

安全の新しい時代における労働安全衛生 ～Safety 2.0と協調安全～

明治大学 顧問・名誉教授
向殿政男

安全に関する技術が大きく変わろうとしている。現在は機械安全技術を中心としたSafety1.0の時代とされているが、これがヒトとモノと環境が協調して安全を実現するSafety 2.0に変わろうとしているという。

本稿では、Safety 2.0とは何であるのか、Safety 2.0で何ができるようになるか等について、工学博士であり、安全学や機械安全、製品安全、労働安全等を専門分野にしておられる向殿政男氏に、解説文を執筆していただいた。

1. 労働安全衛生における分野と担当

(1) 3つの分野

ここで述べる安全の新しい時代とは、AI（人工知能）やIoT（Internet of Things：あらゆるモノがインターネットでつながる）等のいわゆるICT（情報通信技術）の発展によって、安全技術が引き起こしつつある安全に関する新しい時代を意味する。

一方、安全は、技術だけでは実現できない。筆者は、長い間、安全を実現するためには、「人間の力、組織の力、技術の力の3つの分野が総合的に協調する必要がある」と主張してきている（*1）。安全は、学問分野

で言えば、人間を含んだ人文科学、組織や規制等を含んだ社会科学、そして技術を含んだ自然科学が、総合的に、領域横断的に取り組むべき分野であるという主張である。

この3つの分野の安全に関する特質を、大雑把に、主観と偏見をまじえてまとめれば、表1のようになるのではないだろうか。現実にはこんな単純には分類できないことは十分に承知しているが、表1を簡単に説明してみよう。

まず、信頼性に関しては、確実性、効果、有効性を考えれば、ハードとしての機械設備を技術で安全化するのが第一である。科学技術は確実性が高く、蓄積性があるので、確実に進歩、発展する。この意味から技術

は信頼性に関しては強く担保している。このことを○で表すことにする。逆に、間違いやすい人間は信頼性に乏しいことになる。

一方、費用となると逆転する。ハードは金がかかるので技術的対応よりは、安上がりなソフト的対策が優先となる。特に、人間を教育訓練して注意を払って作業をしてもらうのが最も安上がりと考えがちである。この点から人間は○となる。想定外等の事象が発生した時には、人間の力に頼るしかなく、既成のマニュアル等の組織的な対応はほとんど無力となる。従って、柔軟性に関しても、人間は○である。

また、統一的に同じような対応をするという意味では、組織に分があって○となる。人間は個性があってもなかなか統一できない面がある。なお、同表で△印は、関係しているがあまり強くないことを表している。

定常時の安全に関しては、信頼性、確実性の面から技術に頼るのが最も望ましい。従って、機械設備側をまず技術を用いて安全化するのが第一のはずである。しかし、現実には、費用の点から手を抜いて安易に人間に頼り、重篤な労働災害を起こし、労働者を被災させることになる。是非とも避けるべきである。ただし、非常時に関し

ては、人間と組織を用いた管理的手法に頼る面が大きくなる。緊急時には、優秀な人間に頼る以外に道がない場合が多い。このようなことを考えると、人間の日常の安全教育・訓練が極めて大事となる。

(2)3つの担当

もう1つ、筆者が主張しているフレーズに「安全は、みんなで創るもの」(1)というのがある。この意味するところは、例えば、企業内で言えば、経営者・管理者、技術者、作業者の3者が、それぞれの役割を自覚しながら、協力、協調して安全は作っていくというものである。製造業を例にとると、技術者とは生産のための機械設備を製作・設置する人のことを言い、作業者はその機械設備を使ってモノを生産している現場の人である。

経営者や管理・監督者だけが、また、設備や機械の技術者だけが、そして現場の作業員だけが、いかに頑張っても安全は確保できない。皆で協力をして安全は創り上げるものであるということである。前者の3分野と、後者の3担当者との主な関係は、これも大雑把に独断と偏見によってまとめてみれば、現状では表2のような関係にな

表1 安全の3つの分野の特質

特性 分野	信頼性	費用	柔軟性	統一性
人間： 人文科学		○	○	
組織： 社会科学	△	△		○
技術： 自然科学	○		△	△

表2 安全の担当と分野との関係

分野 担当	人間： 人文科学	組織： 社会科学	技術： 自然科学
経営者 管理者	△	○	
技術者		△	○
作業員	○		△

るだろう。ここでも同様に、○印は強く関係することを表し、△印は、関係はあるがそれほど強くないことを表している。

労働安全衛生は、これらの3つの分野と3つの担当者が、それぞれの特質を考慮して、総合的に、統一的に、役割と責任を明確にして、協調して実行されなければならない。

例えば、表1、表2を通して、作業者の視点から労働安全衛生を眺めてみよう。現場は人間活動そのものであり、教育、訓練等を通じて主に人間の力で安全を守っている。「自分自身は自分で守る」が古くからの原則である。

表1によって、人間は柔軟性がある半面、ついうっかり等の失敗はつきもので信頼性に乏しい。安全対策としては、前述のように人間に頼るのが実は最も安価なので、経営側はついつい教育や注意、時には組織によるソフト的な対策を講じがちになる。これが、なかなか労働災害が減らない理由の1つになっている。

また、現場の作業者は、組織の下に管理され働いているので、組織そのものに対してはほとんどモノが言えないかもしれないが、技術に対してはある程度の知識も必要であり、現場の視点からリスクアセスメント等を通じてモノが言える立場にある。

経営者・管理者、および技術者の立場からでも、表1、表2を通じて、同様に考察することができるだろう。本稿の目的は、安全に関する技術が大きく変わろうとしていることを紹介することである。技術の変化が、表1、表2の関係から、これが技術者だけでなく、経営者や作業にも大きく影響を与えるのかを述べる。



2. 安全における技術の歴史

歴史を眺めれば、技術の発展が社会を変えてきたことが分かる。第一次産業革命（蒸気による技術革命が発端）、第二次産業革命（電気による技術革命が発端）、第三次産業革命（コンピュータによる技術革命が発端）はすべて技術の発展が契機となって社会を変えてきた。現在、第四次産業革命が進みつつあるといわれている。事実、我が国では国を挙げてSociety5.0に向けての取組みの最中である（図1）。

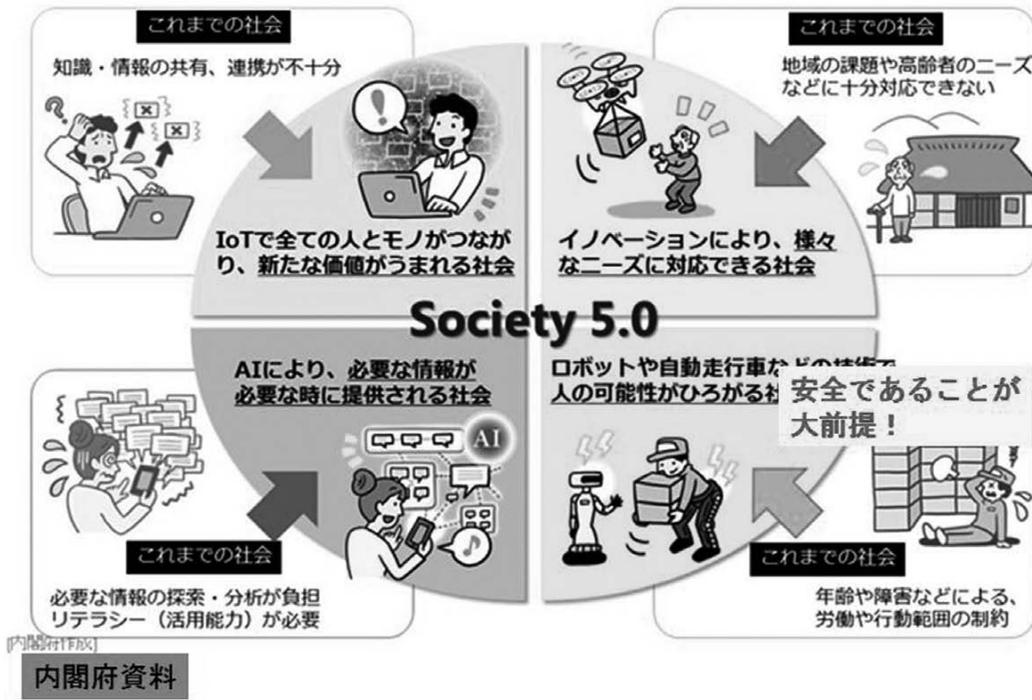
今回の革命の技術的発展は何かといえば、デジタル技術の発展に基づくICTの進歩である。すなわち、IoT、AI、ビッグデータ、クラウド、5G、ブロックチェーン等々の革新であり、いわゆるスマート化である。

第四次産業革命は、スマート化による技術革新が発端である。私たちの周りは、現在、デジタル技術の発展で大きく変わりつつある。社会のあらゆるところでAIが活用され、ビッグデータがビジネスを変えようとしている。これらの新しいICT技術を、安全を実現する機能に応用したらどうだろうか。それが、ここで提案するSafety 2.0（*2）である。ここに至るまでの経緯を振り返ってみよう。

我が国に機械が導入されたころは、危ない機械を人間が注意して使っていた時代があった。コスト、機能、納期等を重視して、安全は人間に任されていた。安全機能は人間が発揮していた時代である。この時の安全を「Safety 0.0」と呼ぶことにする。

Safety 0.0時代における安全原則は、「自分の身は自分で守る」であった。これは、現在でも重要な原則であり続けている。一方、人間は、間違えるものであり、ついうっかりのために労働災害が絶えなかった。

図1 Society5.0 (※下図は内閣府資料に筆者が一部文言を追加したもの)

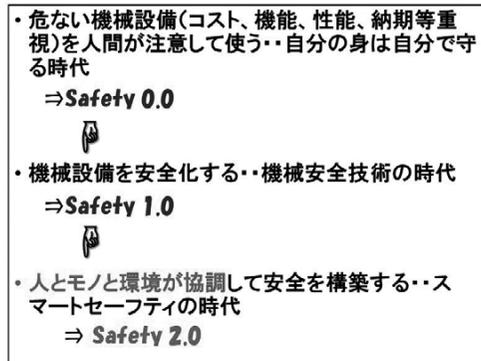


これを防ぐために、次は、安全を技術で実現する時代が来た。まず、機械設備側を安全化して、残ったリスクを作業者に情報提供をして、安全を委ねるといふ順番である。この時代は、技術が安全機能を発揮している。この時代を「Safety 1.0」と呼ぼう。

Safety 1.0は、機械安全技術の時代であり、現在はここにある。Safety 1.0時代の安全原理は、隔離の安全（危ない機械と人間とは分離する）、および停止の安全（機械が止まっているときにしか、人間は近づくことはできない）である。次が、これから向かおうとしている「Safety 2.0」の時代である。ここでは、ICTの発展のお陰で、安全技術にも新しい方向が見えてきたのである。

ヒトとモノと環境が、デジタル情報を用いて情報を共有し、お互いにコミュニケーションすることで、協調して安全を確保す

図2 安全技術の流れ



ることができるようになる。

このように、ヒトとモノと環境が協調して安全を実現する考え方を「協調安全」と呼ぼう。協調安全を実現する安全の技術がSafety 2.0である。

Safety 2.0は、上述のようにスマート化による安全技術である。これらの流れを示したのが図2である。前の時代を含む形で安全機能を発揮するあたらしい安全技術が

加わってきている。すなわち、図3に示すように、Safety 0.0は人間に依存した人間科学の時代であり、Safety 1.0には技術に依存していた自然科学の時代が加わり、そして、ここで提案するSafety 2.0は、環境や組織を取り込んだ社会科学が加わった時代、といった順に前を含む形で発展してきたとみることができる（*3、*4）。

3. Safety 2.0で何ができるようになるか

IoT、AI、クラウド、ビッグデータ等のICT技術を用いて安全を実現する技術がSafety 2.0であることを述べた。これにより、これまで出来なかった新しい安全の実現の可能性が見えてきた。利害関係者を含む全体として効果的かつ効率的に安全を構築す

ることが可能になると期待できるようになった。

画期的なことは、これまで別々であった人間、機械、組織の安全の取り組みをデジタル情報で情報交換することで、3分野—人文、自然、社会—が一緒になって安全を実現することが可能になったということである。

安全について、技術と人間と組織・環境が情報を共有し、総合的にホリスティックに、実現する新しい安全の考え方が「協調安全」であり、Safety 2.0によってはじめて協調安全の実現が可能になったのである。なお、ここでの環境とは、物理的な環境とともに、法律、規制等の組織的、社会制度的環境を含むものとしている。

図3 Safety 0.0からSafety 2.0へ

	安全確保の手法：安全機能の発揮	原則	具体的内容
Safety 0.0	人間の注意	自分の身は自分で守る	教育、訓練 管理、作業基準、作業マニュアル
Safety 1.0	(人間の注意) + 技術	機械設備の安全化	本質的安全 安全防護 安全制御 標準、基準
Safety 2.0	(人間の注意 + 技術) + 環境・情報・組織	協調による安全化	ICT技術の活用 情報共有

それでは、Safety 2.0 で具体的に、何が
できるのだろうか。例えば、人間にバイタ
ルメーター（体温や心拍数、呼吸、血圧、
尿量等に関するデータを検出する装置）や
RFID（Radio Frequency Identifier：無線
等を用いて近距離で情報をやりとりする装
置）等を付けることで、作業員個人の存在
場所の情報だけでなく、体調や経験・資格
情報を機械設備側や環境側に提供する。

こうすれば、技術的には、作業員の体調、
経験・資格に基づき、機械設備側が過去の
データに基づくヒューマンエラー防止のた
めの警告を出したり、近づいても止めない
でゆっくり動いたり、近づきすぎたら、例
えばロボットが衝突を自動的によけたりす
ることが可能になるかもしれない。

経営的には、体調を考慮した適切な健康
管理、経験や資格に基づいた作業管理、ル
ールに基づく行動範囲決定が行われる。安
全の自動的確保やヒューマンエラーの防止
にも大いに貢献して、安全と生産性を両立
させることが可能になるだろう。

今後、少なくとも安全の見える化、動的
な安全管理等に貢献するだろう。ここで詳

しく Safety 2.0 の内容を紹介することはで
きないが、興味のある読者は参考文献(2)を
参照されたい。

4. 今後の展望 ～安全におけるスマフォ効果～

最後に、Safety 2.0 の効果的な使われ方
を予想しよう。これは、安全における「ス
マフォ効果」(*5)とも呼ぶべき使われ方
である。ここで、スマフォ効果とは、筆者
が勝手に名付けたものである。例えば、こ
れまで先進国とは呼ばれていなかったよう
な国においてさえ、先端技術を駆使したス
マートフォン（スマフォ）の利用の普及
には、凄まじいものがある。あつという間
に広がり、普及し、誰もが使うようになっ
ている。

このスマフォの例のように、「ある分野
で遅れていた国が、新しい技術の発展の利
用で、それまでは進んでいた国をその分野
においてあつという間に追い越し、先へ進
んでしまう現象」を「スマフォ効果」という。

このようなことは、安全の世界でも、起
こりつつあるとみることができる。

伝統的な機械設備における安全化の過程

図4 安全におけるスマフォ効果



は、通常、図4のような過程をたどる。

前述したように、当初は、危ない機械設備を使用する人間が注意をして使っていた（Safety 0.0）。

次に、人間の注意の前に機械設備側を安全化して、残ったリスクを開示して人間に委ねるといった機械安全の時代が来た（Safety 1.0）。ここへ来て、ICTの発展のお陰で、機械側と人間側と環境側が情報を共有し、お互いにコミュニケーションを通して知的に安全に関して対応できるような新しいステップになってきた（Safety 2.0）。

現在、モノづくりの安全では、Safety 0.0を経て、Safety 1.0からSafety 2.0に向かって、各企業で懸命な努力が行われている（図4でSafety 0.0から左回り）。

現実のモノづくりや労働の現場では、機械と人間を分離することができず、機械を止めることもできない場合が多い。

例えば、正常に動いている時には、隔離の原則、停止の原則が成り立つことが多いが、修理や教示、保守・点検等では、電源を入れたまま動ける状態または動かしながら作業をしなければならない、いわゆる非定常作業の場合である。この場合、Safety 1.0の機械安全の原理を適用できず、危ない機械と人間とは共同で仕事をせざるを得ない場合が多い。そこでは、相変わらず人間の注意だけに頼るSafety 0.0のままで仕事をしていることになる。特に、機械が移動するような場合——例えば道路工事やトンネル工事のように大型移動車と人間とが一緒に、時には乗ったりしながら仕事をするような場合——には、分離も停止もできない。これまでの機械安全の原理の適用は困難である。

そのような時こそ、ICTを用いたSafety 2.0を適用することで、これまでの困難を



乗り越えられる可能性が出てきた。すなわち、Safety 1.0を通過しないで、直接Safety 0.0からSafety 2.0に行く道が開かれようとしている（図4でSafety 0.0から右回り）。

Safety 1.0にこだわって、人間と機械の隔離のみに頼ってICT技術の導入を試みないでいる企業は（現実には、非定常作業として避けがたく、ここで災害が発生している）、あつという間に安全で追い抜かれる可能性が出てくる。これが安全における「スマフォ効果」である。

例えば、自動車の運転を考えてみよう。自動運転が出現する前は、運転している人間が安全機能を発揮していた（Safety 0.0）。自動車は動くので、Safety 1.0は技術的に困難だった（実は、責任問題もあって、自動車自身は安全機能を発揮しなかった面もある）が、ここへ来て、ICTを駆使して自動運転や安全支援運転が出てきた。これはSafety 2.0である。安全における「スマフォ効果」の1つでもあると考えることができるだろう。

5. おわりに

企業のトップがリーダーシップをもって、率先して取り組まない限り、企業の労働安全衛生は決して向上しないし、安全文化は定着しない。経営者・管理者、技術者、作業者が一体とならないからである。

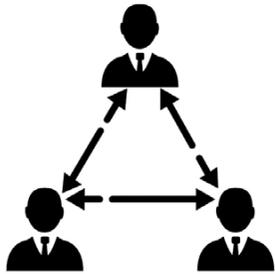


表2から分かるように、経営者・管理者、技術者、作業者が1つになれば、人間、組織、技術が一体で取組むことができる。こうすれば、表1から、信頼性も、費用も、柔軟性もそして統一性も実現できることになる。Safety 2.0、協調安全の時代は、これを可能にしてくれる時代だと考えられる。

最後にもう1つ、労働安全衛生の将来に関する予想をしてみよう。Safety 2.0によって実現される協調安全では、技術を中心にしたSafety 1.0とは異なり、人間の能力を技術や組織と同様に扱うことになるだろう。

特に、人間の能力を技術や組織と同等に位置づけ、人間の能力を表に出し、人間のやりがい、健康、幸福等を重視するようになるだろう。これまでは、人間は間違いやすいとか、意図的なルール違反があるとかの理由でなるべく排除すべきであるなどといわれていたが、これらはICTの活用で検出可能であり、事前に注意することも可能になる。

一方で、これまで過小評価されがちだった人間の役割、能力をもっと表に出し、重視し、活用することを主張することになるだろう。

例えば、冒頭で述べたように、想定外の事情が発生した時には、いくら人工知能が

発達しても機械による対応は困難だろう。このような時こそ、改めて、経験と直観力に基づく、とっさで創造的で柔軟な現場の作業者の能力が必要である。Safety 2.0では、このような人間の能力が正当に評価され、表に出るようになるだろう。

今後の労働安全衛生は技術、組織を含めて人間中心の考え方になるだろうという予想である。さらに、企業で働く人にとって安全の確保が第一であるが、それを前提に、健康、そして人間の生き甲斐、やる気等に大いに関係する幸福が重視されるようになるだろう。安全、健康、幸福が、これからの労働安全衛生の向かうべき目標となるであろう。

参考文献

- (* 1) 向殿政男「入門テキスト安全学」東洋経済新報社,2016
- (* 2) 向殿政男「Safety 2.0とは何か?—隔離の安全から協調安全へ—中災防ブックレット」中央労働災害防止協会,2019
- (* 3) 向殿政男「IoTがもたらすモノづくりの安全~Safety 2.0時代の協調安全」(「安全と健康」第70巻第1号,p18-21)中央労働災害防止協会,2019.1
- (* 4) 向殿政男、有山正彦「(一社)セーフティグローバル推進機構(IGSAP) - IGSAPの活動紹介 -」(「安全と健康」第69巻第7号,p90-93)中央労働災害防止協,2018.7
- (* 5) 向殿政男「「スマフォ効果」と安全」(「標準化と品質管理」Vol.73,No.2,p58-59)日本規格協会,2020.2