

長岡技術科学大学における 社会人向けシステム安全の教育

長岡技術科学大学 福田 隆文

1. はじめに

長岡技術科学大学は、社会人に対するシステム安全専攻（専門職学位課程）を有し、現に働いている技術者を中心とした安全に関連する者に対する教育を行っている。本稿では、その内容等を紹介して、安全教育について考えるための一助として頂ければ幸いである。

労働安全衛生法28条の2が改正されて「危険性又は有害性等の調査等の実施」が努力義務化された平成18年に、長岡技術科学大学（以下、長岡技大）専門職学位課程システム安全専攻が設立され、15人の社会人の学生を受け入れるようになった。それまでも定員5人のコースとして4年の実績があり、国際的な安全の考え方や国際規格に沿った安全構築についての授業を行ってきたものを発展させて、専門職学位課程として設置した。現在は12期生まで迎え、修了生も100名を優に超える人数となっている。本カリキュラム修了者には「システム安全修士(専門職)」の学位が授与される。これは、カリキュラムにしたがって所定の科目を学び、安全に関する知見と実務能力を修得した証である。

2. システム安全とは

我々は、システム安全を次のように定義している。

ハードウェア・ソフトウェア、人、法・規範などの複合体において、人間の誤使用や機械の故障などがあってもその安全を確

保するためには、設計／製造／使用などライフサイクルのすべての段階で、危険につながる要因を事前に系統的に洗い出し、その影響を解析および評価して適切な対策を施す必要がある。これらを実行するために、安全技術とマネジメントスキルを統合的に適用する手法の体系を「システム安全」という。

工学においては、古くから安全は重要視されてきている。例えば、機械工学科では、基礎である材料力学で、「部材にかかる荷重は、その材料の耐力（降伏点、引張り強度など適宜選択する）一杯ではなく、安全率で除した荷重迄とする」ということは、設計の基本として学ぶ。このように、個々の技術的な対応は行われてきている。

また、わが国では、「安全教育を徹底して人の注意により安全を確保している、欧米では機械で安全を確保している」、と言われることがある。これは、ある側面を強調した言い方である。実際、わが国の労働安全衛生規則でも、「第二編 安全基準 第一章 機械による危険の防止第101～151条」において機械側で行うハード対策が規定されている。

ただ、どこにカバーを設置するか、インターロックは必要なか等をリスクアセスメントによって決定するという仕組みの面が弱く、安全設計にしても「法規に規定にあるか」を判断することになりがちだと思われる。

一方、欧州では、1970年代頃から、危険や事故が起こる可能性のある場所は機械によって異なるので、それは機械設計者がきちんと調べ（リスクアセ

メント), 対策を考え, 可能な対策は機械に組み込むことを基本とし, 機械設計ではどうしても対策できない危険は, 残ってしまった危険(残留リスク)として使用者に伝える(3ステップメソッドによるリスク低減)という仕組みを構築してきた。その結果が, 欧州地域での規格であるEN規格であった。これを見た世界各国が欧州の規格から国際規格に取り込もうとした結果, ISO12100を中心とする国際的な機械安全規格の体系ができあがってきた。

安全性向上のためには, 「安全教育と人の注意力の活用」と「機械側での安全対策」をうまく融合することが大切である。ただ, 従来わが国では, 設備対策については, 上述のようにリスクアセスメントで危険源を見つけ対処するという側面よりも, 経験的な面や法令に書かれていることを行っているかについての確認の面が強かった。また, 対策も, 国際安全規格の示す本質的安全設計, ガード及び保護装置での対策を優先し, それでも残った危険性に対しては安全上の情報として使用者に提供する, という仕組みが十分に理解されていなかった。

それでは, 「安全教育と人の注意力の活用」, 「機械の安全対策の実施」とその基礎の「リスクアセスメント」をうまく組み合わせ活用するには, 何を学ばよいか。弊学の授業について記述する前に, 国際規格の考え方について触れてみたい。

3. 国際規格での安全の定義とそのための方策

安全においては, ISO, IEC等の国際規格の役割は大きい。もち論, 国際規格の第一義的な役割は, 国際的な流通のためであるが, 流通許可条件として国際規格は, 安全の水準を担保する役割も担っている。国際規格であるISO, IECにおいて, 安全を規定する際には, ISO/IEC Guide 51^[1]を基に行う。従って, このガイドに書かれている事を理解することは, 国際規格を理解する上でキーとなる。

ISO/IEC Guide 51^[1]では, (1) 安全をリスクで考えることにしている。箇条6.2.1で「全ての製品及びシステムにはハザードが含まれており, このため, あるレベルの残留リスクを含んでいる。」と述べて

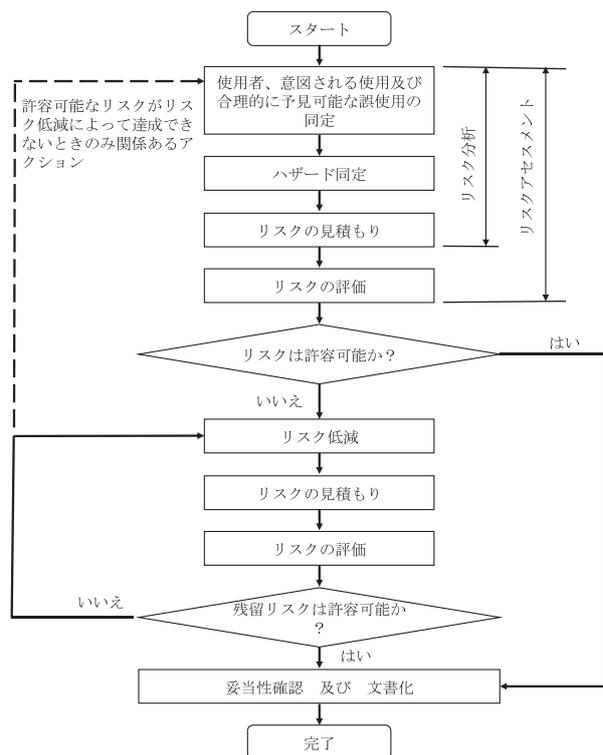
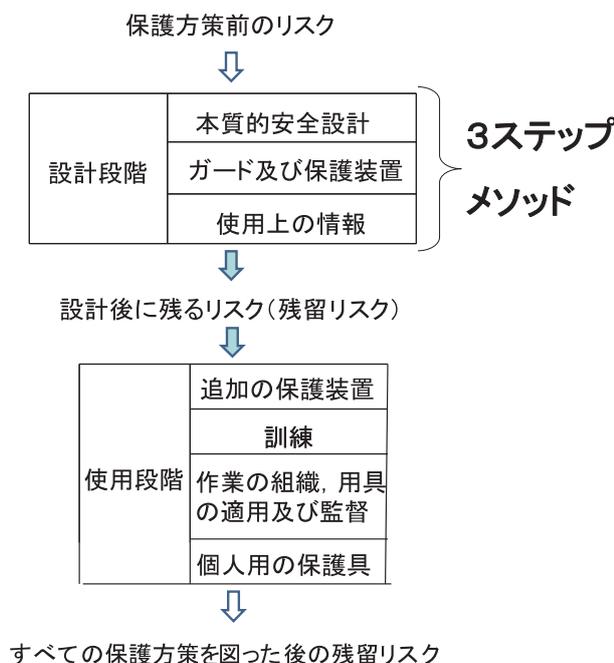


図1 ISO/IEC Guide 51^[1]に示されるリスクアセスメントとリスク低減の反復プロセス

いる。つまり, リスク0(絶対安全)は理想であるが, 現実できないという事実の中で, 安全を確保した製品の流通の実現を目指している。図1は, このガイドに示されている安全検討のためのフローである。さて, リスクで安全(リスクの許容)を判断する以上, リスクを見積もることができなければならない。従って, リスクアセスメントの修得は必須である。また, 更にその前に危険源を同定できなければならない。更に, 同定した危険源に関連するリスクを許容できるレベルまで低減することが求められているのであるから, リスク低減手法を知らなければならない。リスク低減手法(保護方策)は, 設計では3ステップメソッドに従うこと, 使用側では設計による準備された使用上の情報を基に, 対策をとることと示されている(次の枠内及び図2)。なお, 時に誤解されていることがあるが, 国際規格は全ての安全対策をハード的に行うことを求めてはいない。また, それは現実無理である。

- 設計者による方策（本質的安全設計方策，安全防護及び付加保護方策，使用上の情報）（3ステップメソッド）^[2]
- 使用者による方策〔組織（安全作業手順，監督，作業許可システム），追加安全防護物の準備及び使用，保護具の使用，訓練〕^[2]

第一ステップである本質的安全設計方策とは、ガード又は保護装置を使用しないで、機械の設計又は運転特性を変更することによって、危険源を除去する又は危険源に関連するリスクを低減する保護方策である。これを最優先に行う。保護装置は確率が低いとしても故障することもあるし、無効化もできるが、本質的安全設計方策で対策できれば、そのようなことが起きなくなる。次に第二ステップである安全防護、つまり本質的安全設計方策によって合理的に除去できない危険源、又は十分に低減できないリスクから人を保護するための安全防護物（ガード又は保護装置）の使用による保護方策を行う。ここで注意すべき事は、作業者の身体が機械の危険な可動部から、固定ガードによって空間的に、インター



注 文献^[1]を基に作成した。

図2 設計・使用段階でのリスク低減

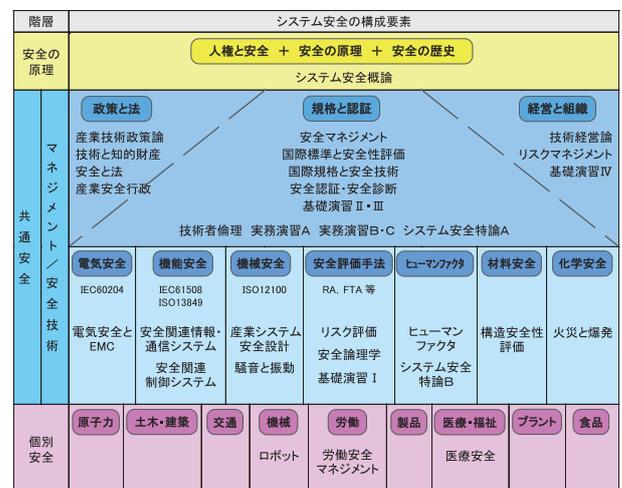
ロックによって時間的に分離されていても、その中では危険源は存在していることである。以上のことでも残存するリスクは、第三ステップである使用上の情報として使用者に伝え、上記の使用者による方策が正しく行えるようにする。この目的から、危険な場所は危険と伝えることがキーである。以上の設計側の対策の検討においては、第一ステップ，第二ステップ，第三ステップと優先順位があることを意識することである。

4. 本専攻の授業の概要

本専攻は授業にあたり、(1) リスクアセスメントとその結果に基づく安全対策の実施に加え、(2) 設計や会社組織等のマネジメントや技術者倫理を入れた体系を準備した(図3)。

本専攻は、機械安全を中心としているが、これは、製造業における休業4日以上死傷災害の約1/4は機械が関係しており、そのための人材の育成が急がれるためである。そのほかに国際安全規格の体系の整備が最も進んでいて、機械安全の体系を理解することで多くの分野での安全対策に応用できるからである。実際、本専攻の学生の半数以上が機械安全以外の安全の担当者である。

図の上段に示した導入にあたる「システム安全概論」では安全構築の基礎などを教示している。基礎



注 平成26年度現在

図3 長岡技大システム安全選考の授業体系

的で共通的な科目として、図の中段「共通安全」の中央に記したリスクアセスメントや安全設計関係の技術の中核にした科目と、中段左右に記したマネジメントに関する科目がある。全ての領域に演習科目も配置している。下段に示した「個別安全」は、受講生個人が、業務に関連あるいは興味がある科目を選択して履修する。

技術の中核にした科目では、リスクアセスメントの基礎を教授する「リスク評価」、保護方策として安全確認型・基本安全原則を扱う「安全論理学」、「国際規格と安全技術」などを学んだ上で、電気安全、機能安全、機器設計法やその他関連した科目を学ぶことができる。

機械側で設備対策が優先されることは述べたが、作業者がミスをしにくい設備とすることも大切であり、その基礎知見を与える「ヒューマンファクター」、労働安全の根幹である労働安全衛生法の基礎知識を与える「労働安全マネジメント」を準備している。また、安全の議論では、どこまでリスクを低減すればよいのか、が問題となる。これには、数値的な目標があるわけではない。そうであるので、「いい加減に対応する」ことも可能である。このことから、危険源を真剣に同定する、その危険源に対して技術者として可能な限り低減を指向する態度、つまり技術者としての安全に対する倫理観が、安全確保の基盤となる。従って、本専攻では、技術者倫理を講義している。

また、演習では次の内容を実施している。

- ・課題に設定した機械（丸のこを教材としている。）を学生全員でリスクアセスメントを行い、その結果を相互に比較・討論する。（システム安全基礎演習Ⅰ）
- ・安全装置に求められる要求仕様と既存の安全規格の記述について比較検討し、安全規格作成方法について理解する。（システム安全基礎演習Ⅱ）
- ・認証を模擬的に経験して、リスクアセスメント－安全設計－安全立証書の作成のプロセスとその意味を理解する。（システム安全基礎演習Ⅲ）
- ・企業の不祥事事例を題材に、組織のマネジメント、法的側面からその原因を検討し影響を最小限に抑

えるための対策を立案する。（システム安全基礎演習Ⅳ）

さらに、国外・国内の著名な安全認証機関や研究機関に行き、そこで審査官などと議論して、主体的に学ぶ科目（システム安全実務演習B, C）や所属組織での問題を教員と共に、二年間で学んだ知見を基に解決を目指す、いわば本専攻の仕上げの科目ともいべきシステム安全実務演習Aが用意されている。

授業の体系と各科目の内容の詳細は、ホームページ (<http://mcweb.nagaokaut.ac.jp/system-safety/>) で公開されているので、必要に応じてご参照願いたい。授業形態は、講義科目で知識を習得し、それと各自の経験や立場に立った議論を重ねることだけではなく、演習科目により実際にその知識を使うことで、知識の活用法を学んでいる。

まとめると、長岡技大の体系は、次のことを理解することを意図している。

- (1) リスクアセスメントにより危険源を見つけ評価することから、安全設計、さらに機械の危険情報の作成と譲渡時等に相手先へ情報を通知することまでが一連の流れであること。
- (2) 安全設計においても、本質安全設計が最優先で、次に保護装置による安全確保の順があること。
- (3) 安全は、機械が使用される際の安全だけではなく、設置、保全、修理等の全ての段階で確保できるようにすること。
- (4) 適切なマネジメントにより、上記の (1)～(3) が実現できるようになること。

4. 社技術者がなぜ経営に関する知識を有しなければならないのか

一般論として、会社に勤務する者は経営のことを知っていた方がよいというのは事実だろうが、安全技術者は次のような点で、上司やトップが納得して安全を進めることを表明し、資源を投じるように説得しなければならないと考えている。つまり、経営者が販売する機械について判断するのは、主に市場性の観点からであるので、技術者は安全の必要性についても説明しなければならない。このとき、安

全やそのための装置の必要性はもとより、state of the artとされるレベルの安全（現在の技術・知見を結集して行い得るレベルの安全）が国際市場では求められていること、しかし、そのための投資は、事故による経営への負のインパクトと比較して十分価値のあることを説明することが、納得して安全への投資をしてもらうために必要となる。生産現場の安全化についても同様で、事故から社員を守ることの倫理的な意味だけでなく、事故による生産停止など考えると、安全への資源の投入は、価値あることであることを説得しなければならない。これらのために必要な経営やマネジメントに関する知識は、工学部でオプション的に勉強するだけでは足りないと考えている。

5. 社会ニーズ

以上述べてきた弊学におけるシステム安全の教育であるが、これは社会ニーズと合致しているのだろうか。

入学者数の推移を表1に示す。本専攻は一学年の定員は15名であり、定員をほぼ充足している。また、いくつかの会社が複数の安全担当社員を入学させている。この事から、修了生は会社で期待に届いていると考えられ、社会ニーズと乖離していない教育を行っていると感じている。

また、厚生労働省が平成26年4月に「機械設計技術者、生産管理技術者に対する機械安全に係る教育について」（基安発0415第3号）で教育カリキュラム（電気・制御技術者の場合で40時間）を示した。本専攻の教育内容を基盤としている安全技術者の資格であるシステム安全エンジニアの有資格者は、この

カリキュラムに示された全項目に関して十分な知識を有すると見なし支えないこととされた（基安発0415第1号）。このことから、本専攻が提供している授業科目大系は社会の要請に合致していると考えている。

6. まとめ

本専攻の内容は上記の通りである。ごく簡単にまとめれば、リスクアセスメントから安全方策、使用上の情報までの一連の流れを理解できるようにしたこと、マネジメントまでを一体としてカリキュラムを組んでいることである。幸い、毎年多くの安全を目指す現に働いている方々が入学してきている。副次的ではあるが、非常に大きな効果が生み出されている。それは、様々な業種の組織から集まっているので、授業中、授業後の議論が活発で深いことであり、相互研鑽になっている。これは、本専攻の他ではなかなかできていないことであると考えている。

安全は、一方で、製品開発の足かせといった理解がされているが、それは国内市場を見て、かつ事故が起こったときに受ける損害を見ない(想定しない)議論の結果である。実際には、国際市場には安全があつて初めて上市できるという現実、事故を起こさないという気構え、国際的なルールを理解して安全を製品や職場に作り込むという考えと、それを経営層にも説明できる能力を学生に修得してもらい、修了した彼らを通じて、その会社の安全が高まること、さらに間接的ではあるが、社会全体の安全レベル向上に寄与することを目指している。欲張ったことであるのは承知しているが、一歩ずつ前進したいと考えている。関係各位からのご鞭撻をお願いしたい。

<参考文献>

- [1] ISO/IEC Guide 51 : 2014 Safety aspects - Guide-lines for their inclusion in standards (JIS Z 8051 : 2015 安全側面－規格への導入指針)
- [2] ISO 12100 : 2010 Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction (JIS B 9700 : 2013 機械類の安全性－設計のための一般原則－リスクアセスメント及びリスク低減)

表1 入学者数推移

年度(平成)	18	19	20	21	22	23
入学者数(名)	16	16	15	15	16	13
年度(平成)	24	25	26	27	28	29
入学者数(名)	15	10	15	12	15	18

入学者数から見た平均充足率 98%

注 一学年定員は15名