

トラブルの経験と情報としての活用技術

宮野 廣*
Hiroshi MIYANO

Abstract: 原子力発電所では、多くのトラブル経験をしている。これらの経験は、すでに国、事業者、メーカーなど個々の技術団体はもちろんNUCIA 原子力施設情報公開ライブラリーとして蓄積されており、運転管理に役立っているものと考えられる。この情報の活用は、技術者個人の技量に依存して知恵として活用されているものである。このようなものは、すでに世界にも多くあり米国の情報ライブラリーなどの情報も日本に提供されるようになってきている。それらを統合して役立つ情報基盤を構築しようとの動きもある。このように多くの情報、知識の基盤をすでに有しているが、十分に活用されているかについては課題がある。わが国の原子力界では、醸成された情報をさらに有効に活用して「原子力安全」を確保する仕組みを構築することが今求められている。これまでのトラブル対応での経験や上記の状況を踏まえて、これからの情報の活用の在り方の一つとして構築すべき情報基盤を提案する。

Keywords: Information Infrastructure, Database, Information, Knowledge, Wisdom.

1 はじめに

わが国に原子力発電所が導入されてから約 40 年になる。今年、運転 40 年目を向かえるプラントのこれからの運用の是非を確認する高経年化対応の技術評価が実施された。導入初期から大小数々のトラブル、不具合を経験してきたが、このような仕組みに集約されたことは、対応してきたことが成果として確認された感を覚える。

これらの経験は、以下に示すように国内ではデータベースとして様々な形で残される仕組みができ、整備されてきている。

(公開データ)

- 国の審議会での検討資料類
- 原子力施設運転管理年表 (JNES 発行)
- 原子力施設公開情報ライブラリー (NUCIA)
- 日本原子力学会標準「高経年化対策実施基準」AESJ-SC-P005 のデータベース (PLM 標準)
- 国内外の学術講演会の論文、講演集など

(非公開データ)

- 電気事業者のデータベース (電事連、原子力技術協会のデータ)
- プラントメーカーのデータベース
- 機器メーカー・ベンダーのデータベース

一方、国際的には原子力学会で策定したPLM標準のデータベースを受けてIAEAにおいては、データベースの国際化が進められ、参照事例 (Commendable Practice) として集約されつつある iGALL: International Generic Ageing Lessons Learned Guideline)。また、個々の専門分野においてはSCC-応力腐食割れ

事象やケーブルの劣化事象での国際データベースの構築作業にも取り組まれている。

このようにデータベースの基本は、トラブルデータの蓄積にあると言っても過言ではない。すなわち、トラブルの経験を生かして、運用中のプラントでは同様のトラブルを起こさないようにするためであり、新規設計においては、同様のトラブルが起きない設計とするためにデータベースを構築、活用するものである。しかし、トラブルの経験は、設計の基準が策定されて初めて生かされるものである。例えば“もんじゅの熱電対の流力振動による損傷”への対応については、日本機械学会の「配管円柱状構造物の流力振動評価指針」JSME S012-1998の制定により、また“敦賀2号機での再生熱交換器の高サイクル熱疲労損傷事故”への対応については、「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針」JSMES017-2003の制定により、これらの事象は設計時に配慮される仕組みに組み込まれるようになった。

このように現状でも、過去のトラブルの経験は情報として十分に整備される仕組みが構築されている。しかし一方、個々の技術者にとっての技術の習得は、個々の技術者のトラブルの経験によるところが大きく、単に知識としての情報では、情報そのものの不十分さと同時に、技術として感覚的に捉えることができず、使える知識になりにくい面がある。知識とは、簡単には実際の設計や評価、検討に即座に生かされるものとはならないということである。汎用的な知識として周知されたものになって初めて経験の共有が図れるということであろう。設計者や技術者の技量、センスにより規格基準を参照するだけで、劣化事象を予測して、それに対応することは、極めて難しいものである。

2 情報の知識化に向けて—その課題

トラブルの情報の流れの例を図 2-1 に示す。その上で、情報の問題点を提示する。この問題点は、特に原子力発電に係わることから生じているものではなく、一般的にトラブルの対応として指摘されるであろう点を示した。

- トラブルの発見者によるが、少なからず事態の状況は脚色される
- 原因の同定においては、判断ミスや間違いで発生したのではなく、予測不可能な事態により偶発的に発生した、止むを得ないものに落とし込みがちになる
- 他への波及を押しとどめる無意識の判断が働く
- 全ての情報が網羅されない
- 予測シナリオが優先され、それに係わる情報のみが残る可能性がある
- 検討の過程が省略され、結論のみが残りがちになる

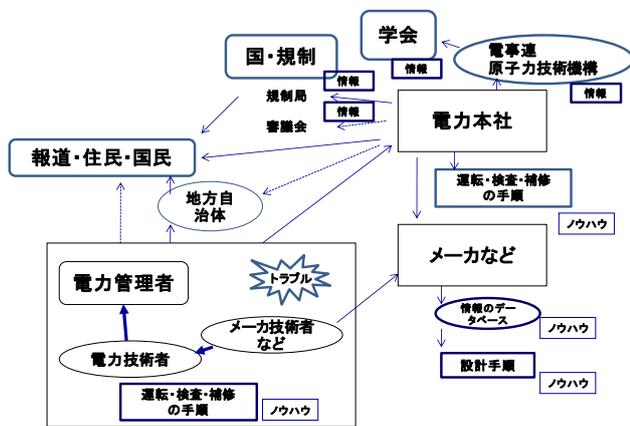


図 2-1 情報の伝達・流れと蓄積

従って、どのように生のデータを取り込み、将来の第三者の分析や新たな知見を加えた判断ができる状況を残しておくか、工夫が求められる。

更に、トラブルの経験を生かして一般的に規格基準化とする場合には、様々な状況を踏まえた判断ができない、また複合事象を判断するような基準化は難しい、という課題もある。

米国ワシントン州のタコマ橋の「風による振動で一瞬のうちに破壊してしまったこと」は有名であり、多くの技術者に流体力学の怖さを知識として植え付けている。しかし、このような情報だけで、知識とするには難しい事例もある。例えば“もんじゅの熱電対の流体力学による損傷”の場合（図 2-2 参照）、既に ASME の規格においても同様の振動が発生する恐れは参考として指摘されていたものではあるが、専門家の知識として形式化されてはいたものの、一般的には十分な経験がなく、一

般の技術者の間では知識として形成されてはいなかったものであった。いわゆるカルマン渦による流体力学振動については、多くの人の知るところであり、一般的に技術者が知恵として活用できるまでに昇華したものとなっているが、“もんじゅ”の熱電対で発生したいわゆる双子渦による振動については、過去の事例では大型海洋構造物で発生した振動例しか報告されたものはなく、熱電対のような細い小さな構造物が振動で破損してしまうことは、机上では容易に予測することができない事象であった。もちろん流体力学の専門家は感覚的にそのような設計は避けたであろうが。従って、専門家の関与しない設計においては、このような広く認知されていないような事象については、どこかに参考となる基準があったとしても、十分に注意しなければならない。しかし、このような詳細な検討が必要であるという認識を共通して持つことは難しいものである。この事例は、知恵というのは個人の技量の問題だけではなく、知識を生かす仕組みにあると言うことを的確に示した例であったと言える。

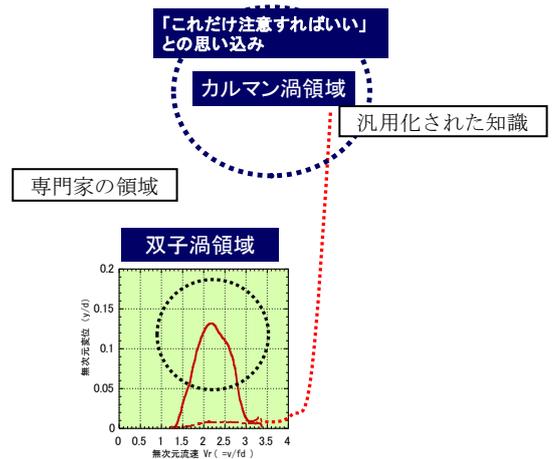


図 2-2 情報のレベル事例（カルマン渦と双子渦）

これまで構築してきた情報基盤は、図 2-3 のような基本的にはデータベースであり、得られたものの単なる蓄積である。それが報告書の形となっているに過ぎないものか、もしくは知識の溜め込みであり、体系的に活用できるものとはなっていないものが多い。では、どのような情報基盤を構築すればいいのか。



図 2-3 現状での情報の集約

3 情報の知識化に向けて—情報基盤の構築

情報基盤は、図 3-1 に示すような構造化された体系を持つと考える。様々な生のデータから情報が構築され、情報が汎用化されることで知識となる。知識が獲得されて、頭脳で様々な組み合わせられ知恵となって、実用に活用される。それが情報基盤の全体構成である。

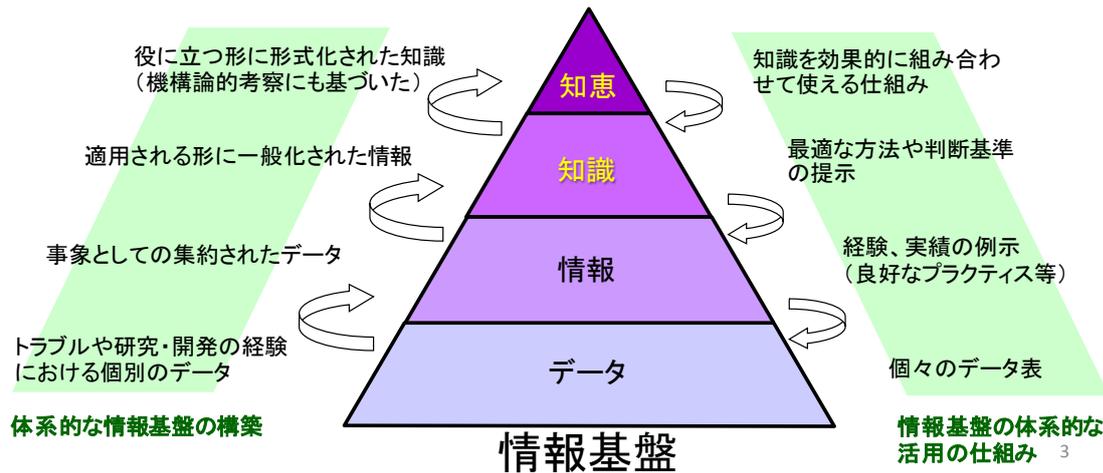


図 3-1 情報基盤の構成

その中で課題となるのは、知識の集約である知恵とする部分であり、どのように「知恵の構築」をすればいいのである。またそれぞれの「要素をつなぐ仕組み」であり、データから情報、知識、知恵とつなぎ知恵として作り上げる仕組みと構成された知恵から知識に落とし込み、管理する情報、データに落とし込む仕組みを作り上げることが、この“情報基盤”の最も大きな課題である。

4 情報基盤、その体系

情報基盤の一つの解の構成を以下に提示する。

トラブル情報は、“保全”を適切に行うために必要な情報である。「事故」、「故障」と言われる不具合が明確な場合には事故対応として元に復する行為を指し、また通常の劣化部品を取り替えるなどの行為や劣化部分の補修、修繕などの行為を指すものである。従って、トラブルという事象には、設計、建設時の条件やデータを含めて扱うということが含まれ、それらを含めて「保全」という。公開で残されている情報は、顕在化したトラブル対応の情報が基本であることから、情報基盤の対象としてはトラブル情報を基本としてきた。しかし、上述のように、「保全」の行為そのものが、通常の劣化も扱うとすると、劣化事象全体を情報基盤構築の対象の事象と

することが望ましいと考える。特に、最近では材料や機器の劣化、損傷などの現象や状態は、経験や研究により、その多くが捉えられるようになってきており、また計測の精度がよくなり、その劣化の状態を定量的に扱えるようになってきたことから、多くの劣化事象を精度良く捉えることができるようになったと考える。

一般に装置や設備、発電プラントを設計し、製造・建設して、運用する流れを図 4-1 に示す。

“もの”を作る基本は、まずニーズ、社会的要請からスタートする。人や社会が何を欲するか、これが全ての根本であり、これに技術的な条件と経済的な条件が加わり、作られる“もの”の基本仕様が定まる。

これに事業性が加味され、コスト、納期などの仕様が決められ、総合的な基本仕様となる。“もの”はこれに従い設計、製造、建設されることになる。

この“もの”設計、製造、建設においては、様々な技術的、社会的に様々な制約が与えられている。いわゆる規制や規格基準というものである。規制や規格基準は、技術的、工学的な理論やデータにより裏付けられることは言うまでもない。しかし、第一には社会に受け入れられるものでなければならない。社会からの受容性には、経済的な要素も含まれる。技術的事項だけではなく、人文・社会科学的な観点からの検討が求められる。トラブル情報が反映されるのは、単なる技術的な判断の見直しではない。トラブルには社会的な判断や経済的な判断を含んだものが多く、総合的な見直しができる。

科学や工学には“決まり”や“関係”と言うものがある。“決まり”や“関係”には、法則や理論がある。法則とは、一つの、もしくは複数の簡単な式などの関係により現されるものであり、それらの関係を複雑だが定まった論理体系により現したものを

理論と言う。このような関係は、産業における工学の取り扱いや技術の確立においても、同様の定まった“関係”で成り立ち、人との関わりの社会においても、このような論理体系に加えて、個人、企業、社会の判断や、時間的、経済的効果などの要素も加わり関係が成り立つ。それらが統合されて、法則や理論のような“決まり”が、規制や規格基準として定められる。これら規制や規格基準とは一律なものではなく、上述のような様々な要素により決まり、国や時代、また“決まり”の対象によっても様々に違ったものとなる。

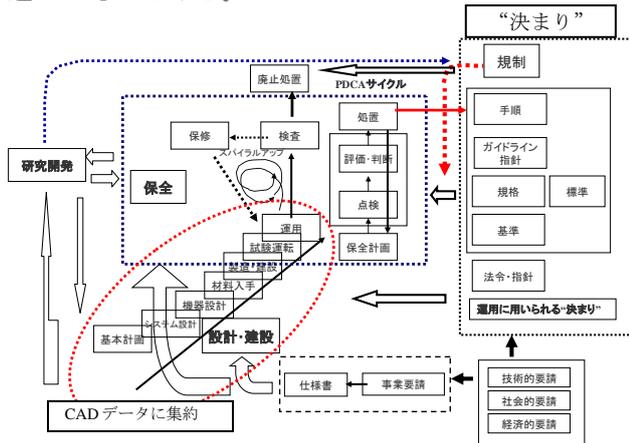


図 4-1 プラントの設計・建設・運転・保全の流れ

図 4-1 は、原子力発電プラントのような発電用設備などのプラントの設計・建設から運転、検査、保守の保全の循環に至るまでの流れを示している。どの工程においても、要求される仕様のほか、公的な法令・指針などの規制や手順書からガイドライン、規格、標準、基準などの、民間での自主規制を含めて様々な“決まり”を定めて、各工程の作業を支援している。すなわち設計・建設から運用・保全までのそれぞれの役割を分担する人の作業が、安全に、要求される機能を満足する品質を確保し、適正なコストで行えるように、ガイドするもので、この作業への要求を技術的要請や、社会的要請、経済的要請に答えるように“決まり”として与えることで、社会として安定した管理が行えるようにする「社会の仕組み」を構築しているのである。

この各工程に適用される“決まり”、すなわち規制や規格基準というものは、技術の進展や経験の蓄積により変化するものであり、また研究開発により大きく変わる。また常に向上させようとするものであり、これは社会情勢や経済情勢などにも大きく左右される。従って、この“決まり”にはこれといった普遍的なものではなく、上述の技術、社会、経済の

*法政大学 大学院システムデザイン研究科 客員教授、
〒102-8160 東京都千代田区富士見 2-17-1, tel. 090-4072-2679,
e-mail:hiro.miyano@hosei.ac.jp

3要素の変化により、最適化するように、これらの“決まり”も変化するものである。

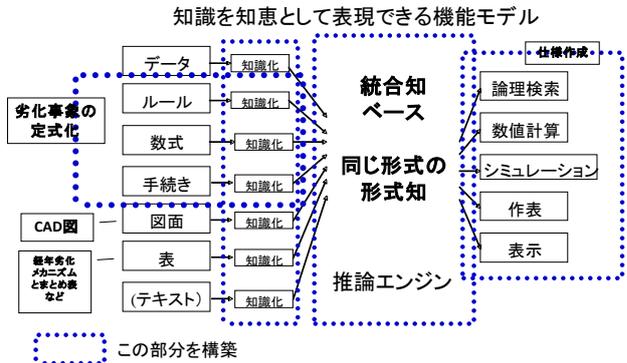


図 4-2 知識の機能モデル例

トラブル情報、すなわち劣化事象の情報をどのように知識化し、知恵として使える形にするかについて、一つの提案を行った。図 4-2 に示すように、知識ベースとして構築するものは、個別のデータの知識化のルールであり、その利用方法のルールである。頭脳としての推論エンジンがそれらを運用する。すなわち、①“要請”に答える、②規制・基準の決まりに従う、③CAD データを活用する、④劣化事象を選択する、⑤劣化予測（シミュレーション）を行う、⑥健全性を判断する、この評価を個別に行い、それらを組み合わせる最終判断する仕組みを構築するものである。それぞれに選択肢があり、「どれを選択することが妥当」か、もしくは「どれを選択すれば、結果がどうなる」、ということを示唆できるようにすることも必要であろう。

5 おわりに

トラブルの少ない時代になってきた。このような時代では情報の知識化、知恵化が重要となってくる。「体感できないトラブルをどのように体感し、身につけていくか」は大きな課題である。一方、時代は高速コンピュータの時代である。多くの情報を適切に処理することで、単なるデータが知識となり知恵とすることができる時代である。全ての劣化事象をシミュレーションできる仕組みを提案した。多くの記述的知識を予め組み込み知識化しておくことで、データとして取り込んだ手続き的知識（ノウハウ）が知恵として活用できるようになるものと考えられる。これからの開発に期待するものである。

参考文献

[1] 宮野 廣、保全学の構築と体系化-保全活動と規格基準、Vol.6, No.1, April, 2007, JSM