

人間と工学研究連絡委員会

安全工学専門委員会報告

安全工学の新たな展開

---- 安心社会への安全工学のあり方 ----

平成 15 年 5 月 20 日

日本学術会議

人間と工学研究連絡委員会

安全工学専門委員会

この報告は、第 18 期日本学術会議人間と工学研究連絡委員会安全工学専門委員会における審議結果を取りまとめ発表するものである。

[安全工学専門委員会]

委員長 菅原 進一（東京大学大学院工学系研究科建築学専攻教授）

幹 事 小松原明哲（金沢工業大学工学部人間系教授）

幹 事 新井 充（東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻助教授）

委 員 小川 輝繁（横浜国立大学大学院工学研究院機能の創生部門教授）

委 員 白鳥 正樹（横浜国立大学大学院工学研究院システムの創生部門教授）

委 員 花安 繁郎（独立行政法人産業安全研究所境界領域・人間科学安全研究グループ担当部長）

委 員 松岡 猛（独立行政法人海上技術安全研究所海上安全研究領域長）

委 員 向殿 政男（明治大学理工学部情報科学科教授・理工学部長）

要 旨

(1) 作成の背景

第 18 期人間と工学研究連絡委員会安全工学専門委員会は、2002 年 10 月に日本学術会議第 138 回総会で採択された特別対外報告「日本の計画(Japan Perspective)」、それに基づき設置されたヒューマン・セキュリティの構築特別委員会における対外報告「安全で安心なヒューマン・ライフへの道」(2003 年 3 月)、安全に関する緊急特別委員会の対外報告「安全学の構築へ向けて」(2000 年 2 月)、および第 17 期安全工学専門委員会対外報告「社会安全への安全工学の役割」(2000 年 3 月)を踏まえ、安全工学のさらなる進展を目指して安全工学専門委員会を中心に、同ワーキング会議、安全制御小委員会、安全教育ワーキンググループなどにおいて研究交流を推進する一方、多くの専門分野からの共催・協賛を得て安全工学シンポジウム、安全科学工学研究国際シンポジウム、安全工学ワークショップ等を開催して、1)安全と安心の連関、2)社会安全への人的要件の導入、3)安全のための責任体制のあり方、および4)学問としての安全工学の体系化を目途とし、第 32 回の安全工学シンポジウム(幹事学会：日本人間工学会)では「安全知の連合」を提唱するなど広く活動を展開して来た。特に、最近の事件、事故、災害などを見ると安全と安心を俯瞰的に関連づけることの重要性が指摘できる。国連のミレニアム宣言「恐怖と欠乏からの解放」および国連開発会議(UNCED)の「持続的発展(Sustainable Development)」へ貢献する一環として、国家の枠を超えて地球人のための安全保障を達成する国連人間開発計画(UNDP)のヒューマン・セキュリティの追求という基幹的命題にしたがい、安全への新しい対応策を探究することが大切になっている。このことは、安全を人権として捉え、個人が危険から守られるべきこと、さらに、現実の安全を確保するだけではなく将来への不安からの解放を目指すことが肝要であることも示唆している。先の安全に関する緊急特別委員会の対外報告は、従来の安全工学の枠を超えたより広い立場から安全問題に対処する学、「安全学」の構築が必要となっていると述べている。そこで当委員会では、その視座の一つに安全・安心問題があるとの認識に立って、まず、安全工学の立場から「安心社会への安全工学のあり方」に関わる提言を行い、新しい学問体系としての安全工学の新たな展開の可能性について考察した。

(2) 現状と問題点

第 18 期には、ニューヨーク市ワールド・トレード・センターの炎上崩壊をはじめ、原子力施設の安全に関わる事件・事故、医療行為に関連する事件・事故、食品に関する不正管理や品質表示の詐称、小規模雑居ビルでの大量死火災などが発生し、社会に大きな不安を与え、安全・安心問題に取り組むことの重要性がクローズアップされた。このことは、社会施設や産業の多様化・高度化に伴う安全技術や安全管理の内容の複雑化と安全知識の集成及びその活用方法の構築、社会生活や企業活動における倫理観

の醸成などの必要性を示唆し、安全問題を安全・安心問題として、ヒューマン・セキュリティをベースとするヒューマンファクターの視座から安全工学を再検証すると同時に、それを考慮した学問体系として安全工学を整備して安全学の構築に資する必要がある。

(3) 改善策、提言の内容

日本学術会議の「日本の計画」、「安全で安心なヒューマン・ライフへの道」、「安全学の構築に向けて」、および「社会安全への安全工学の役割」等の対外報告を踏まえ、第18期安全工学専門委員会は、安心を考慮した安全に関する諸活動を展開し、対外報告として「安全工学の新たな展開----安心社会への安全工学のあり方」をここに取りまとめた。以下に、改善策を添えてその提言の概要を述べる。

最近、MOT (Management of Technology) の重要性が指摘されているが、未だ20世紀型の即物的技術管理が支配的であり、安全工学専門委員会は人的要件の技術体系への更なる取り込みを目指して安全工学シンポジウムや安全ワークショップ等の企画内容を再点検し開催して来た。その結果を踏まえ、各分野が安全問題を安全・安心問題として認識し技術管理手法の再構築を図るべきことをまず提言したい。

事故は人権の侵害に関わる。したがって、航空機・列車事故等以外でも当該事故に関わる調査・研究体制を各分野の実情を勘案して独立的に整備しておくことは、事故の再発防止だけではなくヒューマン・セキュリティの視点からも不可欠である。安全工学専門委員会では、安全工学シンポジウム等の開催に際し、事故発生の社会的背景や調査・研究を遂行した関係者の免責問題等にも出来るだけ言及し意見交換するよう努めてきた。その結果踏まえ、各分野に免責規定を導入した独立的事故調査体制を構築すべきことを提言する。

安全神話、絶対安全などの教条的な安全確保対策は、社会に様々な不信感を与え、結果として安全の達成を困難にしている。安全工学専門委員会では、「許容されないリスクから解放された状態」を安全とする考え方を工学的視点から推進するため、各分野の安全認識の現状について重点的に調査を開始するよう活動の改善を行った。その結果を踏まえ、社会生活や業務システムの安全性評価についてリスクや信頼性工学の導入を更に推進すべきことを提言する。

最近、倫理的に問題とされる事故が多発しているが、既往の工学体系ではこれらを解決する手立てが不十分である。安全工学専門委員会では、この事態に対処するため、土木学会はじめ関係各分野と共同で安全教育の現状とその改善のあり方を検討している。その結果を踏まえ、安全教育のあり方を再検証することで社会倫理および技術者倫理の醸成に資すべきことを提言する。

安全文化のグローバルな展開を図り、ヒューマン・セキュリティを定着させるために、あらゆる分野が「安全知の連合」活動を強化し、人的要件に関する研究技術の交流を深めることを提言する。

目 次

要旨

1. 総論と提言

1) 社会の安全・安心	1
2) 安全工学専門委員会の活動	3
3) 21 世紀社会への安全展望	4

2. 各論

1) 安全工学の国際化	6
2) 化学産業の安全工学	7
3) 安全工学とヒューマンファクター	1 2
4) 機械システムの安全評価	1 7
5) 安全教育の展開	2 0
6) 事故調査体制の展望	2 5
7) 社会の情報化と安全制御	3 0

3. 結言

3 5

1. 総論と提言

1) 社会の安全・安心

(1) 安全事象の変容

20 世紀は戦争の世紀とも云われ、科学技術の進展が戦争犠牲者を増大させた。東西の冷戦が終結した現在、宗教の違いや経済格差などに起因する紛争が多発している。これらは先の大戦に比べれば戦闘規模は小さいが、核搭載弾道ミサイルや化学兵器の使用、情報システムの攪乱などが伴う場合、当該地域だけではなく広範囲に深刻な被害を与える。また、原子力施設・高速列車などの事故や高層建築物（WTC）の炎上崩壊をはじめ、医療、狂牛病、食品の銘柄・品質、化学物質などに関する事故や事件も増加しつつあり人々の不安感は強まっている。特に安全技術の適用に関連する諸制度はこれらの不安を解消するにはまだ不十分であり、遺伝子操作による治療、高反応性化学物質、新燃料電池の開発などに関わる安全性については未解明の部分も多い。加えて、20 世紀に大量に生産された製品や施設などが劣化期に入り連鎖的に各所で故障を起こし始めているが、これらに対する予見的な処理技術の開発は遅れ気味である。2001 年 9 月に発生した雑居ビル火災では、階段が一つであるビルの存否問題が指摘され、安全性の最低基準のあり方が問われた。このことは、居住環境の保全を求める住民協定と合法を理由に高層マンションの建設を推進する事業者との権利行使の優劣問題にも通じるものである。まちづくりの基本は、「建物を建てる時には、まず周りを見て配慮する」ことに始まるという考え方が常識となる社会の実現が望まれる。さらに、社会貢献をすべき大企業が自社の身勝手な行動で社会全体を不安に陥れる事件も続発し、「世に基準はあっても人々を安心させる力に欠ける」との強い懸念が生じ、専門教育のベースとしての社会倫理や技術者倫理のあり方を看取する必要性もクローズアップされた。なお、これらに関する日本学術会議における総括的対応については、第 138 回日本学術会議総会において採択された特別対外報告「日本の計画（Japan Perspective）」（2002 年 10 月）およびこれに基づき設置されたヒューマン・セキュリティの構築特別委員会の対外報告「安全で安心なヒューマン・ライフへの道」（2003 年 3 月）さらには安全に関する緊急特別委員会報告「安全学の構築に向けて」（2000 年 2 月）等に述べられている通りである。

(2) リスクと安全・安心感

最近、安全・安心という表現がよく使われるようになったのは、(1) で述べた世情の反映と見ることができる。何故なら、提示された安全技術およびその管理基準について人々が信頼し満足する状態にはない事例が増大しているからである。例えば、装置機能が複雑で高度の知識と技能に秀でたパイロットが操縦する旅客機と自分で乗る自転車とでは、巡航距離当りの死者発生数が同様に極めて小であっても、事故 1 回当りの発生死者数、事故に至るメカニズムの複雑さ、当該乗り物に関する情報の認

知度などに差がある両者では、事故への対応の仕方が異なる。安心社会を構築するためには、文理融合に基づく研究を通してリスクの本質を究明し、安全と安心の関係を追究する必要がある。災害・事故・事件などの内容を安全基準と安心感に関わる問題として捉えると同時に、工学には直接関わることではないが、人の死に関する問題にも配慮し技術・システムの構築を図る必要がある。例えば、尊厳死、特攻死、殉死、自殺などの自己実現のための死は、自己の意志や組織の大義が人命を絶つ合理的な理由となり得るか否かを問うものでもあり、生命神授説の立場からは厳に否定されるものであろう。安全工学に安心感を組み入れる可能性を究明する場合に、こうした死(危険、不安)の問題を如何に認識し、技術・システムと関連付けるべきかについては未開のテーマであり、安心社会を構築するための工学的アプローチのあり方に筋道を与える鍵の一つとなるものと考えられる。

(3) 安全認識の危うさ

安全な状態が続き、それを保持する管理者に対する評価も低く、業務活動に潜む危険性の実態を公表しないという誤った常識が、「安全第一」、「絶対安全」という標語の新鮮味を薄れさせ、安全の神話を罷り通させる原因となっている。したがって、危険が迫り、信頼性の高い情報がない状況の下で、不安が募る人間の心理状態を究明して安全性の構築に役立てることが重要である。原子力施設や大型搬送機器などは本格的事故に至った場合の被害規模の大きさや悲惨さが、生を望む人々の意識の中で自己の被害として強く認識されるため、インシデントのほとんどが大事故に結び付くものと判断され、その可能性が極めて小さい確率であっても、こうした施設や機器は不安であると見なされる。この問題を改善するためには、事故の多様なメカニズムや回避策を出来るだけ分かり易く社会に公開し、安心感の増幅に努める必要がある。また一方では、リスクが多少高くてもそれを承知で生活する人もいるから、自己責任を明確にした安全・安心社会のあり方も究明して行く必要もある。ISO/IEC Guide51 で掲げる「許容されないリスクからの開放」のあり方について工学的究明を試み、刑事・民事・行政・保険などに関する責任・補償体制を明確にするよう務め、社会安心の本質に迫ることが、絶対安全からの開放のために重要である。このことに関して、システムの安全対策は、それを作成する過程で徹底的に検討することを義務付けることを前提に、そのシステムを使用したことによって発生した事故に対して作成者が免責され事後責任は問われたいとするスチュワードシップ(stewardship)の考え方も、安全文化を根付かせるために効果があると思われる。

(4) まとめ

自然破壊を加速させる人間の開発行為に歯止めをかけるために、物の製造を原則禁じているのが技術法令の基本構造であり、それを解除し製造するために必要な諸事項を条文化したものが技術法規であるとする考え方がある。物事の安全は「もの」(装

置)と「こと」(管理)の適切な融和で維持される。製品規格は、品質の確保、円滑な流通、使用者の豊かな暮らしに資するデファクト・スタンダード (de facto standard) として設定されるが、その安全性を規定する部分は人命の尊厳に関して事前責任を十分に果たし世論の支持を得ること前提にデジュール・スタンダード (de jure standard) として作成されるべきである。そのような規格は、関係者、特に個人が安心して使用し続けられる標準として認知され、万一、それによって事故が発生した場合は、作成者(製造メーカー)は、事後責任から開放される一方、事故発生を理由を徹底的に究明する義務を負うという考え方(stewardship)の重要性を再度提起したい。また、安心感は生活に不可欠ではあるが、多分に主観的で不安定であることを考慮すると、リスクレベルを究明し、それを公示することによって安全問題に対処することも重要である。したがって、今後の社会の安全・安心を進展させる鍵の一つは、人命の尊厳を基幹とした人的要件(ヒューマン・ファクター)に関する諸問題の解決を含む学問体系の一環として、安全工学を確立することにあると本専門委員会は考えている。

[参考文献]

1. 日本学術会議日本の計画委員会：日本の計画 (Japan Perspective) 学術の動向、2003 年 1 月
2. 日本学術会議「ヒューマン・セキュリティの構築」特別委員会：対外報告「安全で安心なヒューマン・ライフへの道」、2003 年 3 月
3. 日本学術会議安全に関する緊急特別委員会：対外報告「安全学の構築に向けて」、2000 年 2 月
4. 杉本旭：PLP (製造物責任予防) とロボット技術の新しい展開、第 1-3 回、2002 年 9、11 月、2003 年 1 月

2) 安全工学専門委員会の活動

安全工学専門委員会は、第 16 期までは、安全工学研究連絡委員会として活動してきたが、第 17 期より、人間と工学研究連絡委員会の 4 つの専門委員会の一つとして位置づけられるようになり、今期に至っている。今期の安全工学専門委員会は、安全への工学の貢献の可能性を追求してゆく方向性の下に、安全工学の基本概念の構築、安全工学の教育と普及、安全工学の組織化等を行うことを目指して、安全工学専門委員会(今期 13 回開催)において活動の基本方針を策定すると共に、安全工学専門委員会ワーキンググループ(今期 12 回開催)において、具体的活動について検討した。

今期の具体的活動としては、安全工学専門委員会および同ワーキンググループにおいて安全を考える上で基本となる安全および安全工学の基本概念を構築するため、安全および安全工学の定義について検討するとともに、安全工学の社会安全に向けての果たすべき役割について議論を重ねた。

国際安全科学工学研究連絡機構設立準備小委員会は 2002 年 1 月に所沢にて、安全工学・科学の国内外の組織化のため、国際フォーラム(IFSES ;Third International Forum for Safety Engineering and Science) を開催し、国際安全科学工学研究連絡機構の設立の呼びかけを行った。

安全制御小委員会では、安全工学ワークショップ(2002 年 12 月、東京)のなかで、これまで検討を重ねてきた、安全対策における責任分担、被害者救済、法律等の関係と、そのあるべき姿についての問いかけを行った。

安全工学教育ワーキンググループは、土木学会の安全教育小委員会と合同で委員会を開催し、特に工学の視点から安全教育のあり方、継続教育の考え方等について検討を行った。

また、今期は交通事故の再発防止のための事故調査のあり方について検討を行って来た、交通事故調査方法検討会を発展・拡張させ、「事故調査のあり方検討小委員会」として、活動することとし、安全工学シンポジウムにおいてオーガナイズドセッション等を開催した。

さらに、各分野の安全問題について、情報交換と相互の理解を深め、総合的に安全問題を考えるため、今期は、第 31 回(2001 年) 第 32 回(2002 年) 第 33 回(2003 年) の安全工学シンポジウムを開催し、第 31 回は土木学会、第 32 回は日本人間工学会、第 33 回は安全工学協会が幹事学会を担当した。

また、安全工学の普及に努めるとともに、市民との対話を通じて現場での安全問題についての理解を深めるため、東京で、「日本の安全を根本から考え直す---新しい安全のあり方、安全の責任の取り方を探る」と題するワークショップを 2002 年 12 月を開催した。

3) 2 1 世紀社会への安全展望

安心で安全な生活の実現は、我々の根源的な願いである。2 0 世紀において工学は、この我々の願いに応えるべく、さまざまな人工物を作り出し、作り続けてきた。その人工物を作り出すために、製造業を中心とした産業が発達し、産業活動を中心とした経済の仕組み、社会の仕組みが整えられてきた。そして、その産物のおかげで、私たちの生活は、より安全で安心でき、快適なものとなった。

一方、その産業発達の途上にあっては、時として技術的に未知の事象により、製造過程での事故や、産物に知らずと内包された危険により、私たちの生活が脅かされたのも事実である。これを克服すべく、安全工学は、安全の知の連合として発達し、それにより、製造過程、産物は、格段に安全となってきた。

ところで、2 1 世紀を迎えて、安全工学は、従来とはまた違った問題に直面してきていると思える。今後の社会のより一層の安全を求めるために、各工学領域の関係者、及び、安全に携わる関係者に対して、以下を今後検討すべき事項として指摘したい。

(1) 工学倫理の徹底

本報告の2.3「安全工学とヒューマンファクター」にも触れられているが、近年、ヒューマンエラーという枠ではとらえきれない、作為的な行為による事故、事件が相次いでいる。人間の生活に便益を与え、生活をより安全、安心、快適にすることが技術、工学の目的であることを忘れ、自己の都合や利益のために、技術や工学を利用し、その結果、生活者や社会の安全を損ねている事態といえる。医学界では、医師の使命、換言すれば、医学倫理、生命倫理教育の重要性が特に臨床医の間から強く指摘され、極めて重視されてきているが、同様に、工学領域においても、技術者の使命、すなわち、工学倫理の教育が、現職の技術者のみならず、技術を志す者、また技術者を取り巻く産業、社会の人々に対し、改めて徹底される必要があると考える。

(2) リスク概念の社会への啓発

本来、危険の存在が当たり前であり、その危険をさまざまな手段、方法により押さえつけた結果としての状態が、安全であるといわれる。しかしながら安全な状態が一定期間継続すると、私たちは、安全な状態が当たり前であるとの、誤った認識を抱く。その結果、危険に対する感受性、安全への関心が薄れ、災害に対する備えもおろそかになってしまう。「天災は忘れたころにやってくる」(寺田寅彦)との言葉があるが、天災に限らず、全ての災害は、われわれの関心が薄れた時にやってくるといえる。このような事態を避けるためには、リスクの概念を社会の構成員である私たち一人一人が正しく理解し、リスクを常に意識する必要があると考える。このことは第17期安全工学専門委員会報告(平成12年3月7日)にも指摘されていることであるが、改めてその重要性を指摘したい。

(3) 安全に関係するデータベースの構築

我々の扱う物質には、本質的に危険を内包するものや、その取り扱い方によっては危害をもたらすものが多い。爆発のような一過性の危険にとどまらず、環境ホルモンといわれる低濃度で人体に作用する物質もある。さらには遺伝子組み換え生物など、継続的に関心を払うべき新しい形態の人工物も生まれてきている。これらの安全に関する研究が継続的になされていくことはもちろんのこと、その研究成果は安全情報(危険情報)としてデータベースに蓄積され、容易に利用できるようにすることが、安全性向上のためにきわめて重要である。人的要因に起因する事故についても、多くの場合は過去に類似事例があり、その教訓が活かされれば、今回の事故は起こらなかった、というものも多い。第17期安全工学専門委員会報告(平成12年3月7日)にも指摘されている各種安全性データベースの構築と提供サービスは、極めて重要なことであるが、残念ながら、未だ実現されているとはいいがたい。今期においても、この重要性を改めて指摘したい。

(4) 新技術領域での安全への関心の高揚

科学技術の進歩はとどまることがなく、工学領域、産業もまた発展しつつある。例えば、生物工学、遺伝子工学や、宇宙工学など、研究室を出て、産業、社会の重要な役割を担いつつある工学分野を挙げることが出来る。またユビキタスコンピューティングに見られるように、新たな領域へと発展しつつある工学領域も多い。これらの工学には大きな期待が寄せられているが、しかし、その産物や活動過程には、危険が内包されないという保証はない。これら新領域においても、安全への関心を高揚し、安全工学が振興される必要があり、それをもってはじめて、新領域が、安心して社会に受け入れられることになる。これら新領域に対しても、安全工学が積極的に関与していく必要性を指摘したい。

[参考文献]

1. 日本学術会議人間と工学研究連絡委員会安全工学専門委員会：社会安全への安全工学の役割、2000年3月

5. 各論

1) 安全工学の国際化

(1) はじめに

安全工学専門委員会では、国際安全科学工学研究連絡機構設立準備小委員会を組織し、安全工学の国際化を推進するための活動を行っている。安全の国際化を考えると、あらゆる分野における、安全活動に関する情報交換、安全学概念および安全の世界標準の構築、種々の分野における主要事故・災害の解析に関するデータ蓄積と交換、安全に関する組織、あるいは国間交流の円滑化といったテーマが重要であると考えられるが、本小委員会では、こういったテーマを現実のものとするために、従来より、国際安全工学科学連絡機構（ILOSES：International Liaison Organization of Safety Engineering and Science）の創設を構想し、その準備段階として、各専門分野における安全に関する共通的な理解を深めるための、国際安全工学科学シンポジウム（IFSES：International Symposium for Safety Engineering and Science）を開催してきた。今期は、第1回 IFSES：1994年(東京)、第2回 IFSES (IFSES II)：1997年(リスボン)に続き、第3回 IFSES (IFSES III) を所沢市で開催し次の決議を採択した。なお、その詳細については参考資料として末尾に掲げた。

(2) 採択決議

今回の決議は、1994年第一回東京会議で採択された決議をベースとしている。

安全は、技術・システムの運用過程で発生する人命および財産の損害を防止

することを意味する。

社会的かつ技術的安全を推進するためには、世界中のあらゆる分野の科学者および技術者が多角的かつ学際的に活動を展開する必要がある。

このような活動を進めるためには、安全に関わる忌憚のないアイデアの交換およびグローバル・スタンダードの開発を行う機会を設ける必要がある。

機関と地域機関およびそれぞれに属する指導的科学・技術者や会員間の交流を活発にする包括的連絡機関が必要である。

この機関は、最新の情報技術を用いて5年以内に設立すべきである。

この会合は、数年に一回は開催し、その間より頻繁にバーチャル・リアリティ技術を使った会議を開催すべきである。

2) 化学産業と安全工学

(1) はじめに

化学産業では、大きなエネルギーの放出、人に対する健康影響、環境影響、機器設備の劣化・損傷などの危険性を有する化学物質が原料、製品、中間生成物、副生物などとして取り扱われる。また、化学プラントは化学反応の効率化、物質の安定性維持などのために、高温、高圧あるいは極低温などの過酷な環境下で運転等がなされることも多い。このように、化学プラントのハザードは他のプラントや施設に比べて種類、数ともに多い。さらに、化学プラントで事故が発生すると、火災・爆発や有毒物質の漏出によって重大な災害となることが少なくない。この場合、

多数の死傷者が発生する

被害が従業員、当該事業所施設だけではなく周辺の住民や施設・建物等まで拡大する

重大な環境汚染を引き起こす

などによって、重大な社会問題となることもある。そのため、化学産業における安全工学への期待は、物質の危険性が顕在化して災害や環境に悪影響を及ぼすことを防止する技術の確立である。

(2) 化学産業における安全の取り組みの変遷

化学災害で古くから問題となっていたのは火薬産業である。18世紀以前の火薬は黒色火薬である。これは硝石、硫黄、木炭を混合したものであり、これは長い歴史を持っているので、安全技術のノウハウも家伝・秘伝として伝承されていた。19世紀になると新しい火薬類が次々発明された。その中でも特に事故を多発した物質はニトロセルロースとニトログリセリンである。1845年にスイスのSchönbeinがニトロセルロース（強綿薬）を初めて合成した。黒色火薬以外の強力な発射薬を待望していた各国はニ

トロセルロースの研究開発と製造に乗り出した。しかし、硝酸エステル其自然分解の知識をもたなかったため、イギリス、フランス、オーストリアで爆発事故が発生し、製造の難しさを思い知らされた。ニトログリセリンは1846年にイタリアの大学教授A. Sobreroによって初めて合成された。これは破壊力が極めて大きく、容易に爆発するため、そのままでは実用できなかった。スウェーデン人のA. Nobelは、発破薬として使用するにはあまりにも危険なニトログリセリンを実用的に取り扱えるようにしたダイナマイトを1886年に発明し、近代的な発破システムを確立することによって巨万の富を得てノーベル賞の基金とした。しかし、Nobelはダイナマイトの開発や製造において何回か大きな事故を起こしており、工場を当初あったストックホルム市街から郊外のヴィンターヴィーケン移転せざるを得なくなった。また、火薬事故で彼の弟が亡くなっている。火薬産業は爆発性物質を製造し、取り扱っており、その取扱量も多いので、事故を起こすと甚大な被害が生じる。そのため、火薬産業は安全化技術に力を注がないと成り立たない産業であり、ここで確立された火薬類の保安技術が化学物質の爆発災害防止技術の基盤となり今日に至っている。

わが国では、1960年頃から主要なエネルギー源は石炭から石油に変わるとともに、石油化学産業が発展段階に入り、工業的に用いられる物質の中で石油製品の占める割合が増大した。その結果、臨海部に大規模な石油コンビナートが作られた。石油コンビナートは、化学プラントが中心となって構成されており、発火・爆発危険性の高い物質を取り扱っている。このような背景から化学工業における安全工学の必要性に対する認識が高まった。石油精製、石油化学工業は大量の引火性液体を取り扱う産業であり、引火性液体や可燃性ガスが漏洩して、火災・爆発を起こすと大惨事となる危険性がある。しかもこれらの物質は着火しやすく、火災・爆発事故を引き起こす危険性が高い。そのため、これらの工場では火災・爆発防止対策に特に力を入れている。昭和30年代から40年代におけるわが国の安全工学に関する研究活動の主流は、石油関連産業の保安に関するものであった。その成果と企業や行政の努力で最近ではわが国の石油関連産業における重大事故はほとんど発生していない。

わが国では、化学プラントの安全性を確保するために、潜在危険性の高い設備や装置は行政機関からの許認可が必要である。消防法規制の危険物を貯蔵あるいは滞留する施設や設備は消防機関、高圧ガス保安法規制の施設や設備は経済産業省あるいは都道府県、火薬類取締法規制の火薬類を製造する施設・設備は経済産業省あるいは都道府県にそれぞれ許認可権がある。これらの施設や設備で事故が発生すると、一般に使用停止命令が出される。事故原因の究明と十分な再発防止対策の実施が確認されると当該行政機関は使用停止命令を解除する。労働省は労働安全衛生法に基づいて労働災害の再発防止の見地で事故調査を行う。以上のように、わが国の化学工場の保安管理に対しては法規制と行政の介入が強く関わってきた。そのため、法規制を守ることあるいは行政対応をきちんと行うことが保安管理であるといった本末転倒の考えをする企業も少なくない。しかし、法規制や行政の介入が産業安全の向上に大きく寄与し

てきたことは疑う余地はない。

現在の化学産業における開発の中心はバイオケミストリーにシフトしている。また、IT時代を迎え、化学工業は半導体関連材料や製品の生産に力をいれるようになった。その結果、化学産業界では付加価値の高い高機能物質の開発に熾烈な競争が行われている。これら分野は、石油関連産業のような少品種大量生産型ではなく多品種少量生産型の産業である。また、製品寿命が短く、新規機能性物質や材料の開発競争が激化している。そのため、これらを製造するために必要な反応性の高い新規化学物質が生み出されている。これらの物質の中には、災害発生の危険性の高い物質があり、その危険性を十分把握しないで製造・取り扱いをすると、事故を引き起こす可能性が大きい。そこで、新規化学物質の開発から製造、輸送、貯蔵、使用・消費、廃棄にいたるライフサイクルにおける安全性評価と安全確保技術の確立に関する取り組みがなされている。

(3) 化学物質のリスクの形態

リスクの形態と表われ方

“Risk”は日本語で「危険」と訳されているが、損害、死傷、健康障害、財務的損失など好ましくない事象(被害)が生じる危険性の程度を意味している。日本語でも「リスクが大きい」などの表現に使われ、「リスク」という用語は一般化している。リスクの数量化の代表的な表現は、被害を受ける蓋然性と被害の大きさの積とするものである。

“Hazard”も「危険」と訳されているが、これは損失生起要因(損失を生起する可能性のある潜在要因と損失発生頻度に作用する要因)および損失拡大要因(損失強度に影響する要因)を意味している。これはシステムやたとえば、化学物質の毒性や爆発性のような危険な特性は“Hazard”と表現される。日本語では「ハザード」という用語は一般的にあまり用いられないが、リスクマネジメントなど専門分野では用いられる。リスクは、ハザードの性質、護るべき対象の性質、リスク受容に対する価値観などによって決まる。化学物質のハザードに伴うリスクの形態は表1のような形態に大別される。

リスクの表われ方は、望ましくない事象が直ちに出現する急性出現事象と長期間経過して出現する長期暴露事象がある。また、好ましくない事象の出現が短期間で終了する一過性事象と長期間にわたって出現する慢性事象がある。急性出現事象はエネルギーの放出や短期間の高濃度暴露によって引き起こされ、多くは一過性事象である。長期暴露事象は長期間の継続的な暴露により徐々に影響が進行して引き起こされ、健康リスクや環境リスクの場合は慢性事象となることが多い。また、遺伝子に影響を与えるようなものは短期間暴露の急性出現事象であっても慢性障害や子孫にまで障害が発生する慢性事象となる。安全リスクの急性出現事象は、化学物質のもつ高エネルギー特性が原因で引き起こされ、慢性暴露事象の代表的なものは、化学物質の長期間

暴露による材料劣化によって引き起こされる事象である。

表 1 化学物質のリスクの形態

リスクの形態	望ましくない事象
フィジカルリスク	人の死傷 施設、設備、機器などの損壊 原材料、製品、中間物質などの損失
ヒト健康リスク	発癌、健康障害
環境リスク	生物の生態系や地球環境への悪影響
その他の経営上リスク	地域住民に不快感を与えることに起因する損失

次に、リスクアセスメントの観点から各リスク形態の特徴を述べる。

安全リスクの対象となる事象は、一般には発生頻度が少ないが、重大な影響が生じる場合が多く。事象が発生すると直ちに影響が表われ、対応方法やそのタイミングによって影響の程度が大きく左右される。一般的には、因果関係は明瞭である。リスクマネジメントの重点は、事業所内の従業員の安全と人命損失の回避である。

健康リスクに関しては、高濃度暴露による急性出現事象は発生頻度が少なく、因果関係は明瞭である。低濃度暴露による長期間暴露事象の発生頻度は比較的高いが、影響が軽度で、潜在期間が長く、影響が現れるまでに遅延があるので、因果関係の立証が困難となるケースが多い。リスクマネジメントの重点は、事業所内および周辺住民の健康である。

環境リスクについては、事業所の排出の問題だけではなく、製品のライフサイクルにおけるリスクを対象として検討する必要がある。因果関係に関しては不確実性があり、アセスメントが難しい。広範囲に影響するので、社会問題となりやすい。

リスクの尺度

リスクの尺度として最も分かりやすいのは財務的価値である。これは、人命損失や負傷者に対する補償額、物損の損害額、生産および販売損失額、環境破壊に対する補償額などの損失額と損失を発生させる事象の発生頻度からリスクレベルを決める方法である。しかし、このような財務的価値だけで割り切れないものがある。人命損失や負傷者の発生など人的被害は、関係者の精神的ダメージが大きく、財務的価値とは異質なものであり、同じ尺度で評価することはできない。また、これに伴う士気の低下や企業イメージの悪化によって損失が生じるが、この損失を算出することは非常に難しい。リスクマネジメントでは、安全リスクの指標として死亡数、負傷者数と就労不能日数、財産損失、生産・販売損失額などが用いられる。

(4) 化学産業の安全の課題

化学産業の事業所の事故は、爆発、火災、有毒物質等の噴出・漏洩、環境汚染物質の流出・拡散などで事業所内だけでなく、事業所外にも被害を及ぼすことも少なくない。また、事故時でなくても事業所からの排出物中の化学物質が水質汚濁、大気汚染、土壌汚染などの環境影響問題を引き起こす。その結果、化学工場は地域住民から不安視されるため、地域住民とのリスクコミュニケーションによって信頼を得ることも安全問題の重要な課題となっている。また、製造物責任から製品中の化学物質が消費者に対して問題を起こさないことを確認するアセスメントが求められる。特に一般消費者に対する製品については適正な使用や取り扱いがなされないことを考慮し普通に想定される以外の使用等も想定した対策が必要となる。最近の化学産業の安全に関する課題を以下に示す。

高機能物質の開発競争激化に対する対応

高機能物質の開発競争の激化により、新規化学物質の増加、製品寿命の短縮、開発期間の短縮など安全確保にとっては厳しい状況となっている。また、高機能性は反応性に富んでいることによって達成されることが多いが、これは危険性が高いことにつながる。これに対応するためには、化学物質の危険性を迅速かつ的確に把握しなければならない。そのための評価技術体系の確立が重要な課題となっている。特に中小企業ではこのような評価を実施することは困難であるため、支援するシステムの構築が求められている。

自主保安

技術が進歩して多様化し、また技術の進展速度が速くなると、産業安全の確保を法規制や行政の介入に頼ることは難しくなる。また、政府の基本方針として規制緩和を進めており、産業安全についても自主保安を進める環境作りが進められている。自主保安を進めるためには企業経営者の保安確保に対する基本姿勢が重要であることは言うまでもないが、各企業や事業所が事故災害に対するリスク管理の能力を身につけることが必要である。リスク管理は、事業全体にわたって事故災害のリスクを分析・評価し、リスクの回避や予防・軽減措置等によるリスク顕在化防止対策およびリスク顕在化時の被害最小化対策を策定し、これらを確実に実行するとともに実施結果を評価して適切な改善策を提示して、実行するシステム(PDCA)を構築することである。さらに、これらのシステムがしっかり維持されていることを監査する機能が必要である。化学産業では化学物質・プラントのリスクアセスメントの手法を向上させるとともに中小企業のリスクアセスメントを支援する体制の整備が課題となっている。

ヒューマンエラー対策

化学産業の事故の大半は事故原因にヒューマンエラーが関与しているが、これは化学産業に限ったことではない。大半の事業所では安全確保にとって重要課題はヒュー

マンエラー対策と考えている。これには人間工学に基づいた対策、ヒューマンエラーを事故に結びつけないためのハードによるフェールセーフ技術、安全教育のプログラムなどを充実させる必要がある。化学産業ではとくに化学物質に係わる災害防止に必要な教育が重要である。

リスクコミュニケーション

化学産業では、事業所敷地外に重大な被害を与えることあるいは流出物や排出物によって深刻な環境影響を引き起こすことが少なからず発生した。その結果、地域住民や一般市民には化学産業に不安感あるいは不信感を抱いている人が多い。このような不信感を払拭することは現在の化学産業の重要な課題である。事故や環境影響に対するリスクを十分把握して、可能な限り最大限のリスク軽減策を施した上で、情報を公開し、地域住民とリスクコミュニケーションを行って、不安感の低減や信頼感を醸成することが次第に不可欠となりつつある。事業所のリスクを把握するためにはリスクアセスメントが必要であり、その手法の研究や必要なデータの蓄積が活発に行われている。また、我が国の主要な化学企業はレスポンシブルケア活動を行っている。これは生産活動や自社製品が環境に与える負荷をできるだけ軽減させる活動を行い、その実績と成果を公表する活動である。これらの化学企業の活動を支援する上で安全工学は重要な役割を果たしている。

(5) まとめ

化学産業は事故等により重大な被害や環境影響が生じる危険性のある化学物質を取り扱うため、大きな災害が発生する潜在危険を有している。そのため、化学産業において安全工学は重要な役割を果たしている。最近の化学産業はファインケミストリーが主流となり、高機能物質の開発競争が熾烈を極めていている。そのため、安全確保には化学物質の危険性の迅速かつ適切な把握が重要となっている。化学産業の安全の課題は高機能物質の開発競争激化に対する対応、自主保安に対応するための安全技術の向上と体制の整備、ヒューマンエラー対策、リスクコミュニケーションなどであり、これらの課題を克服するために安全工学が重要な役割を担っている。

3) 安全工学とヒューマンファクター

(1) なくならない事故

図1に、わが国の労働災害死者数の推移を示す(厚生労働省ホームページより。厚生労働省労働基準局安全衛生部資料)。昭和40年代半ばまでは、労働災害により、年間7、×000名もの方が尊い命を落とされていた。このように労働災害が多い理由は、危険源がむき出しの機械、局所排気や高所手すりの不対応などの設備的な問題に加え、不十分な作業訓練、休憩なしでの長時間労働、安全靴やヘルメットなどの安全装備の不備等、要は安全への配慮が十分なされていなかったためであるといわれる。

この事態を打破すべく、昭和47年に労働安全衛生法が施行され、安全衛生への対応が徹底されたことから、死者数は急速に減少した。しかし昭和50年以降、死者数は一定か、微減状態である。これは、いわゆるヒューマンエラーに代表される、人的要因に起因する事故がなくならないためであるといわれている。

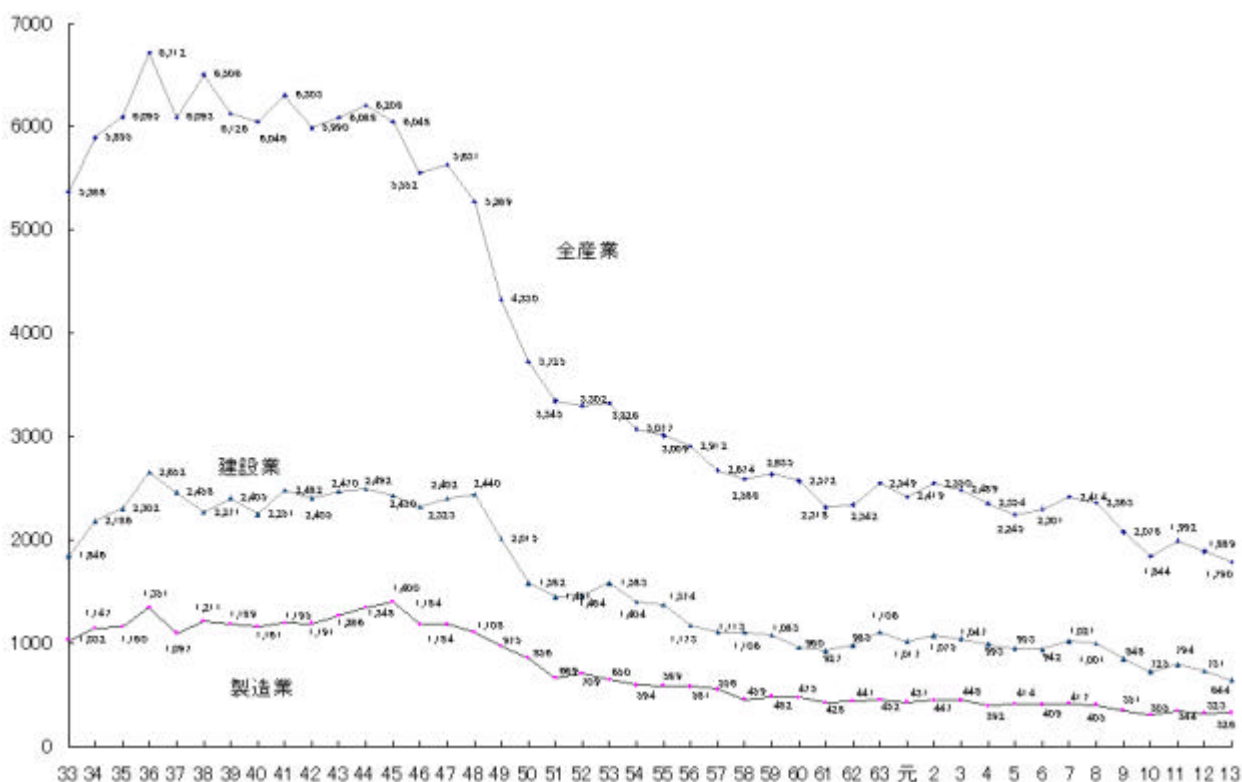


図1 労働災害による死者数の推移（労働基準局安全衛生部資料）

このような傾向は、労働災害に限ったことではない。例えば商用航空機事故（定期運送航空機事故）についてみれば、1960年代までは、航空機の機体材料や構造などの技術的事象や、気象に未知の現象があり、1万離陸当たりの年間の航空機事故件数は数十件と、極めて高い水準にあった（ボーイング社資料より）。これに対して、航空工学などの技術進歩により、事故件数は急速に減少してきたが、1970年代以降は、事故は数件と定常状態となってしまう。そしてその事故は、航空機の製造、運行、整備等に関係する人的要因に起因するものがほとんどであるといわれている。例えば、死者こそ出なかったものの、静岡県焼津沖の日本航空機同士のニアミス事故（2001.1.31.）がその典型例としてあげられる。これは、同社907便（東京国際空港 - 那覇空港）と、同958便（釜山国際空港 - 新東京国際空港）が、駿河湾上空約35500ft～35700ft付近で異常に接近し、機長の回避操作による急な機体の動きにより、907

便の乗客、客室乗務員が負傷したものである。この事故の原因や背後要因として、航空管制官と機上との意思不疎通や、航空管制官の訓練のあり方、TCAS（航空機衝突防止装置）の指示と機長の回避操作判断の相違、また、混乱を招きやすい同じ3桁の9から始まる航空機の便名など、多くの問題が指摘されたが、その全ては、人的な問題に関連するものであった。

概して、ある程度成熟した多くの産業では、技術的に未知の事象による事故は少なくなっている。一方で、人的要因による事故は相変わらず残っており、さらに航空機の大型化に見られるように、扱うシステムは巨大化の傾向が著しい。そのため、些細な過誤であっても、ひとたび生じると甚大な損害、被害をもたらすことが強く懸念される。このことから、人的問題を徹底的に掘り下げ、事故をゼロに抑えこむことが、各産業において強く求められている。

（２） ヒューマンファクター

従来、人的要因に起因する事故では、事故を起こした人間の行為をヒューマンエラーと称し、その対策も、「本人の注意を喚起する」などとして終わりとされる場合が多かった。ヒューマンエラーという言い方は、野球のエラーなどと同様、「本来、本人がしっかりすれば回避できたはず」とのニュアンスを連想させるため、どうしても、ヒューマンエラーを起こした人に注目が集まってしまう。

しかしながら、本人がどんなに注意をしても、回避できない事故というものもある。例えば、突風の中での綱渡りを考える。十分訓練を受け、注意して渡っていても、綱が細く、突風が吹くのでは、綱から落ちてしまう（つまりヒューマンエラーである）。この原因と対策を本人に求めても、なんら問題解決にはならない。綱を太くする、風除けをつける、さらには、そもそもなぜ、そのような綱渡りをさせているのか、作業の根本に立ち返る必要もある。綱渡りであれば、本人の注意喚起や訓練も必要ではあろうが、しかし綱から落ちた本人以外の要素での対策が先決であろう。つまり、人間要因の関係する事故では、その原因や対策の訴求先は、安直に事故を起こした人にのみ求めるべきではなく、他の要素とのかかわりの中で理解していく必要がある。このことは以前から、安全人間工学分野で、5Mといわれてきていることである。これは、次の5つの単語の頭文字をとったものであり、ヒューマンエラー（事故）の対策は、これら5つ要素の全体の関係の中で講じていくべきことを示している。

- ・ man：作業者本人を始めとする人間要素
- ・ machine：道具、機械、設備などの要素
- ・ media：環境の要素
- ・ management：制度や管理体制などの要素
- ・ mission：作業の目的、目標に関する要素

一方、近年、人的要因に関係する事故を、ヒューマンファクターとしてとらえる意識が高まってきている。この考え方は1970年ごろ航空界から生まれてきたもので、「人間科学を体系的に適用することで、システム・エンジニアリングの枠内で統合して、人間とその活動の関係を最適なものにすること」(Edwards (1985))と定義されている。具体的には、人間要因に起因する事故を防止していくためには、図2のモデルに示される諸要素(これをS H E Lモデルという(F.H.Hawkins))の関係を良好化する必要があることが指摘されている。すなわち、このモデルの中心のL(作業者本人(Liveware))は、S、H、E、Lに取り囲まれているが、ヒューマンエラーは、中心のLと、これらS、H、E、Lとの間に隙間が出来たときに発生することを、このモデルは示している。なお、S、H、E、Lは次を表す。

S：ソフトウェア(Software)。作業手順や作業指示の内容、指示の出し方、教育訓練の方式など、ソフトにかかわる要素。

H：ハードウェア(Hardware)。作業に使われる道具、機器、設備など、ハード的な要素。

E：環境(Environment)。照明や騒音、温度、湿度、作業空間の広さなどの、作業環境にかかわる要素。

L：周りの人たち(Liveware)。その人に指示、命令をする上司や、作業を一緒に行う同僚など、人的な要素。

S H E Lモデルの各要素を囲む枠は波打っているが、これは、各要素が時々刻々と変化することを表している。結局、人的要因に起因する事故を防止していくには、この中心のLと、S H E Lとのマッチングをダイナミックに取っていくことが必要といえる。人的要素の関係する事故においては、従来のヒューマンエラーという捉え方から脱し、このヒューマンファクターという捉え方において原因を究明し、その対策は、各要素の関係の最適化をシステム設計的に講ずるとの立場で、エンジニアリング的に考えていく必要がある。



図2 S H E Lモデル(F.H.Hawkins)

(3) ヒューマンエラーではない人的問題に起因した事故

ヒューマンエラーという言葉は、うっかりぼんやり、不注意などが背景に暗示され、ヒューマンエラーは望ましいことではないが、しかし起こした人自身には、他意や悪意はないとの印象を与える。航空の分野で生まれてきたヒューマンファクターという考え方も、パイロットの能力の限界の理解に基づく、機器のあり方、教育訓練やコミュニケーションのあり方などの検討の中から生まれてきたものであり、基本的には、善意の航空従事者の起こす望ましくない行為を、暗黙の前提としているのではないかとと思われる。

ところで、ここ数年、産業、社会では、悪質な怠慢や手抜き、営利などから故意になされる行為、思慮の著しく欠ける行為などにより、安全が脅かされ、事故ではなく、事件として論議される事態が相次いでいる。

菱自動車リコール隠し（2000年に発覚）。同社が長年にわたり、組織的にリコールを隠し続け、その欠陥が原因と思われる人身事故も発生していた。

雪印乳業大阪工場の総合衛生管理製造過程（HACCP）承認取消し（2000年）。HACCPの規定を無視して、加工乳等の製造ラインの洗浄を怠っていたことが発覚した。このため、同工場は閉鎖に追い込まれた。

農水省、厚生省の狂牛病問題対策の遅れ（2001年）。狂牛病の感染源とされる肉骨粉の輸入や、日本国内での狂牛病発生牛処理、安全宣言の出し方にさまざまな問題があり、消費者を著しく混乱させ、また酪農家に打撃を与えた。

雪印食品食肉産地偽装事件（1999年頃から）。牛肉や豚肉の産地を偽り、小売店を通じて消費者に販売した。同社は、狂牛病対策のための国内牛肉買取制度も悪用し、最終的に会社の解散に追い込まれた。

東京電力自主点検記録改ざん事件（2002年に発覚）。同社の原子力発電所の点検・補修作業において、‘発見された不具合を公表しない’虚偽の修理記録を行う‘許可されていない方法で修理を行う’、さらには‘原子炉の機密検査に合格するために不正操作を行う’などの不正が重ねられ、原子炉の停止に追い込まれた。

これらは、人的問題には違いないが、ヒューマンエラーという言葉には全く馴染まず、ヒューマンファクターでも想定外の事態である。安全文化の問題ともいえるが、私たち日本人が自分たち自身に抱いていた、几帳面、実直であるとのわが国の安全文化を、根底から否定する事態であり、日本の安全文化の崩壊を、自分たち自身で感じざるを得なかった。

工学が扱うシステムは、航空機や原子力発電所、通信ネットワーク等に見られるように、ますます巨大化し、内包するエネルギーも大きくなってきている。また、食品や自動車などの消費財は、より多くの人々の手に渡るようになってきている。従来の

ヒューマンファクターは、これらを扱う人は、基本的には良心的であるとの前提に立ち、しかし結果として不適切となる行為をいかに防ぐかということにエンジニアリングの立場から注目してきたものであるが、最近では、悪意、または時として犯意に近い行為に関心をもたなくてはならなくなってきたのである。もとより、ヒューマンファクターのこのような扱う対象の拡大は、全く嘆かわしいことであるが、これを現実として受け止める必要がある。この問題は工学倫理、社会倫理の問題ともいえ、技術としての安全工学では扱いきれなくなってきたところであるが、安全工学としては、重大な関心をもち、主体的にこの問題に対して発言をしていく必要がある。

[参考文献]

1. 航空・鉄道事故調査委員会；航空事故調査報告書 2002-5、日本航空株式会社所属 JA8904（同社所属 JA8546 との接近） 平成 14 年 7 月 12 日
2. F．H．Hawkins（黒田勲監修、石川好美監訳）；ヒューマン・ファクター - 航空の分野を中心として -、成山堂書店、1992
3. 国際民間航空機関（ICAO）；ヒューマンファクター訓練マニュアル、財団法人航空振興財団、2000
4. 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）日本工学アカデミー EAJ InformationNo.114、22-39、2003

4）機械システムの安全性評価

本年最も大きな社会問題となったのは電力会社の不正に端を発する原子力発電施設における安全の問題である。この問題は巨大機械システムの安全をいかに確保するかという点から極めて重要な問題を提起している。未だ調査が尽され最終的な結論が出されている段階ではないが、現時点で考えられるいくつかの問題点を整理しておく。

（１）原子力発電施設における不正記録問題の経緯

平成 12 年 7 月 米国 G E 子会社の元社員から通産省（当時）への不正記録（2 件）に関する申告（内部告発）があった。

当省の調査を通じて、平成 14 年 8 月東京電力が運転中の 13 基の原子炉に関して合計 29 件の不正記録があることを認める。不正の概要は以下の通りである。

原子力発電所におけるシュラウド等のひび割れを放置し国に通報せず。

ひび割れ等の修理について記録を抹消し、修理した事実を隠蔽した。

ひび割れの兆候を自主検査の際に知ったが国へ報告を怠るなど不適切な対応をした。

これらは国が直接立ち会って検査する対象ではなく、原子炉の安全性に重大な影響

を及ぼすものではない。ただし機器のひび割れが現在も残っている可能性のある 11 件については念のため当省が安全評価し、直ちに安全性に重大な影響を与える可能性はないと判断し、8 月 29 日結果を発表した。(以上、平成 14 年 12 月 10 日 原子力安全・保安院資料による)。

マスコミはこの問題を事業者、特に現場技術者の奢り(倫理観の欠如)および国の監督不備であると厳しく批判して報道した。

不正が行われたこと、およびその公表が遅れたことに対する地元住民の反発が大きく、当該の原子力発電施設は発電停止の状況に追い込まれている。

(2) 不正記録が行われた背景

原子力発電施設のような巨大システムは高度な専門技術の集積した複雑なシステムであり、一般の住民が自分で安全を判断できる状況にはない。安全を判断できる専門の技術者は製造者、事業者およびこれを監督する国の側に居る。従って現行では国が安全を保証するための規格・基準(ルール)を定め、事業者はこのルールに従って製造および保守・点検を行い、国はルール通りに事業が行われていることを確認した上で安全を保証し、一般の住民はそれを信じるという形になっている。

今回の不正問題に対する住民の強い反発は主として次の 2 点に起因する。

事業者によってルールが守られていなかったこと。

内部告発から国の公表までの間に 2 年も経過しており、これにより国と住民の信頼関係が大きく損なわれたこと。

一方事業者側で何故不正が行われたかについては、以下の理由が考えられる。

経済性の観点から原子力発電の稼働率を上げるために保守・点検に要する時間は必要最小限にしたいという要求がある。

現行のルールは「設計・製造段階」を想定したルールとなっており、設備の経年変化に対する配慮がなされていない。従って事業者は常に新品同様の設備を維持することを要求され、これが不当に(と現場の技術者は考えているのではないかと思われる)保守・点検期間を長引かせている。

欧米には経年変化を配慮した「維持規格」が整備されており、また我国においても民間ルールとして、日本機械学会「維持規格」が提案されている。この維持規格の考え方を適用すれば今回起こった事象は全て「安全性に影響を及ぼすものではない」と判断されるものである。

(3) 問題点

原子力発電施設のような巨大機械システムの安全に関して、現場技術者(専門家)と一般の住民との間で技術内容の理解および安全に対する理解にギャップがある。

住民はこの巨大システムが“絶対に安全である”ことを求める。

国は住民に絶対安全を保証すべく、事業者に極めて厳しいルールの遵守を要求する。

事業者、特に現場の技術者はこの要求が必ずしも合理的であるとは考えていない。

専門家集団と一般住民の間にマスコミが介在し、専門知識をわかり易く冷静に伝えるという役割よりはむしろ理解のギャップを拡大し、不安を増幅する働きをしている場合が多い。

(4) 改善のための方策

本件に関し原子力安全委員会は不正が起こった背景を精査し「原子力安全の信頼の回復に関する勧告」(平成 14 年 10 月 29 日)を行っている。概要は以下の通りである。

国と事業者の責任分担の明確化

経済産業省においては、事業者の「自主点検」の明確化など、規制に係わる法令等を見直すこと

検査実施体制を抜本的に見直し、実効的な規制体制を確立すること

運転段階の安全を重視した規制制度の整備

経済産業省においては、設備の安全な運転維持に関し適切な技術基準の策定に取り組むこと

その際、常に、最新の技術的知見を反映できるようにすること

情報公開と透明性の向上

本勧告は誠に当を得たものであるが、本来ならばこのような不正問題の発生する以前にもっとずっと早い時期に提言され、実施されるべきものであったと言えよう。現在このような不祥事が発生した段階で“実はひび割れは存在しても、それが十分に小さくてある評価基準を満たしていれば安全であると判断できる”という専門家の常識が一般の住民の理解が得られるか疑問である。国および関連する専門家が誠意を尽して説明し、地域住民の信頼が得られるよう努力することが重要であろう。

なお原子力発電施設関連のトラブルが発生する度に、その非を専ら原子力村と呼ばれる現場技術者の奢りとモラルの欠如にあるとする一部マスコミの報道がみられるが、このような報道は現場技術者に対する世間のイメージを傷つけ、彼等の意気を阻喪させると共にこの分野に若い優秀な技術者を確保していくことを著しく阻害している。将来に亘るこの技術の空洞化こそ原子力安全を維持するために極めて憂うべき事柄であると言えよう。

原子力発電による安定した電力の供給を受けている受益者は国民である。したがっていかに専門的な問題を含むと言えども発電施設の維持に伴うリスクと受益のバランスは国民が判断すべきものである。したがって国、事業者および専門家はさらに一層の情報の開示に努めると共に、地域住民、マスコミを含む一般の国民の理解が得られるよう、誠意を尽くして説明を繰り返し、国民が自分で判断できる材料を提供することが求められよう。

5) 安全教育の展開

(1) 次世代に向けての安全教育

日本学術会議人間と工学研究連絡委員会安全工学専門委員会における安全教育に係る調査研究活動は、旧安全工学研究連絡委員会当時から継続的に行われてきている。これまでの代表的な活動としては、たとえば、関連学協会の協力の下での大学工学部における安全工学教育カリキュラムの調査(1977年)、大学実験室における安全の手引きの作成(1988年)、火災安全工学教育モデルカリキュラムの調査・作成(1998年)などがあげられる。

第16期安全工学研究連絡委員会に至り、委員会内部に安全教育に関する活動を一層促進するためのワーキンググループが設けられ、それまでの調査活動成果を踏まえた検討が行われた結果、安全教育に関して、“個々人の安全から、群としての安全を得るためには、幼稚園・小学校レベルから研究者・社会人レベルに至までの組織的な個人教育・集団教育が必要である。(第16期日本学術会議安全工学研究連絡委員会報告「社会の安全・安定化への道の確立について - 安全工学の立場から - 」, 提言3)”との提言がなされた。

第17期安全工学専門委員会に入ってから安全に関する調査研究活動は継続され、その活動は同委員会ワーキング・グループ委員並びに関連学協会からの外部委員によって構成されるワーキング・グループによってなされ、そこでの討議を受けて、第17期人間と工学研究連絡委員会安全工学専門委員会報告「社会安全への安全工学の役割」において、“リスクの概念、安全化意識、安全知識の一般向け教育の実施(提言2)”, 及び、“安全教育を行う人材や安全の専門家の育成と安全教育体制の整備(提言3)”の提言がなされた。第18期安全工学専門委員会においても、前期と同様に関連学協会との連携によるワーキング・グループ形式での調査活動が継続された。

安全教育ないしは安全工学教育の必要性和重要性については誰もが認識するところであるが、当該問題に対して如何にアプローチするかについては、これまでのワーキング・グループ内での討議において様々な意見が提出されている。それらのうちの主なものは以下の通りである。

安全教育といっても、学級崩壊、校内暴力、登校拒否、学力低下などに見られるように、そもそもの教育そのものが破たんしに瀕している。まずそこに目を向

けるべきである。

実社会が求める安全教育と、現在学校が実施している安全教育および受け手側の学生の意識との間に乖離がある。この三者のズレを明らかにすれば次のステップにつながる。

学際領域である安全は「横系型」であり、従来の「縦系型」の教育とは異なる。

「縦系型」の基礎学力が脆弱な学生に対して「横系型」の教育を施しても成果を挙げることは困難である。

安全技術開発とその普及に携わる人材育成のための専門教育と、社会全体のさまざまなリスクの調査を行い、一般人が社会で安全な行動を行うための一般教育とに分けて臨むべきである。

安全教育を行うに当たって、用語の意味の整理と、安全に対する共通的な概念、基本認識をまとめるべきである。

小学校低学年の時期に「安全」というものの基本理念・哲学を教え、安全に対する倫理観を醸成する環境を作るべきである。

実社会においては、「事故・災害は放っておくと必ず起こりうるものだ」ということを若い人に納得させる方策（教育）を考えるべきである。

これらの意見を基に、安全教育問題を下記の方針で検討することとした（図 3a, b 参照）。

安全教育に関して幅広い観点から、どこにどのような問題があるかを把握するとともに、それらを背景、原因も含めて整理する。

それらの問題点を改善、解決するために、（ ）いつ、どこで、誰が、誰に安全教育をすべきか、（ ）何を教育すべきか、（ ）どのように教育すべきか、について検討する。

	家庭	学校	職場	社会		各種災害モード		
幼児期								
小学校								
中学校								
高校・大学								
社会人								
老年期								

どこに どのような問題があるか？
(安全教育問題把握マップ)

図 3a 安全教育問題へのアプローチ（その 1）

	家庭	学校	職場	社会		各種災害モード		
幼児期								
小学校								
中学校								
高校・大学								
社会人								
老年期								

)いつ、どこで、誰が、誰に
)何を
)どのように
 (安全教育問題対応マップ)

図 3b 安全教育問題へのアプローチ（その 2）

ワーキング・グループにおける現在の活動は、関係学協会との連携・協力の下に上記の安全教育に関する広範な問題点の洗い出しとその整理を行っている段階であるが、その出発点としての「事故・災害・安全問題に対する基本認識」に関して、おおむね以下の考えでまとまっている。

潜在的なリスク（危険）があるから、安全が問題になる。

科学技術的、経済的制約から、潜在的リスクをゼロにはできない。避けられないリスクに基づく事故・災害もある。

潜在的リスク（危険）が顕在化することを減らす努力をするとともに、顕在化した時の被害の拡大をできるだけ抑制する方策（潜在的なリスクが顕在化することの予知も含む）と、ハードとソフトの両面からの危機管理対応を予め考えておくことが極めて重要である。

守るべき基本の無視に基づく事故・災害が存在する。

一般に潜在的なリスクが顕在化する確率は極めて低い。そのために、かなり無理をしても事故・災害にはならないことが多く、慣れや緩みが生じやすい。また、ほとんどの人は事故・災害に遭遇しないので、組織が小さくなると安全への取り組みが疎かになり、特に個々人の問題とは考えなくなる。

人のエラーは許されないで済ませるのではなく、人はエラーをするものであるという認識に立った対策が必要である。

不幸にして被害に遭った場合の救済を社会の責任で行う方法を確立すべきである。

これらの基本認識のもとに最近人々の耳目を驚かした事故・災害を概見すると、たとえば、平成 11 年の JCO 核燃料臨界事故，新幹線トンネルコンクリート落下事故，平成 12 年の食品中毒事故，平成 13 年航空機ニアミス事故，潜水艦衝突事故，自動車リコール隠し事件，平成 14 年の相次ぐ食品偽装事件，原子力発電装置トラブル改ざん・虚偽報告事件，あるいは恒常的に報道がなされている医療，薬品事故など枚挙にいとまが無く，また，それらの事故・災害には，上記「事故・災害・安全問題に対する基本認識」における典型的事例と見なされるものが多く含まれている。

これらの事故・災害に対する対応については，事故・災害の発生原因が当該業務に従事した個人に依存するという従来の伝統的考え方の下ではそれらを排除することは困難であり，むしろ産業活動を営む組織全体としての組織事故・災害としてとらえ，そのための方策を確立することが有効かつ重要であるとの考え方に移行しつつある。

この点で，事故・災害に対する刑事罰責任を規定した刑法第 211 条「業務上過失傷害罪」の適用対象が従来は個人を対象としたものであったが，技術の発展にともなって生ずる事故・災害への対応の結果，最近では個人責任原則を超えた組織責任，すなわち管理者や監督者などに代表される，いわば法人としての責任についても重大な関心が寄せられ，また，このような考えに基づいた判決がなされるようになってきている。そこでは，安全業務遂行のためのガイドラインやマニュアル，さらには安全教育や安全監査の実質的意味とその内容に関心が寄せられている。

このような背景のもとに安全教育に対する社会的要請は高まり，その結果，各方面において様々な安全教育プログラム策定の動きが活発化してきている。

この流れの中にあって，最近脚光を浴びつつある技術者教育として挙げられるのが日本技術者教育認定機構（JABEE）において実施されている大学等の高等教育機関での教育プログラム認定制度である。同機構では，

統一的基準に基づいて理工農学系大学における技術者教育プログラムの認定を行い，教育の質を高めることを通じて，わが国の技術者教育の国際的な同等性を確保する

技術者の標準的な基礎教育として位置づけ，国際的に通用する技術者育成の基盤を担うことを通じて社会と産業の発展に寄与する

ことを同認定制度の目的・理念として掲げている。

同機構の技術者教育認定基準（2002 年版）によれば，各系に共通した教育・学習目標として，“自立した技術者の教育を目的として，下記の - に示した知識・能力等を網羅したプログラム独自の具体的な学習・教育目標が設定され公開されていること”（基準 1 学習・教育目標の設定と公開）を掲げ，その具体的な事項として，

地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養

技術が社会や自然に及ぼす影響や効果，および技術者が社会に対して負っている責任に関する理解（技術者倫理）

．．．

与えられた制約の下で計画的に仕事を進め，まとめる能力

までの 8 項目を掲げている。また，各専門分野での教育プログラム認定基準は，関連学会が中心となって分野別の要件をまとめている。

上記技術者教育プログラム認定制度は，現在，関係大学において検討ないしは実施の段階にあるが，ここでの問題点として，21 世紀の技術社会を担う中核的存在である専門技術者に対する基礎教育の内容として，共通分野における認定基準の項目として残念ながら安全教育が掲げられていないことである。また，各専門分野でのプログラム認定要件を見渡しても，いくつかの専門分野において安全ないしは安全性，あるいは安全工学の言葉がキーワード的に散見される状況である。先に概見した事故・災害においても，その主たる原因が技術的課題と言うよりも当事者及び当事者が属する組織の職業・企業倫理観の欠如に基づく事故・災害と考えられるものも少なからず存在するが，このことを以て，すなわち，技術者倫理教育を施すことによって技術に基づく安全問題が総て解決することにつながらないことは容易に想像できる処である。

幼児から社会人にいたるまでの安全教育の必要性とその普及のための体制整備の重要性については，当委員会の各期の報告書において繰り返し提言として表明されているところであり，基礎的および応用的な安全工学の学習（安全教育）と，それらの知識と経験を実務の場において実践する際の専門的技術者に対する技術者安全教育は次世代の社会において益々重要になると考えられる。

今後は，ワーキンググループでの活動を継続するとともに，各種技術者認定制度あるいは各種技術者教育プログラム認定制度等における安全教育の役割についても調査を進め，必要に応じて安全教育に関する提言を行うための調査研究を進めてゆきたいと考えている。

[参考文献]

- (1) 日本学術会議安全工学研究連絡委員会報告：社会の安全・安定化への道の確立について - 安全工学の立場から - ，日本学術会議（1997）
- (2) 日本学術会議・人間と工学研究連絡委員会・安全工学専門委員会報告：社会安全への安全工学の役割，日本学術会議（2000）
- (3) 池田良彦：過失責任における予見可能性と結果回避可能性，SICE ヒューマンマシンシステム講演会，pp.49-62，計測自動制御学会（2002）
- (4) 日本技術者教育認定機構ホームページ <http://www.jabee.org/>

6) 事故調査体制の展望

(1) はじめに

現代社会は科学技術の発展により人間の利便性の向上、社会の繁栄・発展がもたらされてきたが、各種システムの高度化、複雑化、巨大化によりひとたび事故が発生すると、多数の人命が失われ、社会経済活動を混乱させるなど、甚大な影響を及ぼす場合があることもまた事実となっている。

安全対策の基本としては、万一不幸にして起こってしまった事故を教訓として再び同様の事故が発生させないための調査・分析が重要である。関係者の努力にもかかわらず各種事故が相変わらず発生しており、再発防止のための事故調査の重要性が社会的にも認識されている。効果的な事故調査のためには、実効ある調査組織、調査権の問題、過失の扱い、免責のあり方、遺族ケア、被害補償、救急体制等検討すべき事項が多くある⁽¹⁾。本論では、これらの論点を整理し、社会の安全を向上させる上での有効な事故調査体制の展望について述べてみたい。

(2) . 交通事故調査体制のあり方

第 17 期日本学術会議「人間と工学研究連絡委員会安全工学専門委員会」では对外報告「交通事故調査のあり方に関する提言-安全工学の視点から-」を平成 12 年 3 月に公表している⁽²⁾⁽³⁾。そこでは事故調査結果が有効に安全対策に活かせる様になり交通機関の安全性がより一層向上するための方策としての 9 項目の提言を行っている。

調査機関の設置

交通事故の原因調査と再発防止への勧告を行う調査機関はすべて常設とする。

事故調査の性質

交通事故調査は犯罪捜査のためのものではないことを明確にする。

責任追求のあり方

通常運転時の事故発生に関与した当事者の責任を追求しないという立場を確立する。

刑事免責制度

国民のコンセンサスを得られれば、刑事免責のシステムを導入する。

初動調査体制

事故現場・証拠の保全のため、専門家により構成された初動調査機関を一層充実させる。この初動調査機関には、他の機関に優先する調査権限を与えることとする。

事故情報の公開

国民の生命にかかわる情報はプライバシーを除いて、利害に関係なくすべて公表されるべきである。さらインシデントの報告・公開制度も充実させる。

交通事故対策研究費

交通事故対策研究費の様な枠組みを作り、事故分析・対策に関する継続的な研究を広く国内の研究所・機関で実施することを可能とする。

道路交通事故への対応

道路交通事故は毎日多数の事故が、全国至る所で発生しているという特異な状況下にある。交通事故の発生を最も速やかに察知できる警察が、行政警察の立場から、事故調査の専門家を育成し各警察署等の現場に多数配置する等の体制を確立する。

非職業運転者対策

非職業人が関与する事故低減のため早急に、以下の方策を進める。

- a. 一般人の運転において緊張状態の長時間持続を強制しない交通システムの確立
- b. 非常時における人間行動バックアップ・システムの整備
- c. 一般市民に人間特性を十分理解させる安全教育の徹底

さらに、提言を補足するものとして、以下の5項目を今後解決すべき問題点として指摘している。

- ・調査機関の位置付け、
- ・調査機関の権限、
- ・捜査機関との関係、
- ・免責制度、
- ・被害者感情

以上の提言は交通事故に限らず、すべての種類の事故調査にとり貴重な提言であろう。しかし、事故調査組織の面を主として検討しており、事故の真の原因を探るために必要な事故当事者の証言をいかに得るかの検討が必ずしも十分とは言えなかった。証言者自らに責任が及ぶ恐れがあるときには、有効な証言は得にくい。そこで免責制度の導入が考えられるが、事故時の責任が現状ではどの様に問われるか、また被害者の補償制度はどうなっているかを整理しておく必要がある。以下これらの点について論じる。

(3) . 事故の責任

万一事故を起こしてしまった場合には、3種類の法的制裁と法的責任が生じる可能性がある。それらは、民事責任、刑事責任、行政責任である。

民事責任

事故時の責任としては不法行為に対する責任となる。日常生活においては、さまざまな人身被害や財産上の損害を被ることがある。これらの損害の発生に積極的に荷担した者や未然に防止すべき立場にありながら防止処置を怠った者には、不法行為に対する責任が追求される。民事責任の主要な機能は損害の填補（てんぽ）・金銭賠償であり被害者への損害賠

償責任が生ずる。これが、事故時に生ずる民事責任である。

- a. 過失責任：ただし、加害者の立場からすると、落ち度のない全ての場合において賠償責任を負わされるのでは安心して生活できない。それ故、民法では過失がない場合は責任が生じないことになっている（過失責任の原則）。民事の場合、故意でも過失でも同一の賠償責任が生じる。それ故、加害者に対する責任追及の余地が大きくなる。一方、過失責任の原則から、過失がない場合は損害賠償義務を負わされない。
- b. 無過失責任：社会生活が複雑多様化し、高速交通機関、重化学工業、原子力等の潜在的危険性の大きな施設が登場してきた。この様なものでは事故発生時に被害者が加害者の過失を立証することは困難であり、また無過失であったため甚大な被害を起こしても賠償責任は無いというのでは社会的に容認しがたい。そこで、無過失責任により、危険を伴う活動や施設の保有を認める代わりに予想される被害が生じた場合には過失・無過失を問わず賠償責任を負わせている。

企業活動による災害では、鉱業災害（鉱業法）、原子力災害（原子力損害の賠償に関する法律）、大気汚染による健康被害（大気汚染防止法）、水質汚濁による健康被害（水質汚濁防止法）、などに無過失責任が課せられている。自動車による人身事故の損害賠償責任については、民法 709 条の過失責任原則を変更する特別法（自動車損害賠償保証法 3 条）により加害者に対して無過失責任に近い賠償責任が課せられている。

ただし、民事責任は個人的な損害を填補するためのものであるから、そのような責任を追及するか否かは被害者の意思にゆだねられる。被害者は損害賠償請求権を放棄することも、和解によって賠償金を決定することもできる。もちろん民事訴訟による解決を選択することもできる。

刑事責任

刑事責任は、違法な行為をなしたことに対して行為者に課せられる責任である。国や社会との関係において、公益的な観点から刑罰という制裁が課せられ、社会秩序の維持と反社会的行為の抑止を目的としている。刑事責任の根拠には、犯罪を行ったこと自体に対する社会倫理的な非難という意味での応報的見地と、犯罪者の社会的危険性に着目し再犯防止という予防的見地および犯罪者の更生を目的とする見地がある。

刑事責任は民事責任とは別個に問われ、被害者が加害者の処罰を求めない場合でも、検察官は加害者を訴追することができ、逆に被害者が加害者の処罰を求めている場合でも、起訴猶予とする場合も出てくる。

加害者に罰金刑が科せられる場合、当該罰金は被害者に交付されるのではなく、国庫に納入される。民事責任が、被害者に対する損害の填補・金銭賠償を主眼とし、場合によっては無過失でも負わされうるものであるのに対し、刑事責任は、故意犯が原則で、過失犯は例外的となり、その過失の範囲も民事責任より小さくなる。

現在日本において例外的に過失犯とされているものには、失火罪、業務上失火罪、過失往来危険罪、過失傷害罪、過失致死罪、業務上過失致死傷・重過失致死傷罪などがある。そのため、過失により事故を発生させた場合において、火災発生や死者あるいは重傷者が出ると罪に問われることになる。

また、重大事故の発生や人間の死亡を注意していれば予見できた場合は、その事故の発生を回避する義務が生ずる。それにもかかわらず死者を発生させてしまった場合は、注意義務違反として責任を問われる。

行政責任

行政は、免許の停止や取り消し、業務の一定期間の停止等の行政処分を行う責務を負う。行政処分は刑罰ではないが、刑罰同様かなり厳しい制裁処分と言える。行政処分は社会秩序の維持、将来における危険発生の防止を目的としており、民事責任や刑事責任とは別個に課せられる。しかしながら現代社会においては安全に関わる情報が、社会に適正かつ公正に公開されることが不可欠であり、行政は科学者の専門的知見をも踏まえながら社会に対する行政自体の安全に関する固有の責任を果たす必要もある。行政責任とは、このように行政が現代社会において果たすべき責務との双方向的関係において位置付けられる。

(4) 免責制度

前節で見たように、過失であっても民事責任は問われ、場合によっては刑事罰も課せられる。それ故、ヒューマンエラー（人的過誤、過失）が関与した事故について、当事者の証言が得難く、真の原因がわかりにくいという面が指摘されている。

人間が関与した事故の調査においては、事故に至るまでの人間行動の解明を行うことが不可欠である。事故原因の解明・事実究明を目的とし個人の処罰を目的としないという立場を確立すれば、真相究明が容易となり、類似事故の再発防止、安全向上にとって貴重な事実が明らかとなる。

通常の操作・運転をしていながらなおかつ事故が発生してしまった場合は、（うっかり・ぼんやり、勘違い、操作ミス、対応の遅れ等の意図しない人間行動が関与した事故）、その人間行動の背景にある問題点を明らかにし、当事者の責任追及をしないとする立場（過失責任を問わない）を確立したい。

ただし、定められた規則や法律を守らない、常識に照らし当然すべき注意を怠った、など意図した逸脱や故意の違反・怠慢により事故を引き起こした場合は、当然責任は問われなければならない。

しかし、もう一步踏み込んで、特異な事故や未解明の事故が当事者の証言により解明され、将来起こるかも知れない大事故を未然に防ぐ効果がある場合には、当然責任が問われるケースでも免責を適用することは有用である。現在のわが国の法体系においては免責の制度は存在しないが、事故調査においては積極的に免責制度を検討する価値があると思われる。

免責制度の課題：免責制度の導入に当たっては、免責の基準を明確にして広く合意を形成し、公正なる運用をすることが特に重要である。民事訴訟では過失の場合も責任が追求され、被害者の補償を確実なものにしている。それ故、民事責任に免責を導入する事は難しい。その結果、刑事免責により知り得た事実が民事訴訟において使用される可能性がある場合は、いくら刑事免責制度があっても当事者が真実を述べないことが予想される。つまり、事故に遭遇した被害者の補償制度を充実しておくことが当事者の証言を得るために必須となってくると言える。

(5). 加害者の失地回復

免責制度、被害補償制度が整備されていても、ひとたび事故発生の原因者としての事実が明らかとなった場合は過失・故意にかかわらず組織、社会の中でいわゆるレッテルが貼られ以前と同等の地位・立場を維持するのが難しくなるのが日本の社会と言える。このような状況が万一の事故発生時において当事者の証言を得にくくしている。延いては、不具合あるいは事故そのものを隠蔽する体質が日本の組織には散見される。

加害者の失地回復を可能とする社会的風土を醸成することが、当事者の証言を得やすくするために必要である。

(6). 各種補償制度

民事責任により事故の被害者は加害者からの補償が期待できる。しかしながら実際に補償を受けるためには不法行為要件を立証する必要があり、さらに加害者の資力も必要となってくる。そこで、現在各種の保険制度が整備あるいは提案されている。

損害保険・傷害保険：これは潜在的被害者の自衛手段であり、万一の事故被害発生の場合被害額が補償され、加害者の存在は不要である。被害者が賠償を受けた後は、損害賠償請求権は保険会社に移る。

責任保険：これは、潜在的加害者が保険料を払う保険で、不法行為責任の立証を要する。この種の保険の一例は自動車損害賠償責任保険である。

公的救済制度 1：潜在的加害者の集団が負担する公的な保険制度。労働災害（労働者災害保険法） 公害健康被害の補償等に関する法律、医薬品副作用被害救済・研究振興調査機構法（サリドマイド、スモン）がこれにあたる。

公的救済制度 2：潜在的被害者の集団が負担する公的な保険制度⁽⁴⁾も考えられるが、現実にはこの種の保険は実現していない。

社会保障：特定の個人が保険金を支払うことなく国の一般財源から支払われる救済制度。三菱重工ビル爆破事件が契機となり制定された犯罪被害者等給付金支給法がこれにあたるが、十分の額は期待できない現状である。

ニュージーランドの事故補償制度：ニュージーランドでは統一的な事故補償制度が公的な制度として整備されている。1974 年に Accident Compensation Corporation（行政サービス機関）が設立され Injury Prevention, Rehabilitation, and Compensation Act に基づいて事故補償制度が発足した。これは、責任が誰にあるとも迅速に傷害を補償する制度であり、訴訟手順によらず対処するかわりに傷害についての訴訟権利は与えられていない。休業補償もある。全ての収入のある国民は保険料を支払わなければならない。また、収入の無い国民の補償のために国は資金供給を行っている。保険のカバーする範囲は医療費、リハビリ費用、交通費、休業補償、収入減、慰謝料、遺族補償、葬儀費用であり、事故原因を減少させることを目的としている。1974 年の発足以来、1982 年の大幅な改正、1992 年、2000 年の改正を経て現在でも重要な役割を果たしている。1987 年には病気、医療事故も保険の体系に組み入れるべしとの勧告が出されている。

(7)．まとめ

事故調査体制のあり方について「安全工学専門委員会」では長年議論を重ねてきたが、災害事故を減らし安全を向上させるためには、種々の要因を考慮しなければならない事が明らかになってきた。特に純技術的な問題だけに限定するわけにいかず事故責任、免責制度、被害補償も視野に入れた検討が必要であることを実感した。それとともに、事故の前兆といえるインシデント報告制度、都市災害調査のための組織等今後さらなる検討を必要とする事柄も残されている。これらを基に今後、総合的に事故調査体制のあり方を検討していきたい。

[参考文献]

(2)松岡猛：交通事故調査における問題点 - 日本学術会議第 28 回安全工学シンポジウムでの議論 - , 安全工学, 37 - 5, pp.364-366(1998)

(2) 日本学術会議・人間と工学研究連絡委員会・安全工学専門委員会編：交通事故調査のあり方に関する提言-安全工学の視点から -, 日本学術会議(2000)

(3)松岡猛：交通事故調査のあり方に関する日本学術会議からの提言, 安全工学, 40 - 1, pp.38-42 (2001)

(4) 長尚：事故・災害調査のあり方に関連して, 日本学術会議第 31 回安全工学シンポジウム講演予稿集, pp.51-54, 日本土木学会(2001)

7) 社会の情報化と安全制御

最近 ,わが国の社会の安全性 ,信頼性を揺るがすような事故が多発している。特に ,社会の情報化の進展に伴って ,社会の基盤をなす情報システムの障害が ,日常生活の安全と安心を直接脅かすようになって来ている。大規模なシステムを安全に制御する

ことを目標に検討してきた安全制御小委員会では、わが国で顕著になってきているこれら現代の新しい安全問題を根本から考え直し、検討することで審議を進めてきた。

最近のこれらの安全の諸問題は、安全技術の未発達が原因か？ 科学技術の巨大化、複雑化がもたらす本質的欠陥か？ 人間性を無視した未熟なシステム開発のためか？ 安全技術が長い間軽視されて来た結果か？ 現場の技術を知っている人間が少なくなってきたためか？ 安全が学問として確立されていないためか？ コストを下げることを重視し過ぎて安全をないがしろにしてきたためか？ 便利さを追求しすぎて安全を軽視してきたためか？ 安全規格が不十分なためか？ 安全管理がいかげんなせいか？ 安全監査が機能していないためか？ わが国の「安全と水はただ」という伝統的な文化や精神風土のせいかな？ それとも、安全な社会に慣れて安全に関する感度が鈍くなってきているためか？等々、多くの原因が考えられるだろうが、ここでは、以下の3点から、これらの問題に迫ることにした。

複雑化・巨大化する情報システムの信頼性について
安全工学の学問的確立に向けて
安全と責任について

（１）複雑化・巨大化する情報システムの信頼性について

複雑、巨大化している情報システムの安全性、信頼性について、最近の大規模な情報システムの統合で生じたみずほ銀行の事故から、多くの教訓を学ぶことができる。安全制御小委員会の委員を中心として、2002年11月、日本信頼性学会主催で「複雑化巨大化する社会システムと信頼性」というシンポジウムを開催して、この問題を検討した。その結果、原因としては、経営者、特にトップの情報システムの重要性に関する意識が低いこと、情報システム部の会社の中での位置付けが低すぎることで、技術者の責任観、倫理観が欠如していること、技術者の実力とリーダーシップが不十分であること、プロジェクトマネジメントの失敗、等々が指摘された。この解決のためには、安全性、信頼性に関する学問的なディスプリンを確立すべきこと、プロジェクトとしてコストのことも十分に考慮すること、リスク評価をして金額で表示するような体制・習慣を定着させること、情報公開制度、告発制度を確立し、情報提供者に対する保護を明確にすること、等々の意見が述べられた。

以上のことから、今後の大規模システムの安全問題の関しては、以下のような視点が重要であると考えられる。

システムの信頼性、安全性に関しては、個別のシステムから、人間、組織、管理を含んだ幅広いシステムに観点を広げて行く必要がある。

日本のトップは、神輿の上に乗った調整型のタイプから、トップリーダーとして、トップダウン的にマネジメントを実施するタイプへ転換して行く必要がある。

る。

技術者は、倫理と責任を明確に自覚し、視野を会社内だけから社会全体へ広げて行く必要がある

技術者は、安全性、信頼性のプロフェッショナルとして自覚を持ち、提言、アピールを積極的に行う必要がある。

社会一般に対して、安全性、信頼性の重要さと価値を認識させて行く必要がある。

（２）安全工学の学問的確立に向けて

安全技術は、これまで各分野独自の個別技術として発展してきた。その分野の知見と経験に深く根ざしていて、他の分野の人からは、なかなか窺い知れないところがある。安全を現場で技術的に実現するためには、その独自の分野の専門知識を深く追求しないかぎり実現できないからである。安全技術は、本来的に個別技術であり、極めて専門性が強い性格を有している。しかし、各分野で開発、実現されている安全技術には、共通部分や共通した考え方があることは昔から良く知られた事実である。一方で、同じ安全技術や考え方が分野によって異なった名称を有していたり、同じ安全に関する用語が異なった内容を有していたり、また、ある分野で常識的な安全技術が他の分野ではほとんど知られていなかったりすることが多々あることも、よく知られた事実である。安全技術は現場の技術の積み重ねであり、過去の経験の積み重ねという面が強いので、他の分野の安全技術との共通性、すなわち標準化という発想が出にくいのは仕方がないのかもしれない。しかし、これでは安全の技術、安全の学問の体系的な進歩、発展は困難である。

ある分野で開発された安全技術は、専門的には確かにその分野に特化した技術であるかもしれないが、その考え方の深層には、他の分野にも応用できる考え方が隠されているはずである。他の分野で利用するためには、その安全技術の本質を他の分野の人にも理解可能、応用可能なように一般化、原則化する必要がある。そうしない限り、たまたま二つの分野に詳しい安全技術者が居た場合に限り、ある分野に特化した安全技術が他の分野に移転可能になるだけである。多くの分野でそれぞれ汗を流し、苦心して開発してきた安全技術や知恵が他の分野にすぐに応用できないのは、もったいない話であり、起らなくても済む悲劇を繰り返すことになる。

安全制御小委員会では、親委員会の安全工学専門委員会、及び、日本工学アカデミー安全専門部会と共同で、「安全の学問体系の樹立と安全工学の位置付け」について検討を重ねてきた。安全を学問的に樹立するためには、まず、安全に関する用語、概念、技術を整理する必要があることが指摘された。そこで、個別分野に特化した安全技術を基本にして、そこから一般化することで共通に使える安全技術や考え方を抽出し、更に、その上に安全の理念的側面を置くという安全に関する三層構造を提案することとした。この階層構造に従い、安全に関するキーワードを分類する安全マップ（安

全曼荼羅ともいう)が提案された。更に、安全には、人間の価値観が関与するだけでなく、人間の身体的,心理的,社会的ファクター等を見捨することは出来ないで、真に安全の学問を確立するためには、安全工学に基礎を置いた、人文科学,社会科学を包含した安全学の確立を目指すべきことが主張された。以下に、安全マップの構造の概略を記す。まず、安全の技術と考え方を以下の三つに分割し、の上に を、の上に を配置し、下層は上層に則するという三階層に構造化した形にする。

安全の理念、原理・原則のようにすべてに共通するもの
各分野に共通に利用できるもの
各分野固有のもの

これ以外に、安全に関連した分野からも学ぶべきことが多いはずで、これも一つの分類として位置付ける。また、の共通に利用できるものには、技術的側面、人間的側面、組織的側面の三つに分類出来る。すなわち、安全マップで提案する分類は、

理念的側面 / 技術的側面 / 人間的側面 / 組織的側面 / 各分野の安全 / 関連分野
の6つになり、それぞれ、図4の様に三つに階層化される。

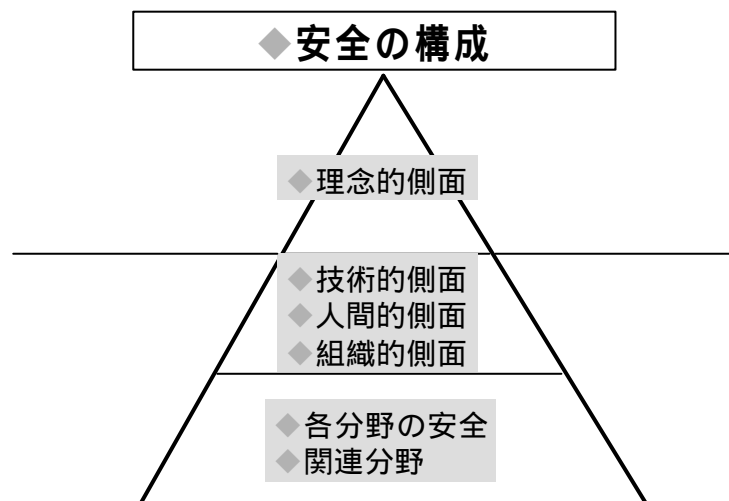


図4 安全の構成

この階層構造では、下は上の考え方の特殊なものである、すなわち、下は上に則って決められるという構造になっている。例えば、ある分野で考えられた新しい安全技術は、そのエッセンス、すなわち本質的部分が抽象化されて中間層に位置付けられる。

各分野の安全は中間層の技術や考え方を利用,参照する構造になっているので,直ちに自分の分野に取り込むことが出来るようになる。

(3) 安全と責任について

絶対安全があり得ない以上,事故はいつかは発生する。そのとき,事故の責任は,作業員や操作者等の直接携わっている人間の不注意,過失等のミスに帰される場合が多い。しかし、実際には,機械・設備側に原因があると見なすべき場合も多いはずである。最近の大事故は,マネジメント(管理,運営)に問題がある場合がほとんどのものである。いくら注意しても人間は間違えるものであり,どんなに信頼度が高くても機械はいつかは故障するものである。事故の予想は確率論的に論じられても,事故が起きると,確定論的に事故原因は解明され,真の原因が追求される。再度同じ事故を起こさないためには,必須のアプローチである。真に原因が究明されたとき,これまでの考え方では,誰かが事故の責任を追求されることになる。事故を起こした当事者(多くの場合は障害を受ける本人)か,監督者か,経営者か,機械・設備の製造者か,その設計者か,その機械・設備を承認した規制当局か,認証した認証機関か,規格を作った規格作成者や業界団体等々、である。責任を追求される可能性があれば,関係者は口をつぐむ。事故の原因は永久に解明されないことになり,同じ事故が繰り返されることになる。許される事故という範囲を明確にする必要があるはずである。一方で,現実には,事故が起きて,法を逸脱していないということで免罪を主張する傾向が強い。安全は,法を守っていれば良いという単純ものではないはずで,もっと,本質的なところに目を向けるべきである。

安全の責任に関する考え方を議論することを通して,安全の規制当局,規格・標準の策定者,業界団体,製造メーカー,販売業者,事業者,管理者,使用者(作業員)等に間の安全に対する責任の分担,取り方等,及び保険や被害者救済等との関係を明確にする必要がある。国際社会との整合性を考慮しつつ,我が国の文化と伝統に適した「安全と責任」のあり方を探るという目的のもと,安全制御小委員会のメンバーを中心に,親委員会の安全工学専門委員会主催,日本信頼性学会共催,関連 10 団体の協賛の下に,2002 年 12 月、日本の安全を根本から考えなおすという副題で,「新しい安全の在り方,安全の責任の取り方を探る」ための安全工学ワークショップを開催した。このワークショップでのパネルディスカッションを通じて,モノを設計する,作る,認証する,使う等の様々なフェーズで,

現時点でやれる最善の手を尽くす

リスクはゼロにはならないので,残留リスクを明記する

作業員は,残留リスクに注意をしながら,十分に注意をして作業をする

それでも現実には事故が起きるので,その場合には事故原因の究明を最優先とし,その結果から早急に規制,規格等を改善する

被害者の救済が重要なので、その体制を整える

各フェーズで当事者が誠心誠意安全に手を尽くしていたのであれが、免責とする

当事者が誠心誠意、安全に手を尽くしていたことを文書化しておき、それを保証するために第3者の評価を導入する、

等の提案がなされた。

なお、パネラーの中から、上のような仕組みの下で、スチュワードシップの概念に基づいて安全が実現される必要があるという意見が出された。ここで、スチュワードシップとは、西欧的宗教観に基づくものであり、マスターシップ（神にゆだねられて、自然を含め全てを支配する権利）という考え方に対峙するもので、「神から委託されて、力のある者が、弱いものを助け、共生させるという神託に応える義務」のことを意味している。

[参考文献]

1. 村上陽一郎：安全学、青土社、1998 年
2. 向殿政男：安全マップ（安全曼荼羅）の提案----信頼性、日本信頼性学会誌、Vol.24,No.7,2002 年 10 月
3. 向殿政男：安全工学の技術と思想の体系化について、EAJ Information,No.114,日本工学アカデミー、2003 年 2 月

3. 結 言

今期（第18期）は、人間と工学研究連絡委員会安全工学専門委員会、同ワーキング・グループ会議、安全制御小委員会、安全教育ワーキング会議、多くの専門分野からの共催・協賛を得ている安全工学シンポジウム、安全科学工学研究国際シンポジウム、および安全工学ワークショップを開催して議論を深め、最近の新たな事故や災害に対応するためには、安全工学のあり方をさらに明確化して行くことが不可欠であるとの認識を得た。また、社会に大きな影響を与えた原子力施設の安全管理に関わる虚偽報告、航空機のニアミス、医療事故などは、安心社会の育成のために安全工学の果たすべき役割の再検証、および安全教育の基底としての社会や企業における倫理観醸成の必要性をクローズアップさせた。当面は、ヒューマンファクターを考慮した学問体系として安全工学をさらに整備して行くこと、および従来のヒューマンファクターの概念を超えた悪意ある人間の存在をも配慮した新たなシステムを構築することに努める必要がある。

このような今期の活動は、安全・安心問題に関心が高まっている社会の現況、日本学術会議における一連の報告、すなわち、日本の計画委員会報告「日本の計画（Japan Perspective）」、ヒューマン・セキュリティ構築委員会特別対外報告「安全で安心

なヒューマン・セキュリティへの道」、安全に関する緊急特別委員会報告「安全学の構築に向けて」などを踏まえて実施された。その成果として、安全工学専門委員会は、安全工学のための安全・安心問題へのアプローチ、事故調査および責任体制のあり方、社会各分野における安全工学の導入と安全性評価、人的ファクターを考慮した安全管理と責任の問題、安全教育の普及方法のあり方と社会倫理の醸成、安全工学の学問体系の整備と国際的連携の促進などを含む提言を「安全工学の新たな展開---安心社会への安全工学のあり方」として、対外報告にまとめた。

最後に安全工学シンポジウムや安全工学ワークショップでの討論や運営に参画頂いた共催学協会会員はじめ多くの方々、安全工学専門委員会ワーキング・グループの方々、本報告を纏めるに当たり貴重なコメントやアドバイスを頂いた日本学術会議運営審議会委員各位、第5部担当会員および人間と工学研究連絡委員会委員各位、および本専門委員会の運営にご支援を賜った日本学術会議の事務局の方々に厚く御礼申し上げます。次第である。

[参考資料]

第3回国際安全工学科学シンポジウム（IFSES III）の概要

（1）開催日時 2002年1月10日～11日

（2）開催場所 日本大学学術情報センター（所沢、埼玉）

（3）テーマ IFSES III は、過去2回のIFSESの結果を踏まえ、今後の国際安全工学科学連絡機構の形態を Virtual Office とする構想を受けて、Virtual Symposium という形式を実験的に試みた。IFSES III におけるテーマおよびより具体的なトピックスを以下に示す。

種々の分野における安全に関する先端技術と最新の話題
安全文化について
将来の仮想国際連絡機構の創設の可能性
国際連絡機構の運営の方法

（4）具体的なトピックス

IT 時代に関するトピックス

a) コンピュータ制御プラントやシステムにおける安全の特徴と論理

b) 巨大・双方向的システムが社会や保安に及ぼす影響

物質と環境に関する

a) 新物質に関する安全の特色

b) 新物質、その中間体および廃棄物の化学的安全性

c) 環境に対する非意図的有害物質の予見

社会システムに関する

- a) 人間の心と行動の特徴に関する予見
- b) 教育とコンピュータゲーム、効果、短所、若年世代に対する影響
- c) 人間に起因する気候変動およびそれを支える社会
- d) 安定して安心な社会に必要な条件

最終目標である、ILOSES 設立に向けて

- a) 安全と保安に関する基本的な概念の構築
- b) 産業規則における世界的標準の未来の姿

(5) Virtual Symposium の形式

発表：

- a) 口頭発表 1 (基調講演 7 件)

会場にて、Power Point プレゼンテーションを用いた通常の口頭発表を行い、これをリアルタイムでインターネット上にストリーミングし、更に、上記録画を 12 時間後に、インターネット上に再ストリーミングする。

- b) 口頭発表 2 (基調講演 1 件)

会場にて、Power Point ファイルに予め録画した口頭発表 (動画入り) を再生し、リアルタイムでインターネット上にストリーミングし、更に、上記録画を 12 時間後に、インターネット上に再ストリーミングする。

- c) ポスターセッション

Power Point ファイルで提出された、各発表を HTML ファイルに変換してインターネット上に限定公開する。

参加

- a) 会場参加

上記、口頭発表を会場で視聴。会場に準備された PC または持参の PC にて IFSES III ホームページ(パスワードにより登録者のみに公開) にアクセスし、口頭発表ストリーミングおよびポスターセッションの閲覧。および、宿泊先、オフィス、自宅より IFSES III ホームページにアクセスし、口頭発表ストリーミングおよびポスターセッションの閲覧。(ポスターセッションは、会期前後 1 週間公開)

- b) インターネット参加

インターネット環境の整ったオフィス、自宅より IFSES III ホームページにアクセスし、口頭発表ストリーミングおよびポスターセッションの閲覧。電子掲示板による質疑応答。

なお、参加者数は、50 名 (インターネット参加 23 名を含む) で、会場、電子掲示板上で活発な討論が行われるとともに、以下のレゾリューションを電子掲示板で作成した。

この結果、国際安全工学科学連絡機構の形態を Virtual Office とすることの実現可能性が示されたと考えている。なお、国際安全科学工学研究連絡機構設立準備小委員会では、IFSES III の成果を受けて、国際安全工学科学連絡機構設立の具体化を検討した結果、より実行力の高い組織に具体化の実行を移管すべく、「安全知の連合」構想の中で、国際的な安全知識の共有化を模索している組織である、工学アカデミーに、その具体化を考えている。

(6) 決議事項

本シンポジウムを終えるに当たり、行った決議（英文）を以下に掲げる。

3/14/2002

Resolutions

This resolution is based on the previous Resolution, which was issued in the First IFSES held in 1994 in Tokyo.

Safety is understood as prevention of “damage to human life and property” as the consequence of operation of technical systems.

To enhance social and engineering safety, there is a need for a considerable multidisciplinary effort of engineers and scientists in various fields throughout the world. To facilitate such cooperation, we have to provide opportunities for a friendly exchange of ideas and development of global standards concerning **Safety**.

There is a need for an overall liaising organization that can facilitate communication between international and local engineering organizations, their members, as well as leading engineers and scientists.

This liaising organization should be formed within approximately five years, using the recent developments in the information technology.

The meetings should be held once every several years, in addition to more frequent virtual meetings.