安全設計の基本概念†

杉原健治*/向殿政男**

In Japan, safety measures have been taken after an accident occurred. However, based on the basic concept of safety which is stipulated by international standards such as ISO and IEC, "preventing an accident from happening" is shown important in this article as a new approach to ensure safety which replaces the said old approach. In this new approach, all the hazards are identified in a scientific and engineering manner and they are eliminated before an accident occurs, that is, safety should be considered based on risk assessment. Also, this article introduces the safety standards which are created in a structured approach as well as the fundamental concepts which become the basis of future efforts for safety.

1．はじめに

21世紀の社会において，「人，物，金，情報」が今までにないスピードで流動化していることは誰しもが認めているところである．人間社会とは自然が作り出す社会ではなく，自然の影響を受けながらではあるが，人間自身によって都合の良いように形成された社会である．このことをよく考えてみると，身の周りの事象の多くは，人の頭脳が引き起こした現象といえる．つまり，社会や組織，製品やサービスなどもすべて，人の思考や考え方により決まっているといってよい．その思考や活動により，人にとって都合のよいものを生み出していくことができるという意味では，人間とは素晴らしい動物だといえる．しかし，その素晴らしい能力を有する人が必ずしも人を幸せにしていくとは限らない．なぜなら人の思考が，すべての面において自由を許されているからではないからである．例えば，エネルギーについて考えてみると，最初は人力で事をなしていたが，イギリスで起こった産業革命あたりから蒸気動力を使うようになり，より大きなエネルギーが得られることになった．より大きなエネルギーは，人類に大きな仕事ができる力を与えてくれた一方で，人がそれを安全に扱う事を困難にもした．人は人力以上の力は基本的には制御できないのである．しかしながら，先人の弛まぬ研究や開発によりそれを制御し，人の社会に役に立てることができるようになった．その技術こそが「安全化技術」であった．性能と表裏一体となった安全化技術開発が実現できてこそ，より高いエネルギーが扱えるということを忘れてはならない．現代ではさらに高度な知見を要する原子力をつくり，また核融合エネルギーのように次の時代のエネルギーをもつくろうとしている．しかし，先にも述べたように，新しい知見や技術は必ず安全化技術とともに進化しなければ，その能力を最大限に使用することはできない．

今までの社会はエネルギーを増加させることや，性能を高めることを優先する社会であった．ベネフィットを先に考え後で，何とか安全化するという考え方が普通であった．20世紀の高度成長化していく社会においては，このことはむしろ当たり前のことであって，それをあまり責め立てる時代ではなかったのかもしれない．しかしながら，21世紀のこれからの時代においては，今までの考え方で進むことはできなくなってきた．安全側面，健康側面，環境側面をまず考慮するという基本的な考え方を持って進まなければならない時代がきた．これをベネフィットの後に置いた人間の社会活動は，正義に反するとさえいえる．持続可能な社会においては，地球環境を守ると同時に，人間が生み出すものすべてが安全化しているかどうかという視点を忘れてはならない．それも，機能や性能を上回る安全化が実現してはじめて成り立つ組織や社会であるべきである．ポルシェ博士の言葉を借りるなら，「エンジンより強いブレーキ」である．これを持つことにより，次の時代にはより早くより安全に進むことが

†平成21年7月24日　受付

*明治大学　理工学部情報科学科
連絡先：〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田1-1-1
（勤務先）

可能になる．また，人間が生み出すものが制御不可能で暴走社会を生み出すようでは，そもそも人間を幸せにするためのものという科学的知見や工学的な技術の本質的な意味を失わせてしまうといわざるを得ない．より高度な社会を次の時代に継承していく架け橋となるためにも，より高度で新たなる人間の英知を取り込んでいくことが急務である．また，この責任をわれわれは担わなければならない．

2．用語定義

関連する基本的な用語の定義を以下に述べる．

2.1　リスクアセスメント(risk assessment)

リスク分析およびリスクの評価を含むすべてのプロセス．

2.2　リスク分析(risk analysis)

機械の制限や条件の決定，危険源の同定およびリスク見積もりの組み合わせ．

2.3　リスク見積もり(risk estimation)

あり得る危害のひどさとその発生確率を明確にすること．

2.4　リスクの評価(risk evaluation)

リスク分析に基づき，リスク低減目標が達成されたかどうかを判断すること．

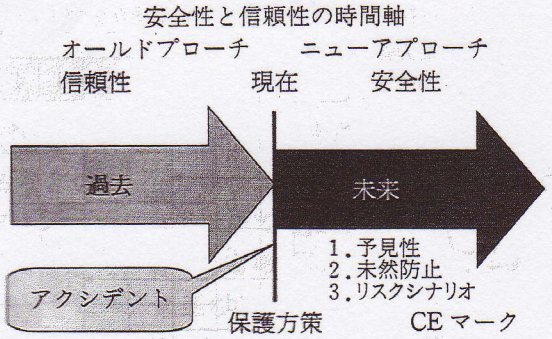
3．現状の課題(オールドアプローチ)

今までの日本の安全の考え方には素晴らしいところがある．その組織，規格にいたるまで世界的に誇っても良いもの多く存在する．今まで日本は安全な国といわれてきていたひとつの所以であり，実際にそのとおりであった．しかしながら，石油ファンヒータの事故，遊園地や娯楽施設の事故，食品偽装の問題，エレベーターや回転ドアの事故，鉄道の事故，航空機の事故など昨今世間をにぎわした事故の悲惨さは，皆さんの記憶に新しいところだろう．このような事故がなぜ次から次へと起こるのか．また，これら事故の再発防止という視点で，どのような対応がなされているかとみてみると，場当たり的な対応がその多くを占めているといわざるを得ない．例えば，近所の曲がりくねった道で自損事故が発生し，残念なことに運転手の死亡が確認されたとする．その2カ月ぐらいあとにその場所にガードレールが新たに取り付けられていた．これは単純な例だが，そのようなことを実際に経験している方も多いのではないだろうか．人身事故という大変大きな損害を受けて，はじめて対策が施される．言い方を換えれば，誰かの犠牲の上でしか対策がされない．安全対策でガードレールや信号が追加されることによって，その前に事故が発生していたということがわかるわけである．この事後の対応のことを専門的には「安全対策」という．これとは反対に事故が起こるかもしれないということが事前にわかり，前もって安全ガードレールや信号機が取り付けられている場合は，この対応を「安全方策」という．今までの取り組みはあくまで安全対策が主流を占めていて，安全方策に関しては論議すらされていない場合がほとんどであった．この点において，今までの対応に大きな疑問を投げかけざるを得ない．次の章では安全対策ではなく安全方策という観点からどのような取り組みがなされるべきかを述べたい．

4．問題解決手段(ニューアプローチ)

これからの安全の考え方として問題解決手段(ここではニューアプローチと呼ぼう)について説明したい．時間軸を使って説明すると，これまでは現在から過去の事象に対してのみ対策を行ってきた(ここでは，オールドアプローチと呼ぼう)．つまり，今まで起こった事象とまったく同じ事象に関してのみ再発防止はできる．それに対して，これからの対応は現在を中心に未来に対してのアプローチであり(ニューアプローチ)，未然防止という観点となる．これはタイムマシンに乗って未来に行き，起こりうるすべての事を見て帰ってきて規格を作るというそんな夢物語ではない．今，現在起こりうるすべての事象や危険源を科学的・工学的観点で体系的に押さえ，理論上考えられるありとあらゆる危険源や危険事象を「見える化」する．それにより未来で起こることをほとんど予測し，危険を排除してしまおうという考え方である．つまり，「再発防止」ではなく「未然防止」とする観点が，オールドアプローチとニューアプローチの大きく異なる点である．これを図・1に示す．

品質の話をするとき，これまで「信頼性」という観点と安全性という観点があまり区別されずに使われている場合が多いように思う．これは，安全化という技術を説明する上においても大きな問題点になる．図・1



図・1　ニューアプローチの考え方

では，さらに信頼性で示すことと安全性で示すことの違いも示している．すなわち，事故というアクシデントが起こらないようにさまざまな技術で信頼性を上げていく努力がなされている．例えば，ゴムチューブが裂けて配管に穴が開き，一酸化炭素が漏れそれを人が吸引して死亡してしまうようなことが起こる場合，このゴムの信頼性を如何にしてあげるかに注力される．ゴムを腐食から守るような技術を投入したり，ライフエンドを如何に伸ばすかという信頼性耐久性試験をかけたりするわけである．しかし，悪い言い方をすると10年しか持たなかったゴムを3倍の30年持つように改良ができた場合，素晴らしいことではあるが，30年＋1日目には配管が裂け一酸化炭素が漏れるかもしれない．また，何万台も生産しているうちに不良品が混入したり，予想もしない万が一(1/10000)のミスで配管がすぐに裂けてしまったりした場合どうするかが問題となる．このような万が一の場合に備えることこそ，安全化技術の大きな役割だといえる．図・1に戻ると，時間軸で見れば信頼性は当然対応している．しかしながら，万が一のことにも十分備えができている設計が基本的には安全設計である．つまり，アクシデント後の対応を事前に考慮するのが安全性の観点である．

4.1　安全の前提事項

「物は壊れるもの」「人はミスをするもの」を前提とし考えていく技術が，安全化設計において一番重要な要素となる．絶対安全はないという考え方に立脚することが重要なのである．卑近な例でいえば，例えば子供は些細な喧嘩で，今言ったこと絶対か？絶対だよとよく押し問答になる．残念ながら絶対というと負けることがよくある．なぜなら世の中には絶対というものは大抵存在しないからだ．大体の場合においてそうなるといえればよいが，当然子供の喧嘩なのでそんな客観的なことを言ってみても仲間はずれにされるのが落ちである．しかしながら，これが子供の喧嘩だけに留まらない．企業が精神論を強く出して「わが社は絶対安全です」ということが多々ある．これは気持ちや精神面では十分理解できることで大切な点であることも評価したいが，こと科学的・工学的観点でみた場合，適切とは言いがたい．絶対安全といわれると少しのトラブルやいかなる事情のある事故でも許さないと取られるからである．科学的・工学的アプローチでは，対応不可能である領域が必ず存在するといわざるを得ない．

したがって，気持ちの面では絶対安全かもしれないが，技術的アプローチでは問題ありとなるわけである．また，人間がやることで絶対は有りえないのである．そこで，国際規格では安全をどう考えるかということについて紹介したい．

4.2　安全とは

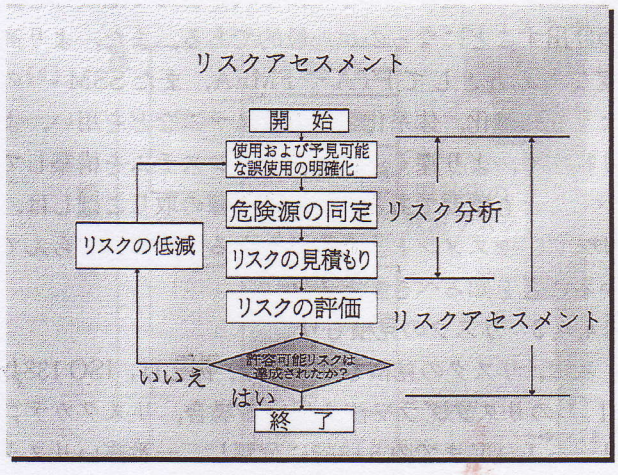
「安全」とは何か？一見簡単な質問であるが答えが出ないことが多い．非常に難問である．われわれは危険ではないことと答えることが多い．危険はひとつひとつ指摘できるが安全はそれら危険がないこととなる．それだけでも大きな考え方の変換となるが，国際安全規格ではそれをもっと大きな考え方のリスクを使って示している．国際規格では安全をこう定義している．

安全　…許容できないリスクからの解放(Freedom from unacceptable risk)

許容できないリスクから開放とはどういうことなのか？リスクアセスメントのプロセスそのものがこれを説明している．図・2は，リスクアセスメントプロセスをブロック図として示したものである．

4.3　リスクとは

リスクアセスメントを説明する前に，まずリスクとは何であるかを説明しておかなければならない．最近



図・2　リスクアセスメント

ではリスクという言葉をよく耳にするようになってきた．何となくわかっているように思えるが実は意外に説明できない．何故かというと，「本当のリスクはどこにも存在するものではなく脳の中にしかない．」これは，(独)ダルムシュタッド大学ノイドルファ博士の言葉である[1]．そのものが物理的に存在するのではなく人間の英知で考えられた概念ということである．しかしながら，見えないものを扱うことはできないので，国際安全規格がリスクをどう説明しているかを次に示す．

リスク…危険状態において起こり得る傷害または健康障害の確率および程度の組み合せ

つまり，リスクとは酷さと確率の程合いということになり，それを許容されるところまでなくすことが必要であると規格は説明している．

4.4　リスクアセスメント

ここでリスクアセスメントのプロセスを説明する．

4.4.1　使用条件や予見可能な誤使用の明確化

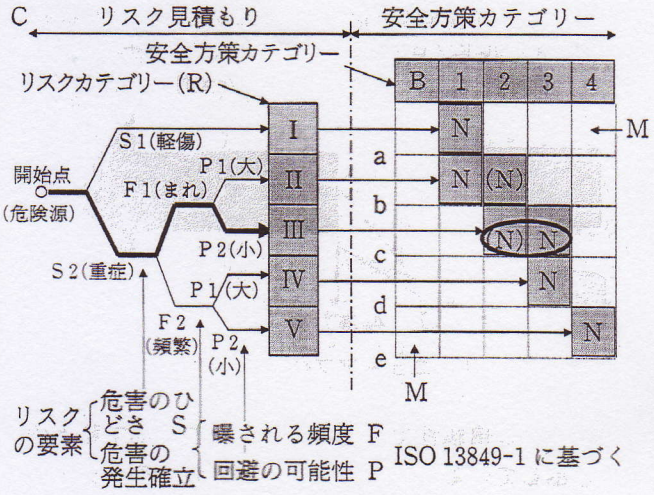
リスクアセスメントでは，まず使用条件や予見可能な誤使用の明確化を行う．その商品やシステムをどう使うかを徹底的に洗い出すことである．今までの考え方と大きく違うのは予見可能な誤使用という点を明確に宣言しているところであり，予見できませんでしたと簡単にあきらめることを禁止しているという点である．

4.4.2　危険源同定

次に，危険源を同定する．実際において最も大事なことは，危険源をすべて同定することに尽きるといっても過言ではない．とはいえ，まったく未知の危険源を見つけ出すことは困難である．同定とは選択するといった意味合いである．ここでは様々な工学に精通した人や，その道のプロといった人を含めて危険源を見つけ出すことになるのが一般的である．また，より高度な考え方としてFTAやFMEA，またSSM[2]のような知識化，体系化されたシステムなどを用い，より幅広く，より深く，漏れのないシステムを構築していくことも重要である．この危険源の取りこぼしは，リスクアセスメント上命取りとなる可能性をはらんでいることを知るべきである．

4.4.3　リスクの見積もり

次に，リスクの見積もりを行う．例えば，ISO 13849-1[3]のリスクグラフ法を用いる場合，リスクカテゴリーをⅠ～Ⅴまでの5段階に分類し，一番高いリスクカテゴリーはⅤとなるように分析する．また，安全方策の考え方のレベルを示したカテゴリーとして安全方策カテゴリーがB～4まである．実際の設計では，各リスクカテゴリーに対応した安全方策カテゴリーに沿って(図・3のNで表されている)，安全方策を施す必要がある．ここで，リスクアセスメント実施時の留意点を喚起しておく．



図・3　リスクグラフ法

リスクアセスメントの際は，多数のメンバーにて実施，自分の開発担当分野でない部分にも積極的に注目する点が重要となってくる．自分で自分の考え方を改めて見ることは非常に難しく，これが危険源を見落とし具体的な評価を甘くしてしまう大きな要因となっていることがあるからだ．簡単に実施の際のポイントを整理すると以下のようになる．

1．多数で，他部門の人で実施する．
2．立場や上下関係で発言を止めない．
3．全体の進行をコーディネーターが客観的に進める．
4．具体的に原因がわからなくても感覚面を無視しない
5．自分が実際に装着した状態で危険源を抽出，装着状態を想像して意見を抽出する．
6．どんな詳細な点でも良いからできるだけ沢山抽出する．
7．リスク査定をする際は全員の意見がまとまり全員がその結果を受け入れられる．
8．意見が割れた場合は最悪値を結果に反映させる．

これらの点を注意してアセスメントを実施する必要がある．

中でもひどさという観点では，様々な事象が予見される．この時はリスクアセスメントに参加しているグループのメンバーで，予見された最悪な状態に妥当性があるなら，その結果をひどさの判定に使うものとす

る．例えば，アシストロボットが暴走して人が転倒してしまうことがある場合，大多数の人はかすり傷ですむかもしれないと考えた場合でも，ある人が出した意見で最悪の場合，後頭部を強打し意識を失う可能性があるなどがわかった場合，そのほうを事象として選択するものとする．多数決での決定は禁止しなければならない．また，起りうる確率も同様で様々な状態や使用環境を鑑み，最悪な状態が想定できるようであれば，そのことも検討して決定する．

リスクアセスメント実施上，自分だけの見方で判断すると甘くなることが少なくないので注意を要する．

また，立場により見方が大きく違い，さらにそれが判定を大きく狂わせる要因となることにも留意したい．

4.4.4　リスクの評価

ここで大切なことは真にそうなっているのかをチェックすることである．すなわち，専門的に妥当性があるかどうか問うことである．つまり，現物での確認というのが最終的に必要と考えなければならない．すべての事柄は理論や想定どおりにならないものである．概念や理論と現実のギャップを見極める上においてきわめて重要な要素となる．様々な試験方法や，試験装置やデータなどが蓄積され有効に機能するような体制が必要となる．

4.4.5　許容可能リスクは達成されたか

許容可能リスクまでリスクが低減されていると判断されれば，このプロセスは終わる．ここで重要なポイントは，リスク評価までがリスクアセスメントではなく，許容可能なリスクまで下がられていることが確認できたところまでがリスクアセスメントのプロセスであるということである．リスクカテゴリーがVであると評価されている時点では，まだ査定段階である．リスクアセスメントが終わった時点で，リスクは必ず低い状態にある．言い換えればリスクが許容可能な状態にあることが必要である．なぜなら国際安全規格では許容できないリスクから開放されていることを「安全」と定義づけているからである．ただし，決してリスク0を求めているわけではない．

4.5　リスクとの付き合い方

リスクアセスメント完了後は，リスクの低い状態で商品やシステム，サービスなどを提供できるので安全と見なされるが，前述したようにリスクは0ではない．提供された側やユーザーとなる側が，そのリスクをうまくコントロールして付き合う必要性が出てくる．逆に言えば提供されたサービスや商品は，使う側も残されたリスクを十分理解して使う必要性があるということである．逆に，これはよくいわれることであるが，大きなリスクは当然排除されるべきであるが，小さなリスクとはうまく付き合うほうが実は安全であるという見方がある．例えば，幼稚園などで園児が危険だからといってすべての物にガードをして触れなくしてしまうとする．確かに，その状態が保たれていると安全のように見えるが，そのガードの施錠が外れていたときに，中の危険性を知らないため不用意に入り，大きな怪我をする可能性がある．また，あまりにも過保護であったため，幼稚園を出て成長時に池にガードがなかったりした場合，危険と思わず不用意に近づき大きな災害に至るという可能性がある．これはかすり傷ぐらいのリスクとは付き合い続けることで，かえって大きな災害にあう危険性を未然に回避することができるということを示している．商品やサービスを提供する側は，できる限り最善の取り組みを行い，「リスクを極限にまで下げる」．受ける側はその安全化された商品やサービスを「安全に使う」という役割分担を忘れてはならない．

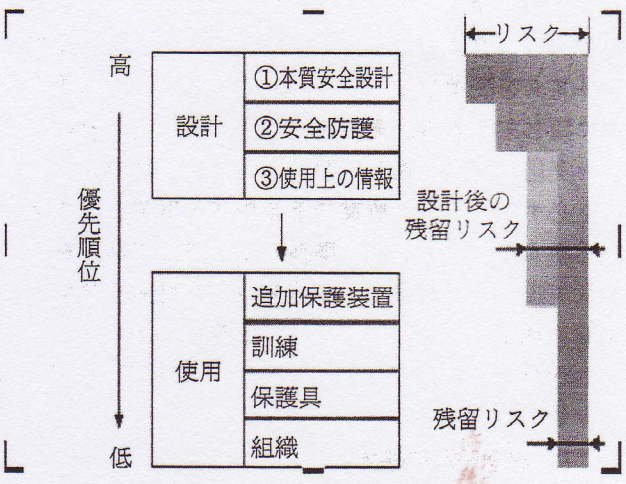
4.6　リスク低減プロセス

リスクアセスメントした結果，リスクが低いとわかればよいが，明らかに高いリスクが残っているとわかった場合，先ほどのプロセスからリスク低減のプロセスに移行する必要がある．

リスクを取り去る考え方に3ステップメソッドがある．図・4にこれを示す．この順番に適用し，「使用上の情報」を先行適用して，「本質的安全」や「安全防護」の検討を省略してはならないとされている．

4.6.1　本質的安全設計

ガードや保護装置を使用せず，機械の設計または運



図・4　リスク低減方法

転特性を変更することにより，危険源を取り除くか低減する方法を本質的安全設計と呼ぶ．本質的安全設計を大別すると

(a) 危険源を回避する方法

(b) 危険源と暴露する機会を制限する方法

の二つがある．

4.6.2 安全防護

本質的安全設計によるリスク低減が十分でない場合，安全防護が適用される．安全防護には隔離による防護と停止による防護があり，適用する際はまず隔離を検討しなければならない．隔離による防護は，本質的安全設計でリスク低減が十分に行われなかった機械を，防護柵や防護カバーなどで物理的に隔離する方法である．

例えば，インタロックガードのうち施錠式インタロックガードは隔離による防護に含まれる．停止による防護は，本質的安全設計でリスク低減が十分に行われなかった機械を，タッチセンサーや安全バーなどで緊急停止させる方法である．例えば，非常停止装置は付加の保護方策に含まれる．

4.6.3 使用上の情報

スリーステップメソッドにおいて，本質的安全設計と安全防護でリスク低減が十分に行われなかった場合に必要とされる最終手段が使用上の情報である．この方策では，他の保護方策のように方策自体でリスクを除去，低減できるわけではない．情報を提供された使用者の正しい理解と実行が伴って，はじめてリスク低減方策として効果を発揮する．

4.6.4 リスク開示

本質的安全設計や安全防護の対策を怠り，リスクを表示しただけで安全確保をユーザーに委ねるというこれまで一般的だった対応は，今後の社会においては受け入れなくなる．上記で示すリスクアセスメントを実施し，リスク低減プロセスを確実に行い，その後の残留リスクを開示してユーザーが納得したことを前提に受け渡しを認める．その残留リスクに対して適切な対応と実施が求められる．例えば，安全防護のための手袋を必ず付けたり，教育で手順や禁止事項などを徹底したりする必要がある．場合によっては資格を有した人しか販売や使用を認めないといった対応が発生するかもしれない．これを無視しては商品やサービスは成り立たないといえる．

4.7 安全設計の基本概念

安全設計の基本の考え方について述べておく．ドイツ安全哲学では，まず安全を考える上での基本要素が3つあると考えている[1]．その3つとは，物質，エネルギー，情報である．これらについて，簡単に紹介をしておく．

4.7.1 物質

・空間的配置としては，無理な体勢など
・身体的負荷としては，重量物の取り扱いなど
・物理的作用としては，気温気流など
・生物学的作用としては，細菌やバクテリアで汚染
・化学的作用は腐食性毒性など

様々な危険源を十分「考慮」して安全化しなければならない．

4.7.2 エネルギー

・熱的作用としては，高温，低温，火災，爆発，化学的爆発(固体，蒸気，ガス)物理的爆発など
・機械的作用としては，落下箇所，危険源，危険箇所，騒音など
・振動としては，反響音，一部振動，全体の振動など
・電気的作用としては，静電気現象，感電，アーク放電など
・電磁場としては，電磁場，磁場など
・放射としては，電磁場，赤外線，紫外線，レーザー光線など

であり，エネルギーはすべて0化する必要がある．

4.7.3 情報

・情報の提供としては，表示，操作部品あるいはその互換性の不備など
・照明状態としては，光強度，まぶしさ，光の色，輝度分布など
・精神的負荷としては，運転作業指示の誤り，ソフトウエアー・人間工学・組織化の不備，よく考えずに誤って決められた操作手順，消耗，ストレス，ショック，誤操作，短絡的反応，取り違えなどで，情報はいかなる場合でも「残し伝える」ことが要求される．

以上の観点から安全化設計を捉え，危険源を取り払う設計を基本的に安全化設計の根幹として考えることが重要である．

4.8 安全規格体系の構造化

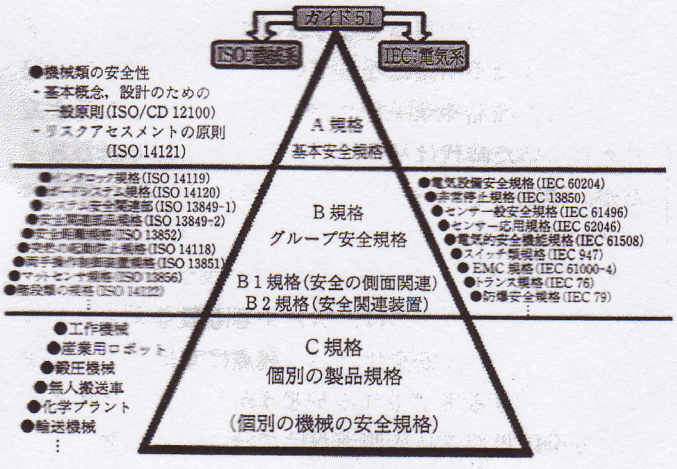
それでは，リスクを取り去るためには本質的安全設計や安全防護策，警告表示などの方策を一から考えるのかというと，これは，現実にはとても不可能な話であって合理的とはいえない．先人の英知を結集した既存の安全規格を活用していくのが最も良い手段であ

る．ただし，それだけでは消えない問題がある．例えば，規格に合った商品であれば対応は容易であるが，新たなカテゴリーに属する商品やサービスが出現した場合，対応は困難を極める．また，強引に今までの規格に照らし合わせて対応してはみたものの，本当に抜け漏れがないのかという疑問が付きまとう．そのような問題に対してどのように対応していけばよいかという問題の解決策が国際安全規格に示されている．つまり，安全規格体系を構造化することに問題の解を見いだそうとしている．

ISO，IECの機械安全に関する国際安全規格は，図・5で示すように階層化された規格体系をもつことに大きな特徴がある．A規格(基本安全規格)は設計のための基本原則や基礎概念などを定める規格で，すべての機械類に適用できる一般的な規格である．B規格(グループ安全規格)はガードや安全距離などを定める規格で，広範囲の機械類で適用される安全性に関する一側面や安全関連装置を取り扱う規格である．そしてC規格(個別安全規格)は回転ドアやファンヒータなどの特定の機械を対象にした規格で，個々の機械のための詳細な安全要求事項を示す規格である．

ISO，IECの機械安全に関する国際安全規格のすべての規格は，最上位のA規格で規定されている基礎概念や設計原則に従っている．また，任意のC規格も関連するB規格を引用している．このような体系化が行われているISO，IEC国際安全規格では，特定の機械類を対象としたC規格が存在しない場合でも，上位のB規格やA規格を適用することによって安全規格を満たすことが可能であり，原則上，あらゆる分野に適用することが可能となっている．

逆に言えば，極めて特殊な事例でない限り，A規格であるISO 12100，ISO 14121で定められている規定や手順は，安全を確保しようとする際に必ず考慮しなければならない．つまり，今までの規格などをまったく廃止するのではなく，上位概念に適応する体系化に組み替えるだけで規格体系化を維持できる非常に合理的な考え方である．日本が対応しているJIS規格なども技術的側面は素晴らしいものがあるので，この体系化に組み込んでいくという大局的な取り組みが望まれる．こうすれば，今まである規格が分野ごとに違い，その規格の有効性が高いにもかかわらず他分野では採用されていかないことが解決されたり，他分野の技術革新が全体の技術革新につながることで，より大きな効果が期待できるなどのメリットが生ずる．他分野での安全面での課題も他の分野にスムーズに水平展開可能というわけである．この合理的な考え方が国際安全規格の最大の強みであるということを再度確認したい．逆に言えば，日本の高い技術力が，その技術の取り組みほど成果につながっていかない根本的な原因がここにあるのではないかと考えられる．



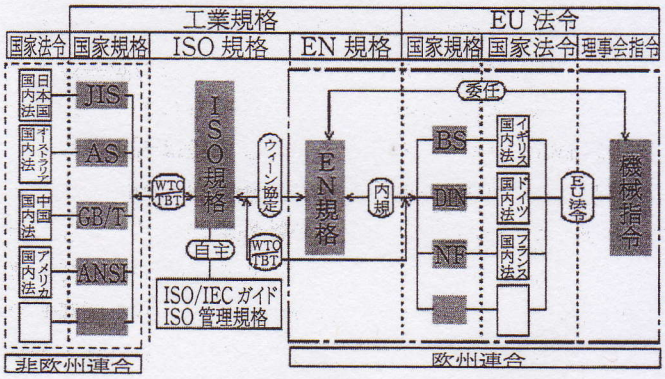
図・5　安全規格体験の構造化

4.9　国際規格化の取り組み

日本も体系化された国際安全規格に対応していかなければならない．また，もし技術が優れているならば国際安全規格に取り組まれていく可能性がある．つまり，安全技術の標準化を日本から発信することである．安全規格化を日本から発信することの意味を考えてみたい．国際安全規格とはいっても，中身はヨーロッパの規格とまったく同様である場合が多い．ヨーロッパ規格といえどもある国のあるメーカーの社内規格がもとになってつくられている例がある．数社のメーカーが寄り合い自分たちの考え方や安全方策などを商品化また規格化したりしてルールを作り，そのルールをヨーロッパ規格に認めさせ，さらには国際安全規格化していくというプロセスをたどっている．世界貿易ルールWTO/TBT協定により，加盟国はこの国際規格を国内規格化しなければならないことになった．そのため，最終的には特定の国の標準に各国のメーカーや企業は従うということになる．従う他の企業は別に存在する自分たちの考え方を認めてもらえない．つまり，商品やサービスを今までのままでは否定されてしまい，つくり直すはめになる．多大なる手間と時間とお金がかかる上，自分たちの特性を出しにくくなるという問題が出てきてしまう．これを逆手にとって，従う部分は従い，その上で自分たちの考え方を国際規格に入れていくというように考え方を変えることのできた企業が，この国際社会での競争に生き残っていける

ように思える．大切な部分は標準化されているため，新たな手間やコストをかけて考える必要はない．この考え方に立脚すれば，コストや手間をかけずに効率的に開発を行い，さらに技術革新を可能にすることができる．そのためには自分たちの技術や考え方を世界に認めさせる仕組みや組織が必要である．この点に関して，日本の企業は今までのやり方を再考する必要があり，またこれを新しい時代の仕事として認知し優秀な人材を投入し打って出ていかなければならないと考える．これが安全技術の向上にもつながり，世界的戦略にも対応した日本の進むべき道ではないかと考える．加えていうなら，この実現に対して，消費者を製品やサービスの危険性から守るために現在国で検討が進められている消費者庁が重要な役割を果たすではないかと考える．ここで述べた全体の概略を図・6に示す．安全技術の標準化は国家戦略そのものである．

規格作成に関して，欧米の考え方と日本的な考え方には大きな違いがある．欧米の大局的な見方から詳細に落としていく考え方は，最初の段階では詳細仕様が不明確な点が多かったり，概念的なことが多く規格を読み解くのに時間がかかって具体性に欠けたりする点が欠点と思われる．しかしながら，この詳細規格も定期的サイクルにより改善が進み，ある時期には非常に素晴らしいレベルに達する．これとは逆に日本の規格は，最初の段階から非常に詳細かつ極め細やかで，中身を十分に知らない人でも規格を見るだけでその商品やサービスを設計できるぐらいのレベルに書かれていることが多く完成度が高い．しかしながら，日本の規格の欠点は，あるものをほぼ特定して設計仕様のようになっているがために，新たな商品などが出てくると大きく考え方を変える必要がある点である．規格や法律に縛られてしまうため，時代の進歩を阻害する要素になってしまうことが多々ある．それを無視した設計になる場合は法律の網からすり抜けてしまい，結果事故が発生し事後対応という法律(例えば，消費者製品安全法)で裁かれることとなる．事後対策は，再発防止には一躍買う大切なものであるが，未然防止設計には直接繋がらないのである．いくらやっても事故の数が減少しない理由は，このような点にあると思われる．



図・6　EU 指令，国際規格，国家規格の関係

5．今後の方向

5.1　安全方策の具体化の側面

今後進むべき方向性がある程度見えてきたわけであるが，それではどのようにして具体的に進めていくかという点をみてみよう．大きく分けると組織，マニュアル，教育の3つが挙げられる．

5.1.1　組織

安全化を推進する組織を設立することが必要である．国ならば，これまで官庁ごとに分かれていた縦割り組織をどの省庁も持っている安全化に伴う規制や法律などをつかさどる部分を一箇所に集める必要がある．今まで，安全に取り組んできた組織の見直しを図り，さらに有効に活動できるようにする(例えば，消費者庁のような組織)．また，企業や業界団体ならば安全本部や安全センターなどの設立や安全研究所などが必要となってくる．品質部門の中に安全部門が属しているケースが多く見受けられるが，信頼性部門と安全性部門が明確に区分けしていなければならない．安全部門が経営トップに対して明確に停止権限を有していないとほとんど意味がないことも重要である．さらに認証組織が必要になるが，認証組織については後に示す．

5.1.2　マニュアル

これはまさに規格基準書のようなもので，具体的にはISO/IECの国際規格やJISなどの国家規格，業界規格や社内内規などが挙げられる．国際規格が上位概念で，それを満たすのが国家規格であり，それを満たす業界規格や社内規格でなければならない．この上下関係が日本は不明確になっている場合が多い．昔，先進的だった商品やサービスが世界のどこにでも受け入れられていた時代は社内規格でも十分対応可能であったが，現在の21世紀の世の中においてはそのアドバンテージは皆無となっている．

5.1.3　教育

人材教育というものは，言わずとも最も大切なものである．しかし，安全化という観点に意識を移すような改革ができるまでやれるかどうかが大きな問題となる．安全は単なる技術側面だけで語ることが難しいほど広く深い．究極的には社会全体の製品やサービスを

受ける国民全体の命を気遣うという点まで意識が高まっていくかどうかが一番重要となる．そうなれば，必然的に自助努力や組織やマニュアルがうまくサポートしてくれるようになるが，単なる設計手法と捉えてしまうと，追及も甘くなり形骸化していくと考えられる．安全化は永遠のテーマであり，終わることのない追求の姿勢が大切である．例えば，メルセデスベンツの安全哲学でも「走る・曲がる・止まる」の3要素は安全に帰結するといっている．技術側面は頂点として目指すべき道であるのはいうまでもなく，魂と知力と行動力を備えた人材育成には終わりがない．例えば，パナソニックでは，人材育成という観点で「リスクアセッサースクール」という教育の場を通して現場の社員にリスクアセスメントができる人たちの育成をしている．安全設計の「目利き」を育成することが重要である．

5.1.4 認証

安全化を自分たちだけで行うにはどうしても限界がある．文化に依存する面があるからである．人は知らず知らずに独りよがりに物事を考えるものである．設計や検証においても悪意がなくとも自分の都合で考えてしまう．人間とはそういう動物であり，脳は基本的に独りよがりに考えるシステム構造を持っていると思われる．しかしながら，こと安全化となると，自分やメーカーの都合を優先して考えてしまったがために，商品やサービスが事故を起してしまい大きな問題に繋がることがある．このようなことが起きないように，問題を未然に防ぐという観点で，欧米では第三者認証という制度が昔から根付いている．これは，様々なレベルや分野により違いがあるだろうが原子力や医療，食品など事故のときの被害が大きく沢山の人に影響があるようなものは国家認証，それ以下の被害度の小さいものは民間企業にて行われるのが一般的である．

第三者というのは，私からあなたにサービスが行う場合，私を第一者，あなたを第二者，その利害関係のないその他の人が第三者という意味で捉えればよい．立場が独立していて，直接的利害関係もないので，より客観的に判断ができるというシステムである．日本の制度において世界的に遅れているのがこの第三者認証システムである．ほとんど機能していない点が課題である．そのためリスクの低いものまで厳しい判断を受け，認証まで時間も多大にかかる．結局，この判断もリスクベースで考え，より合理的な判断をしていくことが，現実的にはより高い安全性を確保する具体的な道に繋がると考える．安全化は，生み出す側の設計者責任となるのが国際安全規格の考え方である．設計者は一般的により安全に考えるために，リスク限界の判断を余儀なくされる．安全に関しては，人間一人では夜も眠れない決断になることがあるかもしれない．こんなときにも専門家である第三者の認証を取るということは安心感につながるという点からも大切である．最善を尽くした結果，不幸にも予見を越えた事故が起こってしまった時は，これは初めてアクシデントと捕らえ社会的な救済策として始めて保険の適用が考えられる．ただし，言うまでもなく，保険は最終のセーフティーネットであるという認識は間違えてはいけない．

6．結論

安全設計の基本概念とは，製品やサービス性能を上げる点だけにとらわれる設計ではなく，危険側からの見方に切り替え，万が一のことをすべて想定し，危険にならない設計と考えればよい．具体的にはリスクアセスメントの考え方に従うということである．

夢ある未来においては，すべてのサービス，商品，システムは安全化されてこそ迎えられるはずであり，そういう時代がくることを願っている．

最後に，この発表の機会を与えていただいた関係者の皆様に深く感謝申し上げる．

参考文献

[1] A. ノイドルファ・田中紘一，監訳(2002)：(安全な機械の設計)，NPO 安全工学研究所.

[2] 田村泰彦(2008)："トラブル未然防止のための知識の構造化—SSM による設計・計画の質を高める知識マネジメント"，日本品質管理学会.

[3] ISO13849-1(1999)：safety of machinery-safety-related parts of control systems. Part1：General principles for design.

[4] 対訳 ISO 12100-1 12100-2 機械安全の国際規格，日本規格協会〈2003 年版〉.

[5] 柳川小次郎(2008)："情報安全に基づくセキュリティ技術に関する研究"，明治大学理工学部博士論文.

[6] Kenji SUGIHARA, Masao MUKAIDONO (2007)：Safety Theory of Power Assistance Robot Proceedings of Safety of Industrial Automated Systems P. 409-P.414 SIAS.

[7] 宮崎浩一(2007)：『安全の国際規格第1巻 安全設計の基本概念 ISO/IEC Guide 51(JIS Z 8051)，ISO 12100(JIS B 9700)』，向殿政男，監修，日本規格協会，ISBN 978-4-542-40405-2.