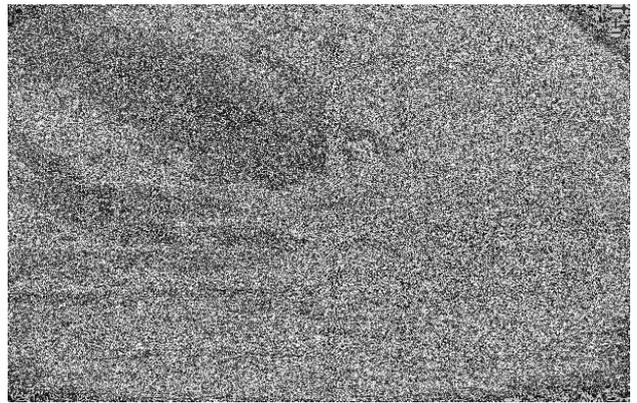
この時、海難事故への対処の仕組みが援用されることになった。つまり事業者は蒸気機関に保険を掛け、引き受ける保険会社は専門の検査員を雇って蒸気缶の検査をする、という仕組みが誕生したのである。産業革命の中心地マンチェスターでは、ボイラー破裂原因を調査していた技術者ウィリアム・フェアバーン(下の写真)の主唱により、1854年にマンチェスター蒸気利用者協会

(Manchester Steam Users Association: 以下、「MSUA」という)が設立され、会員は一定の料金を支払ってMSUAが雇用する専門技師による機関・汽缶の検査・指導を受けるという体制が誕生した。



1858年にはMSUAの一部会員が世界初の汽缶保険事業を始め、翌年以降、同種の保険検査事業者が続々と誕生していった。安全性の高い構造を持つボイラーは保険料が安く設定されるから蒸気機関の設置者に対しても安全確保へのインセンティブが働く。また検査員に対しても検査の正確性を求めるよう、事業者、保険者の双方からの圧力が働いた。政府に頼らない、自律的な検査体制の誕生であった。

米国でも、1866年に、ミシシッピ川の蒸気船スルタナ号(下の写真)が起こしたボイラー破裂事故を契機にハートフォード蒸気ボイラー検査保険会社(Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Co.)が設立され、この後、汽缶検査保険会社の設立が相次いだ。



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、1972年に蒸気ボイラー検査協会をつくった。プロシア内で最初にこうした組織ができたのは最も工業集積の進んでいたヴッパータール地方であった(今日のTÜVラインラント)。

### (5) 日本における二人のパイオニア(高山直質)

保険と検査という技術リスク管理の仕組みは産業革命の途上にあつた日本でも注目されなかったわけではない。明治の初め、蒸気動力がよいよ本格的な動力源としての普及を始めようとするまさにそのときに活躍した二人のパイオニア—高山直質(たかやまなおもと)と原田虎三(はらだとらみ)—の事績を通じて、その事実を紹介する。

高山直質(1855-1886)は工部大学校を第一期生として卒業したのちにグラスゴーに留学し、製鉄技術を学

んだ技術者である。彼は、明治 14(1881)年、当時の日本で唯一の工学関係学術誌であった『工學叢誌』に「蒸氣鐘破裂豫防要件」と題する報告を行ない、「ブリテン島全体で約10万基のボイラーがあるが、そのうち2万基は或る保険会社が付保しているボイラーであり1件の破裂事故しか起こしていない。これに対して、それ以外の8万基の中からは53基が破裂事故(いずれも高山の報告の2年前1879年の統計)を起こした」という事実をあげて、事故を防ぐ上で保険会社の検査指導が大きな効果を上げていることを報告した。そして、「汽鐘ノ遂ニ腐朽シテ万一爆裂ヲ醸シ人命ヲ害シ遂ニ世評ヲシテ汽鐘ハ最危険ナリ近ツク可カラズ、用ル可カラズト云フ疑心ヲ生ゼシメバ、工業モ亦必ズ退歩スルニ至ルベシ」との懸念を表明し、イギリスの保険会社が行っている検査方法を紹介した。しかし、高山が短命であったこともあって、彼の声は当時の産業界を動かすまでには至らなかった。ようやく明治 41(1908)年になって、当時日本の水管式汽缶市場の7~8割を握っていたバブcock社の大阪支店長トーマス・カーショウの働きかけにより、主たる利用者であった紡績業者らが中心となって第一機関汽鐘保険株式会社が設立され、機関および汽缶の破裂圧潰による損害を填補する保険引き受けを開始した。同社は戦時中の企業整備によって安田火災海上となった。

(原田虎三)

もう一人のパイオニア原田虎三(1854-1898)は静岡県沼津の出身で、安政元年、ペリー2度目の来航の年に生まれている。明治4(1871)年、沼津に海軍兵学寮が開設されると同時にその第1期生となり、更に明治7(1874)年に工学寮(後の工部大学校)が設立されるとこちらに進み、同13(1880)年に優秀な成績で卒業して工学士となった。その後、工部省技手、工部大学校助教授、農商務省管船局船舶検査課勤務などの職に就いたが、「夙ニ民間事業ノ振ハサルヲ慨シ之カ振興ヲ図ルノ志アリ十七年職ヲ辞シ大阪商船会社ノ聘ニ応シ機関検査役ト為ル」[8]という志を抱いて民間に身を移した。おそらく、彼の念頭にはイギリスで誕生していたマンチェスター蒸気利用者協会や米国のハートフォード蒸気ボイラー検査保険会社のような組織がモデルとして存在していたであろう。高山直質の「蒸氣鐘破裂豫防要件」も読んでいたに違いない。

原田の追悼文「故工学士原田虎三君略伝」には次のような記述がある。「君英国ロイドノ制ニ倣ヒ船体機関ノ検査ヨリ以テ造船製機ニ至ルマテ別ニ一機軸ヲ出サンコトヲ期シ、二十九年二月大阪ニ船舶諸機械相談所ナルモノヲ設置シ、相談技師(コンサルチングエンジニア)ノ業ヲ開ク。世上相伝へ來テ嘱託スル者漸々増加シ、殊ニ大阪ニ在テ海上保険ノ業ヲ営ム四会社ノ如キハ船舶ノ検査ヲ挙ケテ茲ニ委任シ、外国保険会社又君ノ検査証ヲ以テ保険ヲ付スルニ躊躇セサルニ至リ信用日ニ加ハリ業務次第ニ昌フ。」(旧字体を新字体に改め、句読点などを補った)

バブcock社大阪支店長のイニシアティブによって設立された日本で最初のボイラー検査・保険会社、第一機関汽鐘保険株式会社の設立に10年以上も先立ち、民間企業の一技術者のリーダーシップにより、ボイラー保険と対を成すボイラー検査会社が日本でも設立され

ていたのである。日本で初めて構築された第三者検査機構であった。外国の保険会社も彼の発行する検査証をもって保険を付保したというから、わずかな活動期間にもかかわらず相当な信任を勝ち得ていたと想像する。

しかし、彼が大阪に開いたこの相談所がその後どうなったのかについて、略伝は触れていない。ボイラーコードに関してこれまで調べた文献にも登場しないところを見ると、彼の志を継承できる後継者が見つからないまま立ち消えてしまったのかもしれない。原田は相談所設置の翌々年、明治31(1898)年11月に没しており、その人生は短すぎた。

高山と原田はいずれも工部大学校の第一期生、第二期生として優秀な成績をおさめた学生であった。ちなみに、両者の卒業時の成績は奇しくもともに2番であった。先進技術を学ぶ上でも優秀だった若き二人がいずれも技術リスク管理のための制度設計そのものに踏み込んで、当時のヨーロッパの社会の仕組みを学ぼうとしていた事実には学ぶべきものがある。しかしながら、高山といい、虎三といい、二人のパイオニアの人生が短かったというのは日本にとっても不幸なことであった。民業としての検査機構や保険会社は十分に開花せぬまま日本の工業化は進展したのであった。

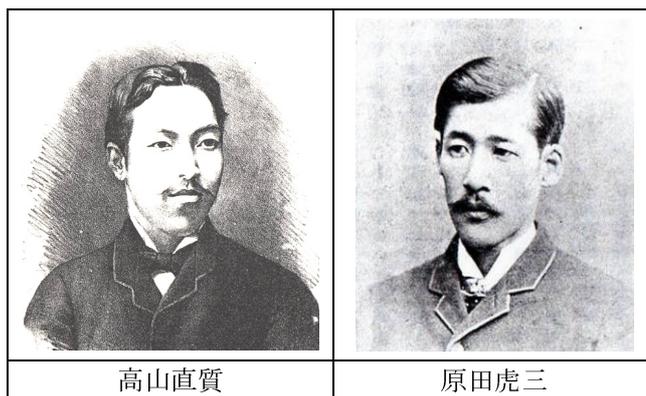


図9 明治期に安全に取り組んだ二人のパイオニア

#### (5) 政府規制という選択

明治初期の日本には大久保利通の「殖産興業論」に代表される官業思想しか存在しなかったわけではない。奇しくも大久保が「勸業建白書」の中で「大凡国ノ強弱ハ、人民ノ貧富ニ由リ。人民ノ貧富ハ物産ノ多寡ニ係ル。而シテ物産ノ多寡ハ、人民ノ工業ヲ勉勵スルト否ザルトニ胚胎ストイエドモ、其源頭ヲ尋ルニ未ダ嘗テ政府政官ノ誘導奨励ノ力ニ依ラザルナシ」と書いたのと同じ明治7(1874)年、福澤諭吉は「学問のすすめ」(下の写真)の5編の中で次のように述べている。

西洋諸国の史類を案ずるに、商売工業の道一として政府の創造せしものなし、その本は皆中等の地位にある学者の心匠になりしもののみ。蒸気機関はワットの発明なり、鉄道はステフェンソンの工夫なり、始めて経済の定則を論じ商売の法を一変したるはアダム・スミスの功なり。この諸大家はいわゆる「ミズルカラス(中産階級、引用者注)」なる者にて、国の執政に非ず、また力役の小民に非ず、正に国人の中等に位し、智力をもって一世を指揮

したる者なり。(中略)政府の義務は、ただその事を妨げずして適宜に行われしめ、人心の向かうところを察してこれを保護するのみ。故に文明の事を行うものは私立の人民にして、その文明を護する者は政府なり。



大久保、福澤の両論に代表される官業論、民業論は、いずれも同じ時代の先覚者達を等しく鼓舞した。官業のことはさておき、民業についても、生命保険分野では福澤門下の阿部泰蔵によって明治生命が誕生しているし、損害保険分野でも東京火災が誕生した。新しい技術分野であった電気事業においては最盛時には800社を超えるほどの民業が誕生した。しかし、少なくとも技術リスクのマネジメントという面で明治日本が最終的に選択したのは官によるリスク管理の手法であった。

明治27(1894)年には東京府が「汽罐汽機取締規則」を定め、「汽罐並ニ汽機ヲ設置セントスルモノハ事前ニ所轄警察署ニ願出免許ヲ受ケルヘシ」と規定した。他道府県も相次いで同様の規則を制定した。明治31(1898)年に起草された「工場法草案」にも「工場ニ汽罐ヲ装置セントスルモノハ地方長官ニ届出テ検査ヲ受クベシ。前項ノ検査若ハ定期又ハ臨時ノ検査ニ合格セザル汽罐ハ之ヲ使用スルコトヲ得ス」とする規定が置かれた。この草案は結局議会で提出されるには至らなかったが、最終的には、内務省が大正10(1921)年に制定した「汽罐取締令」(現行「ボイラー及び圧力容器安全規則」の前身)によって全国に適用される法令となった。明治の日本は、法令によって技術基準を定め、官庁の検査官が検査するという国家主導型の安全管理システムを選択したのである。

製品安全の分野では、最も古くから安全規制が行われてきたのは医薬品と飲食物品であり、明治22(1889)年に「薬品営業取締規則」が、明治33(1900)年に「飲食物品ノ他ノ物品取締ニ関スル法律」が制定された。また、家庭における調理や暖房のためのエネルギー源として伝統的な薪炭に替わって電気やガスが使用されるようになるとともに、電気用品、ガス使用器具、石油器具類に対する規制も始まった。規制はまず電気やガスを提供する事業者に対する免許制や設備規制などとして始まったが、やがて一般消費者の使用する器具の安全検査にも及ぶようになった。こうして一般消費者用の製品に対する上市前検査が始まったが、日本では第三者検査機関による検査・認証や保険制度とのリンクなどは形成されず、検査を担当したのは国の機関であった。

#### 4.3 パイオニアとしての試練

##### (1) タービン事故の事例

大型タービンの事故については、その教訓を後世に伝えるための貴重な資料が三菱重工業長崎造船所内の史料館に残されている。まず、この史料館のことから紹介しよう。

戦艦武蔵など歴史上多くの艦船を建造してきたこの造船所が長崎の地に作られたのは黒船来航の4年後、安政4年(1857)のことであった。当初は幕府の鉄鋼所として作られ、後に三菱に売却されて三菱重工業の造船所となった。史料館の建物は、もともと長崎造船所の鋳物工場に併設された「木型場」(きがたば)として明治31年(1898)年に建設されたものであり、明治の風格を残す赤レンガ造りの見事な建物である。そして、昭和60年、木型場の廃止に伴って史料館として模様替えされることになったが、当時の関係者が、この史料館の創設を決定した大きな理由は、本稿の主題であるタービン事故の記憶を留めようという点にあった。この史料館では、近代日本の工業化の歴史を俯瞰することのできる貴重なコレクションを沢山見ることができる。



図10 三菱重工業長崎造船所史料館  
資料提供: 三菱重工業

##### (事故の概要)

昭和45年10月24日、この造船所で製造を終え、オーバースピードテストと呼ばれる試運転試験中であった輸出用超大型タービンローターが、毎分3,540回転に達したときに破裂した。このタービンローターは大型タービン輸出の第1号となるはずだったスペイン国営電力会社向けの33万KWタービンのローターであった。破裂事故によりテスト場は粉微塵となり、天井も吹き飛び、直径3.2メートル、全長7メートル、重量50トンという世界最大級のローターは軸を中心に完全な4象限に割れて飛散した。地中にめり込んだ一片を別として、上空に飛んだ一片は880メートル先の長崎湾の海中へ、もう一片は1500メートルを飛んで工場背後の山中へ、そして一片は真横へ向かって工場の床面を横に50メートル飛び、周辺で作業をしていた大勢の従業員をなぎ倒して、4人即死、57人重軽傷という大惨事となった。

この事故の原因は、ローター材中の微小な内部欠陥(マイクロポロシティ)が起点となって材料中に亀裂が走り、

高速回転による巨大な遠心力によって破裂につながったことにあった。こうした原因調査の結果を受けて、三菱重工業は、こうした材料欠陥を受取検査で発見できなかった過失責任と、設計上の過失責任を問われ、設計担当者、軸材の受け入れ検収を行った検査担当者など十数人の関係者が業務上過失傷害致死容疑で二年間にわたり警察の取調べを受けた。最終的には、この事故は予見しがたい原因に基づくものであり、関係者に過失を立証することは困難である、として不起訴処分となったものの、死傷者の規模から言っても日本のタービン技術の歴史上の重大事故であった。



図11 史料館に保存されているタービン破片  
資料提供: 三菱重工業

(タービン技術の歩み)

この事故に注目する理由は、この事故が、タービン製造技術において日本が世界のフロントランナーへと躍り出たその瞬間に起きた事故であるという点にある。戦後の日本のタービン技術の発展の歩みを振り返ると、戦後の技術導入による技術吸収の時期が過ぎて、導入技術を基礎に、日本独自のアイデアや技術が盛り込まれ成果を挙げ始めた時期にこの事故は起きた。高度経済成長を支えるエネルギー源として、電力需要は毎年著しい増加を続けており、発電機自体も急速に大容量化が進んだ。三菱重工業では、ウェスティングハウスから導入した技術をもとにして独自の改良が進められた。

図12に示されるように、1960年代には毎年数十万KWのペースで単機容量が増加していた。そして、事故機である35万KWタービンは新しいデザインを盛り込んだ新鋭のタービンであった。

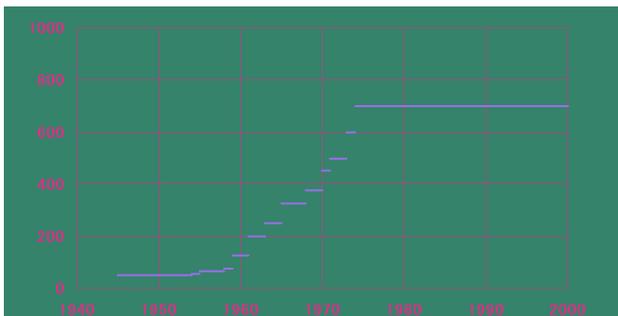


図12 火力発電プラントの単機出力(MW)

出典: 田里誠, 「電力用タービン発電機技術発展の系統化調査」, 国立科学博物館「技術の系統化調査報告第5集」, pp.69-186. (2005年3月)

タービンの基本的な仕組みを図13に示した。発電機は高圧の蒸気を基にして、タービンローターを回転させ、その回転エネルギーを発電機を通じて電気エネルギーに変換する。蒸気の圧力は次第に低下するから、その圧力レベルに応じて直径の異なるタービンブレードがあり、多段階でエネルギーが取り出される。事故機に先立つ技術導入機の基本形は2連型であり、ローター軸の直径は28インチのものを二つ組み合わせることで35万KWの出力を取り出していた。

これに対して、事故機はこの技術導入機を大型化すべく日本で改良が加えられたもので、ローター径を33.5インチに大型化し、一軸のみで33万KWの出力を達成しようという新しい設計に基づくものであった。タービンの出力はほぼタービン直径の二乗に比例するから、28インチから33.5インチへの大型化はそれだけで出力を50%近く大型化する効果があった。また、軸の数を減らせばそれだけローター軸を鋳造する際の射出回数も少なくて済み、その分コスト削減効果がある。事故機は輸出用のタービンとして海外メーカーに負けないコスト競争力を持つために、こうした様々な工夫を凝らしたデザインの下に生まれたものであった。

タービンの安全性を決める様々な要素の中でも、巨大な遠心力を受けながら何十年も回り続けるローターシャフトは特に鍵を握る重要性をもち、その材料の特性については特に慎重な吟味が行われていたことは言うまでもないが、結果的には材料の強度がこの新しいデザインにふさわしいレベルに到達していなかったということになる。

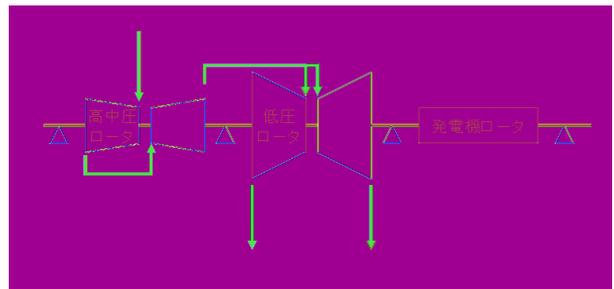


図13 タービンの構造

出典: 田里誠, 「電力用タービン発電機技術発展の系統化調査」, 国立科学博物館「技術の系統化調査報告第5集」, pp.69-186. (2005年3月)

(同型機廃却の決断)

当時、この事故機と同時期に製造された同型機があった。この同型機は国内の電力会社からの発注に基づくものであり、オーバースピードテストにも無事合格し、現地で稼働直前の状態にあったが、事故機と同じ材料を用いて製造されたこの同型機をどのように扱うかという点については大きな決断を迫られた。高度成長の真っ只中にあった当時の日本にとって、顧客の電力会社に

とって、新鋭発電所の稼働の遅れを意味する廃却はとてつもない痛手を意味するものであり、納入を請け負った三菱重工にとっても経営上の大きな負担を意味するものであった。

しかし、当時の関係者は最終的に同型機廃却という決断を下した。現地で据付工事に当たっていた同社関係者らは廃却の知らせを聞いて呆然となり、顧客側である中国電力社内でも騒然たる状態となったという。この廃却により発電所の完成は一年遅れることになったが、中国電力幹部は「三菱重工業の勇断を称える」との発言が新聞に掲載されるなど、勇気ある決断は最終的には理解された。事故の二年後に別の発電所でやはりタービンローターに起因する大事故が起こったとき、関係者は「もし廃却せずに使っていたら、枕を高くして寝られないところだった」と振り返ったという。

#### (史料館の設立)

先に述べた4つのタービンローター破片は回収後警察に差し押さえられていたが、起訴猶予となった後、三菱重工に返却された。通常であれば直ちにスクラップとなるところであったが、当時設計課長であった相川賢太郎は、破断面の損傷がもっとも少なく、破裂の起点や貝殻状の疲労破面がはっきり認められる海中に落下した一片を保存することにした。「このローター破片を何時の日かどこかに展示したい」との思いからであった。このローター破片は防錆塗装の上保管された。そして、15年後に木型場が廃止されることとなったとき、このローター破片は改めて新しい資料館の展示の目玉として展示されることになったのである。

実は、三菱重工業にとってのタービンの事故は、これが初めての事故ではなかった。昭和15年にもやはりタービンロータの破裂事故はあった。しかし、この記録は埋もれてしまい、昭和45年のこの事故があって初めて関係者もその存在を知ったという。今回の事故の当事者たちは、こうした教訓を踏まえて、「やはりモノがなければ厭な話は言い伝えられない」という認識の下にこの史料館の建設と、そこでの保存を決意したのである。

事故の歴史を後世に伝えるという、こうした努力があって初めて我々が過去に学ぶことができるのであり、この破片保存、史料館建設という決断の意義は実に大きなものであった。

#### 4.4 新幹線技術の事例

日本の技術革新の歴史の中で、新幹線は輝かしい成果の一つである。世界的にも未体験であった高速運行をいかにして実現するのかについては多くの課題があり、特に安全な高速運行を実現するには多くの挑戦があった。この事例を通じて、技術革新はまた安全への挑戦の歴史でもある、という事実を確認していきたい。

##### (東京－大阪3時間への挑戦)

昭和39年(1964)10月、東京オリンピック開幕を控えて新幹線は開通した。当時の「こだま」の最高スピードは210キロ。東京と新大阪を3時間あまりで結んだ。この画期的な高速鉄道技術が完成するまでには多くの挑戦があった。まず、この未曾有の技術開発プロジェクトが開始されたいきさつから見てみよう。



図14 東海道新幹線開通式(昭和39年)10月  
写真提供:JR東海

昭和32年(1957)4月、鉄道技術研究所では創立50周年を迎え、その記念行事の一つとして、同年5月に「超特急列車、東京－大阪間3時間運転の可能性」と題する講演会が開催された。ここで示された超高速鉄道のイメージは「東京－大阪間450～500kmに標準ゲージ、コンクリート枕木、ロングレール軌道の線路を設け、最高速度250km/時の走行安定性のすぐれた高性能列車を走らせ、安全にかつ快適に3時間運転をすることは可能である」とのビジョンであり、演題は次の四つのテーマに関して行われた。

- (1) 車両について
- (2) 線路について
- (3) 乗り心地と安全について
- (4) 信号保安について

この4つの演題は直面していた技術課題の全体像をいみじくも語っており、また、開発課題の中で安全確保に関する課題がその中心であったことを示している。

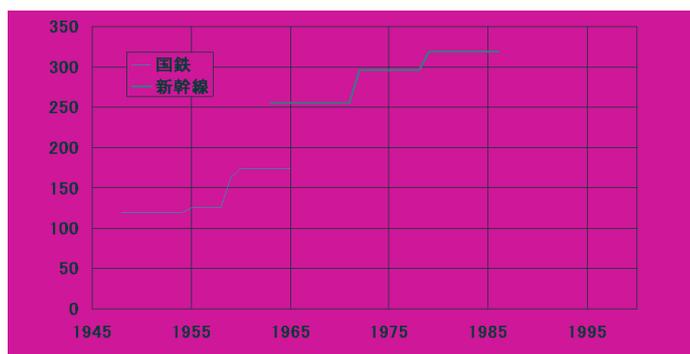


図15 鉄道の最高速度の推移

##### (高速運行時の技術課題)

この講演会の直後、鉄道技術研究所内では、それまで分野毎にばらばらに行っていた高速鉄道に関する研究を東海道新幹線の建設というひとつの目標にしぼって、総合的なプロジェクトに組織化した。既存の研究組織にとらわれない重点研究班が組織され、開発すべき技術課題がリストアップされた。その一覧表を表10に示す。これらの173課題について、その後6年間に毎年700人から1000人の研究者が取り組んだ。今回の講義で事例として取り上げるのは、このうち、高速車両の運

動にかかわる課題である。

表1 新幹線関係重点研究班一覧表

重点研究班	テーマ数
[1] 高速運転のための軌道構造	25
[2] 高速車両	29
[3] 高速車両の運動	17
[4] 高速運転のための制動方式	18
[5] 高速運転のための電車線構造	25
[6] 交流電化	18
[7] 高速運転のための信号方式	19
[8] 自動運転方式	22
合計	173

出典: 松平精, 東海道新幹線に関する研究開発の回顧, 日本機械学会誌, 第75巻, 第645号, pp. 100-108, (1972年10月)

列車の高速運転時における振動は乗客の乗り心地に大きな影響を与えるばかりでなく, 列車の安全な運転にとっても不可欠の課題である。このうち, 上下振動については当時の国鉄で新幹線開発に先立つ10年間に蓄積されてきた空気バネの技術が大きく解決に貢献した。振動を抑えるためにはばね定数を小さくすることが必要であるが, 鉄道車両は多数連結する必要上, 車体の空車時と満載時のレール面上の高さをある限度内に収めなくてはならず, そのため, 普通の金属ばねの場合はばね定数を余り小さくすることができない。しかし, 空気ばねは自動高さ調整弁を設けることによって, ばね高さを荷重状態に関係なく一定に保つことができる。そこで, ばね定数を思い切って下げることによりばねの振動絶縁効果を飛躍的に向上させることが可能なのである。

一方, 横振動の緩和については, 従来から「つりリンク構造」と呼ばれる技術が用いられていたが, 特に高速で発生する横振動は大きくなるとだ行動を引き起こす。だ行動とは, 鉄道車両に特有の自励的な横振動で, 高速走行時にこれが発生すれば, 単に乗り心地を害するばかりでなく, 時としては台車構造に損傷を与え, 更には脱線の危険すら招く。こうしたことからだ行動の原因究明と防止技術の開発には特に慎重な研究が加えられた。

だ行動については, 当初レールのゆがみが原因とされたりして真の原因が未解明であったが, 研究班は模型を使った実験によってその原因を突き止めていった。まずはじめは10分の一の模型台車, その後, 五分の一の模型台車を走らせる車両試験台が逐次作られ, これを用いて振動特性の解明が進められた。鉄道車両の台車試験装置は世界的にも類を見ないものであったが, 緻密な計測と理論的解明によって真の原因が突き止められていくその様子は, 技術開発を志すもの全てにとって, 実に興味深い, またドラマに満ちたプロセスである。

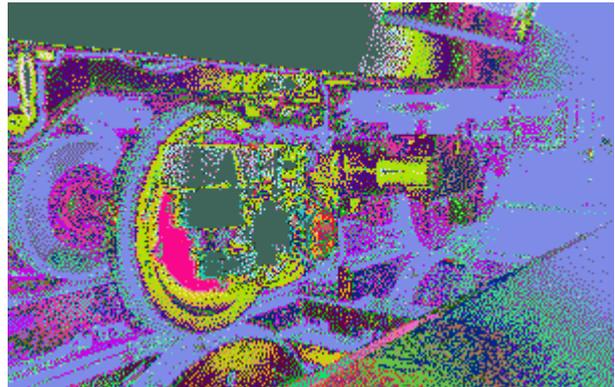


図16 振動試験用の車両試験台車

写真提供: 鉄道総合技術研究所

また, この研究において重要な役割を果たした松平精という技術者は戦時中海軍航空技術廠で航空機の振動問題を研究していた技術者であるが, 彼が, 航空機のフラッタと呼ばれる現象との類似性に着目して, だ行動が台車の自励振動によるという洞察を行ったことは, 原因究明へ導く鋭い洞察であった。当時の鉄道研究所は, 戦時中海軍や陸軍の技術研究機関で航空機の研究に従事していた多くの技術者, 研究者を擁していたが, こうした航空機技術者と伝統的な鉄道技術者の技術的蓄積に注入されたことは, 新規の技術開発にあたっての大きな力であったと指摘されている。

#### 4.5 現代日本の課題

WTO/TBT 協定(貿易の技術的障害に関する協定)をはじめとする国際化の要請にこたえて, 現代の日本でもさまざまな分野で安全認証に係わる制度改革が進んでいるが, その目指す方向は, まさに高山や原田が構想し, 実践した方向である。特に, 国に代わって独立の第三者検査機関が検査, 認証を行うという点については, 外国の有力な第三者検査機関のみならず, 従来の官庁検査機関やその代行機関が, 第三者として社会的に認知される実績を次第に積み重ねつつある(NITEも含めて)。筆者が気になるのは, 民業としての保険事業のかかわりが薄いこと, 安全に関するグローバルな英知(state of arts)を体現した国際安全規格が十分に設計者に浸透していないと思われることである。

まず保険事業であるが, 保険の一義的機能は損害の填補であり, また, それは個別リスクの社会的分散によって行われる。一般論としては, その過程でリスクの社会的な総和が減るわけではなく, 逆にリスクに対する敏感現代日本の課題さが失われ(モラルハザード), むしろリスクは増えるとすら指摘される。保険付保が無条件に行われる場合, 確かにこのようなモラルハザードの危険は存在するが, 実際には保険付保は無条件的に行われるわけではなく, 高山が明治の時代に見抜いたように, 保険も事業である限り採算性を確保するために一定の安全の確認を経て保険を付保する。そのときに付保条件として何らかの安全基準への適合検査をするから, これを通じて安全基準の徹底が図られ, リスクの総和を減らす方向での働きを持つ。保険料率が安全性に

応じて傾斜的に設定されるような場合、これは更に安全性を高めるインセンティブとして作用する。加えて、保険事業者が事業としての採算性を追及することにより支払い時における事故原因究明への圧力も生まれる。これらは安全安心社会が備えなければならない重要な社会的メカニズムである。

安全基準に関して、法令に依拠する現状を改革することももうひとつの重要課題である。今日の国際安全規格の体系はグローバルな英知を体現しており、これを日本の各分野の設計者が迅速に咀嚼し、設計に生かしていくことは緊急の課題である。また、専門職集団はこうした安全規格の策定能力を高め、むしろ国際社会に提案することが求められている。法令の立案者にこれをゆだねることは専門職としての怠慢である。EUではニューアプローチ指令(1995年)によって設計者は本質安全を設計上の原理とすることが義務付けられた。その求めるものは日本の現行法令のはるかに先を行く水準である。日本でもISO12100をはじめとするこれらの設計原則の義務化がいずれ日程に上らねばならないであろう。

まとめとして、4.3節、4.4節で述べた二つの事故事例から学ぶべき点について考えてみたい。

それは第一に、安全の最優先と事故に学ぶ姿勢であり、第二に、事前の徹底的な危険源分析とシステムアプローチの重要性である。それは、今後、フロントランナーとして技術革新を先導しなくてはならない日本にとって、世界の中での役割を正当に果たすためにも、また、技術革新の原動力そのものとしても重要な要因である。

#### (1) 安全の最優先と事故に学ぶ姿勢

大型タービン事故の事例から学ぶべきは、安全を最優先し、事故の失敗から学ぶ姿勢の重要性である。仮に三菱重工業が同型機をそのまま出荷していたらいったい何が起こっていたか。それはもとより答のない問いであるが、仮にこれが同様の事故を起こしていたならば、三菱重工業のみならず、日本の発電機産業全体が致命的な打撃をこうむっていたであろう。現在でも同様の事故が繰り返されている事例をわれわれは知っている。しかし、こうした過去の失敗に学ばない姿勢は激しく社会から糾弾され、最後には廃業している事例をわれわれは知っている。

これに対して、一旦生じた事故の原因を徹底的に究明し、その教訓を将来に生かすという姿勢は今後技術開発に取り組むすべての技術者が学ばなくてはならない姿勢である。「安全規則は血で書かれてきた」という警句があるが、事故の教訓を単に法令や規則で取り締まるという方法によっては、いつまでたっても安全な社会は築けない。事故の教訓を次の設計に生かしてこそ、安全な社会への道は切り開かれる。このことをわれわれはこの事故の事例から学びたい。

#### (2) システム安全アプローチの重要性

“Fly-Fix-Fly”という表現がある。つまり飛行機を飛ばして、不具合や事故が見つければそれを直し、そして又飛ばす、というアプローチである。事故や不具合の発生に対して事後的な対策を繰り返すアプローチであり、長年にわたり、安全の確保はこうした経験主義的な方法論で推進されてきた。しかし、言うまでもなくこのアプ

チには犠牲が伴う。

これに対して、事前に危険の因って来る原因(危険源: Hazard)を解明し、これに起因する事故の発生を演繹的に予測し、事故の重大性や発生確率を評価し、これを許容可能な水準まで低減させる対策を講じる、というアプローチがある。これは危険源分析、あるいはシステム安全と呼ばれる。現在ではこの方法論は精緻な体系としてまとめられ、国際標準となっている。このように対比すると、新幹線の事例は危険源分析、あるいはシステム安全アプローチの勝利であったといえる。

#### (3) 安全な技術の確立はフロントランナーの責務

新技術は常に新しい危険源を含む。技術革新の歩みを振り返れば、例えば18世紀後半からの産業革命は蒸気機関という新しい動力源を原動力として推進されたが、それは常に破裂事故という危険を伴っていた。

技術の導入国はある意味で安全に「飼い馴らされた技術」を導入するのであり、技術に内在する危険源の所在やその制御の方法についても先駆者の開拓した方法を学ぶことができる。明治以降の日本の技術革新において、多くの場合、この方法により技術の安全は達成されてきた。しかし、日本が世界のフロントランナーとして新技術の開発に取り組むとき、そこに内在する危険源やその制御法も又未知である。しかし、この関門を潜り抜けてこそ、新しい分野のパイオニアとしての栄誉は与えられる。

表2 技術革新と新しい危険源

時代	新技術の例	危険源	リスク
大航海時代	航海術・船舶	海洋	海難事故
産業革命	蒸気機関	高圧	蒸気缶破裂
	鉄道	高速	衝突事故
	電気		火災・感電
20世紀	自動車		交通事故
	航空機		墜落事故
	農薬・添加物	有害物質	中毒 環境汚染
	原子力	放射能	放射線事故
	遺伝子組替	遺伝子	生態系攪乱

#### 4.6 規制環境の国際比較

本節では、技術革新のプロセスに影響を及ぼす規制形態の国際比較について述べる。

社会における安全の確保に影響を与える外的要因は、狭義の規制(政府による規制)だけではなく、私人間の損害賠償制度、民間の保険＝検査機関による検査・認証制度など、様々な形態をとる。本特定領域研究では、二つの計画研究(後藤班と三上班)がこの問題に取り組む、国際比較を通じて日本における規制形態の特徴を明らかにし、また、それが技術革新プロセスに対して持つインプリケーションについて考察した。

本研究が当初の作業仮説として描いていたのは「法

令・政府主導モデル」と「自己管理型モデル」という二元論的図式であったが、ボイラー圧力容器、情報セキュリティ、機械一般等の各分野における技術リスク管理システムの発展過程を日本、ドイツ、米国、イギリス等の比較を通じて跡付ける過程で、それは4種類の原型に再整理された。すなわち、

- (1) ドイツ産業別保険組合制度に代表される自己規制型システム、
- (2) 日本に代表される政府規制型システム、
- (3) 米国製造物責任法に代表される不法行為法システム、
- (4) 程度の差はあれ各国に存在する市場システム及び表示制度、契約法等によるその補完

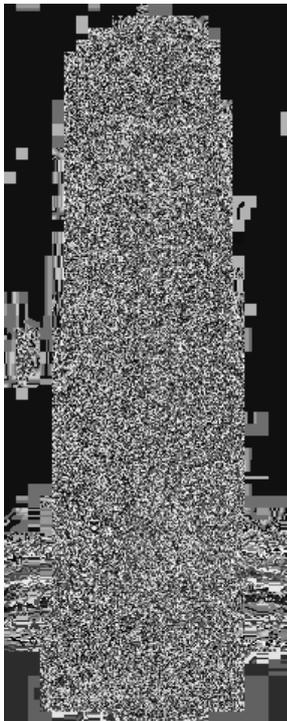
であり、各国のシステムはこれら4つの原型の複合体として理解される。

歴史的には、それは古代社会における制裁と賠償の法から出発し、近代社会においては、これが私人間の損害賠償の法(不法行為法)、行政による規制と制裁、非政府セクターによる保険＝検査制度、市場を通じた選択といった四つの要素から構成されるようになった。程度の差はあれ、いずれの国においても実際の仕組みはこれらの組み合わせからなる。

#### (1) 歴史的原型:制裁と賠償の法

##### 【同害報復の法】

完全な形で現存する人類社会最古の成文法といわれる「ハンムラビ法典」(下の写真)には、「家を建てたものは、建築が適切に行われなかったことにより家が壊れ、その住人を死なせることがあった場合には死罪に処す」との規定があった(229条)。古代バビロニアの建築



家は、自らの技量が及ばずに建築物が崩壊して顧客を死に至らしめたとき、自らの命によって償わなければならないのである。ハンムラビ法典には外科医師や造船技師などに対する条文も置かれており、外科医が手術に失敗して患者を死亡させた場合には医師の片手を切断すべきこと(218条)などを規定していた。また、家が壊れたことにより家主の財産に損害を与えた場合には失われた財産を弁償し、壊れた家を建て直す必要はないこと(232条)、船大工の作った船が水密化工事に失敗した場合には船大工が現物賠償すべきこと(235条)といった財産的な損害に対する原状回復、損害賠償を定めた規定もあった。こうした「同害報復」(talio)や「現物弁済」による社会的な制裁・賠償規

定は、古代社会において広く見られる制度であり、こうした厳しい制裁や賠償責任が安全へのインセンティブを作り出していた。安全マネジメントに関する社会制度設計の原型である。

##### 【ソロンの立法】

1870年代から1880年代にかけてアメリカ労働運動界を代表した組織である労働騎士団(The Knights of Labor)<sup>1</sup>は、1878年に図1に示すようなシンボルを制定した。シンボルの外周には古代ギリシャの政治家ソロンに由来する“*That is the most perfect government in which an injury to one is the concern of all*”という台詞が書かれている。

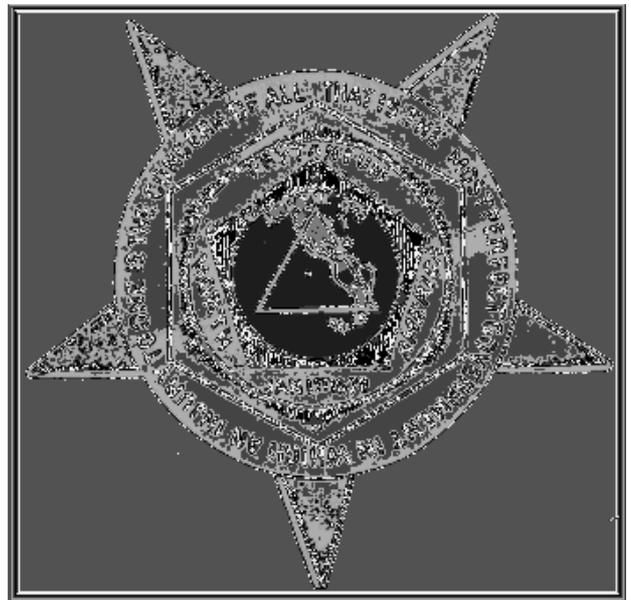


図1 労働騎士団のシンボルマーク

ひとりの受けた損害(injury)が社会の構成員全員にとつての関心事項であるような社会こそが理想の社会だと言う主張である。ソロン自身の書いたものは残っていないから、あくまでも伝承となるが、プルタルコスによれば、ソロンが実際の立法において実現した仕組みは以下のものであった。

・・・更に民衆の非力を一層保護せねばならぬと考えたソロンはすべてのアテナイ人に、誰か不当な目に会っている者のために訴訟を提起する権利を与えた。誰かが打たれたり、暴行されたり、傷つけられたりした場合、能力と意思のある者は誰でも加害者を告発して訴えることが認められた。立法者は、正当にも、市民たちに、あだかも一つの身体の各部のように、互いに同じ感覚をも

<sup>1</sup> 1869年、フィラデルフィアの衣服製造業者ユライア・S・スティーブンスにより秘密組織として結成され、1878年以降はテレンス・V・パウダリーの指導下に人種・宗教・性別・熟練未熟練の別なく労働者を組織化し、1886年には70万人の組織人員を誇った。後にこの組織からAFLが分離した。

ち、苦痛を分かち合うような慣習をつきさせようと企てたのであった。そしてこの法とよく合致する彼の言葉が引き合いに出される。最も住みよい都市(ポリス)はどれかと訊かれて、彼は「被害者に限らず被害のなかった者も加害者を告訴して懲罰するような都市だ」と答えたそうだから。(村川堅太郎「プルタルコス英雄伝」上、ちくま学芸文庫版、p.127)

もう一つの資料、アリストテレスが書いた『アテナイ人の国制』にもソロンの立法内容が書かれている。これによれば、該当部分は少し別の表現振りで書かれている。該当するのは以下の第二の点だが、ここも前後を含めて引用する。

・・・ソロンの制度では次の三点が最も民主的に見える。第一に、そして最も重大なのは身体を質にとって金を貸すことの禁止であり、次には何人でも欲する者は不正を加えられている人々のために償いを求めることのできる点で、第三には法廷への審理の回付であり、<これにより>大衆は最も勢力を得たといわれる。(村川堅太郎訳、岩波文庫版、pp.26-27)

つまり、直接の被害者でない第三者に対して告発権を付与することにより、社会の構成員の誰かひとりに対する被害であっても、それが全員の関心事となり、社会全体としての制裁がより確実に行われるようになる、という制度設計である。

#### 【結果責任から過失責任へ】

現代においても、幾つかのケースでは国家による厳しい刑事的な制裁が安全のための抑止力として規定されているが、近代社会の法秩序はハンムラビ法典の時代と幾つかの点で異なる。ひとつは「死罪」といった刑罰が課される行為は国家に独占されるようになった。

また、私人間における賠償責任については、結果責任に代わって過失責任の原則がとられるようになった。過失責任とは、ある行為が他人に損害を与えたという因果関係があったとしても、行為者に故意や過失があった場合に限り賠償の責任を課するというものである。結果責任ではなく、当事者の意思を問題にするという点は近代の法制度の特色である。

#### 【広がる賠償責任の範囲】

また、20世紀には雇用者責任、製造物責任、環境責任などの広範な領域で事業者の無過失責任を定める立法が行われ、あるいは判例が確立するなどして、過失責任法体系による安全マネジメントはますます強力なものになった。

### (2) 行政による規制システム

#### 【行政による危険防止】

刑罰や罰則による制裁あるいは賠償責任は、その抑止効果を通じて社会の安全性を高めることに貢献する。しかし、仮に適切なる刑罰が執行され、或は妥当なる賠償が実行されたとしても、起きてしまった事故や災害が

消え去るわけではない。国家の強制力を、事後的な制裁による抑止という間接的な方法によってではなく、事前的な災害防止を通じてより直接的に行使するという方向が模索されたのは当然であった。そして、歴史上の数多くの惨事が行政による規制システムを創設する直接のきっかけとなってきた。「安全規制は血によって書かれてきた」という警句はこうした歴史を如実に物語る。

行政による事前規制システムを生み出す直接のきっかけの多くがそのような受動的なものであったとはいえ、それは新しい国家像とも合致した。19世紀における人権思想の発展、国家の役割についての新しい理解が進むにしたがって、国家による災害防止のための事前規制は広がった。

#### 【行政規制システムの要素】

国家による事前的な災害防止は、国家による安全基準の策定、それへの適合の検査、また違反した場合の罰則規定からなる。安全基準は法令ないしその細目を定めた規則や行政命令の形で策定され、適合性の検査は政府の検査官によって行われるというのが当初の形態であった。しかし、次項で述べるように、後には政府以外が定めた安全基準を法令が引用したり、或は政府以外の検査官による検査を法令による検査の代替手段として用いるということも行われるようになった。

政府の規制システムは、程度の差こそあれいづれの国でも成立してきた。「全ての安全規則は血で書かれてきた」という警句が物語るように、何らかの事故の発生を契機に政府による立法が行われ、安全基準を法令で定め、またその実施を担保するために政府の検査官による検査が行われる。そして一旦事故が起こったときには政府によって責任の追及が行われる。ある場合には事故の被害者を政府が救済するための社会政策が取られるなど、国民国家の単位でそれぞれの個性を発揮した独特のシステムが形成されてきた。法制史学者のコーイングは「19世紀はナショナルな法典編纂の時代であった」と述べているそうだが、産業革命の進展した19世紀は産業革命の負の側面である技術のリスクが顕在化してきた時代でもあり、これを補正するための政府の規制システムもまた発達した。

### (3) 保険＝検査型システム

#### 【保険＝検査型システムとは】

保険＝検査型システムとは、歴史的には主としてアングロサクソン国家で発達してきたシステムである。海上保険と船舶検査の仕組みを原型として、やがて蒸気ボイラに應用され、そして、20世紀には電気技術をはじめ広範囲の技術へと應用されてきた。このシステムの基本的な構成要素は、安全基準を策定し、これへの適合性を評価・認証する専門家組織(学協会など)や第三者検査機関と損害保険事業者である。自己規制型システムを構成する当事者はいづれも民間組織であり、政府の役割は二義的である。

#### 【安全基準と検査】

ここで、保険がこのような機能を発揮するに際しては、行政による規制システムの場合と同様二つの機能が必

要である。ひとつはリスク低減行動によって達成すべき明確な基準(安全基準)が与えられていることであり、二つには保険申込者がそのような基準に適合しているどうかを確認できる手段があることである。すなわち、保険は「安全基準の策定」と基準の達成状況を確認する「適合性検査」という二つの機能と合い携えてリスク低減の効果を発揮することができるのである。

行政による規制システムの場合にもこの二つの機能は必要であり、実際、基準と検査は、行政による規制システムと保険システムの双方が共有する場合もあった。例えば、保険＝検査システムの下では安全に関する技術基準は法的な強制力を持たない任意規格であるが、行政による規制システムによって参照される場合には強制規格となる。そして、今日では、多くの場合、技術基準は国際規格として、特定の国家や保険会社に依存しない共通の基準として与えられるようになった。

検査機能については、行政による事前規制システムはそれ自身の検査組織を発達させてきたが、場合によって保険システムの作り出した検査組織を活用する場合もあった。今日では、こうした検査機能は国際的に一般化され「適合性評価機関」(CABs: Conformity Assessment Bodies)と呼ばれるようになった。

安全工学に関する古典的教科書『クールマン安全工学』の著者クールマン博士(Albert Kuhlmann)がドイツの第三者検査機関である技術検査協会(TÜV Rheinland)の会長を務めた人物であり、『ハインリッヒの法則』で有名なハインリッヒ博士(Herbert William Heinrich, 1886 - 1962)がアメリカの損害保険会社Travelers Insurance社に勤務する安全エンジニアであったことは、これらの組織がドイツや米国の社会において安全の確保に果たしてきた歴史的役割の重要性を象徴的に物語る事例といえよう。第二に、自己規制型システムについては、その代表例でありながらこれまで英語圏を含めてほとんど紹介されてこなかったドイツ産業別保険組合(BG: Berufsgenossenschaft)の500頁に及ぶ通史“Geschichte der gewerblichen Unfallversicherung”について、研究協力者であるドイツのダルムシュタット大学ノイドルファー教授(2回招聘)の全面的支援により主要部分を英訳することが出来た。これはまだ公表する段階にはいたっていないが、事後補償と事前予防の両面における自己規制型システムの具体的な機能を理解する上での貴重な材料となるものと期待している。また、もうひとつの代表例である米国機械学会(ASME)のボイラー圧力容器コードの歴史理解を通じて、学協会に対する公衆の信頼こそが自己規制型システム成立の前提であり、学協会倫理綱領や技術者資格制度はこの文脈において理解されるべきことを「技術者倫理と学協会」として発表した。

#### (4) 市場メカニズムと表示制度・契約法

##### 【市場における売り手と買い手】

第四のシステムとして市場メカニズムがある。市場メカニズムが安全マネジメントの機能を持っているという主張は一見奇異に響くかもしれない。売り手と買い手との間に情報の非対称性がある場合、買い手は購入する財の品質についての正確な知識を持っておらず、売り手

は買い手の無知に付け込んで安全でない商品 verkaufenかもしれない。従って、情報が市場メカニズムの下で、消費者の自由な選択が行われるとすれば、安全でない製品は消費者から忌避され、徐々に市場から排除されていくことが期待されるからである。しかしながら、言うまでもなく、メーカーからその消費者へ、機械や装置の納入業者からその利用者であるオペレータへという情報の流れは完全ではありえず、市場メカニズムを通じた安全マネジメントが完全なる機能を果たすことは期待できない。

##### 【契約法における瑕疵担保責任】

売買された商品に瑕疵があった場合、契約法には昔から瑕疵担保責任(defect liability)の概念がある。古代ローマには、「買主に注意させよ」という意味の“caveat emptor”なる法格言があった。つまり、売買契約においては、買主は自己責任で目的物に瑕疵がないかどうかを確認する義務があるというものである。少なくとも古代ローマでは、売買契約にあたって、買主の側に商品の瑕疵の有無に注意を払う義務があった。わが国でも売主の義務はそれほど強力ではなかったという。

しかし、近代社会の成立とともに売主の瑕疵担保責任という概念が誕生した。ドイツ民法典は厳重な瑕疵担保責任を課し、フランス民法典(1461条以下)も同様にして売主に瑕疵担保責任を課す条文をおいた。いずれの場合も、目的物に瑕疵があった場合には、買主は契約の解除または代金減額の請求ができるとした。瑕疵とはとりもなおさず欠陥であり、契約法における「欠陥」とは、「商品性についての黙示の保証違反」(implied warranty of merchantability)と言い換えることができる。つまり商品として通常期待される使用目的を満たすことができているとき、そうした欠陥に対して買主を保護する必要性を認めたのである。また、売主に悪意があった場合には、買主に生じた損害の賠償を請求する権利が与えられた。

##### 【コモンロー諸国における売主の責任論】

これに対して、イギリスのコモン・ローでは、売買、特に動産の売買には「買主に注意させよ」の格言が適用され、売主に明示の保証があるか、或いは売主に詐欺があるかするのでなければ、仮に売買の目的物に隠れた瑕疵があったとしても売主の責任は追及できないのが一般的なルールであった。しかし、次第にこうした売主に有利な傾向は是正され、1893年に成立した動産売買法では買主の瑕疵担保責任が規定されることになった。イギリスのコモン・ローにならっていた米国でも各州の州法が次第に売主に黙示の保証があることを認めるようになり、「統一売買法」はそうした売主の責任を規定した。米国において1952年に成立した統一商法典(Uniform Commercial Code)もまたこうした考えを踏襲して制定された。

##### 【日本の事情】

日本でも明治31年に施行された旧民法はその570条で瑕疵担保責任を規定し、「売買の目的物に隠れた瑕疵があったときは、第566条の規定を準用する」と規定している。第566条の規定とは、「売買の目的物が地上権、永小作権、地役権、留置権又は質権の目的であ

る場合において、買主がこれを知らず、かつ、そのために契約をした目的を達することができないときは、買主は、契約の解除をすることができる。この場合において、契約の解除をすることができないときは、損害賠償の請求のみをすることができる」となっており、瑕疵がある場合、買主は契約の解除または損害賠償の請求ができると規定しているのである。

このように、売主に売買した商品について黙示の保証を求め、仮に瑕疵があった場合に売主の瑕疵担保責任を認めるという傾向がいずれの先進諸国でもみとめられるのは、商品経済の広がりによって、買主が商品中の欠陥を発見するのが徐々に難しくなりつつあるという実態を反映したものと解釈できるかもしれない。

## (5) システム安全

### 【システム安全の概念】

システム安全の概念は”The discipline that uses systematic engineering & management techniques to aid in making systems safe throughout their life cycle”[1]と定義され、様々な形でリスク管理手法の体系として具体化されている。最も古い歴史を持つのは米国防規格 MIL-STD-882: System Safety Program Requirement や MORT1)等の手法であり、化学産業・プラント分野では EU の Seveso 指令が、機械分野においては同じく EU の整合規格 EN1050 Safety of Machinery: Principles for Risk Assessment がある。食品安全分野には CODEX 委員会の定めた HACCP2)がある。これらの体系成立の足取りを表1に俯瞰的に示した。

これらの手法は航空宇宙・国防、化学産業、機械工業、食品産業等、全く異なる分野を背景に形成されてきた手法であるにもかかわらず、今日ひとつの方向に収斂しつつある。従来のリスク管理手法をコンプライアンス・ベースの管理、つまり特定の法令や規格に対する適合を求める管理手法とすれば、システム安全の考え方は、法令や規格を通じて特定の達成目標を与えるのではなく、事業者に対して、ハザード分析やリスク分析等の一連の手法を系統的に施すことを通じてリスク低減の達成を求める点に特徴がある。方法論上の特徴としては、危害発生のプロセスを最上流に遡ってハザード(危険源)を同定し、これを出発点として、確率概念に立脚したリスク分析・評価を行うこと(一言で言えばリスク評価)が重要である。「絶対安全」はあり得ず、リスクを「社会的に受容可能なレベル」まで低減させることがリスク管理の達成目標となる。

### 【日本の安全規制法令におけるシステム安全】

ではシステム安全の方法論的特徴は日本の安全規制にどこまで反映されるに至っているのか。まず法令のチェックを行う。日本の法令(法律・政令・省令の全て)には「リスク」という用語の用例は条文数で 106 例あるが、このうち 100 条文は金融関係であり、技術リスク関連は、2003 年に新設された食品安全委員会事務局のリスク・コミュニケーション官の呼称、医療機器及び体外診断用医薬品の品質管理に関する規定(薬事法)及び環境庁環境リスク評価室の呼称としての用例の 3 項目のみである。

BSE 問題等を契機として成立した食品安全基本法はわが国でもっとも早くリスク評価概念を導入した法律と言われるが、条文上は「リスク」なる表現は用いられておらず、「食品の安全性の確保に関する施策の策定に当たっては、人の健康に悪影響を及ぼすおそれがある生物学的、化学的若しくは物理的な要因又は状態であって、食品に含まれ、又は食品が置かれるおそれがあるものが当該食品が摂取されることにより人の健康に及ぼす影響についての評価が施策ごとに行われなければならない」(11 条)と規定された。

これに続いて 2005 年には労働安全衛生法が改正され、「事業者は、厚生労働省令で定めるところにより、建設物、設備、原材料、ガス、蒸気、粉じん等による、又は作業行動その他業務に起因する危険性又は有害性等を調査し、その結果に基づいて、この法律又はこれに基づく命令の規定による措置を講ずるほか、労働者の危険又は健康障害を防止するため必要な措置を講ずるよう努めなければならない」(28 条の 2)との規定が置かれた。

このように、明治以来コンプライアンス・ベースの体系、しかも法令へのコンプライアンスを求める体系として構築されてきた日本の安全規制体系にもようやくシステム安全概念が導入されつつあるもの、全体としては例えば EU の Seveso 指令に相当する日本の工場保安法令(消防法、高圧ガス保安法、石油コンビナート法)は依然としてコンプライアンス・ベースの体系であり、EU の機械指令との対応を考えれば、日本では多くの製品安全分野が依然としてシステム安全概念の外にある。

### 参考文献

- [1] 石谷清幹, 工学概論(増補版), コロナ社, pp. 121-133, 1977 年.
- [2] 石谷清幹, わが国の第三者検査機構とその国際統合化, エネルギー・資源, 16(6), 557-562, 1995.
- [3] 大阪市消防局・(財)大阪府危険物安全協会編, 危険物規制 100 年の変遷, 1996.
- [4] 現代日本産業発達史 XXVII 保険, 交詢社刊, 1966 年.
- [5] 高山直質君小傳, 『工學會誌』第 153 卷, pp.1064-1069, 1886 年 5 月
- [6] 故工学士原田虎三君略伝, 工學會誌, 第二百七卷, pp.278-282, 明治 32 年 4 月.
- [7] 清田耕司, SOLAS 条約及び船舶安全法の歴史的考察—国内検査制度の充実と国際協調, 広島商船高等専門学校紀要, 第 13 号(1991), pp.157-195.
- [8] 佐野和四郎, 私説保安事始(第一話)—残暑の東京の街に吹く毒ガス—, 高圧ガス保安協会, 1986.
- [9] 佐野和四郎, 私説保安事始(第二話)—幻の条文—, 高圧ガス保安協会, 1992.
- [10] 佐野和四郎, 私説保安事始(第三話)—産業保安立法の生い立ち—, 高圧ガス保安協会, 1996.
- [11] 鈴木淳, 明治の機械工業, ミネルヴァ書房, 1996.
- [12] 高野房太郎著・大島清・二村一夫編訳, 明治日本労働通信:労働組合の誕生, 岩波文庫, 1997.

- [13] 電力政策研究会, 電気事業法制史, 電力新報社, 1960.
- [14] 富塚清著, 動力の歴史: 動力にかけた男たち, 三樹書房, 1998.
- [15] 日本工業標準調査会, 我が国における適合性評価制度に関する今後の基本的方向報告書, 2000年11月28日.
- [16] 農商務省工務局, 外国工場法規, 1910.
- [17] 農商務省商工局, 工場及職工ニ関スル庁府県令, 1917.
- [18] 葉賀七三男, 技術政策史話(7)農商工高等会議—工場法制定の胎動, 工業技術, 1986年7月号, 30頁
- [19] 福沢諭吉, 学問のすすめ, 岩波文庫版.
- [20] ボイラ検査 80 年史編集委員会, ボイラ検査 80 年史, 安田火災海上保険株式会社, 1991.
- [21] 細井和喜蔵, 女工哀史, 岩波文庫
- [22] 安田火災海上保険, 安田火災百年史, pp.285—297, 1990.
- [23] E. P. Hennock, The Origins of the Welfare State in England and Germany, 1850-1914, Cambridge University Press, 2007.
- [24] T. S. アシュトン著, 中川敬一郎訳, 産業革命, 岩波書店, 1973. (原著: Thomas Southcliffe Ashton, The Industrial Revolution, 1760-1830, 1948.)
- [25] 木村栄一, 損害保険の歴史と人物, (社)日本損害保険協会, 1993年.
- [26] (社)日本損害保険協会安全防災部編, 海外の安全防災に関わる法令・規則に関する調査・研究報告書: アメリカ編, 1999年3月.
- [27] (社)日本損害保険協会安全防災部編, 海外の安全防災に関わる法令・規則に関する調査・研究報告書: ドイツ編, 2001年3月.
- [28] 船舶検査百年史
- [29] 西野智良, 安全技術の歩みと今日的課題, 安全工学, Vol.18 No.2, pp.65-72, 1979.
- [30] 南方哲也, 危険と保険の基本原則—ロイズの形成と保険の原理—, 晃洋書房, 1996年.
- [31] 三上喜貴, 技術者倫理と学協会, フルードパワーシステム第37巻第2号, pp.24-29, 2006年3月
- [32] 三上喜貴, 安全安心社会を構想した明治の先覚者達, 生活安全ジャーナル, No.3
- [33] 日本規格協会編, ASME の基準・認証ガイドブック, 日本規格協会, 2004.
- [34] F.B. Allen, The Protective Values of Boiler Inspection, Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, Vol.4, pp.142-149, 1883. [ボイラ安全における検査と保険の意義についてまとまっている]
- [35] Norm Bezane, This Inventive Century: The Incredible Journey of Underwriters Laboratories 1894-1994, 1994
- [36] Bureau Veritas 1828/1978: 150 Years
- [37] Wilbur Cross: The Code - An Authorized History of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code, 1990.
- [38] Eugene S. Ferguson, Risk and the American Engineering Profession: The ASME Boiler Code and American Industrial Safety Standards, in The Social and Cultural Construction of Risk edited by Branden B. Johnson and Vincent T. Covello, Reidel Publishing Co., 1987, pp.301-316.
- [39] Casey Cavanaugh Grant, The Birth of NFPA, NFPA Journal, 1996.
- [40] A. M. Greene, Jr., The ASME Boiler Code, Mechanical Engineering July 1952, pp.555-562. [ASME コード以前のボイラコードの歴史]
- [41] H. E. Heinrich, Dan Petersen, Nestor Roos, Industrial Accident Pre-vention: A Safety Management Approach (Fifth Edition), McGraw-Hill, 1980, p.366
- [42] H.G. Lay, The History of Marine Insurance, including the Functions of Lloyd's Register, Post Magazine, 1925.
- [43] Manufacturers Factory Mutual Fire Insurance Company, The Factory Mutuals 1835-1935, Rivermore & Knight Co., 1935.
- [44] Frederich Martin, History of Lloyd's and Marine Insurance in Great Britain, Macmillan and Co., 1876, pp.324-325.
- [45] Bruce Sinclair, A Centennial History of The American Society of Mechanical Engineers 1880-1980, ASME, 1980.
- [46] National Borad of Fire Underwriters, Pioneers of Progress: 1866-1941, 1941.
- [47] Fünfzig Jahre Deutsche Buchdrucker Berufsgenossenschaft 1885-1935.
- [48] エンゲルス著, 一條和生・杉山忠平訳, イギリスにおける労働者階級の状態—19世紀のロンドンとマンチェスター(下), 岩波文庫版
- [49] 岡實, 工場法論, 有斐閣書房, 1913.
- [50] 小木和孝・加地浩・藤野昭宏訳, 労働における安全と保健—英国の産業安全保健制度改革, 労働科学研究所出版部, 1997. (ローベンス報告の全訳, Report of the Committee 1970-72: Chairman Lord Robens, Safety and Health at Work, HMSO, London, 1972, 1990.)
- [51] 片岡昇, 労働法(2), 有斐閣双書, 1975.
- [52] 小宮文人・濱口圭一郎, EU労働法全書, 旬報社, 2005.
- [53] H. E. シゲリスト著, 松藤元訳, 文明と病気(上・下), 岩波新書, 1973. (原著は Henry E. Sigerist, Civilization and Disease, Cornell University Press, 1943.)
- [54] シドニー&ベアトリス・ウェブ著, 産業民主制論(復刻版), 法政大学出版局, 1969. (Sidney & Beatrice Webb, Industrial Democracy, 1897)
- [55] 高野房太郎著・大島清・二村一夫編訳, 明治日本労働通信: 労働組合の誕生, 岩波文庫, 1997
- [56] J. D. チェンバース著, 宮崎犀一・米川伸一訳, 世界の工場—イギリス経済史 1820-1880—, 岩波書店, 1966.
- [57] 農商務省工務局, 外国工場法規, 1910.
- [58] ハチンズ著, イギリス工場法論.

- [59] 濱口圭一郎, EU 労働法の形成－欧州社会モデルに未来はあるか？－, 日本労働研究機構, 1998.
- [60] ハロルド. U. フォークナー著, 小原敬士訳, アメリカ経済史, 至誠堂, 1976.
- [61] 三柴丈典, 労働安全衛生法論序論, 信山社, 2000.
- [62] 水島密之亮, 英国に於ける労働災厄賠償制度の研究, 三省堂, 1935.
- [63] 望月清人, アメリカ労働政策史研究, ミネルヴァ書房, 1969.
- [64] 労働省編, 労働省史, 厚生労働省, 2001.
- [65] 労働行政史,
- [66] Brenda McCall, Safety First at Last!, Vantage Press, 1975. (当初, Safety Engineering 誌や Safety Maintenance 誌に掲載された一連の記事を編集の上で一冊にまとめたもの)
- [67] Ernst Wickenhagen, Geschichte der gewerblichen Unfallversicherung, R.Oldenbourg Verlag, 1980.
- [68] Luigi Parmeggiani, The ILO and the Prevention of Occupational Risks, International Social Security Review, 22(4), pp.546-563, 1969.
- [69] U.S. Department of Labor, History, <http://www.dol.gov/oasam/programs/history/mono-regsafepart01.htm>
- [70] Verne L. Robert, Defensive Design, Mechanical Engineering, Sept. 1984, pp.88-93.
- [71] 欧州保安情報調査団報告書, 高压ガス保安協会, 1977.
- [72] 大霞会編, 内務省史第 2 卷, (財)地方財務協会, 1970.
- [73] 大阪市消防局・(財)大阪府危険物安全協会編, 危険物規制 100 年の変遷, (財)大阪府危険物安全協会編, 1996.
- [74] 海外の製油所における保安対策の実態と日本における実態との比較調査, (財)石油産業活性化センター, 1995.
- [75] 佐脇幸男, 英国の工場災害防止法令－その近代化と EC 指令との関係－, 安全工学, 29(4), 234-240, 1990.
- [76] 佐脇幸男, 法規制に取り入れられた自主保安, 高压ガス, 31(7), 548-552, 1994.
- [77] (社)全日本トラック協会, 危険物輸送に関連した法制度の規制緩和の推移, 2004.
- [78] 田中英夫他, 外国法の調べ方, 東京大学出版会, 1974.
- [79] (社)日本損害防止協会安全防災部, 海外の安全防災に係わる法令・規則に関する調査・研究報告書(フランス編), 2001年2月
- [80] (社)日本損害保険協会編, 世界の重大産業災害, 1993年3月
- [81] 吉村良一, 不法行為法(第三版), 有斐閣, 2005年
- [82] Home Office 1782-1982, 1982. (イギリス内務省の公式 200 年史)
- [83] W. Johnson, MORT Safety Assurance Systems, Marcel Dekker Inc., 1980
- [84] A.B. Malyshev, "Deviation" of Responsibility in Using Atomic Energy, Журнал "П р а в о и б е з о п а с н о с т ь", Issue 1 (10), March 2004
- [85] The Banker and Investor Magazine Publishing Co., The History of the E. I. duPont de Nemours Powder Company, Business America New York, 1912 (reprinted by Lindsey Publications Inc. in 1990)
- [86] J.H. Watt and W.I. Summers, NFPA of the National Electrical Code (Fourth Edition), McGraw Hill, 1975
- [87] 厚生省五十年史編集委員会, 厚生省五十年史(記述編), 厚生問題研究会, 1988年.
- [88] 奥野彦六, 日本法制史における不法行為法, 創文社, 1960.
- [89] 東京海上研究所編, 新製造物責任法大系1〔海外編〕, 弘文堂, 1998.
- [90] 平野晋, アメリカ不法行為法: 主要概念と学際法理, 中央大学出版部, 2006.
- [91] G. Akerlof, The market for lemons: quality uncertainty and the market mechanism, Quarterly Journal of Economics 84(3), pp.488-500, 1970.
- [92] National Academy of Engineering (1994), Product Liability and Innovation, p.152
- [93] Heinrich, H. W., Petersen, D., Roos, N., Industrial Accident Prevention Fifth Edition, 1980, Nonliberal Economy
- [94] E.Golan 他, Economics of Food Labeling, AER-793, USDA, 2000.
- [95] 厚生省五十年史編集委員会, 厚生省五十年史(記述編), 厚生問題研究会, 1988年.
- [96] Roter, D. L.; Rudd, R. E., Comings, J. Patient literacy. A barrier to quality of care. Journal of General Internal Medicine. Vol.13, No.12, 1998, p. 850-851
- [97] McLaughlin, G.H., "SMOG grading: a new readability formula." Journal of Reading. Vol.12, No.8, 1969, p.639-646.
- [98] Gunning, R., The Technique of Clear Writing. New York, McGraw-Hill, 1952, p.329.
- [99] Fry, E., "A readability formula that saves time". Journal of Reading. Vol.11, 1968, p.513-516, 575-578.
- [100] Kincaid, J.P.; Flschburne, R.P.; Rogers, R.L.; Chissom, B.S. Derivation of New Readability Formula for Navy Enlisted Personnel. Millington, TN: Navy Research ranch, 1975, 40p.
- [101] 浅田芳雄, ガット・スタンダードコードとわが国の工業標準化事業, 日本機械学会誌, 85(760), pp.306-314, 1982年3月
- [102] Kurt K. Heinz・中原登世子, ニュー・アプローチ: EU 市場統合の3要素－安全と健康, 検査および認証, CE マーキング制度－, 安全工学 35(4), pp.263-270, 1996
- [103] (社)日本損害保険協会安全防災部編, EU の労働安全衛生に係る規制に関する調査・研究報

告書, 2000年4月

- [104] 日本工業標準調査会標準部会産業機械技術専門委員会, 産業機械技術分野における標準化戦略, 2001年8月
- [105] 公正取引委員会, 技術標準と競争政策に関する研究会報告書, 2001年
- [106] 日本工業標準調査会標準部会産業機械技術専門委員会, 産業機械技術分野における標準化戦略, 2001年8月
- [107] 日本規格協会, 「アジア標準化機関との連携ガイドライン」
- [108] IEC 60335 Safety of household and similar electrical appliances, 2000.
- [109] 小宮文人・濱口圭一郎, EU 労働法全書, 旬報社, 2005年.
- [110] 濱口圭一郎, EU 労働法の形成－欧州社会モデルに未来はあるか?－, 日本労働研究機構, 1998年
- [111] R.A. Stephans, System Safety for the 21st Century, Wiley-Interscience, 2004.
- [112] C. Kirchsteiger ed., Risk Assessment and Management in the Context of the Seveso II Directive, Elsevier, 1998.
- [113] N.G. Leveson, Safeware: System Safety and Computers, Addison Wesley, 1995.
- [114] John H. Cooper, Accident-Prevention Devices Applied to Machines, Transactions, ASME, Vol. 12, 1891, pp.249-264.
- [115] 欧州環境庁編, 松崎早苗監訳, 水野玲子・安間武・山室真澄訳, レイト・レッスンズー14 の事例から学ぶ予防原則, 七つ森書館, 2005年. 原著: European Environment Agency, Late Lessons from early warnings: the precautionary principles 1896-2000, 2001.
- [116] Karen L. Hulebak, Wayne Schlosser (2002), Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) History and Conceptual Overview, Risk Analysis 22 (3), 547-552.
- [117] Lieberman, A. J. and Kwon, S. C., Facts versus fears: A review of the greatest unfounded health scares of recent times, 3rd ed., revised June 1998, American Council on Science and Health, New York, at <http://www.acsh.org>.
- [118] 松浦茂・佐野誠, 損害保険市場論(四訂版), 損害保険事業総合研究所, 2007年

表1. システム安全をめぐる主要事項年表

機械・製品・労働安全	プラント・プロセス安全	航空宇宙・国防システム
68 機器安全法(独)		62 Bell 研, FTA(Fault Tolerant Analysis)手法を空軍に提案 62 Minuteman ICBM プログラムでシステム安全手法を導入 63 System Safety Society 設立 66 MIL-S-38130A 69 MIL-STD-882 70 Apollo 13 事故
72 ローベンス報告(英)	74 Flixborough 事故(英) 76 Seveso 事故(伊)	73 MORT(米国防省) 77 MIL-STD-882A 79 スリーマイル原発事故
85 ニューアプローチ指令(EU)	82 Seveso 指令(EU) 84 Bhopal 事故(インド) 85 HazOp(米 AIChE) 86 SARA 法, 緊急時計画及び住民の知る権利法(米)	84 MIL-STD-882B 86 チャレンジャー号事故
91 EN292(EU) 92 ISO/TR12100 97 EN1050(EU)	92 プロセス安全管理(米 EPA) 93 CODEX 委, HACCP 96 Seveso 指令 II(EU) 97 RMP(米 EPA)	93 MIL-STD-882C 00 MIL=STD-882D
05 ISO12100(=EN292) 労働安全衛生法改正, リスク評価義務化(日)	03 食品安全基本法成立. リスク評価概念導入(日) 05 品質管理システムに HACCP を組み込んだ ISO22000 成立	01 Nuclear Safety Management (米エネルギー省)

出典: 参考文献[1],[2],[3]等より筆者作成

参考: 日本の安全関係展示施設

名称	場所	電話番号
JR東日本事故の歴史展示館	福島県白河市字十三原道下 1-1 東1-1-1	0248-31-2822
長崎造船所資料館	長崎県長崎市飽之浦町1-1	095-828-4134
JAL安全啓発センター	東京都大田区羽田空港1-7-1第2総合ビル内	03-3747-4491
ANAグループ安全教育センター	東京都大田区下丸子4-23-3	03-5757-5777
産業安全技術館(あんぜんミュージアム)	東京都港区芝5丁目35番地1号	03-3452-3370
大阪産業安全技術館(大阪安全ミュージアム)	大阪市中央区森ノ宮中央1-15-10	06-6942-3868
筑波宇宙センター	茨城県つくば市千現2-1-1	029-868-2023
環境省国立水俣病総合研究センター 水俣病情報センター	熊本県水俣市明神町55-10	0966-69-2400
水俣市立水俣病資料館	熊本県水俣市明神町53番地	0966-62-2621
原子力科学館	茨城県那珂郡東海村村松225-2	029-282-3111
鹿島北共同発電史料館	茨城県神栖市東和田16	0299-96-2111
三和タジマ埼玉工場	埼玉県入間郡毛呂山町川角484	03-5954-5880
四日市公害資料室	三重県四日市市本町9-8 本町プラザ4階環境学習センター内	0593-54-8430
アスファルト固化処理施設	茨城県那珂郡東海村村松4-33	029-282-1111
NITEスクエア/ウェルフェアゾーン	東京都渋谷区西原2-49-10	03-3481-6685
敦賀エムシースクエア	福井県敦賀市白木1丁目	0770-39-9222
セーフティしらがき	滋賀県甲賀市信楽町長野192(信楽駅舎内)	0748-82-3391
三菱重工 名古屋航空宇宙システム 製作所史料室	愛知県西春日井郡豊山町豊場1	0568-28-1112
美浜原発2号機蒸気発生器展示館	福井県三方郡美浜町丹生	0770-39-0873
環境と人間のふれあい館～新潟水俣 病資料館～	新潟県新潟市前新田字新々団乙364-7	025-387-1450

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 件)

- [1] 張坤, 中平勝子, 三上喜貴, 製品事故データに基づくリスク・マトリックスの作成ー玩具への適用ー, 社会技術研究論文集, Vol. 7, pp. 66-75, 2010年3月
- [2] 三上喜貴, 全人教育・技術者倫理と技術史研究, 日本の技術革新大系, 国立科学博物館, pp. 630-635, 2010年3月
- [3] 三上喜貴, 知的財産権と技術革新, 日本の技術革新大系, 国立科学博物館, pp. 345-355, 2010年3月
- [4] 後藤治, 三上喜貴, 二村悟, 規制形態の国際比較, 日本の技術革新大系, 国立科学博物館, pp. 530-537, 2010年3月
- [5] 三上喜貴, 日本の技術革新と安全, 日本の技術革新大系, 国立科学博物館, pp. 517-529, 2010年3月
- [6] 中平勝子, 三上喜貴, 人物伝とロールモデル, 日本の技術革新大系, 国立科学博物館, pp. 636-641, 2010年3月
- [7] 中平勝子, 三上喜貴, 知識基盤化のための枠組み, 日本の技術革新大系, 国立科学博物館, pp. 191-196, 2010年3月
- [8] 中平勝子, 三上喜貴, 歴史研究における情報技術の活用動向, 日本の技術革新大系, 国立科学博物館, pp. 186-190, 2010年3月
- [9] 三上喜貴, 道路を走る危険物 ~タンクローリー事故, 安全と健康 2009年10月号, pp.8-9.
- [10] 張坤, 中平勝子, 宮村利男, 三上喜貴, 子供の製品事故の現状と事故情報システムの課題, 社会技術研究論文集, Vol. 6, pp. 168-176, 2009年3月
- [11] Katsuko T. Nakahira, Masashi Matsui, Yoshiki Mikami, The Use of XML to Create a Historical Knowledge Base, The 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007), Niigata, Japan, July 18-20, 2007
- [12] 三上喜貴, 安全安心社会を構想した明治の先駆者達, 生活安全ジャーナル, 第3号, pp. 82-86, 2006年11月
- [13] 松井正志, 中平勝子, 三上喜貴, XMLを用いた技術史の知識基盤表現, 情報処理学会研究報告 2007-CE-88, No.12, pp. 23-30, 2006年
- [14] 三上喜貴, 技術者倫理と学協会, フルードパワーシステム, Vol.37 No.2, pp. 98-103, 2006年3月
- [15] 岩岡和幸, 木村哲也, "サービスロボット安全技術者育成におけるリスクアセスメント教育," 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 2008(SI2008)講演論

文集,2008.12.5-7, 岐阜

- [16] 渡辺研司, BCM を取巻く国内外の標準化動向, Business Standards Japan, WINTER 2006号, pp.1-3, BSI(英国規格協会)ジャパン, 2006年10月
- [17] 渡辺研司, 事業継続マネジメント, 行政&ADP, (社)行政情報システム研究所, 2006年10月号, pp.8-12, 2006年10月
- [18] 渡辺研司, 情報システムのマネジメント体制に必要なリスク指標群開発とスキル開発, 日本セキュリティマネジメント学会誌, 第19巻, pp.33-41, 2006年1月

[学会発表](計 件)

- [19] 三上喜貴, 鈴木優, 中平勝子, 特許マップを活用した特許情報解析教育, 特定領域研究「日本の技術革新」第5回シンポジウム研究論文発表会, 国立科学博物館, 東京, pp. 117-120, 2009年12月16-17日
- [20] 中平勝子, 中嶋卓也, 三上喜貴, 「文明社会の野蛮人」仮説に基づく「技術者の見える化」の意義, 特定領域研究「日本の技術革新」第5回シンポジウム研究論文発表会, 国立科学博物館, 東京, pp. 121-124, 2009年12月16-17日
- [21] 鈴木優, 中平勝子, 三上喜貴, 特許情報教育のための教育支援ツール開発, 人文科学とコンピュータシンポジウム, 筑波大学, 茨城, pp. 33-40, 2008年12月20-21日
- [22] 中平勝子, 三上喜貴, 技術者教育におけるロールモデル教材としての技術者伝, 特定領域研究「日本の技術革新」第4回シンポジウム研究論文発表会, 国立科学博物館, 東京, pp. 181-184, 2008年12月11日
- [23] 安孫子一敏, 中平勝子, 三上喜貴, 技術史の知識基盤表現作成ツール, 特定領域研究「日本の技術革新」第4回シンポジウム研究論文発表会, 国立科学博物館, 東京, pp. 165-168, 2008年12月11日
- [24] 高橋智恵, 松田真希子, 上村靖司, 三上喜貴, 我が国工学教育揺籃期における卒業論文の記述言語, 特定領域研究「日本の技術革新」第4回シンポジウム研究論文発表会, 国立科学博物館, 東京, pp. 169-172, 2008年12月11日
- [25] 滝本知宏, 中平勝子, 三上喜貴, 2部グラフを用いた概念の階層構造抽出, 第7回情報科学技術フォーラム(FIT2008), 慶応SFC, 藤沢, pp. 95-98, 2008年9月2-4日
- [26] 安孫子一敏, 中平勝子, 三上喜貴, 歴史事象記述の枠組みを用いた歴史教材入力支援ツールの実装, 第7回情報科学技術フォーラム(FIT2008), 慶応SFC, 藤沢, pp. 307-308, 2008年9月2-4日
- [27] 鈴木優, 中平勝子, 三上喜貴, 特許引用

- 関係を用いた企業の特許力評価, 情報処理学会第70回全国大会, 筑波大学, 茨城, pp. 925-926, 2008年3月13-15日
- [28] 鈴木優, 中平勝子, 三上喜貴, 特許引用関係を用いた定量的な技術評価, 電子情報通信学会信越支部大会, 長野高専, 長野, p. 69, 2007年9月29日
- [29] 松井正志, 中平勝子, 三上喜貴, XMLによる歴史の知識基盤表現, 第6回情報科学技術フォーラム(FIT2007), 中京大学, 豊田, pp. 425-427, 2007年9月5-7日
- [30] 三上喜貴, システム安全アプローチ導入の国際比較, 特定領域研究「日本の技術革新—経験蓄積と知識基盤化—」第2回国際シンポジウム研究論文発表会, 国立科学博物館, 東京, 2006年12月16日
- [31] 松井正志, 中平勝子, 三上喜貴, XMLを用いた技術史の知識基盤表現, 特定領域研究「日本の技術革新—経験蓄積と知識基盤化—」第2回国際シンポジウム研究論文発表会, 国立科学博物館, 東京, pp. 23-30, 2006年12月16日
- [32] 三上喜貴, 管理による安全という日本の安全思想, 特定領域研究「日本の技術革新—経験蓄積と知識基盤化—」第2回国際フォーラム, 国立科学博物館, 東京, 2006年12月16日
- [33] 渡辺研司, 情報システムの発展とシステム監査の乖離リスク～情報システム運用の多様化に伴う脆弱性の増加～, 特定領域研究「日本の技術革新—経験蓄積と知識基盤化—」第2回国際シンポジウム, 東京, 2006年12月16日
- [34] 湯川高志, 餘目啓, 栢尾昌洋, 木村哲也, 中平勝子, 福村好美, “テキスト処理を応用した電子掲示板のコミュニケーション支援機能の実現,” 教育学習支援情報システム研究グループ(CMS研究会)第2回研究会, 2006
- [35] 横山純, 中平勝子, 永野昌博, 三上喜貴, 地域資源情報活用を目指したナレッジマネジメントシステムの設計, 情報教育シンポジウム(SSS2006), 仙石原, 箱根, pp. 137-141, 2006年8月26-28日
- [36] 三上喜貴, 安全規格と倫理綱領—ASMEボイラーコードの事例, 特定領域研究「日本の技術革新—経験蓄積と知識基盤化—」第1回国際シンポジウム研究論文発表会, 国立科学博物館, 東京, 2006年3月27日

[図書](計 件)

- [37] 清水慶一, 三上喜貴, 野城智也[編], 日本の技術革新, 放送大学教育振興会, 2008年3月

[産業財産権]

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://kjs.nagaokaut.ac.jp/mikami/STS/frame.htm>

6. 研究組織(最終年度)

(1)研究代表者

三上喜貴(MIKAMI YOSHIKI)

長岡技術科学大学・技術経営研究科・教授  
研究者番号:70293264

(2)研究分担者

渡辺研司(WATANABE KENJI)

長岡技術科学大学・技術経営研究科・教授  
研究者番号:90361930

浅井達雄(ASAI TATSUO)

長岡技術科学大学・工学部・教授  
研究者番号:60345535

木村哲也(KIMURA TETSUYA)

長岡技術科学大学・技術経営研究科・准教授  
研究者番号:70273802

門脇敏(KADOWAKI SATOSHI)

長岡技術科学大学・技術経営研究科・教授  
研究者番号:20185888

(3)連携研究者

なし