

# INDUSTRIAL, CHEMICAL MACHINERY & SAFETY

産業・化学機械と安全部門ニュースレター No.27 April 2012

## ■巻頭言：社会基盤としての産業・化学機械における 技術ロードマップ

東日本大震災により多くの方が被災され、また尊い生命が奪われてしまいました。被害に遭われた方々及びその関係者に対して心よりお見舞い申し上げます。

さて、現在日本では大臣を置いてまで少子化対策を行っているにもかかわらず、少子化高齢化が進んでいる。一方で、バブル以降経済が低迷停滞しており、GDPは中国に抜かれ、産業・経済の国際競争力はどんどん下位の評価へと転落しつつある。このため産業を活性化し、少ない労働人口となってもGDPを回復するためのあらゆる努力が政策的に行われてきているが、機械工学分野に求められてきたものはいわゆるイノベーションによる現状の打破である。

イノベーションは新しい技術の発明だけではなく、新しい見方・考え方によって新たな価値を創造していくことを意味し、産業・経済の新たな発展を狙って多くの研究者らがチャレンジしている。当部門でも加部前部門長らが立ち上げたSSE研究会は、まさに新しい切り口による安全の概念をものづくりサービスへ融合するチャレンジとして成果を挙げつつある。

しかしながら、失いつつある国際競争力を一気に回復するような解を一握りの大きな成果に期待するのはなかなか厳しい。この意味で、将来の産業動向および技術の進歩についての展望を描き、これを目指した技術開発を着実にやっていく中で達成するのが現実的といえよう。日本機械学会では、イノベーションセンターの中に技術ロードマップ委員会を設け、今後の技術の動向を示そうと活動を行っており、こういった技術の将来展望を専門的見識に立って示すことが求められている。

ここで、日本の産業を支えているのは、今までに築き上げてきた社会基盤、産業基盤である。港湾、空港、鉄



2012年度（第90期）  
産業・化学機械と安全部門長  
東京工業大学  
久保内 昌敏

道、道路網、および生産機械としての産業機械、化学機械といった本部門が受け持つべき分野である。これら基盤設備についても、バブル期にその多くが建設された後、更新されずに高経年化に至っているものが数多くある。産業競争力が回復するまでの間は、これら設備の集中的な更新は困難であるとすれば、経年劣化に起因する故障や事故の発生を抑制して安全を確保しつつも、延命して生産力を確保しなくてはならない。

本部門では、この分野におけるロードマップの作成を今まで行ってこなかった（これなかった）。そこで、本年度より当部門においても将来の技術動向の議論を始めて、技術ロードマップを提示していきたいと考えている。これによって、日本の社会基盤としての産業機械および化学機械の発展を促し、安全を確保していく役割を少しでも担いたいと考える。

第90期の部門長をお引き受けすることとなりました。部門の運営に尽力していただく委員の方々、および活動をお手伝いいただく学会事務局他の皆様を支えていただきながら、活性化させていきたいと思っておりますので、どうぞ会員の皆様にもご協力のほどお願い致します。

### 目次

巻頭言	東京工業大学 久保内 昌敏	1
解説 福島原子力発電所の事故と課題	東京工業大学 鈴木 正昭	2
解説 安全・安心社会を実現するための工学の役割	宇都宮大学客員教授 松岡 猛	3
解説 工学技術の立場から考える食の安全	食の安全委員会委員長 佐田 守弘	4
解説 農作業安全研究の今	(独) 農研機構 白垣 龍徳	5
リレー投稿 36 機械の安全・安心と事故調査	中村テクノオフィス 中村 敏彦	6
リレー投稿 37 リスクへの勘	東京ガス・エンジニアリング(株) 山田 貴久	8
リレー投稿 38 安全の向上にむけた認知心理学からのアプローチ	大阪大学大学院 篠原 一光	10
行事報告 研究発表講演会・講習会・トワイライトセミナー・		
機械の日・日本機械学会年次大会2011における部門活動および市民フォーラム		12
会員の声		15
会告一覧		16
部門賞・部門表彰募集のお願い		16

## 福島原子力発電所の事故と課題



東京工業大学  
鈴木 正昭

平成23年3月11日に起こった地震とそれに伴う津波の襲来によって、福島第一原子力発電所の1、2、3号炉は、未曾有の放射性物質漏えい事故を引き起こした。事故の本質を考え、更なる安全を目指すことを目的に、今回の事故の重要ポイントである「崩壊熱の除去」と今後の課題について、現在（平成24年1月）得られている情報をもとに考察する。

原子炉の安全性は、基本的に、(1)核反応を止める、(2)燃料を冷却する。(3)放射性物質を閉じ込める、ことで確保される。今回の事故は、核反応は止めることができたが、電源喪失により燃料を冷却できなかったことに大きな原因があり、それに伴って放射性物質の放出を招いた。核燃料は、核反応停止後も、エネルギー状態の高い多くの核分裂生成物を含み、これが、放射線と熱エネルギーを放出しつつ減衰する。この熱がいわゆる「崩壊熱」と呼ばれ、安全確保にはこの熱の除去が最重要課題となる。核反応停止時の崩壊熱は、原子炉出力の約1%であり急速に減衰するが、長期にわたって熱を発生する。これを適切に除去できなかったことが、今回の事故の本質である。実際にこの崩壊熱を除去することはできなかったのだろうか？

外部から压力容器への給水が途絶えた時に備え、炉心隔離時冷却システムとして、1号機にはIC (Isolation Cooling) が、2、3号機には、RCIC (Reactor Core Isolation Cooling) が設置されている。両者はともに、電源喪失時でも稼働可能な炉心の冷却システムであり、バッテリー電源があれば、炉内圧力上昇を感知して自動的にバルブが開き、炉心から蒸気が復水系に送られる。また、炉心からの蒸気が駆動力となってポンプを稼働し、復水系で冷却された水は炉心に戻される。2、3号機のRCICでは、炉心の蒸気は格納容器のウェットウェルに送られ、これが復水系として機能して水に戻された後、炉心に戻される仕組みとなっている。一方、1号機のICは、別途設けられた復水器に送られ、ここで熱交換を行う。復水器では、復水器に貯蔵された水が蒸発して屋外に排出され、炉心からの蒸気は冷却されて、水に戻って炉心へと戻る。1号機には、A、Bの2系統が設置されていた。

地震により東北電力からの外部供給電力が停止した後、10メートルを超える巨大な津波が、タービン建屋を襲い、そこに格納された非常用ディーゼル発電機がすべて機能不全に陥り、すべての交流電源が喪失した。それでも、非常用冷却系のバルブを駆動するバッテリー直流電源は生き残り、1、2、3号機では、ともに上述の非常用冷却系が稼働した。しかしながら、そのバッテリー

も1号機では1時間足らずで消耗、3号機は13日にバッテリーが消耗し、自動でのバルブの開閉ができなくなった。2号機はポンプの故障によって非常用復水系が使えなくなった。

1号機は、3月11日16時36分から約27時間にわたって外部からの炉心への給水が途絶え、この間に発生した熱量は870GJと推定されている。2号機は3月14日に7時間の給水停止期間が、3号機は3月13日に約7時間の給水停止期間があり、この間の崩壊熱発生量はそれぞれ220GJ、230GJである。事故時に、1号機の压力容器内に存在した、水、構造材、核燃料などに基づく顕熱、潜熱の総合計は、およそ450GJであったので、単純に熱バランスだけを考えても、420GJ以上の熱が除去されなければ、最も融点の高い核燃料でも溶融する可能性があるのは容易に理解できる。2号機、3号機は、顕熱、潜熱の総合計は、崩壊熱発生量を上回り、燃料溶融が起こったとしても、局所に限られることは容易に想像できる。

東京電力の報告によれば、1号機の2系統のICは、地震直後に自動的に稼働し、約10分程度で手動で停止操作がなされた。その後、A系統は、約1時間、圧力を検知して自動的に運転されたが、15時37分以降は、手動で、数分程度の2回の運転が繰り返されたものの、その後は運転されていない。また、B系統にいたっては、地震直後の10分程度の運転以降、運転された形跡がない。国の事故調査委員会が重要なポイントの一つとして指摘したのはこの点にある。すなわち、1号機の非常用復水器(IC)が電源喪失によって停止したことを運転員らが認識できず、対応や報告が遅れたとしており、東京電力が重大事故に備えて現場の運転員らを十分に訓練していなかったと指摘しているのはこのためである。

事故処理についての今後の課題は山積しているが、溶融燃料、事故プラントの処理、放射性廃棄物の処理に係る純粋技術的課題と今後の運転に関する安全審査に大別して良いだろう。前者の課題は技術的に粛々と進めることになるだろうが、除染などによる汚染地域の修復は最優先で進めていくことが何より重要である。後者の課題は、既存の原子炉と将来の原子炉の技術的安全性を如何に確保するかということに尽きる。今後、事故調査委員会、東京電力はさらに調査を進め、様々な疑問が解明されていくことになるだろう。今まで培ってきた技術の伝承に加え、不幸にして起こった今回の事故を教訓とした技術開発をきちんと進めていくのが最善の方策である。また、今後の既存プラントの運転再開に係る安全審査については、「安全性の考え方」を根本的に見直し、「安全指針」を適切に改正していく必要があるだろう。

## 解説

## 安全・安心社会を実現するための工学の役割



宇都宮大学客員教授  
松岡 猛

## 1. はじめに

機械、工学システムの発達により人間の生活は格段に便利となり効率化されてきていることは50年前、100年前の人々の生活を想像すると容易に理解できる。しかし、高度、複雑、巨大化した各種工学システム、交通システムが出現したことにより、これらに内在する危険と隣り合わせで生活せざるを得ない状況にもなっている。

工学の役割は、人類に利便性を提供するとともに、機械システムの構築においては可能な限り本質安全の追求を基本とすべきと考える。しかし要求される機能によっては本質安全と相容れないシステムも存在する。その場合には機能安全により安全を確保している。この安全確保を目的とする機械システムの開発・提供が工学の役割の一つである。

一方、人類は古来より風水害、大規模な地震、噴火などの自然がもたらす不可避的な脅威に常にさらされて来た。これらの脅威は上記の人工物システムに内在する危険とは異なり、本来的に存在していた種類の危険である。これらの脅威を緩和・解消するために工学の果たしてきた役割は大変大きく、現代社会は過去に比較して格段に安全が確保された状態にあると言える。科学により自然の脅威のメカニズムが明らかにされ、各種技術・工学システムにより適切な対策がとられている。今後とも、この面での安全確保を目的とする機械システムの開発・提供が工学のもう一つの大きな役割である。

更に、機械システムと自然のもたらす脅威の複合作用の結果、従来考えられなかった甚大な損害が発生してしまった事例が福島第一原子力発電所事故と言える。この様な複合的でしかもきわめて発生頻度の低い脅威といかに対峙するかも工学の大事な役割と言える。

## 2. 安全とは

「安全とは何か」と考えた時、危害を及ぼす源の危険源がすべて存在しないという概念が「安全」となる。危険は一つ一つ指摘できるのに対して、その否定形である「安全」は具体的には指摘できないため、難しい概念になっている。「危険」については、予想される危害に対して望ましくない程度や、予想が当たる可能性に程度があり得るから、一つ一つの危険に関して、ある程度、合理的に、その危険性を定量的に定義できそうである。これがリスクという概念に繋がる。

このリスクという概念を用いて、“受容できないリスクが存在しないこと (Freedom from unacceptable risk)”としてより定量的に「安全」を定義することができる<sup>1)</sup>。この定義では、絶対安全はないことが宣言されていることになる。「あらゆる危険性がまったく存在しないことは現実には不可能である」ことを工学者は認識していたが、一般の人々に「安全」を説明するとき、従来往々にして「絶対安全」が成立しているかのように説明していた、あるいはせざるを得なかった。現在では「絶対安全」は存在しないことが広く社会に受け入れられつつある。これも工学者が現実の工学システムについての説明を積み重ねてきた成果であろう。その結果、「残余のリスク」という概念が生まれ、社会における十分議論の末、この残余のリスクを許容したという建前となっている。

しかしながら、今回の東日本大震災の津波被害、原子力発電所事故を目の当たりに見たとき、許容できる被害の大きさを事前に十分議論し、その対策の検討を工学者は社会とともに

に真摯に行ったと言えるか。また、社会の側から工学の果たした役割が評価されているかに疑念を抱かずにはいられない。

## 3. 安心とは

「安心」とは何であろうか。安心は人の心の問題でもあるので、客観性のある科学的・合理的判断と異なり、その人の属する社会の伝統・歴史、個人の生い立ち・経験などに基づいたリスク受容の判断ということが出来る。

原理や仕組みが簡単なシステム・技術なら、人はその内容を理解し、例え危険な状況になっても各個人レベルで適切な対応を行うことができるので「安心」できる。しかし、最近の多くの工学システムは、極めて高度な科学技術が駆使されており、一般の人々は容易にはその詳細を理解するのが困難である。この場合、人はどのようなことで「安心」するであろうか。現状では、そのシステムや技術を十分よく知っている人が安全性について十分説明し保証してくれ、その説明者が信頼できると思った時、人はある程度安心する。そのような意味で、「安心」とは、社会的に合意されるレベルの安全が確保され、かつ安全であることが信じられることであろう。信じられるとは、理解できるか、説明内容ないし説明者が信頼できること、ということができる。すなわち、十分な安全が確保され信頼関係があることによって「安心」が導かれることになるが、一方、信頼関係は容易に失われることもあり大変難しい問題である。

社会的に合意されるレベルの安全が確保されていないのに安心してしまっている場合は、真の意味での「安心」ではない。

以上のことから、社会の「安心」の実現のためには、工学・技術者は大変困難とも言うべき責務を負っている。安全についての技術的な事柄を十分解りやすく説明するとともに、日頃の自身の行動を社会から信頼される様に律して行かなくてはならない。今回の原子力事故における事故当事者からの説明内容がどれだけ信頼を得ているかも大きな試金石となっていると言える。

また、安易に安心してしまっている社会に対しては、積極的に真摯な警告を発しなくてはならない。重大事故の発生毎に「想定外」という語が頻繁に使われ、今回もまた想定外の事象との説明も一部なされているが、その様なことの無いよう、真の安心を実現すべく常に事前の分析・指摘をしてこそ工学・技術者の真の役割である。

## 4. まとめ

安全・安心な社会を実現するための工学の役割を検討した。その中で、安全、安心の考え方を示し、併せて、工学あるいは工学者・技術者が安全・安心社会の実現にどのような役割を果たしていくべきかを論じた。

社会の安全・安心の実現には多分野・広範囲に亘る協力が必要である。その意味では毎年開催されている「安全工学シンポジウム」等の異なる工学分野間の安全に関する情報交換の貴重な場を充実するとともに、工学以外の分野を含めた安全に関する継続的な情報交換の場を機械学会が中心となり実現していくべきと考えている。

## 参考文献

- 1) ISO/IECガイド51 (JIS Z 8051)：安全側面－規格への導入指針

## 工学技術の立場から考える食の安全



食の安全委員会委員長  
佐田 守弘

当部門では今期（89期）より部門に「食の安全委員会」を設け、工学技術の立場から食の安全に寄与して行くこととなった。これを機に食の安全について述べさせて頂く。

当部門では2004年から毎年市民フォーラムを開催し、一般市民を対象として主に食の安全に関するテーマを取り上げて来たが、「なぜ機械学会が食品なのか？」と聞かれることが多い、だが我々が日常的に喫食する食品のほとんどは、食品機械によって製造されている。作る機会が安全でなければ、作られる食品の安全性は担保されない。

### 食品機械の特徴

食品JISとも呼ばれるJIS B9650では、食品機械の設計に際して、その機会設備の使用者に対する機械安全性と共に、その機械で製造される食品の喫食者に対する衛生安全性の2つの安全性を共に満たすことを求めている。だがこの2つの安全性が拮抗し合うことが少なくない。その一例が安全カバーである。作業安全上では必須な安全カバーは、設備洗浄の障害となる場合が少なくない。この2つの安全性の残留リスクを共に下げてゆくことが食品機械に求められる安全設計の課題である。

### 食の安全委員会の役割

我々が行うべきは工学技術に立脚した食の安全技術である。ここで想定される危害要因としては、大きく次の3つが上げられる。

#### ①微生物汚染の危害

食品の微生物危害には、腐敗・変敗と食中毒事故の2つが上げられる。中でも食中毒事故は、時として人命にも及ぶことも少なくない。食品の微生物汚染を防止するには、設備洗浄によるサニテーションの確保が不可欠である。またそのためには洗浄性が高い設備の設計が課題である。

設備構造と洗浄性の関係、洗浄適性と残留リスク評価の方法について提起してゆく必要がある。この点について将来的には、規格・基準ないしはガイドラインの策定などにつなげてゆきたいと考えている。

#### ②異物混入の危害

食品事故の中でも、異物混入事故の頻度は高い。そ

の原因には緩みなどによる脱落の他、材質と製造上の瑕疵による破損、および経時的な劣化による破損などがあげられる。

設備破損のメカニズムも含めて、異物混入の原因とその対策のために、事故事例の解析とその教訓化、また設備の破損などに関する基礎知識の普及と、それを防止するためのメンテナンスに関する情報発信が必要であると考ええる。

#### ③その他の危害

東日本大震災による原発事故は、広範囲に渡る放射能汚染を引き起こした。その結果として特に食品関連の分野では大きな影響を受ける結果となった。食の安全の一環として、放射線と食の安全の課題も取り上げるべき大きな課題であると考ええる。

### 今年度の委員会の活動

当委員会では、今年度の活動として、目下の課題である食の安全と放射線問題について取り上げることとした。

食の安全を保障する上で、安定電源は不可欠である。万一にも冷凍冷蔵設備の長時間の停止が発生すれば、品質上の逸脱が発生し兼ねない。停電が原因で食中毒事故が発生した事例も過去にあった。現在の食の安全性は、安定電源によって支えられていることも事実である。

だが食糧と食品に対する原発事故の影響は余りにも大き過ぎた。事故によって飛散した放射性物質は広範囲に広がり、広い範囲で食糧の生態系に影響が及んだ。また事故に関しての情報発信の不適切性が、国民に対して却って不安を増大させる結果となってしまった。

現実に広範囲に渡る食糧の放射能汚染が発生してしまった現在、我々はこの事実にとどの様に向き合うべきなのであろうか。食糧と食品の安定的な生産と供給による食の安全保障と共に、食の安全をどの様に考えるべきなのか。また現実に発生した食品の放射能汚染のリスクをどの様に受け止めるべきなのであろうか。

これら点について、今年度の市民フォーラムにて放射性物質と我々の日常安全の課題について情報発信をさせて頂いた。

## 解説

## 農作業安全研究の今

(独) 農研機構 生研センター特別研究チーム (安全)

白垣 龍徳



労働災害による死亡事故件数が年々減少する中、農業分野では毎年400件程度の死亡事故が発生しており、かつこの数字は20年間ほぼ変化していない。平成19年の就業人口10万人当たりで見れば、全産業が2.7人、建設業が12.6人に対して農業は12.7人と、極めて厳しい状況になっている。

こうした中、これら事故の7割がトラクタなど農業機械によるものであることもあり、生研センターは我が国唯一の農業機械専門の機関として、農業機械の型式検査及び安全鑑定に加え、研究、情報発信を通じて農作業の安全と快適性の向上に取り組んできた。特に、平成18年度からは、検査鑑定部門と研究部門が一体となった特別研究チームを立ち上げ、事故撲滅のための研究を重点的に行うこととした。以下、その概要を紹介したい。

農業機械は、トラクタ(乗用、歩行用)、田植機、コンバインなどが代表的であるが、その他、トラクタに装着して整地、耕耘作業を行う機械、種まきや苗の移植をする機械、肥料や農薬等を散布する機械、野菜等を収穫する機械など様々な機種が存在する。これらの機械には、不整地での追従性を確保する一方で機体の安定性が不足するものや、また、耕耘や収穫用機械など機械の回転部分露出するものがある。このため、走行中の転落・転倒、回転部への巻き込まれ等の事故が発生するおそれがあるが、作業の特性から作業者の作業範囲と機械の運転部分とを完全に隔てることのできないといった安全上極めて難しい課題を抱えている。従って、機械については「危険につながる行為をおかしくなく、かつ危険と認められる場合にも、作業者のダメージを少なくする構造」が、また、作業者については「危険が潜む作業、環境、行為を予見し、これに対応する能力」が、他産業以上に求められると言えよう。

一方、これらの課題は、機械・作業が抱える事故のリスクを踏まえながら解決していかなければならないが、使用する機械については前述のとおり多岐にわたっていること、作業形態も栽培する作物、栽培方法、地域の地理・気象条件により大きく異なっていること、また、他産業のような労働安全衛生に係る制度の適用を受けないため事故に係る情報が極めて少なく分析方法も確立していないことといった問題点を抱えている。さらに、作業者である農業者も専業の法人形態から兼業の個人まで様々であり、安全に対するコストも含めた意識も低いと言わざるを得ず、安全対策の導入については他の産業以上に策を講じなければならない現状がある。

これらを踏まえ、生研センターでは、大別して、①農業機械に潜在する問題点を洗い出し、明らかになった危険箇所について改良・開発する研究、②農業従事者の高齢化が進む中で、こうした高齢者が使いやすい、言い換えれば作業上のミスを犯しにくいユニバーサルデザインの導入に係る研究、③作業者の危険予知能力の向上に係る研究、④農業現場における事故に対する意識や安全対策等の受入可能性に係る研究、⑤農作業事故リスクの分析手法に係る研究、を行っている。

まず、①については、平成22年度から本年度にかけて、トラクタなど主要な農業機械を対象として機械安全に関する国際規格(ISO12100)に照らして、本質的安全設計、安全防護策・付加保護方策、使用上の情報といった項目別に調査を実施し、カバー等へのインターロックの採用と整備性向上、現行規格に則った緊急停止装置(NC接点化等)など対策項目を明らかにした。また、従前から危険性が指摘されており、死亡事故や後遺障害など重篤性の高い事故につながる「乗用トラクタの片ブレーキ<sup>※1</sup>防止装置の開発」と「自脱コンバインの手こぎ部<sup>※2</sup>の緊急即時停止装置の開発」を国内のメーカー全社の参画の下で本年度から3カ年で実施中である。なお、自脱コンバインのフィードチェーンへの巻き込まれ事故対策については、この研究とは別に作業者の手腕を巻き込まれる前に検知する技術の開発研究に平成22年度より取り組んでいる。収穫した作物と作業者の手腕を如何に判別するか等の課題はあるが、完成した暁には、自脱コンバイン以外の他の機種にも応用が期待されることである。

※1：乗用トラクタは旋回性を高めるため、片側の後輪のみブ

レーキを掛けられる構造となっており、その誤操作が転落転倒事故の一因になっている。

※2：自脱コンバイン(主に水稻の収穫用の機械)は、田の端部分など機械作業ができない箇所を手に取り取った後、作業者がフィードチェーンと呼ばれる部分に稲を手置きして脱穀することが可能な構造になっているが、このチェーン部に作業者の手などが巻き込まれる事故が発生している。平成11年度から緊急停止ボタンが装備されることとなったが、機械の慣性等により即座に停止できない機種もあり、事故の発生件数は減少しているが、依然として重篤な怪我が発生する事故が発生している。

次に、②については、平成20年度から22年度にかけて、高齢者や女性農業者の農業機械の運転に係わる身体機能を測定するとともに、主要農業機械の各部の位置や寸法を調査し、不具合が生じる項目の抽出を行った。この結果、乗降時の転倒事故等にも関係する乗降用のステップや手すりの高さや位置、操作性に係わる座席の調節範囲、ペダル操作性、操作表示等の文字サイズなどについて改善が必要な機種があることが明らかになった。今後、生研センターで実施している農業機械の安全鑑定基準へ反映する方向で検討を進めている。

③については、近年、IT技術を活用した学習手段として様々な分野で導入されているeラーニングに着目し、農業機械の安全使用のためのポイントや危険が生じる理由などをクイズや動画を用いて楽しく効率的に学ぶシステムを東大と共同で平成17年度から21年度にかけて開発した。本システムは、特別研究チームで運営するwebサイト「農作業安全情報センター」<http://brain.naro.affrc.go.jp/anzenweb/>よりアクセス可能である。

④については、平成22年度に法人、個人など経営形態の異なる農業者を対象に農作業事故のリスクに係る意識、安全のための取組状況、農業機械を選定する際の安全性の重視度について意向調査を実施した。この結果、農作業事故のリスクに対する意識と安全のための取組状況について経営形態により異なること、農業機械の選定基準として性能・価格等が安全性を上回っていること等が明らかとなった。

最後に、⑤については、これまで国による農作業事故の調査は、人口動態調査の死亡事故小票の中から農作業中に発生したものの抽出によるため、「転倒転落」といった形態情報しか無く、事故要因の分析に基づくリスクの算定が行えず、機械の改良ポイントの優先順位の決定等が不可能であった。また、危険因子が地域や栽培作物の特性によって異なる中でこれを特定できないため、現地で発生しやすい事故をあらかじめ想定して行う危険予知訓練といったものも不可能であった。このため、本年度から死亡事故件数が最も多い乗用トラクタと、過去の調査において負傷件数が最も多かった刈払機(小型エンジン付きの携行用草刈り機)を対象に、詳細な事故情報を収集するための調査票を開発し、この調査票を用いて得られた情報から、個々の事故に係る要因を抽出するミクロ分析と、全体的な事故要因の傾向を把握するマクロ分析手法の開発を行っている。単年度の成果であるが、SHELモデル、Haddon Matrix、FTAの各理論を農作業事故の実態にあわせて組み合わせた新たな手法を検討し、これを用いて調査データの分析を行ったところ事故要因と影響度等の解析に係る有効性が確認された。今後、さらに改良を進め、乗用トラクタ、刈払機に関する詳細調査・分析手法を確立するとともに、この2機種以外の農業機械への適用性を検討することとしている。

このように生研センターにおける農業機械を中心とした農作業安全に係る安全研究、さらに事故軽減にもつながる快適性や騒音・振動等による障害防止に係る研究分野も含めれば裾野は限りなく広い。一方で、機械の本質的安全設計や事故のリスク分析など、農業分野では緒に着いたばかりであり、今後、さらに研究を鋭意進めていく必要がある。農作業事故撲滅に向けた道のりは長く険しいものとなるが、関係機関と広く連携を取りながら、他分野の成果等も活用しつつ、着実に歩みを進めていきたい。

## 機械の安全・安心と事故調査



中村テクノオフィス  
中村 敏彦  
所長（技術士（機械部門））

### 1. まえがき

人口の高齢化と社会の成熟に伴い、身の回りの各所に安全・安心が相当に広く深く配慮されたハードとソフトが増えていることは有難い限りである。しかし、連日のように安全・安心を脅かす事故や事件が発生し、新聞やテレビで報道されている。社会が高度化し複雑化しているからという理由が成り立つのであろうか。

筆者は産業機械の一種に数えられる建設機械のメーカーや関連企業で主に開発や設計業務を担当し、その後独立して科学技術鑑定と称し事件・事故の調査や鑑定を行っている。現在の機械一般は自動車に代表されるように殆んど壊れないようであるが、筆者が就職した頃の機械は良く壊れたし、筆者も結果的には壊れる設計をしたことがある。

機会を頂いたので、昨今の事件・事故と安全・安心に関して私見を述べてみたい。

### 2. 社会と安心・安全

平成23年は国内では春に未曾有の災害を引き起こした東日本大震災、東京電力福島第一原子力発電所事故が発生し、秋には各所で台風の降雨による被害も発生した。海外ではニュージーランドやトルコでも地震災害が発生し、近くの中国では複数回の鉄道事故が発生したと報じられた。

直接被災された方々、親類や知人が被災された方々にはいまだにその影響が残るものとお見舞い申し上げる。これらの大災害はその影響を長く広く及ぼす。大震災から10か月以上たった現在でも、復興は進まず被災者は寒い東北の冬を仮設住宅で過ごしているとの報道である。

一方、原発事故に関しては、事故直後の当事者による判断のミスと情報の広報とその活用に欠陥があったことが被害を何倍にも拡大させたと多くの国民は考えている。その不信の故、年末に政府が原子炉の冷温停止状態の達成を宣言したにも拘わらず、社会全体には当原発を含め国内の原子力設備全般に不安を抱いており、引き続き除染作業にも前途に難問を抱える兆しが見える。広く拡散した放射能汚染物質による慢性疾患への不安も若年層を始めとし世代を超えて長く人々の心に宿り続けるものと懸念する。

そもそも安心や不安は心理状態を示すものでありその時々個々人の状況により変動しうるものであろう。一方、安全という概念は考える人によりそれぞれ相当広範

な意味あいを持つものである。機械技術者にとっては、開発、設計、生産、運転、廃棄などの一連の業務サイクルのいずれに係わろうともその結果が危険な状態を作り出さないことに心し、責任を感じ続けることが基本的な立ち位置になる。

### 3. 機械技術者の役割

機械の安全という概念でまず頭に浮かぶのは、国際規格である“ISO12100-1,-2：2003（JIS B 9700-1,-2：2004）機械類の安全性-設計のための基本概念，一般原則－第1部：基本用語，方法論，－第2部：技術原則”及び厚生労働省労働基準局長からの通達である“機械の包括的な安全基準に関する指針”の活用という事であろう。これらは指針であり規準、標準であるから管理技術という事ができる。何らかの形で機械に係わる人々がこれらを理解すれば機械に関する安全の向上に役に立つものと信じる。が、その一方で適用する機械の範囲を限定した規準になっているのはいかにも残念であり、更に広範な機械類を対象としたものになればと願うものである。事故による災害件数が桁違いに多い交通機械を含めた機械全般に関する一定の規準が示されれば災害の多い機械類や人工物が更に安全になり人類の安全・安心に大きく寄与するものと信じる。

尤も、自動車や鉄道、航空機など交通機械関連では、業界や各企業独自で安全に関する基準を決めて実行することにより着実に効果が上がっていると聞く。一般機械に関係する人々が前記国際規格や、厚労省指針を日常業務の各処に用いることは、それなりに効果が上がることになる。しかしながら、これらの標準や指針はそのままでは機械技術者の業務に直接役に立つものではない。個別の企業、個々の機械ごとにこれら規準に従いリスクアセスメントを行い、リスクの低減を検討実施し、使用者を含む関係者に有効な形でこの状況を伝えなければ安全は確保できない事になる。規準の有効かつ詳細な実施方法は専門の解説書に譲るが、これらを実施する上で更に重要なことはそれぞれの業務に適用する際の判断である。この判断の基になるものは斯学における知見や知識であり、固有技術や蓄積技術であり、更に判断者の倫理観や企業の良心である。

技術者に対しては機械の設計、製造、使用の各ステップで安全に関する事柄を含め常に何らかの判断が求められる訳で、特に新規の設計や開発では未知の事柄が多く、

仮定や想定、条件を設定しながらの検討を進め結果に誤りのないことをシミュレーションや試作、試験等の繰り返しで性能品質を確認しながら完成に向けていくという事になる。新規設計でどうしても想定できないことがある場合には、FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) やFTA (Fault Tree Analysis) といった開発に係る信頼性手法を用い、安全を脅かす故障のモードを積極的に暴き出し事前に安全対策を施す勇気が求められるという事であろう。

逆に、過去に経験した事故事例や失敗例の蓄積や理解も判断の大変重要なキーになる。ただ、そこには不具合を真正面から捉えた的確な解析と判断が伴われたものでなければならない。社内における不具合解析でさえ、部門間の力関係から解析結果の判断に歪みが生じるケースがあると耳に挟むが、このようことは企業文化として厳に慎まなければならない。

品質管理で言われるPDCAのサイクルを正しく確実に回し、蓄積を深めていくという事である。

処で機械の安全・安心が問題になるのは、多くの場合は量産され市販により一般の人々に触れるようになってからである。一般社会の中での事故により人の生命、身体又は財産に係る被害が生じる場合、人はその機械や設備や装置を安全ではないと評価し、不安を感じ、遠ざけるようになる。機械の安全・安心を向上させるためには不幸にも発生した不具合や事故を徹底的に解析し、真摯な態度で原因を追究し、原因から不具合の結果に至る機序を明確にして再発防止を図る必要がある。事故の解析や調査その後の再発防止をどのように実施するかが大変重要な課題になる。

#### 4. 事件・事故の調査と再発防止

筆者は現在、法曹界や損害保険業界あるいは一般の企業や個人求めに応じて、事件・事故や不具合の調査、解析、原因鑑定などを行っている。対象とする事案は自動車事故や火災、機械故障など身近な案件が多い。提供された資料類や証拠から事故の真相を科学技術の知見を用いて推理特定し、その事件の責任の所在の解明を行うという事であり、いわゆる犯人捜しである。大規模災害の折に専門の調査委員が行う再発防止のための事故調査とは大きく違う。しかし、最終的な結論の用い方は違っていても、結論に至るまでの証拠の収集、知見経験による証拠の解析、解析結果に基づく事件経過の再構築により事実の認定を行うまでのプロセスは同じステップを辿るものと考えられる。調査に当たる者は予見や予断を持たず公正・中立の立場から虚心坦懐に専門家としての良心、知見と規範に則り行わなければならない。とは言え、事実の認定が容易に行えるとは限らない。我々の調査でも種々の分析機器を用いて証拠の評価を行ったり再現実験を行ったりして真相の解明に進むことがある。また機械技術者の手に負えないものもあり、その方面の専門家と協同行うか、専門機関にアウトソーシングすることも必要なことである。

処で製造物に係わる事故・事件はその発端が自然現象

や不可抗力であってもその後人為的操作が加えられるものであるし、あるいは事前のリスクアセスメント検討の場では当然人間が関与している訳である。事故の防止、災害の縮小にも技術者が大きく係わり、その判断や行動の適否は当然問われなければならない。当事者の事実説明は原因究明の大きな要因であるが、それはとりもなおさず説明者の責任の表明と裏腹の関係になる。我が国において、事実解明のための証言が、その証言のために罪に問われることが無いという免責の仕組みはまだ整っていない様である。

#### 5. 大事故と事故調査

大規模な事故や事件が発生した場合、即時に事故調査委員会が活動を始める仕組みがある。航空・鉄道事故調査委員会はよく知られているが、福島原発事故に関しては「東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会」が政府により開催された。中間報告書が平成23年末に公開され、最終報告は24年夏頃を予定しているとのことである。大地震発生直後からの経過が時系列的に示され、項目ごとに相当詳細な調査結果が示されている。現地本部、東電本店本部、官邸における情報の取得、伝達、検討、判断、決定の実施者が個人の名前で表現されており、原因追及の方法として欠くべからざることがキチットなされていると考える。混乱のさなかにその混乱に拍車をかけるような表現を用いた政府の説明が繰り返されたが、判明していた事実と説明内容との相違の有無、情報の隠ぺい有無の調査も必要となろう。が、都合の悪いことは想定外としてとして片づける事業者とその報告を追認してきた監督官庁の対応に関しても、聖域を作らずに調査し改善案を提案して頂きたい。

莫大な災害を発生させ制御不能という状態が原子力の本質に含まれ、その前提のもとで利用し運転する意思の事業者といかなる事態が発生しようとも安全に制御できるよう監督し指導する立場にある官庁の責任の区割り、明確化は当然のこととし、再発防止のために必要な提言をまとめて頂きたい。緊急事態はいつでも起こりうるという前提で、緊急時の対応は今の運転・管理者の資格制度で良いのか、緊急想定訓練はどのようにあるべきという事も検討して頂きたい。

被災者のみならず、これから生まれてくる者たちをも含めて有益な結果が得られる最終報告が出され、原子力の新たな展望が切り拓かれることを願ってやまない。今回は田中宏技術士事務所の工学博士田中宏技術士(機械部門)にバトンタッチしました。

#### 参考文献

- (1) 機械工学便覧 β編 9 法工学 日本機械学会編 日本機械学会発行
- (2) 安全安心のための社会技術 堀井秀之著 東京大学出版会発行
- (3) 安全設計の基本概念 向殿政男監修 日本規格協会発行

## リスクへの勘

東京ガス・エンジニアリング（株）  
山田 貴久

エンジニアリング協会PMセミナー講師 博士（工学） 労働安全コンサルタント



### 1. 天然ガス利用の将来

私は、20余年にわたり、電力・ガス・石油の主としてプラント間を結ぶ陸上・海底（トンネル内を含む）の高圧幹線導管の計画・設計・施工及び研究開発に携わってきました。国内では、阪神大震災及び東日本大震災が発生しましたが、高圧幹線は、健全性が保持できていました。しかし、東日本大震災において仙台市ガス局港工場等が被災により機能が停止し、また、8県16事業者で都市ガス（天然ガス）の供給停止が生じました。そのため、全国58事業者延べ約10万人の復旧応援により約40万戸を迅速に復旧し、新潟からの広域パイプラインによる代替供給が実施されました。これらの事象は、天然ガスを安定供給するためのネットワークが不十分であることが明らかとなりました。復興に伴い平成23年11月29日には、8ヵ月半ぶりに仙台市ガス局港工場にマレーシアからLNG船が到着し、本来のLNG及びパイプラインによる2系統の受け入れ安定供給体制が整いました。

資源開発の新たな動きは、頁岩（けつがん）中に含まれる天然ガス（シェールガス）の商業化が、米国、カナダにおいて実現したことにより、世界各国でシェールガス開発が活発化してきました。特に、平成23年は、米国内でのシェールガス増産によりカタル産天然ガスが日本に振替供給できたことで電力危機が回避できました。また、平成23年7月12日に開催された経済産業省の第6回今後のエネルギー政策に関する有識者会議（大臣官房エネルギー政策に関する有識者会議事務局）では、①エネルギーのベストミックス（原発含む）②原発に関する国民の信頼回復、プロセスの透明性と情報公開の重要性③米国はシェールガスに重点がシフトしている等が協議されており、今後さらに技術的リスクを克服することにより、天然ガス可採埋蔵量を増加し天然ガスに対する需要が高まっていくものと考えられます。

### 2. インドネシア人の安全意識

インドネシア共和国は、我が国の天然ガス輸入先割合の12%程度（2011年）を占めています。また、インドネシア国内でも天然ガス需要が伸びており世界銀行等から借款による天然ガスパイプライン幹線網の整備が進んでいます。私は、2006年の1年あまりを建設コンサルタントのDeputy QAQC-SHE Managerとしてインドネシア共和国に赴任していました。その建設中に掘削深さ2.5m程度の位置において管を溶接中に土砂崩壊が起き2名のインドネシア作業員が死亡する災害が発生しました。死亡原因は、作業員が立入る溶接会所部の土留めがされていなかったために周辺土砂が崩壊したからです。周辺の土砂は、ラテライトというレンガ作りに適した赤色粘性土で、私は現場状況を以前から確認していましたので、週間工程会議において作業員が立入る所には土留めをして土砂崩壊の対策を実施することを現地工事責任者に文書にて連絡周知していましたが、1度目の死亡災害が発生した後に土留め対策を打合せし実施したにも関わらず、同一災害で2名が死亡し1年間で合計4名の死亡災害を経験しました。

他の掘削現場では人海戦術により掘削をしており、作業員は周辺から集まってきた人々が鍬で掘削し、個人用保護具の安全靴やヘルメットを着用して作業をする作業員は皆無でした。（写真1）



写真1 人海戦術により掘削作業をする様子

ある工場に減圧設備製作の立会検査に何うと、日本の大手メーカーから教えてもらったという5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰を言い、インドネシア語では5Rとなります。）の看板が掲げてありましたが現実は形骸化しており、遵守している作業員は見かけませんでした。しかし、インドネシア共和国には、労働安全衛生マネジメントシステムに関する労働大臣規則第5号（1996）があり、法律の整備という点では日本より進んでいます。これらのことから、①日本人と比較するとインドネシア人は、作業に対する自己責任割合が高い。②法令遵守と再整備が必要。③経営者の意識高揚が必要。ということが言えます。

### 3. リスクアセスメントは誰のためか

1974年から2010年の国内重大災害発生状況を概観すると1984年（昭和60年）を境に重大災害は上昇傾向にあることが分かります。建設業及び製造業を単独に見ても同様な傾向があります。また、2002年から2005年の日本及び欧米建設労働者10万人当たりの死亡者数を比較してみると、英国2.7人、ドイツ8.0人、日本8.8人、米国11.0人、フランス11.5人です。英国だけ極端に死亡者数が少ない理由には、①リスクアセスメントの徹底（中小規模を対象とし、5人以上の現場で罰則規定がある。）及び②設計技術者に対する安全配慮義務（監督署の設計事務所立入査察、安全配慮評価システムの導入、積極的な規則の浸透）が強化されているからです。私は、リスクアセスメントを実務的に使用できるように企業人向けの講習をさせていただいております。しばしば、リスク低減措置において重篤度を何の根拠もなく低減する場合が見受けられます。作成者に本音を聞くと「可能性だけ低減してもリスクの低減が不十分で危険性が高いから。」という数合わせゲームをしていることがあります。リスクアセスメント指針では、①本質安全対策②工学的対策③管理的対策④人的（保護具使用）対策と順を追って検討することになっていますが、受講者は③、④のみで対策することに慣れているので本質的な安全にまで考えが巡っていないことが多く見受けられます。また、危険性・有害性の特定において作成者の実務経験内容によって差異があるので、私の講習会では先ず「三大災害」プラス「その作業（環境）特有の事故災害」に注目してリスクアセスメントを実施するように説明しています。このレベルからリスクアセスメントの実務を受講者が積んでいただければ確実なスパイラルアップが望めると

考えたからです。

シートの作成をすることに注目しがちですが、リスクアセスメントの目的は、重大災害を低減させることであり、真の目的は、自分のため・家族のため・協力して下さる多くの仲間のために危険を回避する行動の一つであるという認識が必要だと考えています。さらに、厚生労働省が、本気でリスクアセスメントを浸透させようとするなら、安全管理者資格も衛生管理者と同様に国家資格とし、合わせて国家資格の労働安全及び衛生コンサルタントのレベルを強化する必要があると考えます。

### 4. 勘・失敗疑似体験・成功体験をもつこと

広辞苑で「勘」を調べてみると、①つき合わせて調べること②罪を問いたすこと③直感、第六感とあり、「感」を調べると、①物事にふれて心を動かすこと②思いが起ること③気持ち、とあります。安全性を考えた場合、「何か変だ。」と感じたら時間を置かずに率直に話し合うことが必要ではないでしょうか。多くの実務者は、今まで行ってきたことだから大丈夫とか、他の人がチェックしているから大丈夫、チームで行う作業だから誰かがするだろう、誰もがYESと言っているから自分だけがNOとは言えない、社内では進んでいるからお客様への確認は後回しでいこう等と考えてしまうことが多い場合があります。資機材調達においても同様で、マスタースケジュールをお客様に確認が取れていないままメーカー側が進めてしまった場合に仕様変更等が生じた場合は、納期遅れになる場合等があります。私は、多くの実務経験を積んだ実務者こそが、その人の常識にとらわれずに、「そもそも安全は存在せず、常に存在するのは危険だけだ。危険をいかに的確に予測し、確実に防止する努力をすることが安全なのだ。安全は一人ひとりが力を合わせて作り出すもので誰かが作ってくれるものではない。他人の失敗から学ぼう。自分ひとりでは、そんな多くの失敗は出来ないから。」を意識し、各自の「成功体験をみんなができるように広めよう。」と考え行動していくことが必要だと考えます。

### 5. おわりに

日本国民は、真剣に危機回避能力を少しでも一人ひとりが向上させていく時代になったと思います。今回は、東北大学大学院の高橋信准教授にお願いいたしました。

## 安全の向上にむけた認知心理学からのアプローチ

大阪大学大学院人間科学研究科人間行動学講座 准教授  
**篠原 一光**



### 1. はじめに

昨年は東日本大震災で多くの方が亡くなり、また福島原発事故で多くの方が避難を余儀なくされました。あまりに甚大な被害に対して我々は言葉を失い、この災厄にどのように向き合うべきかを深く考えることを迫られました。その一方、津波の被害のあった地域では多くの人の努力により生活や産業の復興にむけて着実に前進しておられるようです。原発事故については昨年12月に冷温停止が宣言されるなど事態は良い方向に進みつつあるとはいえ、環境中に飛散した放射性物質の影響や、原子力発電所が稼働しないことによる全国的な電力不足の影響など、危機が終息したとは言えない状況にあります。また世界に目を向けると、タイの大洪水があり、現地の人々の生活と世界経済に大きな打撃を与えました。このように、昨年以來、私たちはどうしても危険と安全ということについて、真剣に考えざるを得ない状況に置かれ続けているといえます。私たち一人一人が自分自身の専門性を生かし、日本や世界の安心・安全の向上に寄与することが求められているのではないのでしょうか。

本誌は日本機械工学会の会誌ですので、読者の皆様の多くは機械の安全や製品の安全という工学的観点での安全について関心をお持ちなのではないかと思えます。先の震災に関連する問題では、福島原発の問題は放射性物質を原子炉内に閉じ込めることに失敗したという工学的問題といえます。このように安全を守るかどうかを直接的に規定するのはモノ（＝機械）の問題でしょう。

一方、私は認知心理学を専門としております。震災に関連するというならば、地震発生後避難するまでの行動上の意思決定の問題、原発の事故後に起こったと報道されるヒューマンエラーに関する問題（例えば汚染水浄化装置が稼働する前に、ヒューマンエラーのために装置の本格稼働が遅れるという事態があったことが報道されました）といったところが守備範囲になりそうです。これらの範囲の問題は緊急事態の対応に即座に役に立つというものではないと思いますが、事態がある程度落ち着いた後に検討していくべき問題といえるでしょう。本稿では、心理学の専門家が安全の問題にどのようにかかわるかについて、私がとっている基本姿勢について述べさせていただきます。

### 2. 心理学と安全

心理学にもいろいろな領域がありますが、私が自分自身の専門分野としている認知心理学では「情報処理システムとしての人間」という観点から、人が事物を認識し、自分の置かれた状況を把握して、自分がどのような行動を行うかを意思決定し、実行するという一連の流れにおいてどのような情報処理を人間が行うのかということ进行分析しようとしています。つまり、認知心理学の特徴は、観

察できる行動の根底にあり、直接観察することはできない心の働きを、情報の流れという観点からとらえるというところにあります。私たちが目や耳といった感覚器でとらえる外の世界の刺激は心という情報処理装置への入力であり、その情報は記憶中に保持され、長期記憶に保存された情報と照らしあわせて解釈され、どのように反応するかが決定され、行動として出力されます。認知心理学ではこの直接は見ることはできない心の中での認知過程について、どのような認知的段階があるのか、各段階での情報処理の特性は如何なるものかということを検討します。そして、様々な行動がどのような認知的基盤に支えられて行われているのかをモデル化します。

図1（ラスムッセンの行動制御モデル）はそのような行動のモデルで最も包括的なもののひとつです。このモデルでは、感覚器を通して入力された情報が、3つの層で処理されることを示しています。最も下の「スキルベース」の層は、刺激に対して自動的にある反応がなされるという非常に単純な処理を意味します。中間の「ルールベース」の層は、状況を認識したらその状況に対応づけられた反応が検索され実行されます。最も上の「知識ベース」の層は、あまり経験のない状況に直面した時の行動制御を意味していて、状況を解釈し、最も妥当と思われる行動の計画を行い、計画を実行するという流れを示しており、最も多くの認知的処理を必要とするものだと思います。

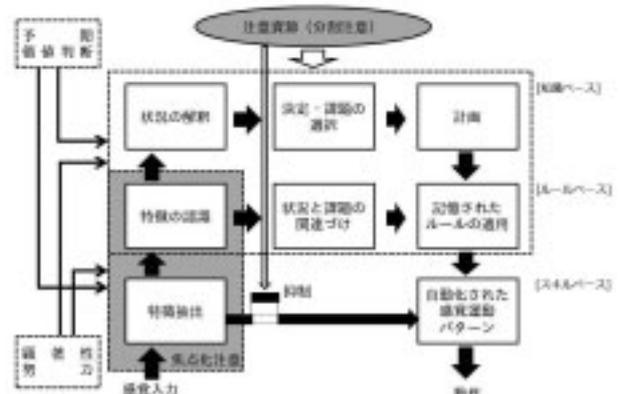


図1 行動制御と注意のモデル（原田・篠原編 「現代の認知心理学4 注意と安全」 北大路書房 p191より）

実際の行動も、細かく分析的に見ていくと、この行動制御の各要素に対応する部分に分かれます。どのようなエラーが多いのか、どのようなことをすると使い勝手があがるのかといったことは、このような行動の背後にある認知過程と対応付けて考えることによって、その理由

をよりよく理解し、改善内容を決定しやすくなります。

### 3. 注意の働き

私はこの人間の情報処理過程の中でも、「注意」に興味があります。ヒューマンエラーによって事故が起こった時に、「不注意だった」「気の緩みが原因」といった言葉で片付けられ、あとは事故を起こした人の個人責任追及に終始するということがしばしば見られます。しかし、このような単純な理由づけをしてしまうことは、「わかりやすい」かもしれませんが、問題の根本的な解決につながらないといえます。だいたい「不注意」「気の緩み」とは何でしょうか。「不注意」や「気の緩み」をどうとらえればいいのでしょうか？

認知心理学的観点からは、注意には「情報の選択」「心的エネルギーの供給」「行動の維持」といった機能があると考えられます。

情報の選択とは、外的環境や自分の記憶システムから供給される情報の中から、現在必要な情報を選択的に取り込むことです。これは目的となる情報に焦点を合わせるという意味で、焦点的注意と呼ばれます。自動車を運転している場合には自車前方にある先行車や対向車、信号に対して視線を向けますし、騒音がある場所で会話をしようと思えば相手の声を聴き取るように注意を向けます。ただし、視線を向けた対象だけでなくその周囲のある程度の範囲も見ることができますし、相手の声以外にも何か気になる音が聞こえてくる場合があります。また、視線を向けている場所で起こったことであっても、見ようとしていないものには気づくことができないこともあります。「不注意」というと、見なければいけないものに目を向けていないということだと思われがちですが、たとえ目を向けていたとしても何を見なければいけないかという意図が正しくなければ見えないということになるわけです。

心的エネルギーの供給は、心理学的な注意研究の中では「注意資源」と呼ばれるものをどのように使うかという問題になります。注意資源は注意の働きを理解しやすくするためのメタファーであり、物理的な実体があるわけではありません。近年の脳科学の進歩により、注意資源を使っている場合にどのような脳の活動が観測されるかについて神経心理学的な知見は得られつつあります。しかし日常的行動のレベルで注意の働きを考える場合には、脳活動そのものより、注意が行動のどのような側面に影響するのかという観点から、注意資源のメタファーを使うほうが考えやすいのではないかと思います。私たちの行動には十分に習熟して注意を必要とせず自動的に行える行動と、意識して(=注意しながら)行わなければならない行動があります。後者ではどの程度注意を払うのか、複数の注意を要する行動がある場合にはそれらをどのような順序で行うかといった注意のコントロールが必要になります。これは認知的にそれなりに複雑な行動であり、コントロールそのものに注意資源を必要としますし、時間も必要です。それに利用できる注意資源の量には限界があります。複雑な意思決定を複数しないといけないとか、余裕時間がほとんどない作業設計になっているといった状況では注意資源が払底し、作業者はその状況に対応するために、心的エネルギーが少なくて済むような必ずしも適切でない代替的な思考方法の使用や、手順の省略をするように強いられることとなります。事故やエラーの背景にこのような問題がある場合、「気の緩み」等と言ってしまふことは適切ではありません。

ん。注意資源がどのように利用されるかという点を改善しない限り、同様の事故やエラーが起り続けることになるでしょう。

ところで、我々の行動は瞬間的なものではなく、環境に適応した行動を維持しなければなりません。すなわち、注意資源を持続的に一定の認知処理に供給し続けることが必要になります。作業を行うときにどの程度注意力を持続できるかという問題はもともと第2次世界大戦中のレーダー監視作業の研究から始まったもので、注意研究の古典的課題の一つですが、「長時間一定の注意を保たねばならない作業で長時間成績を維持するのはどうしても困難」という結果が得られています。これは「ビジランスの低下」と呼ばれます。数多く行われた研究の結果から、この成績低下は慣れ等による覚醒低下が原因となるだけではなく、認知処理の負荷が持続することにより中枢性の疲労が起る、言い換えれば時間経過に伴って注意資源が減っていくことによって起るということが指摘されています。

このように、私たちが日常的の中で感じられる注意の働きについて多くの研究がなされ、たくさんの知見が得られています。先に述べたように、作業の背後にどのような認知的過程があり、それに注意がどのように関与しているかという観点で作業を捉えることが、エラー発生のリスクの有無を考えるうえでとても有効です。

### 4. 安全のために心理学研究者が寄与できること

心理学研究者で安全の問題に関与している方は次第に増えてきていますが、それぞれの専門性から取り組みやすい問題は人によってさまざまです。私自身は先に述べたように、行動時の人間の認知過程について実験的に分析することを得意としていますので、作業中の不注意の問題や、ヒューマンエラーの分析といった問題に取り組むのに向いていると考えています。一方、組織の問題、モチベーションの問題、コミュニケーションの問題などは、個人の認知過程の分析だけではなく、集団の中におかれた時の人間の行動や、他者と相互作用するときに相互にどのような影響を与え合うかといった問題の考慮が必要になってきます。これらについては、産業心理学、組織心理学、社会心理学といった心理学の異なる領域を基盤としている研究者が研究に取り組んでいます。

本稿でぜひ申し上げたいことは、「人間のかかわる安全の問題であれば、まず何が問題であるのかを分析する上で、心理学研究者の持っているスキルは有用である」ということです。心理学研究者は人の行動を、例えば認知心理学での人間の認知・行動モデルのように心理学的な枠組みに基づいて分析し解釈する訓練を受けています。また心理学では心の働きについて定量的にアプローチする研究手法が工夫されてきました。安全に関する問題で何らかの人間要因が含まれる可能性がある場合には、工学的観点のみならず心理学的観点から現場やデータを眺め、必要ならば実験的手法を適用することにより、より実効性の高い安全対策を立てられるのではないかと考えられます。

今回の執筆は(株)本田技術研究所未来交通システム研究室・横山利夫様にバトンタッチいたします。

産業・化学機械と安全部門 研究発表講演会2011 実施報告

2011年11月11日(金)、東京工業大学大岡山キャンパス手島記念会議室L&Sにおいて、産業・化学機械と安全部門の2011年度研究発表講演会を開催した。本研究発表講演会は、学術的な活動を通じ、関連する産業機械分野及び化学機械分野における課題と最新技術等に関する情報の共有化を図ることを目的に毎年開催している。

本研究発表講演会は午前中に「オーガナイズドセッション(以下OS) 3: Safety Service Engineering (SSE)」として3件の講演を行い、午後は原子力工学の専門家である東京工業大学大学院鈴木正昭教授をお招きし、「福島第一原子力発電所の事故と今後の課題」と題した基調講演を頂いた。続いて「OS2: リスクアセスメントとリスク低減」として3件、「OS1: 産業・化学機械に関する新技術・生産性向上」として4件の講演を行った。講演会は全セッションを通じ、訪れた約20名の聴講者による活発な質疑応答が行われた。

本講演会は産業機械の開発一般に関する講演も受け付けているが、4回目となる今回は安全に関する講演が多数であったことから、産業機械業界における安全技術・情報に対する関心の高まりが伺える。基調講演では、東日本大震災の福島第一発電所の事故の経緯、現在の状況、今後の対等及び展望が詳細に述べられた。また、OS3のSSEは、2010年度に当該部門において研究会を立ち上げた新しい学問分野である。

今後なお一層、本講演会の存在を産業機械業界へ広めるための取り組みを推進することが重要であり、運営上至らぬ点が多かったが、次回も皆様のご参加、ご協力をお願いする。

講演会プログラム

オーガナイズドセッション3: Safety Service Engineering (SSE) (10:30~11:35)

セッション	講演者 演題
OS 3-1	SSE (Safety Service Engineering) と第三者評価の役割 杉田 吉広 (テュフラインランドジャパン)
OS 3-2	ものづくりと安全知の発信~グローバル化と安全・国際競争力(MSDP1)~ 加部 隆史 (NPO安全工学研究所)
OS 3-3	SSEの概念に基づく原子力発電のライフサイクルコスト 白井 安彦 (NPO安全工学研究所) 加部 隆史 (NPO安全工学研究所)

基調講演: (13:00~14:00)

セッション	講演者 演題
—	福島第一原子力発電所の事故と今後の課題 鈴木 正昭 (東京工業大学)

オーガナイズドセッション2: リスクアセスメントとリスク低減(14:10~15:10)

セッション	講演者 演題
OS 2-1	リスク曲線を用いた離散板厚分布による石油タンク底部管理手法に関する研究 森 俊輔 (横浜国立大学)、笠井 尚哉 (横浜国立大学)、関根 和喜 (横浜国立大学)、松尾 祐次 (旭化成エンジニアリング(株))、田村 孝市 (旭化成エンジニアリング(株))
OS 2-2	エスカレーターの手摺遅れの原因解明と対策に関する研究 橋丘 豊 (三菱電機)、宮崎 嘉寿也 (三菱電機エンジニアリング)
OS 2-3	耐食FRPの保守点検における新しい非破壊検査の検討 久保内 昌敏 (東工大)、酒井 哲也 (日大・生産工)、三友 信夫 (海技研)、青木 才子 (東工大)

オーガナイズドセッション1: 産業・化学機械に関する新技術・生産性向上(15:20~16:40)

セッション	講演者 演題
OS 1-1	制御システムにおける共通原因故障の影響と対策 戸枝 毅 (富士電機(株))
OS 1-2	駆動機器の機能安全対応による安全性と生産性の向上 津野 良行 (富士電機(株))
OS 1-3	機能安全規格IEC 61508 Ed.2の要点と機械安全への影響 長谷川 正美 (富士電機(株))
OS 1-4	機能安全規格IEC61508の現状と課題 浅井 由尚 (テュフズードジャパン(株))

11-31 「講習会」報告

一般社団法人日本機械学会産業・化学機械と安全部門では、2011年6月15日(水)に仏教伝道センタービル会議室にて以下の講習会を開催したので報告する。聴講者は23名であった。

講習会名称

「Safety Service Engineering (SSE) によるグローバルな企業競争力の強化」  
—ライフサイクルにおける安全、環境、品質、生産性—

講習会の主旨(案内書より)

ユーザーが求める機械とは、生産開始から廃却までの長いライフサイクルにおいて、安全が確保され、初期製品品質が保たれ、生産維持に負担が掛からず、危険状態以外は動いたら止まらない、環境に配慮された「安全で安心できる」素性の良い機械である。機械の素性は設計段階で決まるもので、ライフサイクルを通じて安定生産を維持する上で重要な高MTBFと低MTTRを伴った高い信頼性を備え、年代が経ってもユーザー自らが維持、管理できるものが望まれる。製造業は高い品質と世界的なコスト競争力のある製品を作ることがグローバルな企業生き残りを図る重要な手段であることから、機械メーカーに求められることはユーザーが提示した要求仕様通りの機械を作り上げることであり、これにより両社は機械完成後の手直しがなくなるという経済面での大きな利点が得られる。本講習会ではユーザー事例も交えながら、機械のライフサイクルにおける安全性・信頼性・生産性を保持するための概念としての[SSE]について講義を通じて提案を行う。

講習内容

- 第1部: 講義
- (1) 「SSEの概念と方法論」~福島原発震災2011と情報の非対称性

(社)日本機械学会 産業・化学機械と安全部門長 加部 隆史

この講義では3月11日の東日本大震災によって引き起こされた原子力発電所の事故を例として、SSEの概念と方法論の説明が行われた。SSEの最初の段階の要求仕様フェーズでは、津波の高さが十分に考慮されていなかったことが課題であった。また本質安全設計フェーズでは、残留リスクの評価が適切であったが今後の議論の対象であり、保全フェーズでの設備の劣化の問題、廃棄フェーズでは使用済み核燃料処分の課題が残されているままでの見切り発車の感がある。そしてこれらを含めてのライフサイクルにおける安全性と経済性がきちんと評価されていなければならない。



また今回の原発事故では、例えば「想定外」「直ちに健康被害はない」に代表されるような、国内外での情報が一致しないとの情報の非対称性が見られることも問題であるとのことであった。

(2) 「ライフサイクルエンジニアリングにおける安全管理戦略」

~プラントにおける統合学概念と方法論

東京工業大学 資源化学研究所プロセスシステム工学部門 名誉教授 仲 勇治

1970~90年代の日本のプロセス産業における安全性は、現場に配置された多数の作業者の五感によって支えられて来た。だがその後の省力化に伴い、新たな安全を守る仕組みが求められており、それがプラント安全エンジニアリングである。



大きく製品に関わるプロダクトLCE(Life Cycle Engineering)、工程に関わるプロセスLCE、そして設備の設計と保守に関わるプラントLCEの3つのエンジニアリングの枠組みに分けられ、その中における変更管理も重要である。

ここにおいて設計の意図をきちんと残し、その情報の共有化を行うと共に、変更要求に総合的に答えることが大切である。

この考えを進めるために、Plant-Naviを開発した。これは様々な知見を取り込んだCADシステムであり、様々な操作や変更をシミュレートできるシステムである。

(3) 「機械・設備における安全関連エンジニアリングの現状と将来動向」

(社)日本電機工業会PLC技術専門委員会  
セーフティPLC WG主査 戸枝 毅

福島原発事故は日本の安全エンジニアリングの威信に影響を与えた。一般人からの信頼を取り戻すには、国際安全規格の基礎を改めて見直しそれを実行することが求められる。なぜなら日本における安全の捉え方は、国際規格からのズレが見られるからである。



2007年に「機械の包括的な安全基準の指針」が厚労省から出されたが、具体的な方法に関する問い合わせが多いのが現状である。RBAに基づく安全系エンジニアリングを進めるには、機能安全の普及が重要であり、それは構造・機能要求、信頼性の定量的要求、開発・検証体制要求、プロセス要求の4つである。

●第2部：エンドユーザの事例

(4) 製造業が求める“あるべき機械、ありたい機械”

NPO法人安全工学研究所 岡村 隆一

工業立国を支える日本の製造技術は、現場の力でしどろいである感がある。現在、日本の製造業は国内、海外共に、経営側と現場側から課題を有している。



国内では生産力に影響を及ぼさないように休日を利用した保守と改修工事によって突発トラブルを未然に防いでいる。一方海外では求められる規格を満たしていないと改善命令が出され稼働が行えない。同様に現場では操作性とシステムの不統一による操作の煩雑さと、トラブルの発生対応と保守には多くの時間を要する課題が残されている。

国内の生産設備の現状を見ると、海外向け設備は国際規格に対応しているものの、国内向けはそうでないケースが見られるが、これは国内における安全に対する認識の違いである。

経営が求める“あるべき機械、ありたい機械”とは、そのライフサイクルにおいて安全であり、運転操作に負担がなく、安定した生産の確保ができ、メンテナンスが容易である機械である。そしてその様な機械は、初工程である設計段階の仕様書次第によって決まる。

(5) 機械のライフサイクルにおける変更管理システム

SafetyCraft代表 水野 恒夫

機械の変更管理には、設計から製造段階で行われるConfiguration Managementと、運用開始後に機能の改良などのために行われるManagement of Changeとがある。特に日本においては各種の改善活動の中でシステムやコンポーネントの変更が行われるケースが多いが、不適切な変更管理が重篤な事故を引き起こすことも稀ではない。



工程改善のための変更の多くは、新たな危険源の発生、速度や推力等の増加、危険源への曝露頻度・時間の増加が発生し、また防御レベルの変化や制御条件の変化も生じる。その様な変更管理の失敗の原因には、変更管理の対象であることの認識の欠如、変更情報の伝達の不適切、変更管理を体系的に行う手法の欠如、LCを通じての変更情報の最新版管理の欠如などがあるとされている。

ユーザー側の課題としては、変更管理に伴うRAの主体を明らかにすることにある。メーカーとの連携体制を築く、変更承認の責任遂行のあり方を再考する、RAにおける妥当性検証者とそのプロセスを組織として独立させることが大切である。

(6) ISO/IEC Guide 51に示される安全の考え方

長岡技術科学大学 システム安全系 教授 福田 隆文

ISO/IEC Guide 51は安全の規格の作り方のガイドで、ISO12000(機械安全の一般原則)は機械安全規格の上位規格であり、階層化されたA~C規格はこれの下位に位置する。



どの様な機械でも絶対安全はあり得ず、受容できないリスクが存在しない状態を安全と言う。このためにISO12100に書かれているように、危険源の同定、リスクの見積りと評価、その低減化を行い、機能と両立できる範囲でリスクを最小化し、許容できる範囲に抑える。多くの場合には本質安全を実現することが困難であり、保護方策によって危険状態の発生を防止する方法が行われる。

機械の設計者にとっては、そのステップによってリスクを受容可能なレベルにまで引き下げること、なおも残る残留リスクに関してはユーザーに適切な情報を提示することが求められる。

リスクアセスメントはユーザー側にも求められるが、機械の詳細に立入ってこれを行うことは困難である。ユーザー側に求められることは、設計者から提示された使用条件、残留リスク情報を元に、それを実施できるかの評価が中心となるが、許容できないリスクが見つかった場合には、設計者側にフィードバックする連携関係が大切である。

(7) 総合討論

以上の講義の終了後に、福田講師の司会により、全講義に関する総合討論が行われた。総合討論では、福島原発に関する安全性あるいは残慮のリスクが話題となり、熱烈な意見交換が行われたが、時間の関係上SSEに関する質疑ができなかったことが反省としてあり、これは次回の講習会に反映したいことである。

トワイライトセミナー

第22回トワイライトセミナー

技術士第二次試験 一機械部門の受験対策講座一

講師：千代田化工建設株式会社 機械設計本部 本部長代行兼機械技術部長 技術士(機械部門、総合技術監理部門) 大原 良友 氏

開催日：2011年3月9日(水) 18:30~20:00

会場：キャンパス・イノベーションセンター(東京) 多目的室1

毎年恒例の企画となった当部門トワイライトセミナー、千代田化工建設株式会社 大原氏による技術士第二次試験一機械部門の受験対策講座一が田町にある東京工業大学キャンパス・イノベーションセンターで行われた。



セミナー会場の様子

平成23年度の技術士第二次試験で機械部門を受験しようと考えている方に参考となる受験対策を目的とした内容であった。過去にも同様な講座を3月に実施しているが、技術士試験を受験する場合、4月に受験願書を提出するところ

から始まるからである。この願書の書き方も合格に近づくためには気をつけなければならない重要な点であり、さらに、技術士試験とは何か、試験の内容などを知った上で受験願書を作成して提出する必要があることなどについてのお話があった。具体的には技術士試験の目的、試験項目、内容、書き方の基本など受講者にわかりやすくセミナーは進行した。

また、講師の大原氏が今まで長年実施してきた受験指導を通して、今後の受験者がどのような勉強をしていけば合格できるのかを、具体的なポイントを簡潔にわかりやすく説明されていた。さらに、受験者が過去問題を書く練習をするために、昨年度試験の答案用紙の内容についても説明があり、答案用紙のコピーを受講者に配布しセミナーが進行した。



講師の大原氏

この大原氏によるトワイライトセミナーは受講者に大変評判の良い企画であり、今回のセミナーにおいてもわかりやすく、技術士受

験を検討している受講者に対し勇気づける内容であった。昨年度このセミナーを受けた受講者が「技術士に合格した」という話も大原氏よりあり、技術士を受験する人に大変貢献しているセミナーであることも再確認できた。大原氏によるこのセミナーは来年以降も企画する予定であり、技術士を目指す人は是非参加していただきたい内容であった。質問内容も多岐にわたり大変盛況であった。(参加者14名)

第23回トワイライトセミナー

第23回トワイライトセミナーは台風の影響により中止となりました。

第24回トワイライトセミナー

福島原発震災の情報非対称性への技術者の役割

開催日：2011年10月12日（水）18：30～20：00

会場：キャンパス・イノベーションセンター（東京）708号室

講師：加部 隆史 NPO安全工学研究所代表理事、博士（工学）  
日本機械学会産業・化学機械と安全部門 部門長

佐田 守弘 日本機械学会 産業・化学機械と安全部門 食の安全委員会委員長

福島原発震災は数か月経過後でも取捨の目処が立っておらず、人・家畜・財産に対し多大な危害をもたらしています。今回の過酷事故は、人が制御できない核の扱いにつき、世界中に多くの課題を投げかけています。何故事故が起きたか、安全基準は適切であったか、そして放出され続ける放射性物質にどう向き合うか等につき、当初から国や電力会社が発信する情報に対し、実際に起きている事象と異なる現象、つまり情報の非対称性が生じています。

この講演では何が正しい情報か、そして技術者は正しい情報をどう伝えるか？住民は何を正しい情報として信じるべきか？について、現在、当部門（産業・化学機械と安全部門）の部門長でもある加部隆史氏と元部門、部門長の佐田守弘氏（現在、当部門 食の安全委員会委員長）の両氏により、二本立てで講演は行われた。

前半、加部氏の講演では震災発生から、国および電力会社の情報発信と、実際の被害の状況から、情報非対称性についてお話があった。技術者の責任よりむしろ、



講師 佐田 守弘 氏

技術者（専門家）の意見を受け入れられる土壌がない、さらに、情報発信の過程や方法に問題があることについて触れられていた。

後半、佐田氏の講演では食の安全をメインに、基礎的な放射線、放射能の知識から、食と放射線、放射能、現在、国が定めている国の基準に関する内容について説明があった。さらに、考えられる健康被害についてもお話があった。

さらには食品製造・流通業界からの立場から原子力発電と電力について問題について説明があった。この講演は現在日本だけではな



講演会場の様子



講師 加部 隆史 氏

く世界が抱えている問題について触れたものでもあり、聴講者からの質問も多岐にわたり講演時間を延長するほど、大変盛況な講演会であった。

当部門ではこの福島原発震災についてディスカッションペーパーを当部門ホームページにおいて、公開している。詳しくは下記URLより参照していただきたい。

(<http://www.jsme.or.jp/icm/database.html#fukushima-crisis>) (参加者12名)

第25回トワイライトセミナー

設備保全業務プロセスの見える化とその応用

開催日：2011年11月9日（水）18：30～20：00

会場：キャンパス・イノベーションセンター（東京）708号室

講師：瀧野 哲郎 東京工業大学 大学院理工学研究科 化学工学 専攻 准教授

設備保全は、運転によって劣化したプラントを、要求される安全レベルまで復帰させるための業務機能であり、プラントライフサイクルにおける安全管理の重要な技術である。しかし、プラントの劣化状態は、設計、建設、運転、設備保全履歴によって異なり、復帰のための補修はアセットとしての設備運用計画、運転



講演会場の様子

計画に依存する。論理的な設備保全を行うためには、設備保全としての技術、設計、建設、運転、保全間の技術、そしてライフサイクル全体を統合する技術を体系化する必要がある、そのための仕組みが不可欠となる。設備保全に関するそれら技術を体系化するためのフレームワークとして「業務の見える化」を行った。ここでは、この「業務の見える化」とその活用法について講演があった。

化学プラントの特徴は長寿命化が進み、50年以上となるケースもある。そのため、社会要求として安全管理の必要性が高まっている。そのため化学プラントでは社会や経済状況の変化、技術の進歩、運転に伴うプラントの劣化、さらには作業者・管理者の入れ替わり等があり、ライフサイクル全体の安全管理が必要となっている。この安全管理は「技術の管理」と「組織の管理」が必要



講師 瀧野 哲郎 氏

であり、技術の問題としてはPDCAサイクルによる問題解決が必要であり、組織の問題としては技術と管理の仕組みと整合するようにPDCAより組織もしくは組織管理の仕組みを修正することが必要となっている。したがって、PDCAサイクルの構成を考えることにより化学プラントの安全管理を構築することが重要である。講演ではさらに、「見える化」についてIDEF0モデルの適用とそれに伴う問題についてお話があった。

講演はこの構築方法に興味を持たれた聴講者が多く、質問も多岐にわたり時間を超過するほどであった。

来年2月に「設備保全業務の「見える化」とその応用」というタイトルで本が発行される予定とのこと、講演ではこの本をまとめるために10年を要した苦勞等のお話もありました。ご興味がある方は是非ご購入ください。(参加者14名)

## 機械の日

機械の日の関連行事として、千葉県にあるリサイクルセンターへの親子のための見学会を予定していましたが、3月11日に発生した震災の影響による夏季の電力規制の影響のため、リサイクルセンターの稼働が危ぶまれたため、今年度は中止としました。

## 日本機械学会年次大会2011における部門活動および市民フォーラム報告

基調講演：合計14の基調講演のうち、当部門で以下2件を実施した。  
【K17100】産業・化学機械と安全部門企画 安全確認の原理と止まらない安全（新しい安全の展開）企画 加部 隆史（NPO安全工学研究所）、司会 岡村 隆一（NPO安全工学研究所）、講師 杉本 旭

（明大）日時：9月12日（月）15：00～16：00、会場：第31室（大岡山西8号館W834）

【K17200】産業・化学機械と安全部門企画 ライフサイクルエンジニアリングによる戦略的安全管理 企画・司会 加部 隆史（NPO安

全工学研究所)、講師 仲 勇治(東工大)日時:9月12日(月)  
16:15~17:15、会場:第31室(大岡山西8号館W834)

オーガナイズド・セッションは以下2件、合計9件の発表が実施された:

S171 機械のリスクアセスメントとリスク低減 9月12日10:00~11:15、第31室

オーガナイザー:加部 隆史、福田 隆文

1)ものづくりと安全の構成要素~サービスエンジニアリングの観点から、加部 隆史、NPO安全工学研究所 2)機械類の安全装置の無効化とその方策、小林 裕一、SJB、加部 隆史、NPO安工研 3)大型車の車輪脱落事故のリスク低減、草間昇、草間技術調査 4)CFRPはく離道程におけるベイズの定理による発生確率推定、吉永 博行、群馬大学、岩崎 篤 5)安全解析におけるプロセスモデリングの役割、柏屋 滋、PSE Japan

S172 機械・設備の安全化 9月13日10:00~11:15、第31室

オーガナイザー:福田 隆文、笠井 尚哉

1 機械設計における設計者のスキルの重要性、岡村 隆一、NPO安全工学研究所 2)マイクロ風車を対象とした故障モード導出手法の検討、大塚 雄市、長岡技科大、植和田 充、宮下 幸雄、武藤 隆

治 3)IT技術を活用した支援的保護装置の提案-実生産現場での試験結果、福田 隆文、長岡技科大 et.al, 4)食品リサイクルの為の衝撃粉末殺菌に関する研究、藤原 和人、熊大院 et.al 5)食品処理用高圧容器におけるFail-Safe化の試み、大塚 雄市、長岡技科大 et.al.

市民フォーラムは、年次大会終了後に11月14日に別途以下の通り実施した。

No.11-118市民フォーラム:

原子力事故と我々の日常生活安全への影響

~放射線物質汚染による食品安全と健康安全について~

日時:2011年11月14日(月曜日)13:30~16:30

於:大田区産業プラザ、東京

原発事故の影響と情報の非対称性について、加部 隆史、NPO法人安全工学研究所

放射線と放射性物質の基礎知識、小林 泰彦、(独)日本原子力研究開発機構

放射性物質の食の安全への影響について、佐田 守弘、JSME-ICM&S食の安全委員会委員長

講演の後に、活発なパネルディスカッションが行われた。

## 会員の声

「企業における開発活動」

株式会社クボタ 河瀬 宗之

私は大学で機械工学を学び、企業で「ものづくり」に30年以上携わってきました。その経験を学生や企業の若手技術者のためにお伝えします。但し、企業により状況が異なるので、以下の解説は農業機械の開発に係った一設計者の視点として捉えて下さい。さて、多数のメーカーは、機械工学の常識(材料力学、熱力学、流体力学、機構学等)を組み合わせて新しい価値を生み出した機械や、既存機の基盤技術を応用した新市場開拓機の開発のため、設計・実験等を行います。以下、その開発の喜びの一端について解説します。

まず、設計が完了しますと試作機を作製し(生き甲斐を感じます)、性能・耐久性を確認して生産移行すると喜びは一入で、カタログ・CMができた時、喜びは最大になります。一方、開発機は秘密ですが模倣防止のため、新構造は一部の例外を除き特許出願が常識です。特許は出願スキルが付くと、比較的容易に特許化でき報奨金を得る喜びを得ます。解説は以上ですが、開発者に必要な能力を羅列します。ご参考になれば幸いです。①設計:既知の機械要素の組み合わせる発想力、②研究・品質:性能・耐久性の実験結果を図面に反映、③解析:解析結果の判断力、④コスト:目標厳守、⑤日程管理:変化に対応した日程管理、⑥特許出願:特許性を見抜く、⑦コンカレント活動:他部門との連携、⑧語学力:英語と第二外国語、⑨安全:安全が全ての基本、⑩報告書・プレゼン:成果を的確に報告・発表

「東日本大震災後のエネルギー問題に関して」

東北大学 流体科学研究所 石本 淳

3.11の震災以降、危機管理と安全管理に関する重要性がクローズアップされている。福島第一原発の事故以来、エネルギー問題に関する議論が活発となっているが3.11の震災前までは国策として原子力推進の論調が主流派であり、原発反対派の意見に関して公的にはほとんど無視されるような状況であった。しかしながら、震災以降のマスコミの論調は国民の不安感をあおりつつ、原子力技術・行政すべてを否定するものへと変化している。このように、明確な科学的根拠を示すこと無く、論調を180度転換させるやり方には違和感を覚える。きちんと根拠となるデータを示した上で運用の可否を議論すべきであり、線量等の数字が右往左往している段階で運用停止を決定するのは科学的とはいえない。そもそも今回の事故は原発の危機管理と安全管理に問題があったから生じた事故であり、原子力技術そのものは全く問題ないものである。日本において原発の重大事故を想定した危機管理の考え方がきちんと存在したならばこれほどの大惨事は避けられたはずである。

また、震災前には原子力の代替エネルギーとしては全くの適用外とされていた太陽光や風力、火力発電が、震災後は新エネルギーとして完全に原子力に代替可能と報道されるようになった。ひどい場合には風力発電機10機程度で原発1機分をまかなえるといった、何ら科学的根拠の無い報道もあった。震災の前後で新エネルギー技術が急激に革新することはあり得ないわけであり、新エネルギーのメリットのみ示して代替能力に関して科学的論拠を示

さないのは非常に問題がある。特に、新エネルギー・再生可能エネルギー技術に関しては発電能力のみに限った議論がなされており、太陽電池用パネルの製造コストやセル・パワーコンディショナー等周辺機器の寿命を含めたトータルなコスト比較は行われていない。さらに、太陽電池用パネルの構成部品であるITO膜には酸化インジウムスズというレアメタルが必要であり、量産化技術には問題を抱えているのが現状である。メタンハイドレードに関しても深海底掘削と燃料化に要するコストに関してはあまり示されないなど、新エネルギー技術のデメリットを十分議論しないまま導入に向かって電力需要の大幅な改善は望めないと考える。

電力供給能力の低下はそのまま国力の低下に直結するので、やみくもに原発を停止させるべきでは無い。安全管理と危機管理・リスクマネジメントに関する議論徹底させた後、問題の無い原発は再稼働させ、現状の電力供給能力を維持させつつ新エネルギーへの段階的移行を行うべきである。

今回の件で私は改めて科学者が客観性を失ってはいけないことを痛感させられた。エネルギー問題に関してあくまでもデータに基づいた客観的評価を行い、科学的論拠を示しながら安全管理と危機管理に関する工学的検討と産業界への情報発信を行っていくことが機械工学研究者としての責務であると考えている。

「産業車両用燃料電池システムの開発について」

株式会社豊田自動織機 一条 恒

私はフォークリフトを初めとする産業車両の開発に携わっております。近年の地球環境、エネルギー問題などの意識の高まり、お客様のトータル物流コスト低減の強いニーズを背景に、高い環境性能と経済性の両立をめざし、産業車両用ハイブリッドシステム、燃料電池システムの開発を進めております。

水素と空気中の酸素を化学反応させて電気をつくる燃料電池は、CO<sub>2</sub>排出量の低減やエネルギーの多様化への対応技術として、自動車において実用化に向け開発が進められており、産業車両の動力源としても期待されております。さらに燃料電池フォークリフトは、作業性においても、わずかな時間で燃料充填を行い、充電や電池交換なしで連続稼働が可能となることから、バッテリー式フォークリフトと比較して稼働効率の大幅な向上を可能とします。2005年より発電効率、低温始動性、耐久性等の向上を進めてまいりました。2012年度よりは「北九州スマートコミュニティ創造事業」に参画し実証試験を開始いたします。

さまざまな分野において次世代の動力源と期待される燃料電池の実用化に向けては、低コスト化、水素安全、インフラ含め運用面での法規制見直し等の産官学で連携し取り組むべき課題が多くあります。今後も本学会の一員として環境技術の開発に尽力していきたいと思っております。本部門登録会員の皆さまのご指導、ご協力をお願いいたします。

**産業・化学機械と安全部門のポリシーステートメント**

当部門は機械学会の中でも、とりわけ横断的色彩が濃い部門である。対象は、建設機械、農業機械、食品（加工）機械など、多くの産業機械関連分野、そして、化学装置、化学プラント等、化学品製造に関わる化学機械関連分野である。当部門はこの特長を生かし、多種多様な関連産業に共通する課題を見だし、情報の共有化、情報の発信をしていくことを使命と考えている。これら産業が成熟の域に達してきた昨今、「安全性の向上」はどの産業分野においても最重要課題であり、多く課題を共有することが可能である。本部門が対象とする「安全」は、生産工場の労働安全はもちろんのこと、製品の様々な危険性から市民の安全の確保まで、「安全」全般を対象とし、ハード・ソフトの両面から取り組むこととしている。しかしながら、「安全」に対する考え方、とらえ方は各分野で異なっていることはもちろん、分野によっては大きな温度差が存在している。様々な機械分野が個別に取り組んでいる「安全性の向上」を集約して議論し、各々がさらに安全性を深めていくことは、機械産業にとって極めて重要なことであり、これこそが当部門が中心になって推進すべき課題であると考えている。このような考えに立ち、2002年に当部門は名称を「産業・化学機械部門」から「産業・化学機械と安全部門」に変更して新発足をした。安全に関わるソフト面、すなわち、システムの安全からライフサイクル安全はもとより、防災、リスクアセスメント、環境保全、安全衛生（労働・衛生）、コンプライアンス（法令遵守）、標準化、第3者認証、等々、広い範囲をカバーし得るよう強化し、会員のニーズにあったサービスを提供していく予定である。また、安全に深く関わる他部門との連携を強化し、当部門の特長を生かした活動を展開していく計画である。

**2012年度（第90期）会告一覧**

2012年度の当部門主催の企画が下記の通り決まりましたのでお知らせいたします。なお、企画への参加申し込み、並びに、詳細内容については部門ホームページ（<http://www.jsme.or.jp/icm>）をご覧ください。年次大会関連の行事詳細は機械学会ホームページの年次大会欄をご覧ください。

- 9月9日～12日：日本機械学会年次大会（会場：金沢大学）
- 9月：機械学会年次大会 ワークショップ「機械安全におけるリスクアセスメントの目的は何なのか？」（会場：金沢大学）
- 9月：機械学会年次大会 市民フォーラム「一般家庭内の食の安全」（会場：金沢大学）

この他の新企画も進展に併せ逐次部門ホームページにてご案内いたします。当部門企画行事へのご参加をお待ちしております。

**部門賞・部門表彰募集のお願い**

日本機械学会産業・化学機械と安全部門では、次の部門受賞者を募集しております。これらの賞は、当部門に対する功績やこの分野における業績に対して、部門として表彰を行うものです。多数のご推薦をお待ちしております。

**募集する部門賞**

1. 産業・化学機械と安全部門功績賞  
研究、教育、交流を通じて当部門の発展に顕著な業績をあげた者に対して贈与する。
2. 産業・化学機械と安全部門業績賞  
当部門の分野における顕著な研究業績を、技術開発、技術改良など工学上、並びに、工業上の発展に貢献した研究者もしくは技術者に贈与する。
3. 部門表彰  
当部門主宰の講演会等の企画で業績をあげた者に贈与する。部門表彰には論文、技術、貢献表彰がある。

**推薦の方法**

推薦理由書に添えて下記の産業・化学機械と安全部門長宛てにお申し込みください。ただし、受賞候補者は原則として日本機械学会会員とします。

**送付先：**

〒160-0016  
東京都新宿区信濃町35番地 信濃町煉瓦館 5階  
日本機械学会気付 産業・化学機械と安全部門長宛て

**推薦の期限**

2012年度受賞候補者の原稿締切りは2013年1月31日（木）までとします。

**2011年度部門賞・部門表彰受賞者**

論文賞 橋丘 豊（三菱電機株式会社）、  
宮崎 嘉寿也（三菱電機エンジニアリング株式会社）

日本機械学会 産業・化学機械と安全部門  
〒160-0016 東京都新宿区信濃町35番地 信濃町煉瓦館 5階  
電話 (03) 5360-3500  
FAX (03) 5360-3508  
部門ホームページ<http://www.jsme.or.jp/icm/>

発行日 2012年4月2日  
発行責任者 久保内 昌敏  
編集委員 三友 信夫