No. 114
February 20, 2003

EAJ Information

講　　演

2000年 9 月28日（木）・119回談話サロン（東京・弘済会館）
情報専門部会　安全工学関連 WG
向殿　政男：「安全工学の技術と思想の体系化について」
2002年11月13日（水）・136回談話サロン（東京・弘済会館）
安全専門部会　社会の逐年的変化 WG
小松原明哲：「工学としてのヒューマンファクターズは
安全にどこまで寄与できるのか」

社団法人
日本工学アカデミー
THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

日本工学アカデミーの使命

社団法人日本工学アカデミーは、広く学界、産業界及び国の機関等において、工学及び科学技術並びにこれらと密接に関連する分野に関し、顕著な貢献をなし、広範な識見を有する指導的人材によって構成されており、工学及び科学技術全般の進歩及びこれらと社会との関係の維持向上を図るため、下記の諸活動を通じて、我が国ひいては世界の発展に資することを目的とする。

記

1）国内外の工学・科学技術政策、教育等に関する調査研究、提言活動を積極的に行う。

2）国内外における学際・業際的及び新技術領域の活動を推進することに資する調査研究等の諸活動を積極的に行う。

3）国内外の工学、科学技術の健全な進歩発展に寄与するための教育活動、及び一般に対する普及、啓発活動を推進する。

4）上記の諸活動を効果的に実施するため、国内外の諸団体、特に海外の工学アカデミーとの連携を強化し、共同事業等を推進する。

5）上記の一環として国際工学アカデミー連合の主要メンバーの一員として、特に近隣諸国における工学アカデミーの設立に対して、良きアドバイザーとしての責務を果たす。

2000年7月19日理事会

はじめに

安全専門部会
部会長　柴田　碧

現在、安全専門部会は平成16年３月の終了を目途にその活動を続けているが、当初は情報専門部会の安全工学関連 WG として発足した。今回の談話サロンの記録は、その期間から現在までの３件の話題のうち、一般性のある２件について、まとめて印刷することにしたものである。

向殿　政男（明治大学）　　2000年９月28日　（2002年12月加筆修正）
「安全工学の技術と思想の体系化について」
小松原　明哲（金沢工業大学）　2002年11月13日
「工学としてのヒューマンファクターズは安全にどこまで寄与できるか」

今後、本部会は終了にむけてあと１年の活動を継続するが、その間に“Safety Burst”問題を取り上げるほか、DND（インターネットによる討議の場）を通して、会員のご意見を伺うこと、および昨年１月開催した IFSES、International Forum for Safety Engineering and Science の Resolution にもとづき、国内の諸学会の安全に関する委員会などの意見交換などを行う。“安全知の連合”作業部会の発足準備を行う予定である。

以上

安全工学の技術と思想の体系化について

向殿　政男（むかいどの　まさお）

1942年４月生まれ
1965年３月　明治大学工学部電気工学科卒業
1970年３月　明治大学大学院工学研究科電気工学博士課程修了
1970年４月　明治大学工学部電気工学科専任講師
1978年４月　明治大学工学部電子通信工学科教授
1989年４月　明治大学理工学部情報科学科教授
2002年10月　明治大学理工学部長
工学博士。主に情報科学、安全科学、人工知能、情報教育、特に多値論理、ファジイ論理、フォールトトレラントシステム、フェールセーフシステムの研究に従事。国際ファジィ学会副会長、日本ファジィ学会会長等を歴任。現在、私立大学情報教育協会常務理事、日本信頼性学会会長、ISO/TC199（機械安全）国内委員長。

司　会（苗村憲司情報専門部会長）　皆様、大変お忙しいところを第119回談話サロンにご出席いただきましてありがとうございます。私、本日の司会を務めます情報専門部会長を仰せつかっております苗村と申します。

本日のテーマは、ご案内申し上げましたように「安全工学の技術と思想の体系化について」という重要な問題でございます。講師は、情報専門部会の安全工学関連WGの副主査を務めておられる向殿政男先生です。

最初に向殿先生の略歴を簡単にご紹介します。1970年に明治大学大学院工学研究科博士課程を修了されまして、工学博士でいらっしゃいます。現在は明治大学理工学部の情報科学科教授を務めておられます。主に情報科学、安全科学、人工知能、情報教育等を研究・教育されておられまして、特にファジィ論理、フォールトトレランス・システム、フェールセーフ・システムの研究では日本の第一人者でいらっしゃいます。国際ファジィ学会の副会長等も歴任されておられます。また、私立大学情報教育協会常務理事、日本信頼性学会会長のほか、ISOで機械安全に関する標準化を担当しておりますTC199の国内委員長でもいらっしゃいます。

きょうのテーマは安全工学の問題ですが、申し上げるまでもなく、これは情報技術に閉じた話ではございませんが、1999年度から2000年度にかけまして、日本工学アカデミーの理事でもあります柴田先生を主査としてWGをつくって、検討を進めてきていただいております。本日はその内容の発表ということでございます。後でもお話があるかと思いますが、内容は情報に限らず、もっと広い立場で研究する必要があるということで、先日の理事会では、この分野で新しい専門部会を来年度からつくることが決まっておりますので、そのための準備も兼ねて、皆様のご意見をぜひ伺いたいと思います。

それではよろしくお願いいたします。

1．はじめに

向殿政男　ただいまご紹介いただきました明治大学の向殿（むかいどの）といいます。非常に珍しい名前でして、東京の電話帳を見ても、私の親戚しか出てまいりません。しかし、インターネットで検索したら、私が全然知らない人が出てきまして、「こうでん」と読む人がいるということがわかりました。日本全国に何人かはいらっしゃるら

しいのですけれども、きわめて変わった名前であります。

きょうは、人生の大先輩、工学の大先輩の前で、こういう「体系化」なんていう大それたお話をするのは恐れ多いのですが、少し考えてみたということで皆さんのご意見をいただければと、あえて勇気を振り絞ってお話をさせていただくことにいたしました。

「安全工学」という学問分野がありますが、その技術とか考え方を少し体系化しようということで、いま苗村先生からご紹介がありましたように、日本工学アカデミーの情報専門部会の下に柴田先生を主査に安全関連のワーキンググループを編成して、1ヶ月か2ヶ月に1回会合を開いて検討してまいりました。その目的は、安全にもきちんとした共通の論理・考え方があるはずである。一方、コンピュータを使って安全を実現しようという世の中の動きである。それらをどう考えるべきかというのを少し検討しようということで、原子力の方をお呼びしたり、鉄道の方をお呼びしたり、情報の方をお呼びしたり、いろいろな方をお呼びしてお話を伺いました。日本工学アカデミーの会員の方も、堀内先生はじめ何人かの方に参加して頂いています。その中で話しが出てきた、そもそも安全工学というのはどういう学問なのか、安全学とか安全科学とはそもそもどのような学問なのかということをもう少しまじめに考えたらどうかということをお話しさせて頂きたいと思います。

「安全工学の技術と思想の体系化」という大変恐ろしい題目を付けたのはそういうわけです。現在、安全性や信頼性に係るいろいろ事件や事故が多発していますが、安全を学問として体系化して大学でも授業としてしっかりとやるべきであり、そのためには安全をどう考えたらいいかということを少し整理しようではないかということになりました。

ご紹介がありましたように、今は、私自身はファジィ論理だとか情報科学を専門にしているのですが、実は私のドクター論文は「フェールセーフ論理」という安全の論理のための研究でした。もう30数年ぐらい前の話です。そういう意味で安全には昔から興味があり、特にフェールセーフということに大変興味があって、ずっとライフワークみたいな形で追いかけてまいりました。

また、私は本会の安全関連のWGとともに学術会議の安全工学専門委員会のメンバーでもあり、そこで少し議論した結果も合わせて、未完成ですけれども、このような立場からお話をさせて頂きたいと思います。まず、安全のキーワードを出来るだけ多く出してもらって、それを類型化して体系化すると大体、安全に関連したいろんな概念グループができ上がります。ある程度階層化すると、安全の学問がどういう感じになっているのかわかるだろうということで、「安全マップ」(*1)というふうに一応名前を付けて、皆さんのご意見を伺い始めました。

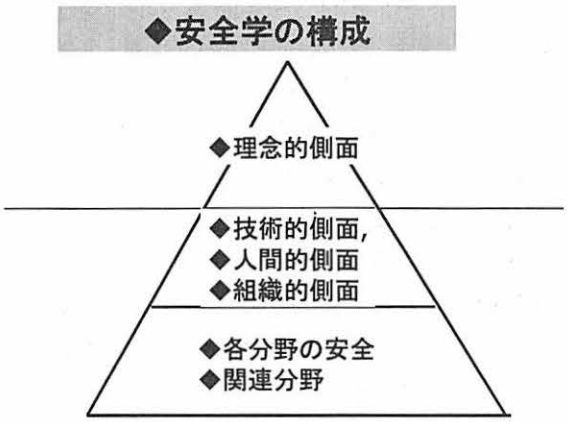
そこで、安全工学とか安全科学とか安全学の学問的体系に向けてということで、少しお話しいたします。

2．安全の構成と安全の定義

「安全工学」という分野は、皆さんはかなりお詳しいかと思いますけれども、その技術にはいろんな分類の仕方があります。吉田民人先生や久米均先生が学術会議で「安全学」を提案しようとおっしゃっておられます。そこでも安全技術を幾つかに分けてあります。

例えば、事前の対策の技術、運用中の対策の技術、事後・事故が起きた後の対策の技術、支援技術、こういう分け方もある。また、ハード的な手法もあればソフト的な手法もある。人間がいろいろやるという意味で人間的手法もあるし、管理・マネジメントを考えれば組織的な方法もある。また、数学的に厳密に追いかけていくというような数理的な方法もある。技術や考え方には、いろいろな分け方が当然あるはずですけれども、ここでは次のように6つの側面に分けたいと思います(図1次頁)。キーワードを集めて分類をして行きますと、次のような分類が一番座りがいいと思いました。一つは理念的側面。要するに理念・考え方という側面。それから、工学から見た技術的側面。しかし、技術というのは当然人間が絡んでいますから人間独自の問題もあるはずで、人間的側

図1



面がある。それからマネジメントや国際規格等も含めた組織的側面がある。もちろん各分野の独自の安全がある。例えば、機械安全、情報安全、原子力安全、鉄道安全、等々のいろいろな分野があって、それぞれの分野で安全の技術が各々蓄積されている訳です。しかし、個別的でなかなか組織的にうまくまとまらないのが実状です。今回の提案には、そこに共通部分があるはずだという考え方がそのバックにはあります。いろいろな分野で、安全の考え方、技術が開発されていますが、各分野独自のものはそれぞれで育てていってもらうけれども、共通のものだけはちゃんと学問的に体系化していこう、そういう発想がバックにあります。それから、6番目として安全に関連した幾つか関連分野が当然あるはずである。大きく分けて以上の6つの分野に安全に関連したキーワードをまず分けてみるということを提案しようということです。

第一に、理念的側面です。これは思想というか考え方という意味がありますけれども、大きく4つに分けています。まず安全とは何なのかの概念定義が必要です。これは非常に難しい議論ですけれども、これ抜きには安全工学も安全学も成り立たないと思われます。次に、安全には価値観が入ってきています。安全と価値観との間には、ある意味ではトレードオフが起きます。そのトレードオフをどう解決するかという安全と価値観の話を我々としてはクリアカットに理解しておかないと、安全は学問にならないのではないかという話です。それから、安全は人間と密接に絡んでいて、人間の特性だとか人間の心理的な面とか肉体的な面とかいろいろと人間工学と関連していますので、それと安全との関係をちゃんと押さえておかなければいけない。更に、安全にも学問としての構造があるだろう。理念的側面では、こういう4つに分けてお話をさせていただきたいと思います(付録参照)。

まず、「安全とは何か？」という話ですが、これをやりだすときりがないのです。私も幾つか安全の定義を書いたことがあるのですが、一番妥当なのは、リスクという概念を経由して安全を定義するというものです。リスクという言葉は、多分、保険から始まった概念だと思うのですけれども、投資・証券でもリスクという言葉を使うし、我々安全の世界でもリスクという概念を使います。許容可能なリスクという、ある程度は仕方がない、このくらいのリスクは認めようという意味で許されるリスクがあって、すべての危ない点が許容可能に達したときに安全と言おうかというような話になります。一方で、安全というのは確実に確定論的に押さえて行って、安全を確実に構造的に構築するという話があります。また一方、それは無理で、確率で話をすべきであって、評価はすべて確率的な安全評価ですべきだという意見があります。確定論的安全と確率論的安全というのは相反するのか、必ずどっちかに入るのか、どちらか一方がより大事なのか、そういう議論をやっておかないといけない。安全と確率の関係は意外に難しく、安全性と信頼性というのはほとんど同じと解釈されている方もありますし、根本的に違うのだと考えておられる方もあります。このように、安全性と信頼性の関係も我々としては明確にしておかなければいけないものの一つであると考えます。

例えば、機械安全に絡んだことですけれども、何もしないで止まっていることが安全だというような無条件安全、何をやっても絶対に安全であることを意味する絶対安全という言葉もある。絶対安全はあり得ないという話と、絶対安全が理想であって、絶対安全に向かっていくことが重要である。絶対安全ということはないなんて初めからあきらめること自体、怠慢だというような意見も一

方ではあったりします。

また、私の専門のフェールセーフということですが、部品が故障したり、人間が失敗しても、人間に危害が及ばないようにシステムを組む、そのような特性のことをフェールセーフというのですけれども、厳密にはフェールセーフというのは何なのかは難しい問題です。

実は、いま国際規格からフェールセーフという言葉は消えようとしています。なぜかといいますと、この装置はフェールセーフですと言うと、壊れても人間には危害が及ばないですよという宣言をしたように思われて、事故が起きると裁判で負けるという現実的な問題があるからです。ですから、安全であるとかフェールセーフであるとかはなるべく言いたくないということです。そういう裁判の問題もありまして、フェールセーフという言葉が国際規格から消えようとしていますけれども、私は安全という学問をやっていくときにはフェールセーフという考え方はきわめて大事だと思っています。

安全とは何かというと、危険の反対だという話になって、では、危険を定義できなければ安全は定義できないのか。危険と安全の関係のように安全を定義するために考えなければいけない問題がたくさんあります。特に情報部会の先生方は、情報についての安全というとセキュリティのことを言う。一方、機械について安全というと身体的な傷害に関連した事故のないことを言う。安全という一つの言葉でも、分野によって考え方が違うのです。

我々が「安全工学」と言ったときにセキュリティとの関係をどうするかということがあります。これもやはり安全の中の一つに当然含むべきでしょう。そうしますと、セーフティとセキュリティの関係はどうなっているのかという話が出てきます。それ以外にもいろいろな問題が安全を定義するときには生じます。

ここで安全の定義の答えを言うわけではなくて、我々はこういう問題をはっきりしておかなければ学問になりませんということが言いたいのです。議論百出で終わりということではしょうがないので、なるべくみんなで議論を闘わせて、そもそも安全とは何かというのを共通認識として持とうということであります。

3．例としての機械安全

ここで少し回り道をして、私の専門の機械安全から幾つかご紹介します。機械安全では安全を次のように定義しています。安全を定義する前に、まずリスクを定義しなくてはいけない。リスクの定義の前に危害というのを定義する。危害というのは harm という英語の日本語訳です。一般に危害とは、人間の受ける物理的な傷害、例えば、傷ついたときの傷害、または体の調子が悪くなる健康障害です。更に、財産もしくは環境の受ける害というのがあります。機械安全では、人体の受ける物理的傷害もしくは健康障害くらいまでを危害と考えます。リスクというのは次の二つの組合せです。すなわち、その危害の発生する確率、どのくらいの頻度で危害が起きるのかということと、その危害のひどさ、すなわちその危害が起きたときにどういうひどい状態になるのか、かすり傷で終わるのか、大怪我になるのか、再起不能となるのか、ひどいときは死んでしまうのか、等々との組合せです。起きる頻度と起きた結果の組み合わせをリスクというのです。これがリスクの定義なのです。

リスクは定量的概念で、理想的には数量化しろと言っているのですけれども、これは本当に数量化できるのでしょうか。危害が発生する確率はデータが多ければ何とか数量化できるかもしれませんが、何万年とか何百年に一回なんていうのでは統計がとれませんから、厳密には数量化できない。

それから、危害のひどさというのは、保険の場合は指一本幾ら、腕一本幾らというふうに金額で数値化していますが、本当にそんなことでいいのかという話になります。リスクが数量化できるかどうかというのは大問題ですけれども、機械安全ではリスクを上のように定義しています。リスクの定義は最近ほとんど共通になっていまして、保険屋さんのリスクもほとんどこれに近いです。ただし、株屋さんのリスクというのは実はうまくすると儲かるというリスクです。ハイリスク・ハイ

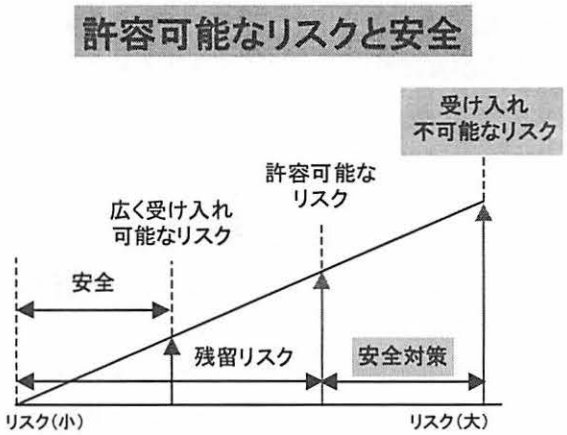
リターンという場合のリスクと機械安全で言うリスクとは違っています。機械安全のリスクはピュアリスクと言われ、投機リスクとはちょっと違うと考えられます。そういう意味で、リスクといっても内容は幾つかあると考えていただきたいと思います。

機械安全では、ISO－14121というリスクアセスメントの国際規格にリスクの定義があります。リスクアセスメントでは、まず、危険源を特定します。危害を及ぼす可能性のある源を危険源というのですけれども、各危険源に対してリスクを評価します。リスクというのは、いま言ったように、その危険源により生ずる危害のひどさと、どのくらいの確率で起きるかの組合せで決まります。どのくらいの確率で起きるかというのは、ただ危険側故障の発生の確率だけでは駄目で、たまたまそこに人がいる確率、すなわち暴露の頻度の時間や、そこから人間が逃げられるのか、回避できるのか等も考えなければなりません。ゆっくり発生するとすれば人間は逃げられるが、一瞬の爆発みたいなものでは逃げられないというふうに、危害の発生する確率の中を見るといろいろあり、リスクの評価というのは相当複雑なことになります。

次に、安全はリスクを経由して定義されることをご紹介いたします。まず許容可能なリスクというものを考えます。許容可能とは、英語ではトレラブル（Tolerable）というのですけれども、厳密には、トレラブルとアクセプタブル（Acceptable）の二つ概念があります。アクセプタブルリスクとは、広く受け入れ可能なリスクで、トレラブルリスクというのは仕方がない我慢しようという許容可能なリスクです。許容できるリスクというのは、その時代の社会的な価値観だとか与えられた状況下で決まります。安全のために掛ける金と、それから受ける恩恵を考えて、現在の社会的状況ならこのくらいは仕方がないというのが許容可能なリスクです。受け入れ不可能なリスクがないこと、すなわち許容できないリスクがないことをもって安全とする。これが機械安全における安全の定義なのです（**図2**）。

これで安全を定義したことになるかどうかというのはかなり問題でありますが、許容可能なリスクというのは次のように考えられます。最初は機械を設計してリスクアセスメントをすると、受け入れ不可能な事故の可能性があったとする。いろいろな安全対策をやっていくうちにだんだんリスクが小さくなってくる。広く受け入れられるリスクであるアクセプタブルリスクまで下がれば理想的ですが、現実には許容可能なリスクまで下がれば、安全と考えようということです。リスクをもって安全を定義するということは、絶対安全はないということを宣言しているわけです。残留リスクは必ずある。ですから、安全といっても危害が起きる可能性は常に残っているということを宣言しています。安全は絶対安全を意味しているわけではありません。

図2



原子力などでよく新聞の記事の中で絶対に安全ですなんて書いてありますが、それはリスクの概念からいうとあり得ない話である。必ず危険の可能性はあるのです。防護措置や安全装置を付けているので、このくらいのまれな頻度でしか事故は起らないし、もし起っても、このくらいの被害で済むようになっている。よって、これは安全とみなそうというのです。これがいまの機械安全における安全の定義になっています。

本当にリスクを数量化できるのかというと、実際は非常に難しくて、先ほどのリスクアセスメントISO－14121などの国際安全規格にはいろいろな例が出ています。実際には数値はやめてランク分け、すなわち、頻度、ひどさ、及びリスクはクラス分けを用いています（**表1**）。例えば、どの

表1

ランク付け

A　危害のひどさ
1：無視可能な
2：軽微な
3：重大な
4：破局的な

B　頻度
1：信じられない
2：起りそうにない
3：あまり起らない
4：ときどき起る
5：かなり起る
6：しばしば

C　リスクの大きさ
1：無視可能なリスク
2：許容可能なリスク
3：受け入れられないリスク
4：まったく受け入れられないリスク

表2

リスクマトリックスの例

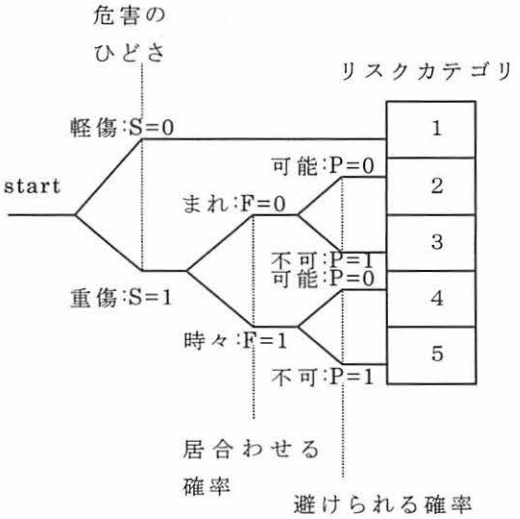
頻度＼ひどさ	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	1	2	2
3	1	2	2	3
4	2	2	3	4
5	2	3	4	4
6	3	4	4	4

くらいの頻度で起きるかといった時に、ランクを1～6ぐらいに分けまして、1は信じられない程度でしか起きないことを、ランク2は、起りそうにないことを、3、4と大きくなるに従って、時々起きることを、そして6になるとしばしば起きることを表しています。こういうふうに幾つかのランクに分ける。この機械のこの危険源は、どのくらいの頻度で事故が起きるかという評価は、1～6の中のどこかのランクにしましょうという訳です。起きたときどういう状態になるかという危害のひどさも、例えば4段階に分かれています。1がネグリジブルで無視可能、そんなのはかすり傷で事故とは言わないという段階から、4のカタストロフィといって破局的、破壊的、人が死んでしまうというように4つぐらいに分けています。

頻度が1～6、ひどさが1～4のランクに分けたとき、リスクはその組合せとして表を用いて、例えば、また、リスクも例えば1～4のランクに

図3

分類木によるリスク評価の例



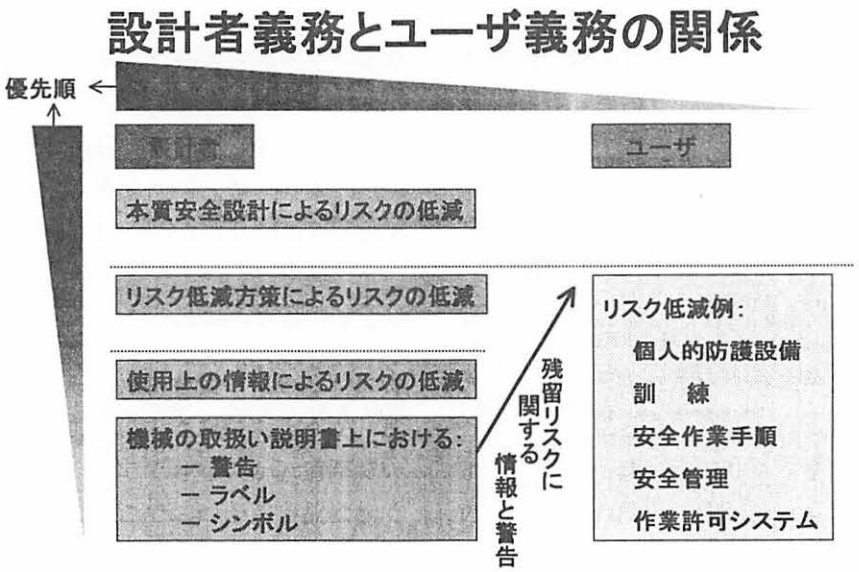
分けられます（**表2**）。1はネグリジブルで、無視可能なリスク、さきほどのアクセプタブルなリスクです。1の場合は安全と言っていい。2というのはトレラブルなリスクで、許容可能、これはしょうがない我慢して受け入れようというリスクです。これ以上安全装置を付けることが出来なかったり、金がかかってしょうがないという訳です。3は受け入れられないリスクでだめ。4はまったく受け入れられないとんでもないリスクという意味です。組み合わせと言っておりますけれども、こうやってランクを分けてリスクを決めて、1ならよろしい、2だと状況によっては許す。安全と言えるか言えないかを、このように定義しましょうというのがいまの機械安全における安全の一種の定義の仕方なのです。

もう一つはこういう例もあります。これは枝分かれによりリスクのランクを決めます。事故が起きたときに、大したことはない（軽症）といえればリスクのランクは1。その時は頻度が多かろうが少なかろうが構わない。事故が起きれば大変ひどい（重症）といったときには、頻度により枝分かれする。また、人間は避けられるのか、避けられないのかによっても枝分かれして、2、3、4、5というふうにランク分けをすることで、リスクを評価する仕方も提案されています（**図3**）。例えば、これは一つの例なのですけれども、ドアが

あって、重いドアで人間の手が挟まれる可能性があるとする。挟まれたら手が折れたりしますからささいな災害とは言わないだろう。そのとき、どのくらいの頻度で起るかを考えれば、滅多に挟まれることはないから滅多に起きないに分岐する。起きたとき人間は逃げられるか、逃げられないかを考えると、逃げられない。よって、リスクのカテゴリーで言うと三番目になります。こんな形でいまの機械安全ではリスクを評価して、そのリスクが大きいときは、対応するカテゴリーの安全対策を施すことによって認めようというふうになっています。

次に、機械安全の国際規格の状況をお話ししましょう。機械安全ではISOとIECが合同で安全に関する規格をつくるためのガイド51を定めています。安全な機械を作るためには、施す手順に順番があることを述べています（**図4**）。一番最初にやることは本質安全設計という方法でリスクをなくせ。本質安全設計というのは何かといいますと、本来そこに危険源がないようにものを作れということです。だから、毒物を使っている時は毒物を使わないで済むようにできないだろうか。速くやらなくてもゆっくりでできないか。道路でいうと立体交差にすればそこでぶつかる事故は無くなる。本質的に事故が起きないような設計をまずしなさいということです。これは当たり前なのですけれども、これを考えないで設計しておいて、後から安全装置をくっつけようというのではなくて、最初からそういう危険源がないように設計しろというのが本質安全設計によるリスクの削減で、最初の手段です。しかし、そんなことをやっていたら本来の機能を果たせないことがあり得ます。例えば、工作機械では物が切れないということになる。本質安全設計でリスクが下げられない場合に初めて安全防護対策を施せということになる。これはどういうことかというと、具体的にはガード（柵）です。機械安全の場合は二つ原理がありまして、停止安全と隔離安全です。止まっている時しか人間は近づけないように柵をつけることです。人間がそばに寄ったら止まる。また、動いているときは危ないから人間がそばに寄れないようにする。この二つでして、具体的には動いているときは囲いをしておけ。囲いを開けたら止まってしまうようにしろということです。開けても急に止まらない場合は、止まったのが確認されないうちはロックがかかって開かないようにしろということです。動いているときは囲いがあって、人間がそばへ寄れないように隔離しておく。そばへ寄ろうと思ったときはもう止まっている。このような安全防護対策でリスクを削減しようとするのが二番目の段階です。それも出来ない場合があります。例えばティーチング（教示）をするだとか、修理するときはそういうわけにいきません。電源を入れたまま人間が機械のそばに寄らなくて

図4



はいけない。そのときに初めて、ここにはこういう危険源がある、こういう危ないところがあるから気をつけなさいという警告ラベルを貼る。それから、そばへ寄らなくてはいけないときは、こういう手順でやりなさいという情報をマニュアルとしてちゃんと与える。これが使用上の情報によるリスクの削減という三番目の手段です。

メーカーとしてそれらが終わった後で初めて使用上の情報と共にユーザーに渡して、ユーザーは、訓練して、注意をして安全に機械を使おうということになります。人間による安全の確保は最後の4番目なのです。日本の場合は、どちらかというと、機械は安く、効率よく、高機能のものを造って、後は人間が注意して使いなさい、そういう傾向があります。安全の実現が一番下の人間の訓練という部分からやられたりしますけれども、いまの国際規格ではこれは違反です。人間の訓練とかヘルメットをかぶるなどの個人保護具は、最後になっていて、もっとやるべきことが先にあるのです。メーカーがまず安全な機械を設計段階からしっかりとつくりなさい、というふうになっています。

安全確保の責任分担ですが、設計者は本質安全設計をやって、安全防護対策をやって、残ったリスクに対しては使用上の情報を提供する。ここで使用上の情報というのは警告だとかラベルだとか残留リスクを避けるためのマニュアルも全部含んでいますけれども、これまでがメーカー側の役割です。これをユーザー側に渡し、ユーザー側はこの使用上の情報に基づいて初めて個人的な保護をしてみたり、手袋をしてみたり、訓練で逃げたりとか、危ない行動をしないようにという話になります。これがいま国際規格が提案している機械安全の考え方なのです。それはリスクの概念からきています。

それから、国際規格はいまA規格、B規格、C規格の三層構造になっています。A規格は基本規格で、理念的な考え方、一般原則が書いてありまして、どの機械でも全部に通用する安全の考え方、上記の安全の定義はここのところに関連しています。B規格はグループ規格で、あるまとまったものについて共通に使える安全の考え方、技術が書いてある。または、人間の腕の動作スピードはこのくらいだとか、長さはこのくらいだから安全距離としてこのくらい離せだとか、そういう物理定数的なものがB規格に入っています。C規格が、例えば、ロボットはこうつくりなさい、プレスはこうつくりなさいというもので、機械ごとの個別規格がここに入ります。C規格は、A、B規格に準拠するという構造になっています。これがいまの国際規格の構造であります。これは安全をどう考えるかというところから出てきた考え方だというふうに私には思えます。

4．安全の理念的側面

さて、機械安全という私の専門のところをちょっと回り道して紹介しましたけれども、元へ戻りまして、要は「安全とは何か？」ということをちゃんと定義しないといけないということです。ぜひ皆さん、自分の経験と自分の分野に基づいて、そもそも安全とは何かということをしっかり議論して頂きたいという提案をしたいと思います。

安全には価値観が入っていますので、いろいろなコンフリクトというか、ぶつかり合いが起きます。というのは、価値の優先順位の件です。この機械を使うことによって少し危険かもしれないけれども、ものすごく経済効果があるとする。安全装置を付けると価格が上がり、しかも使い勝手が悪くなる。安全装置を外したほうがプロがやるとものすごくうまく使えるというようなことになったりもします。この場合はリスクとしてはどの辺まで許すかという話が起きます。ある意味ではコストと利益に対して、人の命、セビリティ（傷害のひどさ）というのはどのくらいの重要さで順番を付けるかということになります。安全とコストの関係では、安ければ安いほどいいという立場と、安全には金がかかるのだという立場もあるし、コストをうまくかけると安全が実現されて、かえって効率がよくなってコストも最終的に下がるのだという意見もまたあります。

もっと深刻な問題は安全と責任の関係です。例えば自動車の場合、あんなに事故が多いのになぜ許容されているのかというと、あれは自己責任に

基づいているからです。運転者として自分で運転しているからであって、列車みたいにプロの運転手が別に居て、お客は自分で避けることもできないという状態の事故とは根本的に異なります。自分でぶつかった事故には自己責任という問題が実はあります。また、機械を使わせるという経営者の立場を考えてみましょう。経営者は自分は機械を使わなくて人に使わせるだけですから、自分が怪我をすることはない。そうすると、経営者や管理者、また、マネジメントをする人の立場と、作業者の立場とは根本的に異なる。更に、機械をつくっている製造者とユーザーの関係も重要で、事故の責任の関係をこれらの間で相当はっきりしておかないといけない。特に、事故が起きた場合、刑事責任と民事責任とがある。刑事責任として、これはちゃんとやっているから仕方がない、許そうといっても、被害者本人は個人的感情で民事責任として、とんでもないというような話も起きます。こういうふうに安全と責任というのは非常に問題が複雑でありまして、一応、これもクリアカットにバサッと割り切らないといけないと思います。

それから、安全と利便性の関係があります。こんな便利なもの、例えば、いま自動車をこの世から取っ払われるといっても、ほとんど賛成する人はいません。あんな便利なものは誰も手放せない。しかし、いまの時代にこんな危ない機械が発明されて、皆さん使いましょうと言ったときは、多分使わないだろうというふうにある専門家の先生は言っていました。ということは、経済的にも無くてはならないものになっていて、しかも慣れてしまったということで、利便性、快適性、それに経済的効果を考えると、その場合はこれだけ利益が大きくなると、少しぐらい死んでも我慢しましょうというようなことになります。このコンフリクトをどうするかが問題です。同じようなことで、安全と機能性、安全と効率性、安全と経済発展。それから公共性の問題もあります。また、個人や地域を重視するのか、一人我慢して死んでいただくと何百人助かるとか、そこの住民が我慢をしてくれれば他の多くの人々が助かるということがあり得る。「済まんが、我慢をしてくれ」と言えるか、言えないか、そういうことにつながる話であります。それから、安全に関しては倫理観が重要です。さっきの責任の問題にも関連しますけれども、製造者の倫理観、または設計する技術者の倫理観、管理者の倫理観、社長とか経営者の倫理観、規格をつくる人の倫理観、法律をつくる政治家の倫理観、一般市民の安全の文化みたいな安全の倫理観、こういうものがすべて絡み合っています。安全と価値観についても相当我々としてはしっかり議論しておかないといけないだろうということであります。また、安全には民族の歴史がバックにあります。日本人のような農耕民族が考える安全とアラビア人が考える安全とヨーロッパ人が考える安全というのは、社会的ないままでの歴史から見ると違っている可能性があります。そうすると、同じ機械をつくるにしても、日本でつくった機械をそのままアメリカへ持っていっていいのか、ヨーロッパへ持っていっていいのかという問題が生じます。安全に対する考え方が違うと、そう単純ではないということであります。

次に、安全と安心の関係が有ります。最近は、安心とは何かが議論され出しています。これは人間の価値観と共に心が入ってきますので、非常に難しい問題になってきています。安全と安心との関係はどうなっているのかを明確にしておく必要が有ります。いま、安全文化とか安全思想を何とか醸成しましょうという話があるのですけれども、いかに社会的な安全をお互いに認め合うかです。この辺でみんなが安全と認めましょうという合意が必要ではなかろうかという話を、我々はちゃんとしておかなければいけないだろうということであります。

もう一つ、安全と人間性という話を少ししておかないといけません。大体、人間は間違えるものなのです。これはもうしょうがないです。それを、間違えるなと言って間違えたお前が悪いと罰するのも気の毒です。罰しないとどんどん失敗して平気でいるというのもまた困る。人間は疲れてくれば誤るし、若いときは元気でうまくいっていても、年取ると本人はその気でも体が動かなかったりするということがあります。人間というのはもともと慣れるものです。特に安全に関して人間はすぐ慣れて、人間は安全を忘れる動物であるとよく言

われます。何か事故がない限り安全をすぐ忘れる。日本は水と安全はただという話がよく言われます。いま水はただだと思っている方はほとんどいないと思われますけれども、昔は水はただだったし、安全もただだった。しかし、アメリカなんかへ行くと、とんでもない。安全は金で買うもの、ホテルも高い金を払ってちゃんといいところへ泊まるのも安全を金で買っているのだと言う人もいます。しかし、ついつい人間は安全に慣れていきますし、極端に言うと、装置が安全になるに従い、危険を経験したことがなくなるから、かえって危険になってしまうということがある。小さい怪我がちょこちょこ起きていると常に注意して、実はかえって安全だったという話になったりする。人間性と安全の関係はとても難しい関係にあります。

それから、パニックになったとき人間は本当に冷静に判断できるのか。日本工学アカデミーの中の安全工学部会で先日専門家をお呼びしたとき、飛行機でも、エアバスみたいに、最後の最後は人間の信頼性よりも機械の信頼性のほうが高いから、パニック状態では機械を優先しろという発想と、とんでもない、最後は機械なんかに任せられるか、最後は安全装置を切ってもいいからパイロットがやれというボーイングの発想とがあり、エアバスとボーイングの発想は根本的に違うという話をされていました。本当に最後の最後は人間に任せるべきなのか、機械に任せるべきなのか、こういう問題も実はあるわけです。この辺も非常に難しい、しかもおもしろい問題であるというふうに考えます。

安全を学問として体系化しようと思ったとき、安全をどういう構造として捉えるかが必要となります。何を守るのか、何から守るのか、どうやって守るのか、何の名の下に守るのか、こういうような構造を少し考える必要があるのではなかろうかと思います。

何を守るのか。これは機械安全ですと、人間の体と命です。怪我をしないようにという物理的傷害、健康障害、精神障害等です。場合によっては、最後は人間の尊厳を守るみたいな話になったりするかもしれません。別の分野から言うと、人命には無関係で、財産を守る、信用を守るとなります。ひどい話になると、人は怪我をしてもいいけれど機械だけは壊すなという話が昔はあったように、機械システムを守れなんていう場合もある。情報が漏れないように情報を守る。普通の人間だと最後の最後は自分の家庭を守りたい。この前、会社の社長が自殺しましたが、会社を守るため、組織を守るために自分はいなくなったほうがいいと思って死んだという話がある。組織とか社会を守るという話になる。何を守るのかというのは非常に拡大していきます。社会なのか、社会環境なのか、最後は国家なのか。未来の人類のために自然環境を守りましょうというように未来の人間を守ることも考えられるし、動物が好きな愛護協会の人は動物を守れと言う。何を守るかというのも、機械安全の場合は非常に明確でしたけれども、トータルに考えると非常に多様です。

それから、何から守るか。当然、機械の場合は故障でいろいろなことが起きる。設計だと人間のミスもあるし、作業者のミスもある。情報安全の場合は、どちらかというと人間の故意、悪意、泥棒だとかハイジャックだとか侵略だとかという人間の悪意から守る。地震だとか台風のような自然災害のほうがメインだというような場合もあります。

どうやって守るのかというと、まず人によって守る。人を教育して、訓練して、逃げるようにして、一生懸命人間の知恵を働かせて、守るべきものを守るというやり方です。機械安全の場合は技術で守れというのが最初にある。技術で守る場合でも、信頼性の高いものをつくるという高信頼化の方法もあるし、機械的な構造をうまくつくることによって安全を守ることもできるし、安全装置を付けたり、自動監視をしたりということもある。例えば、人間で守るのと機械で守るのとどっちが有利かという一番簡単な例は、ヒューズを考えていただくとわかります。例えば20アンペア以上流れたら危険であるからとめろといったとき、メーターを付けて、人間が前に座って20アンペアを超えたら切るというようなことをやらされたら、たまったものではないですね。朝から晩までメーターを見ている。監視業務でそれと同じようなことをやらされている人たちが実際にはいるのです。でも、たった一本20アンペアで溶けるヒュー

ズを入れただけで、これが実現できる。と言っても100%の保証はない。与えられたヒューズは本当に20アンペアで溶けたかどうかわからない。実験してみると溶けてしまった。そうすると、もうこれは使えない。次のものを持ってきてこれは本当にそうなのかというと、使えるかどうかわからないという問題があって、確率だとか品質管理という問題が起きるのです。20アンペアで溶けても、実は溶けて上でくっついたり下にくっついて外側の箱に電流が流れたという例もあります。また、皆さんもやったことがあると思いますけれども、切れると面倒だから時々針金を入れたりとかすることが起きる。このようにヒューズだけでもいろいろな問題があるのですけれども、ヒューズを入れることによって、人間が前に座ってずーっと見ているという人間の信頼性に比べてはるかにヒューズの信頼性は高いと考えると、ちゃんと構造を入れて安全を実現したほうがはるかにいいということになる。これが技術で守れという事であります。

あとは情報で安全を守ることがあります。特にコンピュータを使ったり、コミュニケーション・通信を使って安全を守るという方法があります。更に、ヒューマンインターフェイスが重要です。人間だけよりヒューマンインターフェイスをうまく使うことによって、人間と機械との共同でヒューマンインターフェイスにより守るということです。もう一つは組織的な機構で安全を守る方法がある。これはマネージメントであったり、監査・認定・認証なんていうやり方です。それから、国家が強制規格をつくり、法律で悪いやつは罰則で罰してしまえという方法もある。一方、任意規格でもいいから規格をつくって、皆でこれに従いましょうという守り方も実はあるわけであります。

また、「何の名の下に？」というこれも実に難しい。一番は人命尊重でしょう。人間は怪我をすると大変です。本人も嫌だし家族も大変だ。しかし、経営者の立場から見ると、あるいは、もっと国家ぐらいになりますと、例えば交通事故で、一年に1万人くらい死ぬのは仕方がないと考える傾向がある。これだけの経済効果を考えればしょうがないでしょうと考える立場の人もいますが、事故に合った本人にとっては1か0かなのです。そうなったとき、人命尊重なのか、社会的な繁栄が先なのか、利便性だとか経済性のほうを重視するのかということになります。それから、安心な社会をつくるためというのもあります。人によっては神の名の下にやる。そういう意味では人権だとか平和だとか正義だとか公平性だとか公共性だとか社会的安定とかいろいろな名の下に安全を実現しようということも考えられる。こういう話もちゃんと考えておかないといけないだろうということです。

まず一番最初の理念的な側面というのを時間をかけてお話ししましたけれども、なぜ理念的な側面に時間をかけたかというと、一番関心があると共に、問題点がわかりやすくて納得していただけると同時に、一番議論の分かれるところだということからです。

5．安全の技術的側面

技術的な側面は、分類の方法としては、時間的な分類と個別技術的分類というふうに一応分けて見ました(**付録参照**)。時間的な分類には、まず事前安全技術が有ります。例えば、事前に評価して、こんな危険なものは使わせるなとか、ここまで手を打つとこれだけリスクが下がりますという事前評価の技術とか、これだけのリスクだと危ないからこのレベルの安全装置を付けましょうというような事前安全予防策の技術などです。それから、運用している最中の安全運用維持の技術があります。一方、事故が起きたときに被害をいかに少なくするか。防護壁をたくさん並べてあまり散らばらないようにするとか、爆発を小さく抑えられるようにするとか、人間がパッと逃げられるようにするとか、そういう事後被害軽減対策があります。これは危機管理でも大変重要なのですけれども、連絡・広報もここに入ります。それから将来の予防安全技術があります。将来のために長いスパンでいろいろ情報を蓄積して、安全のためのデータとして役立てようというやり方もあります。

事前の安全予防技術の中には、これ以上細かく言っても仕方がないので詳しいお話はしません

が、安全本質設計から始まって、診断だとか安全確保技術、等々、基本的な技術がたくさん入っています。運用の安全維持技術には、保守・修理・修繕、オンライン診断、自動監視というのもあります。事後安全技術には、多重防護というか、爆発が起ったらここまで防護し、それで終わらなかったら二段目、三段目で防護しろという原子力でやっているような多重防護装置があります。いまの自動車みたいに衝突安全もそうです。ぶつかったことはしょうがないから、事故は起きても人間は死なないようにつくりましょうというので、いまの自動車は衝突安全がうまくできています。高価な大きい車を買いますと、少しぐらいぶつかっても大体運転者は死なない。それから危機管理。これは、事故発生時の情報連絡だとか、日本はこれが弱いとよく言われていますけれども、どういうハザードが起き得て、そのときどういうことをやるか前もってマニュアルをつくっておいて、起きたときにすぐ対応するというもので、危機管理の方法というものは事後被害を少なくする対策です。

事故調査・原因追及、事故データベースも重要です。これは、事故が起きたときの原因は何であったかということをちゃんと調査して、二度と起きないようにとよく言います。原因を明確にして、この原因がわかったら、もう一回安全技術として、製造過程または設計過程までフィードバックして、こういうハザードがあり得る、こういうことが起こり得るんだという点から設計からもう一回見直すことです。そのための事故調査というのは重要であります。将来予防のための方法もあります。

また個別技術があります。だんだん専門のほうに入っていきますけれども、安全を実現するための技術は非常に多くあります。ここが技術者にとって一番重要だと思っています。例えば、さっきお話しした本質安全設計の技術があります。ハザードは存在しないようにするのですけれども、例えば変にとんがっていたら、人間がぶつかって手を怪我するからとんがっている必要がなかったら丸めておけとか、人間が挟まれる可能性があるなら、そんな広げる必要がなかったら人間が入れないくらい狭めてやるとか、そういう簡単なものも本質安全設計の一つであります。

あと、信頼性技術があります。信頼度高く物をつくる。要するに壊れないようにつくる。それから、多重性、冗長性、独立性の技術があります。二重系でも同じものを二つやってもしょうがない場合がある。そうすると、ダイバーシティと言いますけれども、違った物を使って多様性をもって二重系でつくる。例えば電話で言うと、片方がケーブルなら片方は無線だというような二重系でつくれというようなやり方です。

それから、フォールトトレランスという技術がありまして、一つや二つ壊れても全体の機能はほかがカバーして正しく動くようにしようとする技術です。これは私の専門ですが、フェールセーフという壊れても安全なようにしようという技術がある。一方、フォールトアボイダンスという技術は、もともと故障が起きないように信頼度高くつくろうというもので、従来の信頼度設計というのはフォールドアボイダンス技術です。品質管理というのはみんなこれです。

さらに、人間が間違えても大丈夫なようにフールプルーフにしようだとか、フェールソフトと言って、徐々に徐々に壊れていって、大事な機能はなるべく残すという考え方もあります。ちょっと悪くなったら全部バサッと止まるのではなくて、少しずつ機能は落ちても大事な機能は残そうとするものです。人間はフェールソフトになっていまして、ちょっと傷ついてもとにかく動ける。能力が半分落ちてもまだ何とか生きている。そういうのがフェールソフトの技術です。また、インターロックとかディレーティング、フォールトレジスタンスとかタンパレジスターとか実にいろいろな安全技術があります。なお、タンパレジスターというのは、人間というのはついつい安全装置を無効化する癖があるので、無効化できないようにする技術、無効化すると動かなくしてしまう技術です。

それから、人間的側面があります。これもヒューマンインターフェイス技術から始まって、人間というのは「合理的に予見可能な誤使用」というのをやりまして、こんな誤りは当然しそうだなとい

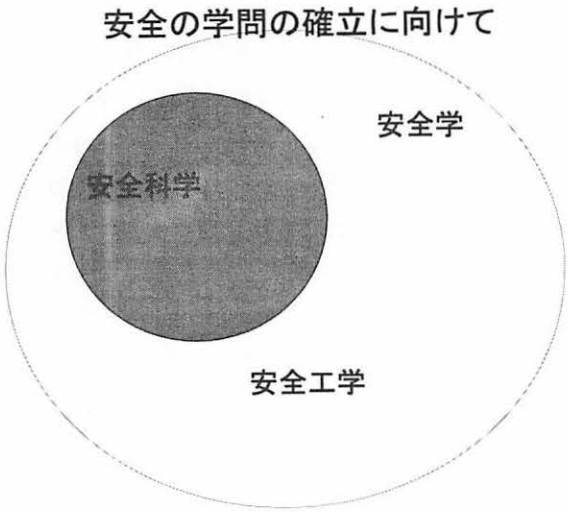
うことも考える必要があります。プロは絶対しないけれども、素人はちょっと考えたらパッと誤解して使ってしまうという誤使用というのがありまして、特にこれは人間工学の分野での知見を相当付け加える必要があります。特に心理学的な問題として前にも紹介しましたが「危険に見えるほど注意して事故が少ない」というので、ちょっとした事故はしょっちゅう起きているほうがいいという説が一方であったりします。「災害・事故はすぐ風化する」。寺田寅彦じゃありませんけど、忘れた頃にやってくるというやつです。もっと言えば「隣の家は危ない」というのがありまして、俺の家は大丈夫という心理学的な話もあります。

年代ギャップというのもかなり重要な問題です。時代が変わってくると若い人の考えていることと年寄りの考えていることとの間にギャップが出来る。年代ギャップというのも人間的側面では重要な課題だと思っています。

組織的側面というものには安全管理が含まれます。リスクアセスメント、リスクマネジメント、それから標準化も含まれます。国際標準や、さっき言った法律と責任の問題もあります。社長がやめればいいという問題でもないだろうというような責任のとり方から、さっき言った事故調査までここに含まれます。学術会議の安全工学専門委員会でも、事故調査はどうあるべきかという提案をしております。研究会活動、国際会議の開催も実は組織的側面であると私は考えておりまして、重要な一つの側面です。

安全の判断の問題も重要です。これもきょうお話ししたいのですが、もう時間がないのでやめますけれども、安全であると誰が判断するかというのは重要で、これは責任問題と関わります。安全だと判断するためには、例えば、認証機関があって、認証のところでこれで安全だと判定してもらう。しかし、認証機関はどうやって判断するかというと、事故が起きたときに認証機関の責任になりますから、マニュアルを見て、マニュアルに合っているかどうかチェックすることになる。マニュアルとしての安全規格を誰かがつくるわけですが、誰が規格をつくるかというと、国がつくったり、業界がつくったりする。それに従って物をつくり、管理する。それでも事故は必ず起きます。絶対安全ということはありませんから、事故はいつかは起きる。起きたときにどこが責任をとるのか。そういう安全の判断に関する責任の体系化をしっかりと作る必要がある。

図5



次に、各分野の安全技術があります。各分野でそれぞれのノウハウがあって、それぞれの考え方で安全を実現しています。安全技術は本質的に個別技術的性格を有しています。しかし、実はaという分野の安全の技術が、bという分野では全く知られていないということが起こります。また、共通部分もあれば、考え方が相反するものもある。そう考えますと、各分野の安全をきちんと確立する必要があるけれども、同時に共通部分を見出してお話ししたように分類をして、安全工学または安全学を作っていく必要があると考えたわけです。

最後に、安全の関連の分野といたしましては、さっき言いました危機管理の問題や警備、ホームセキュリティみたいなもの等々、色々考えられます。機密保護という情報のセキュリティは関連分野というよりは、私は安全工学の中に入れたほうがいいと思っています。それから、警察権限と調査権限の話。保険制度はリスクを介してかなり関連していますし、公害の問題も関連しています。リスクにも、経営リスク、経済リスク、金融リスク、政治リスク、いろいろなリスクがあります。地域住民の説得から風聞被害、マスコミ被害、それから、情報操作、免疫機構だとか、こう考えま

すと、関連分野も多くあります。裁判制度もここでしょう。

ちょうど時間になりました。私が提案したいことは、日本でそろそろこういうことをまじめに考えるためのきっかけとしたいということです。どこまでが安全学で、どこまでが安全工学で、どこが安全科学なのか、これを明確に分ける必要があるのかどうかわかりませんけれども、概念や関係をはっきりさせたい。村上陽一郎さんは安全学をというふうに考えていて、工学屋は安全工学として確立したい。もちろん安全工学には価値観が相当入っております。安全学は思想とか社会問題とか歴史とかみんな含んでいると思うのです。安全科学は価値観を取っ払った形での安全のサイエンスかもしれない。安全学というのが広くて、その中の一つに安全工学があるのか、この辺のところは、私はわかりません。これから皆さんのご意見を聞きながら、そろそろ安全に関しては共通部分をみんなで議論して、安全の学問の体系化をしたらどうかというふうに思っています（図5）。

幸い、先ほど苗村先生がおっしゃったように、日本工学アカデミーでは、いま情報専門部会の下に安全工学WGがありましたけれども、安全工学専門部会をスタートさせていただくということですので、この辺を中心に、またもう少し広い立場で安全を追求していきたいと思っています。会議の持ち方も、いままでは専門家をお招きして、その分野の安全の考え方を聞いて、我々が意見交換しながら安全についての認識を深めていったのですけれども、そろそろ最近のIT技術、特にインターネットを使って、広く意見を聞くという、ちょっと変わった会議の仕方をしたらどうかとも考えています。長くなりましたけれども、私の話をこれで終わらせていただきたいと思います。

ご清聴をどうもありがとうございました。（拍手）

司　会　向殿先生どうもありがとうございました。ぜひ皆さんのほうからご質問・ご意見を伺いたいと思います。

森 英夫　三菱電機の森でございますが、この間、『安全工学』という本をドイツの人が書いたのを読んだのですが、もとは「安全性に関する科学」と書いてあるのを、訳者は「安全工学」と訳したのです。だから、科学と工学というのは日本の言葉と外国の言葉と全然違うので、特に私は前から言っていることで、もっと科学をやれ、と。日本の工学は科学を相当やっているよという話もあるし、人によってゴタゴタしているんですね。ですから、その辺は曖昧にやっていただくよりしょうがない。

向　殿　安全科学と安全工学の違いですね。難しいですね。村上陽一郎さんに言わせると安全科学と工学は違うようです。

森　村上先生あたりはそう言われても、我々工学屋からするとね。

向　殿　我々工学屋から見ると、工学というときに実は科学を相当やっているわけですね。

森　そうなんです。私が言うのは、クルーグマンの『安全工学』というのを読んだときに、一番初めにそう訳してあるんですよ。「安全工学」って。だけど、原文は「安全性の科学」なんですよ。

井上恵太　トヨタ自動車の井上でございますけれども、自動車のことをお褒めいただきましてありがとうございました。最近、その自動車はコンパティブルにしようという動きがございます。つまり強い車と弱い車というのがあって、強い車が勝つというふうな考え方を改めなければいけないという話が出ているんです。

私の質問は別な話で、人間性の問題なのです。安全というものに対して人間が非常に度し難い性格を持っているというのはおっしゃるとおりだと思うんですが、それを何らかの方法でカバーするときに、安全でない場合、つまり事故を起こしたときの懲罰ということに関しては大変行き届いていますが、事故を起こさないときの褒賞というのは非常に手抜かりである。やはり人間性を考えますと、そちらのほうも必要なんじゃないかと思うんですが、いかがでしょうか。

向　殿　おっしゃるとおりです。その話はさっき抜いてしまいました。

ちょっと話を変えますと、最近、大学で授業評価をやろうという話になっていまして、学生から意見を聞くと、めちゃくちゃなことを書くやつがいるわけです。時には、まじめにやればやるほど

ひどい評価になったりする。そんなときに、私が提案したのは、一般的に良い教育をやった先生を評価しろと。悪い人をガタガタ言うと問題があるから、良い人を評価するなら問題がないだろうということで、褒めるという形で、ベスト授業の今年の第5位まではこの人です、それは論文を一編書いたに相当するというような評価をしろという提案をしているのです。

安全で言うと、例えば事故が起きないように技術で面倒見てやる。そこを評価する。事故が起きたときに、お前がやったという責任追及じゃなくて、安全をずっと維持している人に対して評価する、褒めるという方向がもっと大切だというふうに考えます。安全確保の効果をポジティブに金額として評価する必要もありますね。おっしゃるとおり、人間のやる気が最も大事なことだと思います。

いまの意見のように、こういうのが抜けているんじゃないかと、多分抜けているとは思いますけれども、ご提案いただけるとありがたいと思います。

西原英晃　京都大学の西原と申します。ちょっと外れたことになるかもしれませんが、お話の中でリスクの問題を指摘されたんですが、特に将来の人間という関係においてみると、あるいは将来の社会についてみると、そこで起こるハーム(危害)が現在評価する場合には割り引かなきゃいけない。その割引率ということについて、私、大変悩んでおります。実は私は原子力のほうでございまして、特に年数がべらぼうなことを持ってこなきゃいけないので、この点はどういうふうにお考えになるというか、いまの情勢はどういうふうになっているでしょうか。

向　殿　非常に難しい問題で、特に原子力は深刻だと思うんです。未来の人類に対する我々の責任ということを考えて、原子力を完全にストップする国も出てきている。それはなぜかというと、原子力の廃棄物汚染の問題で何百年あるいは何万年というオーダーになる。それを考えた場合、いまの我々の世代だけが利便性を享受して、あとのツケを未来に回すのはいかがなものかというのがいまのお話だと思います。

それに対して、将来にわたるリスクをどう我々は評価して、特に将来の危害に対してどれくらい評価するかという問題です。私が生きている間では困るけど、死んじゃったら知らないという人も中にはいるかもしれません。いま我々生きている人間がみんなで合意して、我々としてはこう考えようよ、それを決めたらみんなで守りましょう。しかし、必ず抜け駆けするやつが出てきますから、それに対して法律があったりする。ご質問の将来の危険に付いてどう評価すべきかというのは、実は私は不勉強でまだわからないし、是非、検討のテーマに入れたいと思います。

西　原　いま、合意ということがお話の中にもございましたけれども、これは理性的に合意をする、理性のある人間が共通の尺度、合意した基準でもって合意するということに大体現在なっているのではないかと思うんです。それが徹底するまでのプロセスについては、どういうふうにお考えになっていらっしゃいますか。

向　殿　難しいですね。おっしゃるとおり、多くの人を対象にすると下手をすると全く決らない可能性がある。それならば、専門家集団に任せて、全部決めておいたほうがいいという面が当然あります。こういう合意というのは、いまマスコミ被害と同じように、あることを煽動すると、それで世間の意見が極端に行ってしまって原子力はすぐ全部とめろというような話になる。一方で、とんでもないって、すごく揺れるのですね。そういうふうに考えますと、いまのお話は非常に難しくて、明確にちゃんとお答えしたいのですけれども、残念ながらできません。現在のところは、専門家が決めて、広く説明をして、多くの人の納得を得るということなのでしょうが、皆さんのご意見を伺って勉強していきたいと思います。

田中正人　東京大学の田中と申します。先ほどフェールセーフというのが重要だとおっしゃったんですが、工学専門書なんかに書いてあるフェールセーフというのは、コンポーネントがうまく機能しなくなった時点で安全側にシステム全体が動くというふうに書いてあって、私もそう理解しておりました。世の中、広くいろいろな啓蒙書的な本とか新聞記事を見ますと、例えばジャンボは油圧が4つあって、フェールになっているという……

向　殿　あれはフェールセーフとは言わないです。

田　中　言わないですよね。

向　殿　それはおっしゃるとおりで、ある評論家が間違って使って、新聞はほとんど間違って使っています。あれは多重安全装置と言うならまだいいんですよ。あれはフォールトトレランスと言って多重系なのです。決してフェールセーフではありません。それについて私どもは前からそう主張しています。あれは間違いです。

古崎新太郎　九州大学の古崎です。大変おもしろいお話をありがとうございました。先生の話の中にも少し出てはきていましたけれども、安全学とか安全科学といいますと、大部分はいまの話は事故からの安全ですが、例えば自然現象その他の安全とか食品とかいろいろなよそからくるものに対する安全、それは含めるのでしょうか。

向　殿　私は自然災害を対象にしたいと思っています。ですから、人間がつくったものに対して人間が被害を受けるというだけではなくて、安全工学は自然災害なども対象にすべきだというふうに思っています。

古　崎　わかりました。そういうのは非常に考えるファクターが多い問題だろうと思います。

向　殿　それがまた議論が百出するところなのです。それをなるべく分野を分けて、まず構造化して体系化しないと、安全の学問が議論だけで、収束しないんじゃないかという気がしてきたので、そろそろこういう議論をしてもいいんじゃないかと思って、お話を申し上げたわけです。

太田利彦　太田と申します。専門が建築なものですから建築のサイドからのお話させて頂きます。大変参考になりました。ありがとうございました。

1960年代に日本でいろいろな超高層建築が建ち始めてから、建築安全という概念が非常に大切になってきまして、建築学会の中に安全計画委員会をつくったのです。そのときに、いま先生がお話になりましたように、安全の概念をどうするかというのが真っ先にもめまして、それで伺いたいと思ったのですが、大抵のことはやっぱり危険との対応ですね。これはトートロジーなのですね。だから、結局、危険を定義しなきゃいけない。

我々は、苦肉の策というか、最終的に「定常性の維持」ということにしたんです。ホメオスタシスですね。というのはどういうことかというと、先ほど先生がおっしゃいましたように、工学の場合は人間が対応しますので、特に建築の場合は人間生活そのものとの関係がございます。したがって、それを使う人間がどういう状況にあるかとのマトリックスで建築の安全を考えようとしました。

特に、人間は正常の場合と異常の場合があるわけです。これはいまの都市災害でも出てきます。それから、建築の場合は日常災害が一番大きいのです。階段から落ちるとか、何か壊すとか、自然災害との対応に比べて断然多いのです。したがいまして、日常性と非日常性と人間側の異常と正常、この両方のマトリックスでもって定常性を定義しようというようなことをやったのです。

それで、いろいろな分野の方々に話を伺いまして、危険度とか安全度をどういうふうに定義しようかといったときには、聞きましたら、大体が確率論的な度数なんです。航空機も航続距離を分母にしています。これは非常におかしいですね。というのは、離着陸のときに事故は起きるので、離着陸度数を分母にしなきゃおかしい。もし使用年数を分母にしますと、建築は圧倒的に有利なのです。そんなことを分母にしてはまずいのです。そういうことがありまして、例えば新幹線の場合でもシックスナインは人命事故が起こる確率なのです。危険度とか安全の度合いを表示する方法として一般的にどういう考え方があり得るかというのをお伺いしたいのです。

向　殿　機械安全の例で言いますと、この機械はどういう危険性があるか、ハザードを見つけて、このハザードはどのくらいの頻度で起きて、どのくらいの怪我をさせるかというのをまず見積もる。これがあまりひどいと安全装置を付けたり、安全防具を付けてリスクをどんどん減らしていくというやり方をする。残ったリスクに対してここにはこれだけの危険性がありますよということを表示する。そのリスクの大きさの、表示の仕方はさっき言ったマトリックスみたいになっていまして、このくらいの頻度でこのくらいのことが起こり得ますよということぐらいしか表示できない。

従って、こういう使い方をすると人命に危害が及ぶようなことがありますよ、こうすると怪我をする可能性がありますよというラベルを張れという話になるわけです。残留リスクに対して、メーカー側は、それを避けるためにはどうしたらいいかというマニュアルをつくって、そのマニュアルの中には、人間がやらなくてはいけないこと、訓練しなければいけないこと、危険の避け方を一応書く。この使用上の情報と共に機械をユーザー側に渡せというのがさっきの機械安全におけるメーカーの役割です。この装置にはこれだけのリスクがありますよという残留リスクをちゃんと表示しろという訳ですが、残念ながら数量化できない。さて、いまお話しになった普通のリスクは、実は頻度だけで評価しているのが多いのです。ところが、どのくらいの頻度かよりも、事故の大きさの方がはるかに重要なのです。しかも幾つかのランク分けをしてリスクの大きさを表現する方法が精一杯なのです。いまの機械安全ではそれくらいしかないのです。

太　田　それは統計値ですか。

向　殿　基本的には統計値で定義している例も無いわけではありませんが、一般には多くの関係者が参加して議論して、さっき言ったように、「時々」とか「滅多に起きない」という言葉で表現しています。事故は滅多に起きなくなっているし、初めて物をつくったときには統計なんかとれないわけでしょう。言葉で表現するということは、非常に主観的でファジィなのです。しかも、その意味する内容は機械によって実は違っていて、ある機械の場合は一年に一回でもしょっちゅうですが、他の機械では少ないということも有り得るのです。ご質問に対する応えとしては明確でなくて非常にファジィにしか答えられないのです。

佐藤 豪　慶應におりました佐藤でございます。昔、自動車の安全ベルトの規格を決める委員会をやったことがありますが、最初に議論したことは、安全ベルトと言っていいかどうか。それでシートベルトという名前に付けかえたんです。

さっき設計者義務とユーザー義務というのが出ておりましたね。そのことについてお伺いしたいんですけれども、私がいろんな事故を見ておりますと、設計者の設計意図以上にユーザーが何かやらかしている。ユーザーはずっと使っておりまして、みんなそれぞれ進歩しようということをいろいろ考えておりますので、もっと簡単にできるだろうとか、もっと経済的にできるだろうとか、もっとパワーが上がるだろうとか、いろんなことをやらかすわけです。それで私は、フールプルーフではなくて、エクスパンドプルーフというのをどうやるかというのが安全工学の問題で一番大変な問題だと思っているんです。チェルノブイリでもやっぱりそうですし、いろんな事故をそういう目で見ていると、そういう例が非常に多いんですね。この間の臨界を見ても同じですね。ですから、その辺もこのお話の中にうまいこと入れていただくといいのではないかと思います。

向　殿　ありがとうございます。予見可能な誤使用を通り越して、エクスパンドしてしまうのですね。ROCの場合については、私の言葉で言うと品質管理と安全管理は根本的に違うのだという話なのです。その場合の改善は品質管理の発想です。どんどん改良して行って良い。しかし、安全管理はそれではだめなのです。なぜかというと、全体の中でちゃんと役割があるはずで、どんどん改善してうまく使おうと思うこと自体が、全体から見ると実は安全から言うと外れていくということがあり得るからです。品質管理の場合は、局所的にどんどんよくすれば全体がよくなるのです。現場をよくすれば全体がよくなるのですが、安全に関しては、与えられた条件があって、なぜこういう条件になっているかというと、全体を考えた安全の範囲内でマニュアルが決まっているので、それから逸脱する場合は全体から見直せという、安全管理と品質管理はそこが根本的に違っている面があります。

佐　藤　だから、設計者の意図をどういうふうにしてユーザーに確実に伝えることができるかというような観点かと思うのです。

向　殿　その通りです。ありがとうございます。ぜひ考える点に入れたいと思います。

伊原義徳　高輝度科学研究センターの伊原と申します。大変良いお話をありがとうございました。ちょっと個別論で申しわけございませんが、原子

力施設の安全の定義は法律上ははっきりしておりまして、施設をつくろうというときには政府の許可が要ります。許可の基準の一つに「災害防止上支障がないこと」というのがあります。そのためには安全審査をやりまして、災害防止上支障がないということを確認して初めて許可を受けるのです。

災害防止上支障がない安全審査というのは具体的にどういうことをやるかといいますと、施設の中で、事故は必ず起こる。機械装置が壊れてもやむを得ない。その施設の境界線の外に影響を与えないことが必要です。だから、敷地の境界線で24時間365日人が張りついていても、一般公衆は大きな放射線障害を受けないということを確認するわけです。それから、環境にも放射性物質が飛び散るようなことがないということを確認しているわけです。そういう意味からは、日本でいままで20数件マスメディアで大騒ぎをされた事故がありますけれども、すべて安全性は確保されているのです。

ところが、どうして大騒ぎになるかと申しますと、これはいろんな意味があると思いますが、日本の文化に謝る文化というのがありまして、何か起こすと、申しわけないって謝る。謝らなきゃいけないんです。事故は起こしたけれども安全性は確保されたなんて威張って言ったら収拾がつかなくなる。地方自治体には全部環境放射線のデータが即時行っているわけですから、知事さんでも市長さんでも敷地の外に影響がないということはすぐわかっているのです。だから、敷地の外には影響がないとおっしゃっていただきたいのだけれども、なかなかそれをおっしゃっていただけないわけですね。それで、大臣が謝る、場合によっては総理大臣も謝るから、一般の人は、大臣が謝っているんだからこれは大事故に違いない、大変な影響があるに違いないということで、風評被害が起こるわけです。数年たちますと、環境に影響がなかったということがやっと言えるようになる。そういうのが実態でございます。

向　殿　私はそれを何とか防ごうというので、きょう提案した、安全においては絶対安全はないのだ、実はリスクで解釈されるということです。事故が起きて、しかも安全が確保されたら、ちゃんと安全の範囲内ですよということを宣言して、みんながそれを認めて、ああよかったねと言う。謝るのではなくて、うまくいったと認め合おう。新幹線は安全のためにとまって、安全でよかったですねとみんなが認め合う文化をつくらないと技術として進歩しないという提案をしたいのです。ちゃんと安全を定義してからみんなで認めましょうという面を強調したいのです。おっしゃることは非常によくわかります。

柏木 寛　柏木でございますが、情報部会でこれをお取り上げになったということで、いまの伊原さんや佐藤先生からのご質問に関連があるんですけれども、リスクコミュニケーションといいますか、それがなぜできないのかということは情報部会としてはどういうふうにお考えでしょうか。

向　殿　これも難しいですね。

いままで、多分、日本の文化の中にリスクという概念が定着していなかったのではないでしょうか。事故が起きる可能性はあるという話を大前提に議論するという文化がいままでなかったために、リスクに基づいたコミュニケーションができない。分野によって安全の考え方が違うから、同じ話をしてもなかなか話が通じない。例えば原子力における安全の考え方はちゃんと確立しているはずで、それを周りが納得しているかというと、そうでなく絶対安全という発想がまた一方にある。なかなかコミュニケーションができなかったというようなことが日本の文化はいままであったのではないかという気がいたします。リスクという用語を通じて実はかなり広い分野が安全に関してコミュニケーションができるようになります。あるときは保険屋とも話ができるようになるし、金融のリスクとも話ができるかもしれない。リスクという概念を明確にし納得することで初めてリスクコミュニケーションができる。いままで我々はリスクという概念を広げるという努力をしていなかったのではないかという気はいたします。

柏　木　いまいろいろと情報化、情報化と騒がれている。その一番のメリットは、ユーザーと設計者の意図がちゃんとコミュニケートできる手段が確立できるということだろうと思います。情報部

会としてはぜひそういう対話のできるシステムというのはどうやったらできるかということをお考えいただきたいと思います。

向　殿　コメントをありがとうございました。確かに設計者とユーザーはリスクという概念を通じて最近のIT技術のお陰でかなり話ができるようになったと思います。

司　会　ありがとうございました。ほかにいかがでしょうか。ちょっと私のほうからご質問させていただきます。先ほどISOの標準化のお話がありましたけれども、JISのほうは、いまどうなっているでしょうか。

向　殿　機械安全でいいますと、ご存じのようにWTOのTBT協定というのがありまして、日本の国内標準は国際標準に整合化させるということを日本も批准しております。ISOの基準と日本のJISの基準は基本的にハーモナイズさせなければならないことになりました。機械安全に関しては、いまどうなっているかといいますと、ISO/TC199というところでいま機械安全の規格を検討しているのですけれども、それをそのまま日本のJIS規格にしようということで、実は私が主査をいたしまして、機械安全のJIS化をいま始めています。そして、リスクアセスメントだとか幾つかのISOの規格化、ほとんど内容をそのままにしてJIS規格になりました。

A規格という話をさっきいたしましたけれども、この中で一番大事な規格はISO－12100です。これはTR（技術情報）として出されていますが、今、DISの段階ですので多分、来年度にはISOになると思います。それと同時にJIS規格になる予定です。いまは準JISというような位置付けで技術情報として日本語になって出ています。やっとISO規格が日本でJIS化され始めたというところであります。もう一方では、IECのほうでは機械安全の中の電気的側面というところでセンサーや安全装置の規格があります。これもずいぶんJIS化されています。

そういうことで、機械安全では、やっと整合化の名の下にISO、IECの安全規格をJIS化するという働きを、いま我々は、日本機械工業連合会を中心に、ある意味では工業技術院の指導の下に、日本規格協会と共同でやっているという現状です。

司　会　その続きの質問ですけれども、例のPL法の関係だと思うんですが、最近はいろんな消費者向けの商品の説明書の中に、何をするとこういう危険がありますっていろいろ書いてある。文章が同じようなものですから、普通の消費者はそれこそすべて危ない、危ないという印象になってしまう。こういう安全性に関するある種のレベル分けみたいなものができたときに、何かそういう消費者向けの説明書への反映というのがあり得るのでしょうか。

向　殿　さっき言った警告、ラベルはこれなのです。これを付けてユーザー側に渡すわけですけれども、これさえやればPL法を免れるだろうということでバタバタ書いている。しかし、規格を見ればわかるように、大事なこれをちゃんとやって、残ったリスクに対してラベルを張るので、これをやらないでラベルだけやったものは実はだめなのです。裁判になったときに、本質安全設計やガードの安全に関するドキュメンテーションを全部調べられて、やってなければ、完全にメーカーが負けることになります。そういう意味で、ベタベタ張ればいいというのではないということはちゃんと理解していただきたいということです。この全体の枠の中でラベルが生きているんだということを日本のメーカーは理解してないのではないかという気がいたしますので、コメントとして申し上げておきます。

司　会　それでは、予定の時間がきましたので、ここで終わりにさせていただきたいと思います。本日は、大変幅広いテーマにつきましてわかりやすくご説明いただきました。また、会場の皆さんからもたくさんのご質問・ご意見をいただきまして、まことにありがとうございました。ここで拍手をいただきまして、終わりにさせていただきたいと思います。（拍手）

（＊1）安全マップ：http://www.sys.cs.meiji.ac.jp/~masao/kouen/anzen.html

付　録

安全学の構成:詳細

1. 理念的側面

(1)安全とは？
(2)安全と価値観
(3)安全と人間性
(4)安全の構造

2. 技術的側面

(1)時間的分類

- 事前評価技術
- 事前安全予防技術
- 運用安全維持技術
- 事後被害軽減技術
- 将来予防

(2)個別技術

- 本質安全設計
- 信頼性技術
- 冗長性，多重性，多様性技術，独立性
- フォールトトレランス
- フェールセーフ
- フォールトアボイダンス
- フールプルーフ
- フェイルソフト（フェイラーオペラブル）
- インターロック
- ディレーティング
- フォールトレジスタンス
- タンパレジスター
- 安全制御
- 防護（ガード，防具）
- コンピュータ
- 情報技術
- 故障診断
- 安全／信頼性評価
- 安全論理
- 安全理論

3. 人間的側面

- ヒューマンマシーンインターフェース（ＨＭＩ）
- 誤使用の問題
- 人間工学
- 心理学
- 安全教育（含：技術教育，訓練，倫理教育，人材育成）
- 情報開示（掲示，警告，マニュアル）
- 意欲と責任
- 安全意識
- 安心
- 年代ギャップと社会的変化

4. 組織的側面

- 安全管理（リスクアセスメント，リスク管理）
- 標準化
- 法律と責任
- 制と基準（安全基準，法規制，自主規制）
- 認定・認証制度
- 事故調査
- 事故データの蓄積・情報提供センター
- 学会活動，研究会・国際会議の開催
- 安全機関・連絡会議

5. 各分野の安全

- 機械安全
- 原子力安全
- 交通安全
- プロセス安全
- 化学安全
- 薬品安全
- 製品安全
- 労働安全
- 材料安全
- 機能安全
- 情報安全
- 社会安全
- 物質安全
- 構造安全
- 爆発安全
- 火災安全
- 食品安全
- 医療安全
- 災害安全
- システム安全
- コンピュータ安全
- 環境安全
- ロボット安全

6. 関連分野

- 危機管理
- 警備
- 機密保護(セキュリティ)
- 警察
- 保険
- 公害
- 他のリスク（経営リスク，経済リスク，金融リスク，政治リスク等）
- 地域紛争（戦争，宗教，食料）
- 風聞被害・マスコミ被害
- 情報操作
- 免疫機構
- 防疫
- 裁判制度

工学としてのヒューマンファクターズは安全にどこまで寄与できるのか

小松原明哲（こまつばら　あきのり）

1957年　東京生まれ
1980年　早稲田大学理工学部工業経営学科卒業
同大学大学院博士課程、同理工学部助手、同社会科学研究所研究員、産業医科大学訪問研究員などを経て
1988年　金沢工業大学講師
同助教授を経て
1996年　金沢工業大学教授（人間情報工学科・経営情報工学科生活環境デザインコア担当）、現在に至る
博士（工学）
専門：人間生活工学
研究テーマ：製品の“使いやすさ”向上に関する研究、ヒューマンエラー／ヒューマンファクタ及び安全に関する研究、“人間の自然な行動”に関する研究

司　会（柴田碧安全専門部会長）　本日の司会役の柴田碧と申します。東京大学を退官しましてから、横浜国立大学、日本大学などを経まして、現在、防災科学技術研究所に在職しております。ご講演をいただく前に、本企画をいたしました日本工学アカデミーの安全専門部会のことをご説明したいと思いまして、ちょっとお時間をいただきます。

ご承知のように、日本工学アカデミーでは現在、専門部会制度があります。安全専門部会は、専門部会制度を改めることが議論されていたころに発足したために、来年度継続のご承認を得られればですが、この制度の終る平成15年度いっぱい続けるということになっております。

安全にかかわる会合というのは、さまざまな団体に現在、数多くございますけれど、工学アカデミーで安全のことを取り上げるということは、現在の安全の問題ではなくて、今後社会的に大きくなる問題を探して取り上げていこうということであります。研究課題としてＡからＨまでの８つのテーマを挙げまして、そのうちのＢとＤの２つのテーマを、現在ワーキンググループとして取り上げて動いております。ワーキンググループＢといいますのは、コンピュータを使ってプラントの安全を保っている、あるいは鉄道の信号を全部統括するとか、あるいは鉄道の他の例ですと乗車券の自動改札の問題など、コンピュータやネットワークに関係した独特の問題があるのではないかということで、明治大学の向殿先生にWG主査をお願いして検討しております。

次がワーキンググループＤですが、これは日本大学の大久保先生に主査をお願いし、組織の逐年的変化ということで、組織内外での構成員の年齢差、とくにコミュニケーションの問題を取り上げようということで活動しております。

近未来の問題として、ニューヨークのテロなどの問題が起きまして、トラブルや事故の同時多発問題も、日本では異なった面からも重要だと思います。それはなぜかといいますと、ニューヨークのようなテロの問題がとくに重要だというのではなくて、我が国は地震国ですので、例えば地震で高速道路網が寸断されたり、あるいはバンキングシステムが寸断されたり、そうしたときにどういう状態になるか、ということですが、ある場合にはより重要です。実はそういう議論をしていて、私はある方が、セーフティーバースト、“安全が破綻を来す”と言われたと思いました。あとでうかがいますと、それは聞き間違えでして、もっと

簡単なことを言っておられたのですが、私はそのセーフティーバーストという言葉が大変気に入りまして、時間は短いですけれども平成14年度、今期の後半と来年一年、セーフティーバーストという問題を安全専門部会で検討しようと思っております。そのほか、DNDというシステム、山田専務理事が中心になってやっておられますが、本部会として、安全の特定の問題を取り上げてネットを通じてディスカッションすることの試行とか、日本学術会議の安全工学専門委員会が各学会間の連携ということで非常にうまくいっておりますが、残念ながら委員数8人ということで、それを支える意味で「安全知の連合」というような作業部会を今後つくっていく準備も考えております。このようなことを安全専門部会では取り組んでおりますので、よろしくお願いします。

それでは本題に入ります。きょうは「工学としてのヒューマンファクターズは安全にどこまで寄与できるのか」という題で、金沢工業大学の人間情報工学科・経営情報工学科の小松原明哲先生にお話ししていただきます。

小松原先生は1957年に東京にお生まれになり、東京都立西高等学校から早稲田大学理工学部工業経営学科に進まれ、大学院博士課程修了の後、早稲田大学の助手、社会科学研究所研究員などを経て、現在金沢工業大学の教授でいらっしゃいます。また産業医科大学の訪問研究員もなされたことがあり、現在いろいろ問題になっているような病院の問題も興味をおもちではないかと思います。所属学会は日本人間工学会をはじめ、お書きになっただけで17あります。経済産業省産業構造審議会関係の委員など、いろいろな活動もされておられます。日本工学アカデミーでは、安全専門部会のワーキンググループDに属しておられます。今回は、人間工学のお立場からのトピックスをお話しいただくことになっております。

では、長くなりましたけれども小松原先生、よろしくお願いします。

小松原明哲　ご紹介いただきました金沢工業大学の小松原でございます。きょうは、このような席でお話をさせていただき、大変光栄に存じます。出席者名簿を拝見いたしますと、長谷川幸男先生には、卒論の指導をしていただきましたし、学生時代にご指導をいただいた先生方が大勢いらして、私としては非常にやりにくい会になってしまいましたけれども、学生時代に戻ったつもりで少しお話をさせていただきたいと存じます。

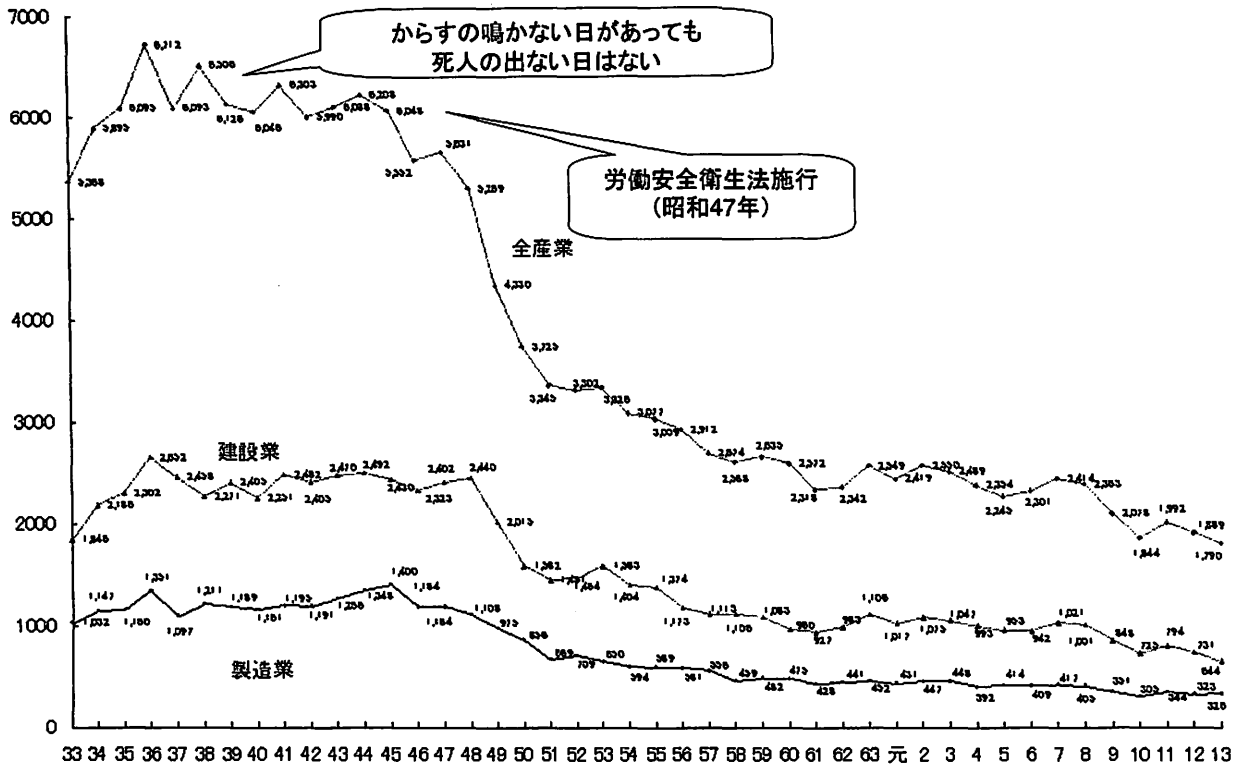
きょうは「工学としてのヒューマンファクターズは安全にどこまで寄与できるのか」というテーマを掲げさせていただきました。私は専門が人間工学とか人間生活工学というところで、いわゆるヒューマンエラーの防止ということが、一つの大きなテーマになっております。そういうご縁で、いろいろな事業所の安全研修などでお話しすることも多いのですが、今日はそのようなところでお話をする題材も準備してきております。多少お聞き苦しいような事例もお出しするかもしれませんけれども、お許しいただきたいと思います。

本題に入ります前に、人間の問題も安全工学の一つですので、まず、いわゆる安全工学を少し確認させていただきたいと思います。

機械工学や、電気工学、化学など、それぞれの工学活動は、基本的には人間の便益や福利の向上のために、何らかの産物を作ることが主目的だと思います。しかし、産物それ自体や、産物の産出過程に時として危険が内包されてしまうため、その危険をいかに回避するかということについて、各工学ではそれぞれ古来から安全に対する関心をお持ちでいらっしゃると思います。これが安全技術として、それぞれの領域で発展してきたわけですが、「安全知の連合」というお話が先ほど柴田先生から出ましたように、ある領域での安全の考え方や技術が、ほかの領域にも参考になるということで、安全にかかわる技術交流ということから安全工学が発展してきたのではないかと思います。

（OHP 1） これはわが国の労働災害による年間死者数の推移グラフです。昭和45,6年までは、全産業で年間6,000人ぐらいの方が亡くなっている。ある事業所の方にお話を伺ったら「カラスが鳴かない日があっても死人が出ない日はない毎日だった」というすごい言い方をされていたのですが、そういう状況であった。安全と弁当は自前持ちという状況でした。

OHP 1　労働災害による死亡者数の推移



厚生労働省労働基準局安全衛生部資料

これではいけないということで、昭和47年に労働安全衛生法が施行され、労働基準監督署の強力な指導のもとに一気に事故が減ってまいりました。例えば高所には柵をきちんと設置することとか、安全靴を履きましょう、ヘルメットをかぶりましょう、有害ガスが排気されるような設備を設置しましょうなど、個別対応が徹底された結果だと思われます。これにより事故が減って参りましたが、昭和50年頃から、死者数は微減かフラットになってきてしまいまして、なかなか減らない状態です。いわゆる個別的な安全対策では事故が減らないというのが現状です。なぜ事故が下がらないかということを分析いたしますと、いわゆる人為的ミスといわれる、人間的な問題で事故がなくなっていないことがあげられます。うっかり、ぼんやり、確認漏れなど、人間の不適切な行為に関係する事故が一向に減らないということがわかってきたわけです。

そういうことから致しますと、安全問題に対して、人間問題にさらに一歩踏み込まないと、より一層の安全は確保できないのではないか。そのようなことが最近特に言われるようになって参りました。事故防止のABCという言い方がありまして、A：当たり前のことを、B：ぼんやりしないで、C：ちゃんとやれ、ということなのですが、「ちゃんとやりなさいよ」と唱えているだけでは、どうも対応がつかなくなってきてしまっている。人間の心理や生理など、行動の本質的なものにまで踏み込まなくては、事故がなくなっていかないという話であります。

私たちはいろいろ事業所の指導のときに、網渡りの図をお示しします。人が網渡りをするのですが、サーカスならよいですが、産業でこんな網渡りをさせておいてよいのでしょうかというお話をする。サーカスだったら、普通の人が出来ないことをして、お金をもらっているわけですから、落ちないように本人がしっかりしなくてはならないわけですが、もしかして産業でこんな細い網を渡らせているのであれば、本人に網渡りの教育訓練をして、「ちゃんとやりなさい」という以前に、

綱を太くするとか、突風が吹いてくるようなところで綱渡りをさせないとか、そもそも何でこんな綱渡りをさせるのか、仕事の目的は何なのか、よく考え直すことが先決でしょう、ということを申し上げます。つまり、仕事環境、設備機器、仕事の目的など、そういうことをひっくるめて安全をお考えにならなくてはいけないのではないですか、ということを申し上げるわけです。4Mという言い方があります。これは、マン（ひと）、マシン（機械）、メディア（環境）、マネジメント（管理）、の頭のMをとったものですが、この4Mをしっかり考えて、何でもかんでも個人に事故防止の責任を押しつけるのはやめなさい、ということを申し上げるわけです。

すると、反論が出てくる場合があります。何かというと、「それは分かっています。うちの会社は綱を太くしました。事故が起こらないようにしたつもりなのに、その結果、みんなここを走るようになってしまって、足を踏み外して落ちる事故が増えました。」道路など、くねくね道が危ないというので真っすぐにしたところ、スピードを出すようになってかえって自動車事故が増えてしまうという話もあります。それぞれの要素を個別にばらばらに考え、よかれと思ってやったことが、かえって裏目に出てしまうという問題もあるということです。そのようなことからしますと、どうも総合的にすべてひっくるめた人間の問題を考えなくてはいけないのではないか。

ということで、最近、私たちはヒューマンファクターズという、人間に絡まったすべての要因というとらえ方をしなくてはいけないのではないか、と話をしております。ヒューマンファクターズというのは、つかみどころがないような言葉ですが、働く人なり生活する人を中心の視点に置いて、人間はもとより、設備機器、環境、管理などのさまざまな要因がよい組み合わせとなるよう、エンジニアリング的に考えていかなくてはいけないという話であります。定義といたしましては、1985年にエドワーズという方が出されております。すなわち、「人間とその活動の関係に、人間科学を体系的に適用して、システム・エンジニアリングの枠内で統合して、最適なモデルにすること」ということです。このような考え方は航空業界で生まれてきたものです。

少し話がずれるかもしれませんが、人間工学やエルゴノミクスとはどのような関係があるのかという質問を時々いただくことがあります。このことについて少し触れさせていただきます。

日本では「人間工学」と言われておりますが、対応する英語は、アーゴノミクス(ergonomics)、ヒューマンエンジニアリング(human engineering)という二つがあります。ヒューマンエンジニアリングという言い方は、最近あまり用いられなくなりましたが、この二つの語は、若干ニュアンスが違いますので、それについて少し確認させていただきます。

まず、アーゴノミクス、これはドイツ語ですとエルゴノミクスと発音することになりますが、これは、ヨーロッパを起源とし、労働医学、公衆衛生学などに端を発している人間工学であります。これは大変古いものでして、ラマツィーニというイタリアの疫学者が、『働く人々の病気』という本を1700年ごろに著しておりますが、ここにさかのぼれるのではないかと思います。

19世紀イギリスの綿工場の労働実態をご紹介します。綿工場では、少女たちが働いております。繁忙期の6週間ぐらいの期間だけれども、少女たちは、朝の3時には工場に入り、仕事を終えるのは夜の10時か10時半ぐらい。一日19時間労働です。その間にどれだけ休憩時間があったかというと、朝食に15分、昼食に30分、飲み物をとるのに15分ということで、19時間労働中に1時間の休憩時間しかなかったわけです。19時間の拘束時間としますと、身辺のいろいろなことをやって1時間ぐらいかかるとしたら、睡眠時間は4時間そこそこしかない。食事も二食です。このような労働条件での労働ということになりますと、やはり結核などでばたばたと亡くなったり、うとうとして労災が起こったりするという話になります。労働者は給料をもらっているとは言いながらも、当時そういう言葉があったかどうかわかりませんが、これでは人権侵害ではないかということになります。しかし一人一人が事業主に文句を言っても弾圧されるだけですから、集まって組合をつくって申し入

れる。労働争議というのは、考えますと当然、という気もします。これを解決するためには労使が合意できる労働の基準が必要です。そこで医者が中立的な立場から労働条件や労働環境に関する研究を行い、労働に関する基準づくりをしましょうという流れの中で生まれてきたものが、アーゴノミクスという話になるわけです。この流れは現代の労働基準法に引き継がれています。アーゴノミクスは、衛生や健康を通じて安全に寄与しているといえると思います。

一方で人間工学として、ヒューマン・エンジニアリングという語があります。これは20世紀初頭、航空機が実用化されてきたころにさかのぼることができます。このOHPをご覧ください（OHP省略）。1930年初頭、実際に使われた航空機のコックピット計器盤です。これが高度計で、こちらが速度計です。実はよくよく見ますと、速度計は目盛りが時計回りに振ってあります。スピードが出ますと、針が時計方向に動きます。一方で高度計は目盛りが逆時計回りに振ってありまして、高くなればなるほど針が逆時計回りに回ります。さらにまずいことに、高度計と速度計の位置が標準化されておりませんで、飛行機によっては、速度計と高度計の位置が逆となっている場合もあったようです。

当時、航空機械の方たちはメーターへの関心はほとんどなかったのだと思います。つけておけばいい、つけておけば後はパイロットがちゃんと読んでくれる、という程度の感覚ではなかったのかと思います。しかし、これを操縦するパイロットの立場からしますと、非常に困ったことになるわけです。

（**OHP 2**）これはまた別の航空機のキロワットアワー計ですけれども、お読みいただけますでしょうか。文字盤と針が4セットありますが、ひとつ起きに累進方向が違います。これをぱっと読めと言われても、地上でもちょっと躊躇してしまいます。まして、飛行機を操縦しながら読みなさいと言われたら、これはとても困ったことになってしまいます。

実際、当時、メーターの見誤り、見間違いということで事故が多発いたしました。そこでアメリカ人はこう考えた。そもそもメーターを見るのに特別な努力や注意、教育訓練が必要なものをつくってはいけないと。当時の日本軍ですとおそらく、根性がないとか言ってメーターを見る訓練をしたのではないかと思います。アメリカはそうではなくて、人間の心理や生理に基づいたシステム設計をしないといけないと考えたわけです。ヒューマン・エンジニアリングという人間工学は、このような考えの中から生まれてきた、システム設計技術といえると思います。

OHP 2

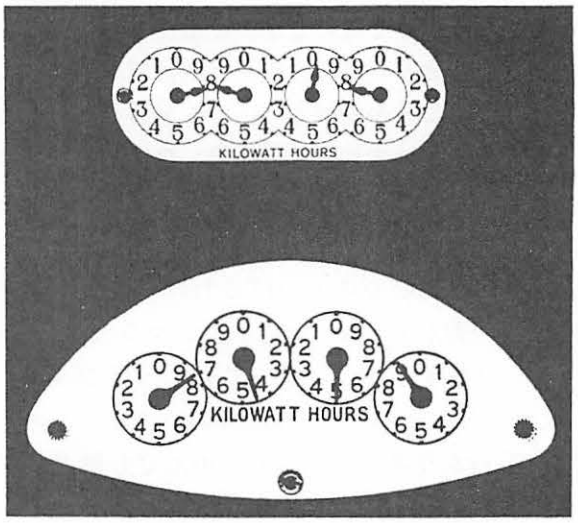


FIGURE 1–3. *Dials from two types of kilowatt-hour meters in common use. Can you read the indications?*

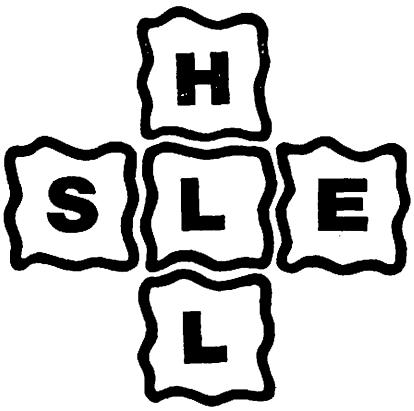
（Capanis, A : Man-machine engineering, 1965より）

日本では、アーゴノミクスとヒューマン・エンジニアリングを合わせて、人間工学といっておりますが、人間工学は長らくあまり日の目を見ない技術でした。日本は、基本的には靴に足を合わせるといいますか、根性論のような文化があり、システム設計の必須技術として理解いただけるようになったのは、最近のことではないかと思っています。

ところで、今回のメーンテーマであります ヒューマンエラーの防止という観点では、人間工学というより、むしろ、ヒューマンファクターズとかヒューマンファクターなどといわれることが多くなりました。と申しますのは、人間工学の目標は必ずしもヒューマンエラーの防止だけではなく、健康とか快適ということも重大な関心事であ

OHP 3

ヒューマンファクターズ：SHEL モデル



ることや、一方、ヒューマンエラーの防止には、行動科学、産業心理学や組織心理学など、人間を扱う他の領域も深く関与していることなどがあるためと思います。

（**OHP 3**）ところで、ヒューマンファクターズという考え方は、つかみどころがない、というようなことを申し上げましたが、現在では、ベースにSHEL モデルといわれているものを置き、このベースの上に議論を進めていくということが大体標準的な考え方になってきております。これは何かといいますと、人間がヒューマンエラーを起こさない、逆に言いますと正しく物事を行っていくためには、このモデルであらわされているLと、S、H、E、Lの関係性を整えていこうという考え方です。

このモデルの真ん中にありますLは、ライブウエアで自分自身をあらわしております。働く人、すなわち自分自身であります。この働く自分自身は、裸で仕事をしているのではなく、周辺にありますS、H、E、Lに囲まれ、これらを使って仕事をしているといえます。

まずHは、ハードウエアであります。作業するときに使われる道具や設備機器がハードウエアであります。Sはソフトウエアです。これは作業手順や作業指示、またそれが書いてある手順書、指示書の体裁、さらには指示の出し方など、ソフトウエアに関係するもの。Eはエンバイロメント、環境です。物理的環境といわれる照明とか騒音などの問題がメーンですが、労働時間などの時間環境も入るかもしれません。Lはライブウエアで、同僚や上司、チーム作業での一緒に仕事をする人たちや、作業者に対して指示をする人など、人間環境をあらわしております。

真ん中にあるLは、これらの各要素との関係の中で働いています。そしてこれらの要素の界面に隙間が生じるとイコール、エラーを起こすという理解です。界面のところに隙間をあけてはいけない、隙間があくとエラーから事故につながるという話であります。

問題は、中心のLの信頼性は、常に揺らいでいるということです。夜ですと眠くなってしまうとか、体調が悪いと病気になってしまうし、気分によって変動する。一方、周辺の各要素も変動いたします。自然環境は当然変動いたしますし、設備機器の状態も固定的ではなくて、機械の調子が変わるというように、信頼性が変化します。周辺の人たちも疲労などで状態が変わります。ですので、このダイナミズムの中で、界面の隙間をなくしましょうという考え方をしていかなければ、ヒューマンエラーや事故はなくなっていかないということです。これがSHEL モデルの表すことであり、ヒューマンファクターズという考え方です。

ところで、界面の隙間をなくすためには、二つのアプローチが考えられます。

一つは自分がしっかりするということ。ABCにありましたように、当たり前のことをぼんやりしないでちゃんとやるということです。ただし、「ちゃんとやる」はよいのですが、掛け声だけではダメで、具体的に何をどう注意すればちゃんとできるのか、注意点をきちんと誘導し、また本人も自覚しなければ、正しく行動できないという問題があります。もう一つは、先ほどの航空機のメーターにありましたように、頑張りで回避できないようなことを「頑張れ、頑張れ」と言ってもそれはできないことになってまいります。人間には限界がありますから、逆に周辺要素のほうを人間に適合するように調整することも必要です。

さらに申しますと、周辺要素を変えることで、中心の人間の行動が変わってきてしまうこともあります。先に述べましたように、道路を真っすぐ

にいたしますとスピードを出してしまうという話であります。従って、LとSHELの関係を、ダイナミックにとらえて隙間をなくしていきましょうということを考えていく。それによって、いわゆる人的ミスに起因する事故をなくしていくということで発展してきておりますのが、ヒューマンファクターズという技術領域とご理解いただきたいと思います。このような考え方は、航空業界のほうで出てきたもので、まだ揺籃しているところがありますが、徐々に力をつけ、他産業にも大きな影響を与えている技術領域とご理解いただければ、ありがたく存じます。

ヒューマンファクターの具体的な内容ですが、ICAO（国際民間航空機関）のヒューマンファクター訓練マニュアルをみますと、具体的にヒューマンファクターとして考えるべきこととして、人間の能力の限界ですとか、マン・マシン・システム、健康、疲労、睡眠、選抜、チーム、コミュニケーションという話が出ております。これらのことを航空界では徹底し、人的ミスといわれる事故を防止していきましょうということです。

さて、ここまでは、ヒューマンファクターズの概念のお話ですが、それでは、これを具体的にどのように産業のほうに展開していくのかということで、私は仕事をしておりますので、それについて少し紹介したいと思います。今からお示ししますのは、実は先週、ある病院でお話をさせていただいた資料そのものですので、少し医療に偏った話題が多いかと思いますが、お許しいただきたいと思います。

ヒューマンファクターズの終局目標は、とにかくヒューマンエラーが事故の原因になりますので、ヒューマンエラーを起こさせないということになります。ヒューマンエラーの定義はいろいろとありますけれども、基本的には、「すべきことが決まっているときにそれをしなかった」とか、「違うことをした」場合に、我々は後づけ的にエラーと言っています。これは野球の場合も全く同じです。ゴロのボールが来ます。当然とらなくてはいけないという野球のルールがあり、観客も当然捕れると期待しているときに、それをとらなかったとか、とれなかったとかとときに、私たちは後づけ的にエラーと言っているわけです。

OHP 4

【不適切行為の形態】

【能力限界型】
- 錯視、生理的・身体的能力を超える行為
- うっかりぼんやり、し忘れ、やり忘れ、し落し（不注意）

【初心者型】
- 知らなかった（知識不足）
- 腕前が不足（技量能力不足）

【ベテラン型】
- 思い違い、考え違い、やり間違い（過失・錯誤）
- 好意や手抜き（違反）

【チーム型】
- 知らされていない、行き違いがあった（意思不疎通）

問題は、この人がなぜボールをとらなかったのかとか、とれなかったのかということを考えていくことです。実はボールをとらなかった、とれなかったという理由を考えますと、かなりバラエティーに富んでいるということに気がつきます。

（**OHP 4**）まず能力の限界型。ボールが光ってしまって、球筋を見間違えたり、あまりに球が速くて、人間の走力を超えるようなことになってしまって、エラーが起こったという場合です。

草野球の場合ですと、本人はちゃんとやろうと思っていたのだが、腕前が足りずにできなかったのかもしれない。技量不足です。あるいは、そもそもボールをとるということを知らなかった可能性もあります。知識不足です。教えられていないということでの知識不足ということもあります。この場合は、球をとっちゃいけないのかなと思って、「何、これ？」という感じで見ている。これは結果的にエラーになりますが、ちょっとヒューマンエラーという言葉にはなじまない気もいたします。

思い違いとか、考え違いとか、やり間違いということもありえます。後ほど詳しく申し上げますが、これはベテランに多いエラーです。いつも大体こういうのはこっちに来るんだよと思って、いつものところで体が動いたんだけれども、実はその日に限ってボールはあっちに行ってしまった、というようなことです。

また、手抜きかもしれません。もしかしたら八百長かもしれないという話もあります。こうなりますと、エラーといっても、故意、違反というこ

とになります。

あるいは声のかけ合いが不足していて、もう一人がとるだろうと思っていてやらなかったというチーム型のエラーということも考えられます。

結局、結果的にボールをとらなかったということでエラーとなり、点をとられる、つまり事故となるというわけですが、原因系から考えますと、エラーの原因、理由はかなりバラエティーに富んでいることがわかります。従来我々がミスとかエラーと言っているのは、うっかり、ぼんやり、思い違いというあたりを想定しているところではないかと思いますが、実はそれだけではない。故意、違反ということも含まれます。そういうことを考えますと、ヒューマンエラーとかミスなどという軽い言葉ではなくて、私としては、むしろ不適切行為という用語を使ったほうがよいのではないかという気がしております。

ところで、我々は、すべきことをきちんとしてもらいたいわけですから、すべきことをきちんとしてもらうための対策を考えていく必要があるわけです。対策を考えるときには、なぜこの人が不適切な行為をしてしまったのかという、原因のところにもっと着目した上で、対策を訴求していかなくてはいけないのではないかという気が致します。そこで次に、原因から見たエラーの種類別に、それへの対応の訴求先を考えて行きたいと思います。

まず能力の限界型について考えます。能力限界型というのは、そもそも人間が持っている特性に反することをさせたために生じたエラーです。OHP 2 にお示しした航空機のメーターの話は、累進方向は統一していなくてはならないし、ぱっと見て人間の視力でもって読み取れる文字の大きさにしないといけない。

「テレビのリモコン」という新聞の投書があります。若いお嫁さんが86歳のおじいちゃんにテレビを買ってあげたら、おじいちゃんがテレビを見られないという話です。何かというとテレビのリモコンのボタンが小さい。86歳のおじいちゃんは、ボタンを同時に二つ押してしまう。その結果番組の見間違え事故を起こすという話です。この場合本人をつかまえて、「おじいちゃん、しっかりしなきゃだめでしょう」と言うのはいじめになってしまうわけです。これは本人の努力とか教育訓練とか注意喚起で回避できる問題ではない。基本的にはボタンを大きくしなくてはならないわけです。実はこの種の問題は、人間工学では古くから検討されておりまして、ボタンのサイズは12ミリ、ボタンとボタンの間隔は19ミリが基準です。なぜかと申しますと、指紋をつけたときの指紋の直径が大体12ミリです。大した話ではなくて、接触面積を確実にカバーできれば押し間違えは生じない。また、隣接して二つの指紋をつけますと、中心間の距離は約20ミリです。隙間があいていれば同時に押さないという話だと思います。この基準に合わせて大きなボタンとしたリモコンが発売されておりますが、このくらい大きなボタンのリモコンを押し間違えたら、本人がうっかりしていると言っていいのかもしれません。

結局、能力限界型のエラーは、基本的には設備機器で回避するしかない、対策はハードウエアのほうに求めなくてはいけないたぐいのものです。

労働現場ではKY（危険予知）と指さし呼称があります。きょうの仕事だとここが危ないからみんな気をつけよう、意識的に指をさして危険箇所を確認しようということです。これは大変効果があることですが、しかし、これをやり過ぎてしまいますと、危険なところを放置したままみんな注意しましょうという話になってしまいます。本来的にはKYは、改善対象を見出すことが先決で、改善できるにもかかわらず、それを放置したまま、ハードウエアの欠陥を人間の注意で回避することになっては、本末転倒ではないかと思います。

しかるに、これはある大学病院で起こった事故ですが、この手のものはちょっと話が違ってくる。どういう事故かといいますと、手術後の患者さんがちょっと興奮状態に入ったのでので、本来だと鎮痛剤を注射しなくてはいけないのですが、研修医が自分の判断で麻酔薬を注射した。その結果、患者さんが死亡してしまったという事故です。これは、研修医が麻酔薬の危険性を知らなかったために生じた事故です。要するに知識不足です。また、これは同じ大学病院ですが、別の研修医が、栄養剤を胃に入れるために口から胃に管を通して

いたのですが、研修医の腕前が不足しておりまして肺に入ってしまった。それに気づかずに栄養剤を注入した結果、肺に栄養剤が入ってしまい死亡した事故です。この場合は、胃に挿管すべきことは知っているのですが、要するに医者が下手なんです。腕前不足という話です。

これらは、職務を行うのに対して必要なだけの技量とか知識を持たずに現場に出されてしまったために起こった事故ではないかと思います。基本的に、これは初心者型のエラーということになってまいります。

この手の問題ですと、頑張りなさいと言っても、できないものはできないという話になってきます。本人の責任というより、むしろ組織自体の体制とか体質的な問題が根本にある。つまり、職務で必要となる技量とか知識のアセスメントが不十分なまま、能力が足りない者を、指導計画も立てず、指導者もつけずに現場に出していることが問題です。これは基本的には教育訓練をするしかないという話になってきます。

ただ、私たちは、特に作業手順に関する教育をする場合には、ノウハウを教育するのではなくて、ノウホワイを教育しなくては、この事故は防げませんということを申し上げます。例えば、茨城県のJCO社臨界事故がそうだったと思うのですが、作業員は作業手順や臨界教育は受けていたらしいのですが、なぜこのような作業手順があるのか、自分たちの仕事に臨界ということがどうかかわっているのか、ということは教えられていなかった様子です。その結果、自分たちで、もっとやりやすい作業方法を考え出し、その結果、事故が起こったという話です。ですから、初心者に対しての教育訓練でもって対応をとりなさい、それしか道はありませんよということは申し上げますが、そのときに、きちんとなぜそうなのか、なぜそういうふうにしなくてはいけないのか、くれぐれも原理にさかのぼって教育をしないといけない、ということを申し上げます。

ちなみに、初心者型というのは、何もほんとうの初心者に限った話ではありません。化学工場ですと、工場長が転勤して新任工場長が入ってきて3カ月後に大事故が起こる、ということを聞いたことがあります。前任工場長から新任工場長に、プラントの運転手順書やノウハウは引き継がれているのですが、手順書の理由が引き継がれていない例が多い。最初は新任工場長は前任工場長から引き継いだとおりに作業をしているのですが、3カ月ぐらいするとまずい点が目についてくる。もっと安くできるはずだとか、能率的にできるはずだと。そのとき、ホワイが引き継がれていないと、手順をいじり出すわけです。すると、とんでもないところに飛び火してしまう。だから手順が変な手順であればあるほど、なぜそうなっているのかという理由とともに引き継がなくてはいけないということです。

そういうこともひっくるめまして、知識不足とか、技量不足は対応としては教育訓練ですねということになってまいります。

ところが過失型というエラーは、また別のタイプのエラーです。

細かい話に入ってしまって申しわけございませんが、これはある病院の例です。ボンベ庫に炭酸ガスボンベと酸素ガスボンベが、両方収納されていたところから問題はスタートします。患者に酸素吸入をするということで、ベテランの看護師が酸素ガスボンベをボンベ庫に取りに行った。症状が急変している状況だったらしいので、慌ててボンベを取ってきたと思われますが、このとき、炭酸ガスボンベを取ってきてしまった。それを酸素マスクにつないだ。つないだらこれもまずいことに、口金が合ってつなげてしまったのです。しかしだれも気づかず、患者さんにガスを吸わせていたら、最後は窒息して死亡してしまったという事故です。これはボンベ取り違いということがヒューマンエラーです。これは不注意ということになってしまいますが、エラーを起こした本人を呼んできて「なぜ、あなたはこういうことをしたの」と問い詰めたところで本人も答えが出てきません。自分でもよくわからないのです。

横浜市立大学で患者取り違え事故というのがありましたが、実はあの手の事故は過去にも起こっています。1993年には熊本市民病院で全く同じようなタイプの事故が起こっております。また、輸血ミスも、時々新聞に報じられます。これは輸血

はしているのですが、違う血液型を輸血したというものです。また、ある大学病院では、加湿器に蒸留水をセットすべきところ、エタノールのボトルをセットしてしまいまして、一週間近くだれも気づかず、患者が死亡したという事故があります。

これらの事故では、だいたい、エラーを起こした人が、業務上過失致死か何かで送検されて法律的には終わってしまいます。しかしヒューマンファクタ的に見ますと、これで話を終わらせることは出来ません。

これらのエラーを復習いたしますと、作業者は、知識不足でも技量不足でもない。それから能力の限界を超えたことをさせられているわけでもないです。これらに共通していることは、すべてやることはやっています。ボンベはセットしてガスは吸わせています。血液は入れていますし、誰かに対して手術はしているんです。ただ、やることはやっているが、対象が違っています。つまり、B型とかA型という血液型、何々さんという患者さんのお名前、このガスは酸素か炭酸ガスかという、要は「識別子」の識別ができていない。

この種のヒューマンエラーは、初心者はまずしません。ベテランになるほど増えます。そもそもベテランは仕事が早いですが、なぜ早いのか、という話があります。ベテランの仕事が早いのは、体が勝手に動くからなのです。つまり確認すべきことの確認を飛ばしているから早いとも言えます。ですから、ベテランの起こした“信じられない初歩的ミス”ということになるわけです。

この手のものは、基本的には類似したものを同じところに置くのはやめましょう、外観などは類似させないようにしましょう、また酸素ボンベと炭酸ガスボンベの口金を変えるなど、エラーをしたら気がつくようにしましょう、などという対策を講ずる必要があります。やむを得ず類似したものを同じところに置かざるを得ないのであれば、識別子の部分—A型かB型かとか、何々さん何々さんとか、アルコールか蒸留水かという識別子部分—を意識化させる癖をつける、つまり、その部分について声を出して確認するという対策をとらないと、なかなかなくなりません。

よく病院ですと、複数監査、クロスチェックという話がありますが、クロスチェックする場合も「血液よし」とか「ボンベよし」ではなくて、「A型よし」「酸素よし」と、識別子部分をクロスチェックしないといけない。つまり、注意すべき対象が識別子部分であるということを知った上での注意でなければ意味がないと思います。

ある病院でこういうお話をしたのですが、背筋が寒くなったと院長が言っておられました。実際、病院というのは、お薬は似たものがありますし、患者さんも似た症状の似た年齢の患者さんが多いですし、悩ましいところです。患者の側も、病院にかかるときは、クロスチェック役として、くれぐれも注意しなくてはいけないなと思いました。患者も取り違えされるということを前提に置いた上で、今度は自分の診察順なのか、自分の薬は大丈夫か、と自己管理するというのも必要ではないかと思いました。これはちょっと余談です。

ヒューマンエラーのタイプとして最近、話題に上がるものに、意思不疎通型とかチーム型というものがあります。これは今までのヒューマンエラーとは若干雰囲気が違います。今まで申し上げたのは、ある特定個人がすべきことをしないとか、すべきことができないという話です。一方、このタイプは、チーム全体が、大切なことをスポンと見落としてしまうようなものです。

例えば、ある病院で、患者さんにモルヒネを10倍量投与したという事故がありました。末期がんの患者さんが苦痛を訴えられたので、麻薬であるモルヒネを注射するという話です。麻薬ですので、横流しなどがあると大変なことになりますので、どこの病院でも麻薬取締法か何かだと思いますが、非常に厳しい管理がなされています。注射のたびに払い出し伝票を起票し、薬剤部に行って検認を受けて払い出しを受け、残ったものは返却伝票を起こしてまた戻すというようなことです。これがこういう事故になります。

そもそもの発端は、担当医から婦長が、この患者さんにモルヒネを80ミリグラム注射しなさいと指示を受けた。そこで麻薬注射伝票を起票したのですが、80ミリグラムと書くべきところ、80アンプルと単位を書き間違えてしまいました。80アンプルといいますと80本です。その伝票を受け取っ

たメッセンジャー役の看護師が薬剤部に行った。すると薬剤部は80本くれた。10人分です。戻ってきて、今度は患者さんの担当の看護婦が80本アンプルを切って800ミリグラム注射してしまった。800ミリグラムのモルヒネを注射したので、患者さんは急性麻薬中毒で死亡してしまった。

これは何だろうと思うわけです。そもそもの発端は単位の書き間違えという、先ほどで言うベテラン型ですが、その後それを受け取った看護師も「いいのかしら」、薬剤部も「80本、ほんとうかね」と聞かなかったのか。最後に注射する看護師も、アンプルを80本切りながら、不審に思わなかったのか疑問です。チームの誰かが気がついてもおかしくないのだけれども、だれも何も言わない。麻薬のことを知らないのか、本当に気がつかなかったのか、気がついたが言わなかったのか…。この事故では、婦長以外の人は自分が指示を受けたことは「正しく」やっています。つまり80本くれと言ったからあげているし、80本注射しろと言われたからやっている。でもそれに疑問を持たないし、確認をしないことが問題なわけです。わかりませんが、この病院は職場の雰囲気が悪くて、みんなやる気がなく、しかも婦長がすごく権威的な怖い人、あるいは全く逆に、絶大なる信頼を集めていた人だったのではないかと思います。その結果、伝票を受け取った人もアンプルを切る看護師も、不審には思っても、尋ねると怒られるんじゃないかしらとか、逆にあの婦長が言っているのだから絶対に間違いないだろう、などというような態度だったのではないかと思います。

横浜市立大学病院の患者取り違え事故も、チーム型のエラーといえると思います。ここでは看護師さんもお医者さんも、皆さん不審に思っています。この患者さんはちょっと違うのではないかと。でも、まさか違うなんてことはないよね、看護師が間違えるわけがないよね、と自分で自分に言い聞かせてしまっている。

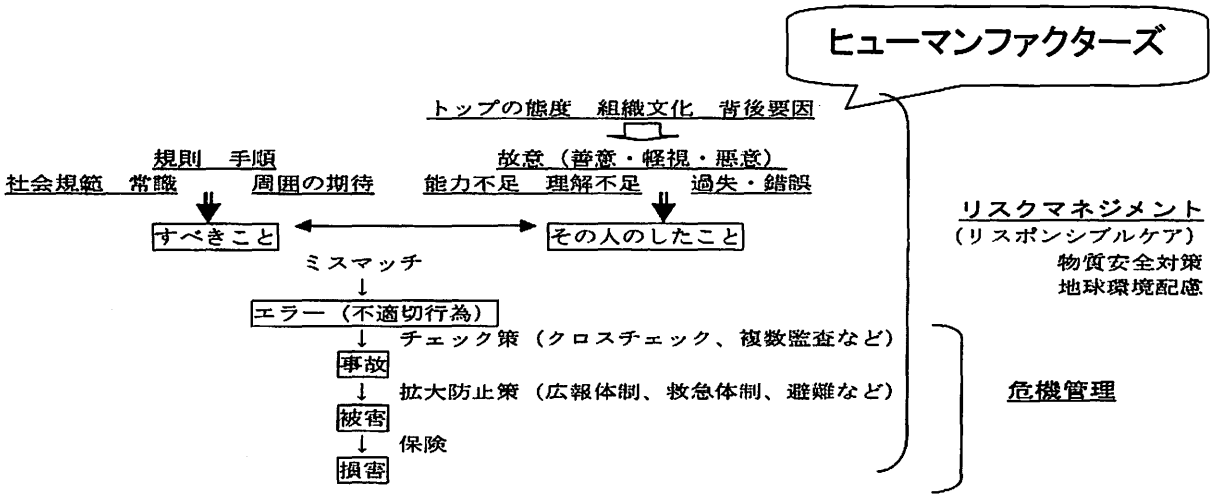
最近、チームで作業を行う職場が非常に増えてきたのではないかと思います。医療もチーム医療になっておりますし、航空機であればクルーで飛行機の運行をします。産業でもシフトチームで作業を引き継ぐケースも多い。プロジェクト型で仕事を進めるケースも増えてきています。その場合に、意思の不疎通や、過信頼、過遠慮のようなことで起こってしまう、チーム全体のエラーとでもいえるのではないかと思います。共通点としましては、個人はそれぞれ自分が言われたこと、自分の仕事はちゃんと果たしている。だけれども、自分の責任とはされていないことや、人の仕事に、興味や関心を持たなくなってきてしまっている。

今まで日本人は、集団型オフィスのような形で、ほかの人がやっていることに関心を払いながら、責任の所在が意外とあいまいながらもチームで仕事ができていたと思いますが、最近、わりとドライといいますか、あまり人の仕事に口出ししないのが美徳のような感じになってきています。一方で責任の所在の曖昧さは相変わらずですので、ここのところで、何かすぽーんと抜け落ちが起きてしまっているのではないかと思います。

そもそもコミュニケーションというものは、とりにくいものです。私は航空機事故にはそれほど詳しくはないのですが、航空機事故では、意思不疎通に起因する事故が多いといわれています。そこで、航空会社は、飛行機は機長一人が飛ばしているのではなくて、クルー全員で飛ばしているのだから、クルーの意思の疎通をうまく図らなくてはいけないということで、従来よりCRM（crew resource management）と申しますが、コミュニケーション訓練を行っています。さらに、静岡県沖で起こりました日本航空機同士のニアミス事故（2001.1.）の原因のひとつに、地上管制官と機上との間のコミュニケーション齟齬があったように、クルーといっても、何も機上職だけではないことから、CRMの考え方や訓練を、地上整備員や、運行管理者、管制官などにまで広げようということを進めていらっしゃるそうです。

私は事業所に訪問した時には、丸の上に三角印をかいてみてくださいとよく申し上げるんですが、「丸の上に三角をかく」というシンプルな指示でも、丸と三角を重ねてかいたり、丸の上方に三角をかいたりと人によってかき方はまちまちです。これだけ単純なことを相手に伝えようとしてもうまく伝わらないんだから、お互いに過信頼、過遠慮状態で疑問に思ったことを声出ししない

OHP 5



と、とんでもないことになる、ということを申し上げるんです。すると職制や職位が違うと声を掛けにくい、ということをいわれる方もいらっしゃるのですが、そのときに、航空機であれば乗客の利益のもとに声をかけ合いましょう、病院ですと、患者さんの利益のもとに疑問に思ったことを口に出しましょう、と自分たちの仕事の使命のもとに声を出していますよ、ということを申し上げます。

以上ご説明してまいりましたように、ヒューマンエラーと一口に申しましても、かなり種類がある。結果的に見ると、することをしていなければエラーなわけですが、原因から見ますとかなりバラエティーに富んでいる。そこで的確に対策をとることが大切です。ある場合は教育訓練が有効だし、ある場合はチームコミュニケーション訓練が有効である。それぞれの職場に応じた対応をとっていく必要があるというわけです。

ヒューマンファクターズのほうでは、具体的にどうすればよいかという対策については、かなり準備されてきております。問題は対策が的確にとられていないことではないかと思います。自分たちの事業所は一体どういうタイプの事故が起こるのかの確認ができないまま、どこどこでやっているからうちの職場でもやってみようとか、他の会社で成功したからうちでもやってみようという感じでやっているのが問題ではないかと思います。

こういう対応を考えていただく時にもう一つ申し上げておりますのが、やはり背後要因を考えなくてはいけないということです。この辺はちょっと精神論的になりますが、「忙しい」と「忘れる」という漢字の由来は、ともに「心を亡くす」ということだそうです。忙しければ忘れるし、心が亡くなるから形だけしか仕事ができない。だから忙しいときには気分を落ちつけましょうと申し上げます。「心が荒む」と「慌て」、「真心」がある人は「慎み深い」そうです。事業所でこういう話をすると興味を持っていただけるんです。そういう心持ちということもひっくるめて対応をとっていくことが重要ですねということを申し上げたりもします。

（**OHP 5**）こうした背後要因もひっくるめまして、不適切行為に対して的確な対応をとっていっていただきたい。これが実はリスクマネジメントの一つということになってくるわけです。最近、病院でもリスクマネジャーという職制が定められてきておりまして、リスクマネジメントという言葉もかなり浸透しております。

リスクマネジメントでは、エラーが起こった後の対応を事前に考えておくことも重要です。病院であれば、直ちに応援の医師を呼び、救命する体

制を整えておくことが必要です。また不幸にして患者さんが死亡した場合には遺族に対してきちんと説明するとか、保険金で補償するなど、ある意味で危機管理的なことかもしれませんが、それらの対応を、事故が起こらないときにも考えておきましょうということです。もちろん、そもそもエラーや事故が起こらないようにすることが先決で、この事故前後の対策をまとめてリスクマネジメントと言っています。ヒューマンファクターとは、事故を起こさないために、すべきことをちゃんとさせるためにはどうしたらよいのか、場当たり的ではない、人間を中心とした諸要素の関係性をよくすることです、という説明をします。

ということで、エラーを起こすのは人間の“さが”ですが、しかし許されない。では、どうするか、という前向きな対応を一人一人がとっていきましょうということで、事業所の研修の場合には、めでたし、めでたしで終わります。

ところで、実は最近、個人的に非常に心配になってきておりますことに、どうも今までに申し上げたヒューマンファクターズでは、限界があるのではないかということがあります。今までご説明してきた不適切行為は、基本的には性善説に立っているのではないかと思います。つまり、ヒューマンファクターズは、善意がある人々からなる組織集団において、ある人がきちんと物事が出来ない時に、どのような対応を取っていけばよいか、という発想から来たものと思います。しかし最近、新聞紙上で騒がれておりますものを見ますと、何か、悪意や犯意に近い問題が、むしろ問題になってきている気がします。例えば、三菱自動車がリコールを長年にわたって隠していたという話とか、雪印乳業の問題、狂牛病問題、食肉の産地偽造問題、大阪のユニバーサルスタジオでは期限切れ食品を使用していたなどは、今までご説明してきた不適切行為とはかなり異質な感じがいたします。また、最近、航空機の中で携帯電話を切らない旅客や、満員電車で、いくら車掌が携帯電話を切りましょうと言っても、平然とメールをし続けている人を見かけます。こういう問題は、確かに人間の問題だからヒューマンファクターなのでしょうが、一体何なんだろうと思います。

この種の問題は、先ほどからお話をさせていただきましたヒューマンエラーの枠組みということからすると、分類上は、規則違反ということになるのかと思います。しかし、ヒューマンファクターのほうで扱ってきた規則違反は、基本的には性善説というか、そんなに性悪説には立ってはいないと思います。

例えば、山形県のある町の戸籍係の規則違反をご紹介します。戸籍台帳がインクのしみで非常に汚れていたので、こんな汚い戸籍台帳をコピーしてあげたら気の毒だということで、戸籍係がきれいに書き直したという話です。戸籍台帳は法務大臣の許可を得ないままつくり直してはいけないという規則があります。当然、戸籍係はそのことを知っておりますが、あまりにも気の毒だというのできれいにしてあげたのでしょう。非常にのどかな山村の町役場で、戸籍係りも善意ある方で、多分暇だったのでしょう。これは好意による規則違反で、基本的に性善説があだになった感じです。

次に、ある遊園地の観覧車の事故をご紹介します。閉園のときに電気を落とすわけですが、特定の空のゴンドラが一周したら、電気を切る、その間にお客さんを乗せてはいけないという規則があります。ところが寒い冬だったようですが、客足も遠のく時間帯ですので、ゴンドラの一周を待たずに、お客さんは多分だれも乗っていないよね、と電気を切ってしまいました。ところが実際には、中学生たちが残っており、一晩閉じ込められてしまいました。これは手抜きですが、悪意というほどの悪意ではない気がします。ちょうど、脚立を登るときに留め金をかけないのと同じように、面倒臭いから、というようなもので、もちろん許されることではないのですが、しかしだれでも起こりがちな感じもします。この種の問題は、私たちもヒューマンファクターズで考えて参りましたが、しかし、先ほど申し上げたような大企業の屋台骨を揺るがすような問題は、ちょっと異質な感じが致します。

例えば、石川県の牛乳メーカーでの問題をご紹介します。ここでは、採算重視のため、品質保持期限を改ざんしたり、パイプラインを洗浄した後きちんと塩素水を出さずにパック詰めを始めてし

まい、給食で大勢の小学生が塩素入り牛乳を飲んで嘔吐したという事故を起こしました。社長が県庁におわびに行ったのですが、そのとき記者に思わず漏らした言葉があります。社長が何と言ったかというと、「現場のことはわかりません。そういう体質の会社なんです。私がつくったんじゃない。そんな会社はいくらでもあるでしょう。創業時からずっとそうです。」とうそぶいた。社長がこういうことを言ったら終わりだね、とあきれてしまいます。これは、コストダウンといっても、何かがおかしいという気が致します。学校ですと、以前、非常に問題になりましたが、担任の先生が子供のいじめに加担してしまって、子供が自殺したということがあります。これも不適切行為ですが、しかし、何か根本的におかしいというか、今までのヒューマンファクターズでは、全く想定していなかった問題であるとの気が致します。

ちょっと話が飛びますが、人間のスケールと、それを扱っている技術領域を整理すると、乱暴な整理の仕方ですがこのような形になるかなと思います。個人を中心としまして、パーツを扱っている領域があります。一番小さなパーツが遺伝子で、これを扱うのが遺伝子工学です。次に、細胞は細胞工学があります。臓器を扱っているのが臓器工学、知覚や認知を扱っているのが認知工学、人体を扱っているのが生体工学。基本的にはこれらは、パーツを扱っているところだと思います。

一方、もう少しスケールが大きくなりますと、個人の顔が見えるようになります。個性ある個人の行動を扱っているのが、人間工学や、行動科学、生活支援工学など。さらに、生活者とか家庭とか、職場とかのコミュニティを扱っているのが、人間生活工学や生活科学となると思います。さらに大きな人間集団を扱うとなりますと、経営工学や社会工学などとなるのではないかと思います。ここまできますと個人の顔は見えず、法人など組織の顔になります。

人間パーツを扱う時には、人間の価値観は問題にはならないと思いますが、個人の顔、法人の顔というオーダーですと、個人の価値観が、問題を議論するときの前提として、大きな問題となると思います。先ほどの担任の先生による子供いじめとか、社長がうそぶいた乳業メーカー、食品の日付改ざんなどということは、この、「価値観」という部分が、何か変質してきているために起こっている共通原因故障のような気がします。この「変質」を変えることが必要なのではないかと思うのですが、ここまで、我々の工学としてのヒューマンファクターズで対処すべきなのか、対処できないのか、あるいは、すべきではないのか、個人的によくわからないのです。

話しは飛躍するかもしれませんが、このことに関連しまして、最近、興味深い本を読みましたので紹介させていただきます。これは、ヒューマンエラーや事故とは全然関係のない本です。成蹊大学の竹内先生がお書きになられた『法と正義の経済学』という本があります。これは経済学的に見た法律のコストベネフィットを議論するという話で、非常におもしろい。例えば、刑罰は社会コストとして見合うのか見合わないのかなどという議論でした。

その中でこういう指摘がありました。要点をまとめますと、「私たちの社会は非常に最近変わってきているところである。あまりいい方向には向かっていない。我々の社会は、戦前は専制社会であって自由はなかった。戦後になって、不自由社会になったけれども、過保護社会であった。例えば、大蔵省が銀行のはしの上げ下げまで指図する。非常に不自由であったけれども、行政の言うとおりに行動していれば間違いはなかった」というわけです。ところが、現在はリベラル社会であるというふうに、この先生は言われます。これは、「悪いことはしてはいけませんよ。でも悪いことをしても、あなたは死刑にはなりません。」つまり個人の行為によるコストは社会が負担するという社会構造であると言っておられる。つまり、失敗して社会に迷惑を掛けても、あなたは罰せられることはありませんということを、社会が保証しているというのが、この先生の指摘です。この先生は、このままだとだめですねということを言っておられます。日本の命運は、自由社会に移行できるかどうかがかぎであるということを言われておりました。

それでは自由社会とはどういう社会かという

と、「悪いことでも何でもやりたければご自由にどうぞ。ただし、悪いことをすれば、その責任のためにあなたは死刑になるかもしれません」—つまり、自己決定権を認めるが、自己責任もとらせなくてはいけないということを言っておられる。どうも先ほどの話のヒューマンファクターが想定していなかったヒューマンファクター問題というのは、規制緩和などに現れているように、時代が過保護社会から自由社会に移行しているにもかかわらず、リベラル社会で行動しているようなところが関係しているような気が致します。

余談ですが、私は昭和30年代から40年代に小学校に行った世代ですが、確かに、「先生の言うことをちゃんと聞きなさいね。言うことを聞かない子は悪い子ですよ」と教わりました。言うことを聞かない子は、個性的であっても悪い子で、不自由ではあるが先生のいうことさえ守っていればよかったので、ある意味、楽でした。一方、私の子供は小学生から中学生ですが、私の子供は「みんなの前でちゃんと自分の言いたいことを言える子がいい子なんですよ。先生の言うことを聞くだけじゃだめですよ」ということを言われている。国際化の中にあって、自分の意見を言うことはとてもよいことと思いますが、もしかしたら、自分の言いたいことを言うことのみが推奨され、行動の自己責任ということが置き忘れられていないか、少し心配になることもあります。

ところで安全という話題に戻りますと、教育という話になって参ります。安全は、やはり小さい時からの教育が大切ですね、ということを随所で耳に致します。このとき、現在の安全教育はリベラル教育であって、自由社会教育となっていないようなところが、もしかしてあるのではないか、ということも考えに入れる必要があると思います。

現在、小学校などでも安全教育はかなりなされております。私の娘に、「学校で何か安全の勉強をした？」と言うと「うん、した」と言って、得意になって話してくれます。まず、電気の正しい使い方などの知識教育を受けているようです。また、インターネットで自分の住所とか電話番号をむやみに公開してはいけない、パスワードを人に教えてはいけない、知らない人とパソコン通信をみだりにしてはいけないなど、要は、被害者にならない教育も受けています。ですが、加害者にならない教育としては、どのような教育を小学校で受けているのか、ちょっと良く分からない感じも致しております。

極端な言い方ですが、倫理教育とは、加害者にならないための教育なのではないか、という気も致します。従来の日本は、この部分を、学校で改めて教育をしなくてもよかったのではないかという気も致します。その部分は、ある意味で、日本人の文化というかコンセンサス的なところであったような気が致します。その上で、ヒューマンファクターズが展開されていた。しかし、最近、このコンセンサス的なところが崩れてきてしまっている感じが致します。

私の研究室の学生に日本の昔話を知っているか尋ねたところ、さすがに桃太郎、かぐや姫は知っていましたが、鶴の恩返しや、かちかち山、かさ地蔵は半分ぐらいでした。因幡の白兎は、ほとんどの学生がわかりませんでした。実は、日本の昔話は非常に優れておりまして、勧善懲悪とか因果応報、情けは人のためならず、などという教訓が織り込まれている。それを小さいときからお母さんに聞かされたりして、悪いことをすると罰が当たるんだなということが、多くの日本人に刷りこまれ、共通行動規範となっていたのではないかと思います。しかし、最近の活字離れや、テレビなどの影響なのでしょうか、またバブルやその後の不況のせいなのでしょうか、この共通行動規範が薄れてきているところで、共通原因故障的に、いじめとか、組織的規則違反のような問題などが出てきてしまっているのではないか、という気がします。もちろん、問題はこのような簡単な図式ではないとは思いますが。

ところで、昨年12月に子どもの読書活動の推進に関する法律が制定されました。これは超党派で出された議員立法だそうです。ここでは、子ども—この法律では大体18歳以下を子どもと想定しているそうですが—の読書活動は、言葉を学ぶだけではなくて感性を磨いたり、表現力を高めたり、創造力を豊かにしたり、人生をより深く生きる力

を身につけるために欠くべからざるものであるから、子どもの読書活動を推進するような整備をしましょう、ということがうたわれております。この法律に呼応しまして読み聞かせ運動などが盛んです。ボランティアのお母様方が小学校で、本を読んであげたり、地域の読書会も非常に盛んになってきております。立法提案された議員の方が安全問題を意識していたかどうかはわかりませんが、何か私たちがベースに置いてきたところ、個人の行動規範が緩んできているというか、崩れてきているということに、何か本能的に危機感をお持ちになられたのではないかと思います。

コミュニケーションをとるための訓練とか、メーターをどう見やすくしたらいいかという話は技術的にはかなり解決されてきておりますが、この共通行動規範の部分の崩れが、結局はヒューマンファクターズの最大の悩みであるといえるかと思います。しかし、我々工学にいる人間が、ここまで取り組む必要があるのか、ないのか。それは工学の枠外ですと言い切ってしまってよいのか、やはりそこも取り込まなくてはいけないのか。工学としてのヒューマンファクターズというのがどこまで安全に寄与できるかというところで、実は私は最近、ある種の限界を感じているところがあります。繰り返しになってしまいますが、しかし限界以上のところが、今の安全問題の一番の問題であるというのも一方では事実であることを、触れさせていただきたいと思います。

何かまとまりのない、雑駁なお話になってしまい、大変失礼致しました。先生方からぜひ、アドバイスを賜われれば幸いです。どうもありがとうございました。(拍手)

司　会　どうもありがとうございました。これで司会者がまとめをすると、せっかくのお話を台無しにするので、このまま質疑に移りたいと思います。

実は主査の大久保先生は医学博士でいらっしゃって、人間工学のグループのある部分は医学博士の方が大変大勢いらっしゃる。それから、小松原先生のようなグループと、私みたいなわけのわからない機械屋のようなグループという形になっております。きょうは、どういう方面のご質問でもよろしいと思うので、どうぞご遠慮なく。

桜井 宏　お話の最初にエルゴノミクスという言葉がヨーロッパから出てきて、ヒューマンエンジニアリングというのがアメリカ側から出てきたというお話でございましたけれども、最近アメリカの技術教育協会と工学アカデミーとナショナル・リサーチ・カウンシルが協力してつくったアメリカの技術教育についての学習指導要領の本には、エルゴノミクスという言葉を使ってアメリカ定義のヒューマンファクターの意味だと書いてございます。ですからアメリカでも、エルゴノミクスという言葉をヒューマンファクターの話に、もう一般に使われているようでございます。ちょっとご参考までに。

司　会　どうもありがとうございました。

山﨑弘郎　横河総合研究所の山﨑でございます。大変有益なお話を聞かせていただいて、一言一言啓発されました。知っていながら誤りを起こすとか、違ったこと、間違ったことをするということは非常に大きな問題だと思います。ルールを知っていながら、規則を知っていながらそれを守らないという心理を考えますと、いろいろな要因があると思うんです。その一つに、社会の中にある枠があるけれども、その枠には必ずゆとりがあると。だから、そのゆとりを多少越えても大丈夫だろうという、ある種の誤解のようなもの、正しい見方といっていいのかわかりませんけれども、そういう考え方があるのではないか。ですから例えば、首都高は最高速度60キロと書いてありますけれども、じゃあこれは80キロで飛ばしても大丈夫だ。それだけのゆとりをとってあるはずだと。それから、臨界についても多少ゆとりを持っているし、いろいろな安全の加重についても何倍もゆとりがとってある。それから例の食料品の賞味期限とか、ああいったものも一日過ぎたらすぐにだめというわけじゃないだろう。だから、多少のゆとりがあるよと。こういうことは一種の社会の仕組みとか、既にでき上がっている枠組みを、ある意味では過信しているのではないかということはございませんでしょうか。

小松原　ご指摘のとおりだと思います。規則にはある意味、やはり安全余裕があると思いますが、

それを食いつぶしてしまったときに事故になるのだと思います。ご指摘のように、余裕に対しての過信頼ということがあると思います。

山　﨑　それは悪意でもないし、善意でもないということではないかという気がします。

小松原　そうですね。いわゆる過信頼という形の話になってくると思います。

山　﨑　そういうのを防止するにはどうしたらよろしいんでしょうか。

小松原　きょうあまり申し上げられなかったんですが、いわゆる規則違反型ヒューマンエラーの対策としては2つあると、私は思うんです。一つはもちろん、規則を遵守させることですが、今ひとつは、規則自体の妥当性を吟味することと思います。規則が、安全上かなりの余裕をさば読んで、それを与えておいて守りなさいと言っても、守らなくても大丈夫なことは見え見えなので、規則がないがしろにされてしまう。規則自体が妥当かどうか、妥当な規則にするということが一つあると思います。

山　﨑　ゆとりをもっと減らすということですね。

小松原　必要以上のゆとりは要らないということはいえると思います。

山　﨑　ゆとりが過剰であるということが問題ではないかという気がするんです。原子力の話などもちょっとそんな気がするんです。

小松原　規則自体を現実的なものにするということだと思います。それと、規則は一つ破られると、どんどん破られていってしまうということがありますので、やはり規則を遵守させる姿勢は必要と思います。

規則の妥当性については、規則自体が人間心理上の妥当性を持っているのかという観点からも、議論する必要があると思います。できない規則とか、意味のはっきりしない規則とか、必要以上に厳しい規則を与えておいて守れ、守れと言っても現場がぐれてしまうだけみたいなのがあります。学校の校則で全員丸刈りとか、全員ハイソックスは白というのを押しつけておいて、破ると退学処分するみたいなものとか、廊下を走ってはいけませんと言って走ったら摘発するみたいなものではいけない。そのためには、逆に、その規則がなぜ存在するのか、ということを、相手に十分に説明できる規則でなくてはいけない。守らせる側からすると、その規則の理由が自分の口で説明できなければ、守られないということではないかと思います。

司　会　ありがとうございました。今のお話は非常におもしろくて、議論し出すと際限なく議論できますし、今月の日経新聞でアメリカのトップの人が書いているところに、ちょうどそれに似たような学生時代の経験を書いている記事が連載されています。ほかに何かご質問は。

田畑日出男　国土環境の田畑と申します。先日、日本経団連が出された企業行動憲章というのがあります。倫理規定みたいなものです。これもここへ来て非常に多くの不祥事を防ごうということでできているんですが、先生の研究のお立場から考えて、憲章ができれば不祥事が防げるとお考えなのか、あるいは憲章の中に何かこういうものをつけ加えなければいけないというお考えがあるのか、お聞かせいただきたいんですが。

小松原　私が答えるのはちょっと荷が重過ぎてしまうところがあります。話は少しずれるかもしれませんが、KABモデルと言うモデルがあります。Kはknowledgeで知っているということ、Aはattitudeで態度、Bはbehaviorで行動ということです。たばこの害を知っているだけではだめである。禁煙しようとする態度が見られれば少しは前進であるが、継続しなければだめ。禁煙が無意識のうちに行動できるようになるところまで持っていかなくてはだめである、というようなことです。

憲章がないと目標がないので、当然つくるのは大変すばらしいことだと思いますが、それを社員全員が守ろうとする態度を見せなくては、行動にまではいかない。もちろん憲章をつくったけれども、社長はじめ社員が知らなければ話は進みません。結局、憲章をいかに社員一人一人の行動にまでつなげるのかということが重要と思います。これはトップの責任と思います。ですから最近は「安全は現場からトップまで」というより、「トップから現場まで」と言ったほうがいいのかもしれな

いと思うことがあります。このようなことで答えに代えさせていただければと思います。

司　会　どうもありがとうございました。

城水元次郎　質問ではなくて意見を申し上げたいのですが、お話のようにエラーの原因を、これをこの先、工学としてどういうふうに持っていくのかなというのが大変だろうなという気がします。また、ちょっと触れられたようないわゆるモラルに関する話は、工学アカデミーが扱う範囲では、大変なのではないかという気もします。今せっかく原因のほうの体系化を少しされていますから、むしろどういうふうに対策するかということを考えるほうが、工学アカデミーのやり方ではないかなという気がいたしますが、これは一人の意見として申し上げます。

司　会　どうもありがとうございます。先生、何か。

小松原　それは私も悩むところです。

司　会　今井先生は、こういうほうでご意見がおありなんじゃないかと思いますけれど。工業教育や何かのことと絡んで今井先生がずっとやってこられたことと…。

今井兼一郎　今は特にありません。

司　会　ほかにご質問とか何かございますでしょうか。

三村由夫　建築で防災工学をやっております、日本建築センターの三村です。大変興味深いお話をありがとうございました。表題で「工学としてのヒューマンファクターズは安全にどこまで寄与できるのか」となっておりましたが、お話を伺っていますと、そこが一番大きな問題ですけれども、大体ヒューマンエラーとかフェイリアとか、そういったことの防止のためにいろいろなシステムがあって、こういうことをするべきだという感じでお話しいただいたんですが、ヒューマンファクターズがもっとポジティブに働くことができるんじゃないかという気がいたします。例えば、どんなに性能の悪い住宅をつくっても徹底的に火の管理をしていれば火事にならないという意味で、ヒューマンファクターというか人間の行動というものを、もう少し積極的にとらえるようなことはいかがなんでしょうか、ということです。

小松原　ありがとうございます。先生の言われるとおりです。きょうは、どちらかといいますとヒューマンファクターを、負の部分を埋め戻すという観点でお話をさせていただきましたけれども、むしろいかに意欲を増進するか、いかに士気を高めるかなど、そのようなポジティブな面を引っ張り出すということが、ヒューマンファクターの課題の一つであると思います。実際、そちらを考えなくてはいけないということが、最近我々の中でもよく議論に上がってきております。

三　村　単なる士気の問題ではなくて、例えば暑いときには通風のために窓をあけるとか、そういうことは工学に基づいた知識の中でできることですから、単純に士気を高めるということだけではないと思うんです。工学の中の一つとして、ファクターを位置づけることが必要なんじゃないかということなんです。

司　会　今の議論は、私は東大の生産技術研究所におりましたが、私より大分年配の、建築の池辺先生がいらして、そのお弟子さんが原先生で京都駅の設計などをされましたが、池辺先生と教官で飲んだときに大議論がありましたことを、今ちょっと思い出しました。

それでは小松原先生の飛行機の時間もありますので、この辺で終わりにしたいと思います。きょうは先生、長い時間ありがとうございました。(拍手)

2003年 2 月20日

編集発行

(社)日本工学アカデミー

〒108-0014　東京都港区芝 5 －26－20
建築会館 4 F
Tel：03-5442-0481
Fax：03-5442-0485
E-mail：academy@eaj.or.jp
URL：http://www.eaj.or.jp/