人工物に対する安全

保全体系化と安全・安心

Establishment of Maintenance Engineering and Safety Culture

執筆者プロフィール

宮 健三
Kenzo MIYA

1966年東京大学工学部船舶工学科卒業
1969年東京大学工学系大学院原子力工学専門博士課程修了

■主として行っている業務・研究、所属学会および主な活動

・現在、東京大学名誉教授、慶應義塾大学大学院理工学研究科特別研究教授、日本保全学会会長、学会設立の前段階として日本AEM学会を設立し会長を歴任、2001年5月普遍学国際研究所を立ち上げ、NPO-IOJ理事長、と豊富な知識と経験、そして、鋭い分析力と独自の理論から、エネルギー問題をはじめ教育問題まで精力的に取り組んでいる。

■勤務先

正員、(株) 普遍学国際研究所 代表取締役
(〒110-0008 東京都台東区池之端 2-7-17 井門池之端ビル 7F /
E-mail : miya@iiy.co.jp)

1. はじめに

保全の身近な良い例は自動車の車検であろう。新車は3年、中古車は2年ごとに検査を受けなければならない。不具合箇所があれば修理したり取り替えたりする。これは自動車の保全である。一方、原子力発電設備（以下、原発）は放射能を圧力容器内に多量に内包するので、安全性を厳しくして万が一にも事故は発生しないようにする。そのため、保全を念入りに実施しなければならない。これらの作業量は膨大で、基準を設けなければ保全コストはかさむ一方となる。従って、作業量とコストを適切にし、安全性と経済性がバランスするようにしなければならない。それには、定量的な保全を確立することが不可欠である。そうであれば、プラントの効率上がるだけでなく、地元住民や国民の原発に対する安心の醸成に貢献できよう。それを可能とするためには保全を学術体系として構築することが必要となるが、それは可能だろうか。保全を体系化するとはどういうことだろうか。

2. 保全には法則が存在する

現在、原発は13箇月運転したら数箇月かけて供用期間中検査を行う。数千人の作業者が膨大な保全業務に従事するが、それらの業務はすべて次の三つの保全法則を満たす。

- (1) 保全は電力生産という社会的ニーズを安全裏に満たさなければならない（社会的需要原理）
- (2) 保全は与えられた条件下で信頼

性を最大化するように計画されなければならない（信頼性最大化原理）

- (3) 保全は与えられた条件下でコストを最小化するように計画されなければならない（コスト最小化原理）

これらの原理が同時に満足されるとき、保全計画は適正化されているという。

3. 保全は体系的に立案される

保全の実態は時間軸と空間軸に沿ったものとして理解されることが肝要である。それは図1⁽¹⁾に示されている。保全計画の立案に際して、各種の工学理論が必要とされるが、それらは保全科学を基盤にした保全工学であり、安全性・健全性の達成に必要な規格・基準である。ここでの行為は、多数の中から適切な工学理論と準拠すべき規格・基準を選ぶことになるので、選択原理と呼ばれる。立案すべきは「保全活動の流れ」であるが、膨大な作業を正しい流れにするためには結合原理が考慮されなければならない。今は技術者の経験と勘に頼っているが、本来は保全法則を満たすようにシミュレーションを活用して決定されるようになる。図1には選択原理と結合原理の間を投射原理が橋渡しをしている。選択原理に基づいて選ばれた事項と結合原理との関係に関して自明のことも多いが自明でないものははるかに多い。作業者の選択と適正配置、あるいは作業管理などは学術化されていない。これらを適切に仕切ることを投射原理と称している。これらは文を作るときのことを考えればはっきりする。ある「思い」を文で表現したいとす

る。言葉の選択は辞書を使った選択原理、正しい言葉の並べ方は文法と呼ばれ結合原理に相当し、でき上がった文が意味をなししかも感動的であるかどうか、それは投射原理が適切に働いたかどうか依存する。文を作成するのと保全計画を策定するのは同じ知的構造をしている。

4. 保全工学の充実と保全方程式

日本保全学会では保全体系化に向けた活動のほかに、広範な保全工学の構築に向けた活動も行っている。例をあげれば、プラント特性の解明を可能にする仮想システム工学、安全裕度の最適分配を可能にし経済性の向上につながる規格工学、事故防止のための検査システム工学、事故発生予測のための事故予防工学、効率的な原因究明を可能とする事故事象分析工学などがある。これらの学術はプラントの性質を明らかにし、事故に関する知見を豊富にしていく上で大変有用である。しかし、直接保全計画の立案に役に立つわけではない。

有用性という観点からは、信頼性最大化原理を満たす保全行為によって設備のリスクがどのように変化するかを確率論的リスク評価によって比較したり、コスト最小化原理を満たす保全条件を決めるために、コストを評価関数とした汎関数形式に基づいた保全方程式を構築する必要がある。前者は現在活発に適用されているが、後者は現在研究中である。これらが完成すれば保全は学として相当に進歩したことになり、巨大設備の安全・安心の確保に通じよう。

5. 学術の普遍的な階層構造

例えば、「動き」に関するすべての自然現象はニュートンの運動則に従う。具体的な運動を決定するには運動則のほかに境界条件や初期条件がいる。法則を「中核」、実現されているものを「周辺」と呼ぶことにすると、自然現象はすべて「中核」と「周辺」からなっていると解釈できる。前者は

図1 保全学の構造⁽¹⁾

図2 保全学の階層構造

目に見えない「仮相」であり、後者は目に見える「実相」である。保全も同じ構造を持つ。「運動則」に相当するものが「保全則」であり、保全総費用や定期検査期間などは境界条件である。両者を満たす解が適正化された保全計画であると期待されるが、これはまだ開発途中である。また、ニュートン力学から出発して、剛体力学、変形の力学、塑性力学、板殻理論、はり理論と進歩し、やがてハンドブックとし

て集大成され、生産に直接的に役に立つ規格・基準として結実し、人類の役に立っている。これは力学における学術の階層性であるが、保全学もこのような構造を持つべきである。その構想は図2に示されている。今後の重要な課題である。

文 献

- (1) 日本保全学会誌裏表紙、(毎号)、日本保全学会。