

# 巨大化・総合化・複雑化した科学技術における技術思想 伝承の成功例と失敗例

## Success and Failure Cases of Technological Thought Tradition in Huge, Synthesized, and Complicated Science and Technology

田岡直規

公益社団法人日本技術士会  
技術士（機械部門・総合技術監理部門）

Naoki TAOKA  
The Institution of Professional Engineers, Japan  
P.E. (Japan)

### 【Key words】

1. 巨大化・総合化・複雑化した科学技術（Huge, Synthesized, and Complicated Science and Technology）
2. 技術思想（Technological Thought）
3. 設計思想（Design Concept）
4. 福島原子力発電所事故（Fukushima Nuclear Power Plant Accident）
5. アクシデントマネジメント（Accident Management）

### 【概要】

戦後日本は、戦後復興と高度経済成長を目指し、原子力発電所をはじめとした巨大化・総合化・複雑化した科学技術について、その技術的及び経済的優位性を主張し、短期間に海外から導入し、国産化を推進してきた。

科学技術を、設計、開発、設置、導入、維持管理する際には当該技術の各段階において実施する普遍的な前提条件や考え方、知識としての「技術思想」を明確化する必要がある。巨大化・総合化・複雑化した科学技術は、「技術思想」の観点からどのように、設計、開発、設置、導入、維持管理されてきたのであろうか？

本論文では、「巨大化・総合化・複雑化」した科学技術について、その「技術思想」に着目し、その伝承の成功例と失敗例について、分析、検証を行い、「技術思想」を正しく伝承するための提案を行う。

## 1. はじめに

日本では、古くから多くの技術導入・国産化を行い科学技術の向上と国民経済の発展に大きく寄与してきた。特に戦後は、戦後復興と高度経済成長を目指し、原子力発電所をはじめとした巨大化・総合化・複雑化した科学技術について、その技術的及び経済的優位性を主張し、短期間に海外から導入し、国産化を推進してきた。

そもそも、科学技術を設計する際には、その設計の概念、コンセプトとしての「設計思想」を明確化する必要がある。また、「設計思想」は、設計仕様を決める時のトレードオフでの優先順位付けを行う際の、基盤となるものである。

さらに、科学技術を設計段階に限定せず、設計、開発、設置、導入、維持管理するには当該技術の各段階において実施する普遍的な前提条件や考え方、知識としての「技術思想」を明確化する必要がある。巨大化・総合化・複雑化した科学技術は、「技術思想」の観点からどのように、設計、開発、設置、導入、維持管理されてきたのであろうか？

また、海外からの導入技術については、その導入過程において、その科学技術の本来の「技術思想」や「設計思想」は十分に伝承されたのであろうか？

本論文では、「巨大化・総合化・複雑化」した科学技術について、その「技術思想」に着目し、その伝承の成功例と失敗例について、分析、検証を行い、「技術思想」を正しく伝承するための提案を行う。

## 2. 「技術思想」とは

「技術思想」、「設計思想」という用語は、古くから広く使われているが、その概念や定義そのものについては、各専門家によって固有の部分も多く、統一化されておらず、明確化されていないのが現状である。この「技術思想」という用語には、大きく2通りの使われ方がある。

まず、1つ目の使われ方について、例えば、杉田元宜によれば「技術思想」とは、「個々の技術ではなくその背景にある思想」あるいは、「技術について時代のはやり廃りや支配的な思想」<sup>1)</sup>とされている。さらに、「技術思想の変遷」として「古代の技術が力の拡大を中心思想としていたのに対して、中世では熟練を中心とするものに進歩している」<sup>1)</sup>とも述べている。

また、「技術思想の変遷」<sup>2)</sup>(村上陽一郎編著、朝倉書店、1981)の中で、坂本賢三は、「採鉱・冶金の技術思想」として、「採鉱と冶金は、見たところ異なった技術のように思われる。坑を掘ること、岩石や鉱石を運び出すこと、通気や照明や排水を配慮することなど、採鉱は土木的な技術でありその手段が機械的であるのに対し、冶金の方は精錬や合金・ casting など化学的な技術であるように見える。この点から言えば採鉱の思想と冶金の思想は区別されなくてはならない」<sup>2)</sup>とも述べている。また、「産業革命期に蒸気原動機が登場するまで主要な原動機は水車であった。水車の普及つまり原動機の普及は自然の中に、つまり人力以外のところに力の源泉を見る見方を普及し、伝動機構を通じてのその作業機への伝達は、すべては、外力によって動かされるとする機械論を生むことになった。外力によって動かされるとする思想」<sup>2)</sup>が生まれた。「技術思想」とはここでは「そもその技術としての成り立ちの概念」<sup>2)</sup>として解釈されている。

また、坂本憲一は「経済発展のための資源循環型技術思想」<sup>3)</sup>の例としてクローズドシステム、ゼロエミッション、インダストリアルエコロジー等を挙げており、ここでは「技術のコンセプト、概念、全体を貫く基本的な観点・考え方」<sup>3)</sup>として位置づけている。

すなわち、以上では、「技術思想」を「技術の背景にある思想」と位置づけて使われている。

一方、「脱原発の技術思想」<sup>4)</sup>の中で、井野博満は「1960年代における科学技術思想の展開は、科学至上主義からの脱却、すなわち、科学や技術の進歩に対する疑義・不信であり、同時に科学や技術を支え推進する主体、すなわち科学者や技術者という専門家たちへの不信、その存在自体への批判・否定へと向かったと総括できる。このような日本における脱原発運動の高まりは、同時代的に世界各地で巻き起こった運動と軌を一にしていた」<sup>4)</sup>と述べており、ここでは「技術思想」を、「科学技術に対する主な考え方・姿勢」<sup>4)</sup>と位置づけている。すなわち、1つ目の使われ方については、思想の主体が技術の担い手であるのに対し、2つ目の使われ方については、思想の主体が社会で、「技術思想」を「技術に対する社会の考え方」と位置づけて使われている。

また、「技術思想」とともによく用いられる「設計思想」については、通常、設計の概念、コンセプトと位置付けられている。

因みに、井野博満は福井地裁大飯原発差止判決において、電力会社における原発の「設計思想」について、以下の通り述べている<sup>4)</sup>。

(1)大飯原発差止の判決は、さまざまな点において画期的なものであるが、原発の設計思想を問い質したという意義も大きい。

(2)耐震設計の基本的問題点は、設備・機器を「安全上重要な設備」とそれ以外の設備に分類し、前者は耐震Sクラスで設計し、後者は耐震Bクラスあるいは、Cクラスで設計するとしていることである。B・Cクラスは、通常の建造物と同レベルの耐震性しか要求されていない。原発の設計思想は、この「安全上重要な設備・機器」のみ無事であれば、それ以外の設備・機器は壊れてもよいという考えである。

(3)一般に、技術が実現されるためには、①その機能性(利便性)、②経済性(コスト)、③安全性、④環境適合性の4条件が求められる。このような技術の4条件のバランスのもとでつくられてきた。

ここでは「設計思想」とは「設計仕様を決める時の①その機能性(利便性)、②経済性(コスト)、③安全性、④環境適合性のトレードオフでの4条件の優先順位付けを行う際の、基盤となるもの」と位置付けられている。

本論文では、これらの従来の「技術思想」の概念をもとに、この「設計思想」の概念を、さらに設計、開発、設置、導入、維持管理段階まで拡張し、

「科学技術を設計段階に限定せず，設計，開発，設置，導入，維持管理する際の当該技術の各段階において実施する①その機能性(利便性)，②経済性(コスト)，③安全性，④環境適合性の4条件に関連した普遍的な前提条件や考え方，知識としての「技術思想」と定義することとする。

### 3. 「技術思想」の伝承の失敗事例

#### (1) 六本木ヒルズ自動回転ドア事故

2004年3月26日東京都港区六本木の六本木ヒルズ森タワー2階正面入口で，母親と観光のために訪問していた6歳男児が自動回転ドア(直径4.8m)に頭を挟まれ死亡するという事故であった。男児は母親の前を歩き，母親より先にビルに入ろうとして円柱型の回転ドアに入り込んだ際，左側から回ってきた回転ドアとドアの外枠との間に頭を挟まれた。後ろを歩いていた母親とそばにいた人がドアを逆回転させて男児を助け出し，その後病院に搬送されたが約2時間後に死亡した<sup>5-8)</sup>。

自動回転ドアにはセンサーが設置され，人が無理に入るとセンサーが感応して自動的に停止させる仕組みとなっている。センサーの感応する高さは120cmに設定されており，男児は，身長117cmで，感応する高さより低かったため，そのセンサーに感知されなかった。当初は，センサーの感応域は，高さ80cmに設定されていたが，後に駆け込み防止策のベルトが風に揺れ，しばしばセンサーが誤作動したため，高さ120cmに変更されていた。また，センサーが感知してから動いているドアが完全に止まるまでには25cm動いてしまう。これではセンサーが正常に感知しても安全が確保されない可能性がある<sup>5-8)</sup>。

この事例は，巨大なモーターを複数台設置し，異質なセンサーを統合化し，複雑化したシステムとして，巨大化・総合化・複雑化した科学技術の代表事例と位置付けられる。

エレベーターや回転ドアの設計者の間では，「ドアは軽くてゆっくり動かなければ危ない」ということが，その分野に精通している人誰もが，言葉にしなくても経験を通じて暗黙のうちに身に付けている知識であり<sup>5-8)</sup>，その分

野の「設計思想」,「技術思想」であった。そのため、海外でもこの知識を、「設計思想」,「技術思想」として採用していた。

この事故を起こした回転ドアを設計したのは、建築用金属製品・美術工芸品を扱う田島順三製作所で、1918年に設立された。そして、1995年頃オランダのブーンイダム社からこの回転ドアが技術導入された。また、回転ドアの販売会社は三和タジマである。さらに、2000年には、三和シャッター工業グループに参入した。その後、ブーンイダム社との技術提携は破棄され、図面は回収され試作品だけが残された。そして、それ以外の知識、安全に関する情報や、「設計思想」,「技術思想」は伝承されなかった<sup>5-8)</sup>。

また、十分な考察や検証が行なわれず、「回転ドア」に変更を重ねて根本的な安全対策を講じなかった。日本では、過去より多くの海外技術の導入・国産化を行ってきた。その内の多くの場合は、技術と同時に安全基準も導入されており、本事例についても、安全基準は2002年の欧州連合規格に準拠（外周速度は100cm/s以下）し設計を行った<sup>5)</sup>。欧州では材料が軽量であったため、安全基準に速度しか定めていなかった。そのため、速度が独り歩きして、外周速度だけを守った。その結果、人がドアにぶつかったときの最大衝撃力について、2003年の米国規格「減速後許容運動エネルギー3.39ジュール以下」を無視してしまった<sup>5)</sup>。こうして、元来の「技術思想」が生かされなかった。もともと回転ドアは、寒さの厳しい欧州で開発されたものである。欧州では暖房効率を上げるために外気を遮断し、外気と室内の温度差を確保することが求められ、機密性の高い回転ドアが最も重要な機能とされた。

衝突の衝撃を減衰させるためにドアの可動部は軽量にすべしという思想があり、元の試作品もそのように作られていた。また、欧州の回転扉は安全性確保のため、回転部分が軽いアルミで作られていた（重量は0.9トン）。従って、実際にセンサーに手をあてて扉を止めようとすると、手が挟まれたり、巻き込まれたりすることはなく瞬時に扉が止まる<sup>5-8)</sup>。

一方、日本では高層ビルは冬期に建物内外の温度差で大きな圧力差が発生し、その内外の圧力差を維持する方策や、ビル風がビル内に流入するのを防ぐことが強く求められた。また一方で見映えも重視された。

その結果として、以下の変遷をたどった<sup>5-8)</sup>。

- a) 表面のアルミにステンレスを貼り付ける（高級感を醸し出すため）

b) モーターを複数台設置する（回転の安定のため）

c) 骨格をスチール製に変更する（ビル風によるゆがみやたわみを防止するため）

オランダからの導入時はアルミ製で0.9トンであったものが、これらの改良に伴い重量は増加し、事故が起きた回転ドアは2.7トンまでになってしまった。さらに、回転ドアはセンサーで危険を感知したときに瞬時に止めることができなくなった<sup>5-8)</sup>。

欧州のメーカーが開発した回転ドアが、日本のメーカーに渡り、様々な意図、都合等で仕様変更されていく過程で、伝えられるべき重要な情報、「ドアは軽くてゆっくり動かなければ危ない」という巨大化・総合化・複雑化した科学技術としての回転ドアの「設計思想」、「技術思想」が伝承されなかったのである。その本来の「設計思想」、「技術思想」を文章化、明確化し後世の関係者に伝承することが必要である。

## （2）福島第一原子力発電所事故

2011年3月11日に、事故が発生した福島第一原子力発電所は、40年以上前に米国から導入された技術であるが、そもそも米国から日本にその「技術思想」が正しく伝承され設置されたのであろうか？

日本が、1950年代に原子力発電所を導入するに際しては、「夢のエネルギー」として、その安全性と経済的優位性のみが強調された。そして、早急な商業炉の導入を求める産業界や経済界、通商産業省（現経済産業省）、科学技術庁（現文部科学省）等の要請により、国内での研究開発による国産の原子力発電所の導入を待つことなく、外国からの商業炉の輸入を求める声が高まった。その後も、わが国では54基もの原子力発電所を建設・稼働させてきた<sup>9-13)</sup>。

もともと40年以上前に米国から導入された原子力発電所は、米国独自の、①大地震が想定されない、主に東部地域の、②内陸部の大河近くという津波の影響を受けない場所、という設置環境を想定したものである<sup>14)</sup>。また、米国では竜巻やハリケーンに備えて非常用発電機は地下に設置する<sup>15)</sup>というのが「技術思想」の一つであった。その、米国の「技術思想」を正しく理解できず、日本独自の設置環境に置き換えることができなかった。

すなわちその設置環境という「技術思想」が、米国から日本へ伝承されず、原子力発電所がフルターンキーで日本に導入された。日本は、地震大国であらゆる地域で地震が発生しうるし、また発電システムの中で冷却に必要な大量の水を海水に依存せざるを得ない。すなわち、地震大国の中の海岸に設置せざるを得ず、巨大地震・巨大津波という固有のリスクが存在する日本の設置環境を考慮したものではなかった<sup>9-13)</sup>。

また、その日本固有のリスクが存在するにもかかわらず、安全性評価、リスク評価を十分に行わなかったのである。

原子力を専門とする原子力学界、安価な電力を求める電力事業者、原子力を管轄する通商産業省(現経済産業省)と科学技術庁(現文部科学省)によって構成される、いわゆる「原子力ムラ」が原子力の「絶対安全」を強調することで、自治体とその住民が原子力発電を受け入れやすい地盤を築いていった<sup>11)</sup>。

またスリーマイル島(TMI)原子力発電所事故(1979年)やチェルノブイリ原子力発電所事故(1986年)を経験した後も、「日本の原子力発電所は絶対安全である」という議論を主張し続け、これらの事故の教訓に基づいた安全性向上策はとらなかった。さらに、茨城県東海村のJCO臨界事故(1999年)のように日本における原発のトラブルも「一組織の問題」として取り扱われ、過去の教訓が生かされることなく、絶対安全という「安全神話」を前提とした体制が継続された。すなわち、原発の絶対安全を主張しつづけ、事故対策を検討することすら許容されなかったのである<sup>11)</sup>。

このような経緯を経て、「日本原子力発電会社」が設立された。そして、商業炉の運転については、電力会社が、そして事業者の監督と電力の安定供給について確保する責任は監督官庁として、通商産業省(現経済産業省)が担当することになった。また同時に国産原子力技術の開発については、科学技術庁(現文部科学省)が中心となって担当し続けることになり、原子力行政について「二元推進体制」が発生することとなった。そのため、原子力の安全規制に関する責任が不明確となった<sup>11)</sup>。

さらに、規制する立場としては、事業者が安全規制を形式的に遵守することを確認するだけになり、全体の安全性を政府が一元的に管理することが難しくなった。当時の社会情勢として、科学技術全般に対する社会的な信頼性

が高かったため、「技術思想」を伝承するよりもむしろ、外国で設定された安全基準を遵守すれば、安全が確保されるとの意識にとらわれがちであった。1973年に伊方原発の安全性についての訴訟が起り、様々な争点で争われた。この裁判の結果、原発の安全性を証明するためには、多くの「証拠」の提示が必要という状況になった。そのため、原子力安全規制当局は、検査項目、及び検査時間を増加させ、膨大な資料が必要となった<sup>11)</sup>。

このように原子力の安全確保の実務は、「技術思想」の伝承ではなく、膨大な書類作成による検査の厳密化が最優先されるようになってしまったのである。

福島第一原子力発電所については、1966～1972年、に原子炉の設置・許可を取得した。それ以前は津波対策についての明確な基準がなかったため、過去の津波痕跡をもとに設計を行い、結果として小名浜港工事基準面+3.122m（当時小名浜港で観測されていた既往最大の1960年チリ地震津波の潮位）を設計条件として定めた<sup>11)</sup>。

1970年原子力委員会策定の「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」では、2.2「敷地の自然条件に対する設計上の考慮」において、「当該設備の故障が、安全上重大な事故の直接原因となる可能性のある系および機器は、その敷地および周辺地域において過去の記録を参照にして予測される自然条件のうち最も過酷と思われる自然力に耐え得るような設計であること」、及び「安全上重大な事故が発生したとした場合、あるいは確実に原子炉を停止しなければならない場合のごとく、事故による結果を軽減もしくは抑制するために安全上重要かつ必須の系および機器は、その敷地および周辺地域において、過去の記録を参照して予測される自然条件のうち最も過酷と思われる自然力と事故荷重を加えた力に対し、当該設備の機能が保持できるような設計であること」と定められている<sup>11)</sup>。

この「予測される自然条件」とは、「敷地の自然環境をもとに、地震、洪水、津浪、嵐（または台風）、凍結、積雪等から適用されるものをいう」とされており、この指針を踏まえた安全審査において、チリ地震津波を踏まえた設計条件は妥当と判断され、設置許可されている<sup>11)</sup>。

1995年の阪神淡路大震災以降、数々の地震の研究が、国家的プロジェクトとして推進され、学問として目覚ましく発展をとげた。一方、津波について

は、主流な研究テーマとしては扱われていなかった。少なくとも2000年前後までは、一部の限定された研究者により、特定地点での堆積物調査等から既往最大津波の高さを推定するといった研究が中心であった。原子力発電所の安全性評価に必要な、具体的な最大高さ規模の津波について、具体的な再来間隔を予測するようなものではなかった<sup>11)</sup>。

このような状況下で、津波については、そもそも米国から導入した原子力発電所の「技術思想」が米国から日本へ正しく伝承され、運用されたとは考えられない。米国仕様品の導入にあたり、「技術思想」を正しく学んで明文化して伝える」とう「伝承」に加えて、「日本独自の環境に置き換える」という「日本仕様品として設置する」という「技術思想」の伝承が必要である。

#### 4. 「技術思想」の伝承の成功事例

##### (1) 女川原子力発電所建設工事

東北電力女川には、福島原子力発電所とほぼ同型の沸騰水型軽水炉があり、東日本大震災では同規模の大津波に襲われた。この女川原子力発電所では、敷地の海拔は13mであり十分という大多数の意見の中、14.8mの高さに設定、対応した。その結果、地盤沈下1mを伴う13mの津波に何とか対応し、結果として、非常用発電機への直撃を回避することができた<sup>16-18)</sup>。

この女川原子力発電所では、「技術思想」をどのように伝承したのであろうか。

元来、地震や津波、洪水、台風等の自然現象については、不確実性があり、「想定外」の現象が発生しており、従来の科学技術だけでは、十分に制御、対策することができない<sup>14)</sup>。

東北地方の太平洋岸では、869年に貞観地震、貞観津波が、1611年には慶長津波が、1896年には明治三陸津波が発生している。貞観津波の痕跡は、1990年に東北電力女川原子力発電所の建設所のメンバーが、2号機の設置許可申請のための事前の地盤調査を行う際に発見した。福島第一原子力発電所では、現行の法律や安全基準等に加えて、貞観津波や慶長津波、さらには明治三陸

津波レベルの津波，地震を対策等に生かすと，膨大なコストが必要になり，経済性等を考慮し，「想定外」と位置付け，対策を見送った<sup>11, 16-18)</sup>。

女川原子力発電所は，東北電力の元副社長で当時は電力中央研究所・技術研究所所長で社内の海岸施設研究委員会のメンバーでもあった平井彌之助氏が，貞観津波や明治三陸津波等の記録や文献を基に，これらの津波クラスの大津波に備える必要があると主張した。また，敷地の海拔は13mであり十分という大多数の意見の中，さらに貞観地震において岩沼から7km内陸の千貫神社に津波が襲った事例を取り挙げ，最新の技術的知見を十分に反映した津波対策を取ることを主張し続けた。平井彌之助氏は津波という「自然に対する畏れを忘れない」真摯な態度をとり続けた<sup>16, 17)</sup>。

法律や安全基準等は過去の経験や経済性等を考慮したある水準を守ることを義務付けるものであり，法律や安全基準等を遵守するだけでは，「想定内」での安全確保ができたとしても「想定外」の事象に対しては，絶対安全というわけではない<sup>14)</sup>。

規格や基準の策定は，安全性と経済合理性を勘案しながら実施されるが，時代の流れの中で，諸学問が進歩し，規格・基準を策定した際の前提条件等が変化しつつある中で，規格・基準に慣れてしまい，現実的には守るべき最低限の規範として判断し「想定外」の事象を考えなくなる恐れがある<sup>16, 17)</sup>。

この対応には，「電力王」「電力の鬼」と言われ，今日の電気事業体制を築いた松永安左工門（1875年12月1日 - 1971年6月16日）の哲学「電気事業の基本は，公益事業として供給責任を全うすることに尽きる」<sup>17)</sup>という「技術思想」が，脈々として受け継がれていた。

松永安左工門は，当時，東北電力社内にかリスマ的な存在として，伝説の人物として，哲学，さらには「技術思想」とし脈々と，生き続けていたのである。平井彌之助氏は，戦前の東邦電力（現中部電力）の社長である松永安左工門の下で働き，東北電力を辞めた後，松永安左工門が設立した電力中央研究所に迎えられた<sup>17)</sup>。平井彌之助氏は「自然に対する畏れを忘れない」という真摯な態度と結果責任を問われる技術者として，自分自身の判断で責任を果たすという使命感と松永安左工門の哲学、「技術思想」に基づいて対策を行った。すなわち，女川原子力発電所建設工事において，従来の法律・技術基準・安全基準から脱出し，最新の技術的知見を反映し，法令基準以上の

対策を行い、結果として、非常用発電機への直撃を回避することができたのである<sup>16-18)</sup>。

このように、女川原子力発電所建設工事は、松永安左工門の哲学、「技術思想」が、脈々として受け継がれていた「技術思想」の伝承の成功例の一つであるといえる。

## (2) 福島原子力発電所アクシデントマネジメント

### (特に、消火ポンプから原子炉への代替注水手段)

我が国の原子力発電所は、多重防護という「技術思想」に基づいた安全設計を行うとともに、厳しい管理下で、建設、設置、運転を実施してきており、その意味では、設計、運転開始より高度な安全性を維持している。一方、電力事業者においては、運転開始より、継続的な安全設計、建設、設置、運転、さらには最新の技術的知見に基づいた継続的な改善により、原子力被害のリスク低減を図るとともに、より高い安全性確保に努めてきている<sup>12), 19)</sup>。

1992年5月、原子力安全委員会が「発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策としてのアクシデントマネジメントについて」を決定し、電力事業者に対し、効果的なアクシデントマネジメントの自主的整備等を強く奨励する見解が示された。また、同年7月には、通商産業省(現経済産業省)が、電力事業者に、規制的措施を要求するものではないとした上で、自主的な保安措置としてアクシデントマネジメントの整備を強く要望した<sup>12)</sup>。

これを受けて、東京電力では、福島第一原子力発電所を含む国内の全プラントに、国内外での種々の事故・トラブル事例等からの知見を反映した。さらに、国内の全プラントにスリーマイル島原発事故やチェルノブイリ原発事故を契機として、より高い安全性確保のための対策として、1994年から2002年にかけてアクシデントマネジメント策を整備した<sup>12)</sup>。

アクシデントマネジメントとは、「設計基準事象を超え、炉心が大きく損傷するおそれのある事態が万一発生したとしても、現在の設計に含まれる安全余裕や安全設計上想定した本来の機能以外にも期待し得る機能又はそうした事態に備えて新規に設置した機器等を有効に活用することによって、それがシビアアクシデントに拡大するのを防止するため、若しくはシビアアクシデントに拡大した場合にもその影響を緩和するために採られる措置を言う」<sup>12)</sup>。

また、シビアアクシデントとは、「設計基準事象を大幅に超える事象であって、安全設計の評価上想定された手段では適切な炉心の冷却又は反応度の制御が出来ない状態であり、その結果、炉心の重大な損傷に至る事象（シビアアクシデントの重大さは、その損傷の程度や格納施設の健全性の喪失の程度による）」<sup>12)</sup>とされている。

アクシデントマネジメントについては、電力事業者により自主的に、国の確認、評価を受け、進められている。アクシデントマネジメント整備の基本的な考え方は、以下の通りである<sup>12)</sup>。

(1) 原子炉施設の安全性は、現行の安全規制のもとで、設計、建設、運転の各段階において、①異常の発生防止、②異常の拡大防止と事故への発展防止、③放射性物質の異常放出の防止、といういわゆる多重防護の思想に基づき、厳しい安全確保対策を行うことによって十分確保されている。

(2) 従って、シビアアクシデントは、工学的には現実に発生の可能性は十分に低いものとなっており、原子炉施設のリスクも十分に低くなっている。

(3) さらにアクシデントマネジメントの整備により、この低リスクを一層低減すると考えられる。

(4) 従って、原子炉設置者において効果的なアクシデントマネジメントを自主的に整備し、万一の場合、適確に実施できるようにすることは強く推奨されるべきである。

1994年3月、東京電力は、自社の原子力発電所各号機のアクシデントマネジメント整備について、検討結果を通商産業省（現経済産業省）に報告した。安全性をさらに向上させる上で検討すべき機能として、①代替注水手段（復水補給水系、消火ポンプから原子炉へ注水できる構成）、②格納容器の除熱手段（耐圧強化ベント）、③電源供給手段（隣接プラントからの電源融通）等を摘出した。このうち、「代替注水手段」とは、既設の復水補給水系及び消火系を有効活用するという主旨で、これらの系統から残留熱除去系を介して原子炉へ注水できるように配管接続等を変更し、代替注水設備として利用可能にすることで、原子炉への注水機能を向上させるものである<sup>12), 19)</sup>。

1994年10月、通商産業省（現経済産業省）は電力事業者が上記のように摘出し、報告したアクシデントマネジメント策を妥当として、原子力安全委員会に報告した。さらに、1995年12月、原子力安全委員会は通商産業省（現

経済産業省)からの報告(電力事業者のアクシデントマネジメント策は妥当)を妥当と判断した。この後、東京電力を含む電力事業者は、設備改造等のアクシデントマネジメント整備を実施し、整備後の2002年5月に整備状況とその有効性評価を、原子力安全・保安院に報告した。そして、原子力安全・保安院は事業者の報告を妥当とし、原子力安全委員会に報告した<sup>12)</sup>。

2011年3月11日に発生した福島第一原子力発電所の事故において、アクシデントマネジメントの対応として、消防車が配備、配置された。これは、原子力プラントに設置された各ポンプが相次いで使用不能となったにもかかわらず、原子炉への唯一の注水手段として事態の安定化に大いに寄与した<sup>12)</sup>。

このように、原子力発電所は多重防護により絶対安全のため事後対策は不要という誤った「技術思想」を見直した。そして、原子力安全委員会、通商産業省(現経済産業省)の要請に基づいたアクシデントマネジメントを取り入れ、事後対策とする「技術思想」に移行した。こうして、あらかじめ配備された消防車の消火ポンプを原子炉への代替注水手段として常備、伝承し続けた福島原子力発電所における「アクシデントマネジメント」は「技術思想」の伝承の成功例の一つであるといえる。

## 5. 「技術思想」を正しく伝承するために

以上の「技術思想」の伝承の成功事例と失敗事例を踏まえて、「技術思想」を正しく伝承するために、以下を提案する。

(1) 科学技術を、設計、開発、設置、導入、維持管理する場合、その安全基準、技術基準をはじめ、技術の背景となる「技術思想」については、十分な考察や検証を行う。特に、海外製品を導入するにあたっては、日本固有での設置環境を考慮し、海外仕様品を、適切な日本仕様品として導入するための安全基準や技術基準を作成し、安全性評価、リスク評価を十分に行う。

(2) その分野に精通している人ならだれもが、言葉にしなくても経験を通じて暗黙のうちに身につけている「暗黙の知識(暗黙知)」を文章化、明確化

し確実に身に付け、後世の関係者に伝承する。さらに、「技術思想」を具体的な技術手段として常備、伝承し続ける。

(3) 規格や基準の策定は、安全性と経済合理性を勘案しながら実施されるが、時代の流れの中で、諸学問が進歩し、規格・基準を策定した際の前提条件等が変化しつつある中で、規格・基準に慣れ、現実的には守るべき最低限の規範として固執しない。「想定外」を想定し、「絶対安全」という安全神話依存から脱して、絶えず「技術思想」を見直し続ける。

(4) 学生、技術者に、以下の工学教育、技術者教育を実施する<sup>20)</sup>

(a) 知識：正確な「技術思想」の知識

「技術思想」の伝承の成功例と失敗例等から、正確な「技術思想」の知識を理解する。

(b) 態度：「技術思想」を適切に変更設定する姿勢

常に各導入技術についての「技術思想」を理解し、状況に応じ適切に変更設定しようとする姿勢を修得する。

(c) スキル：科学技術コミュニケーション能力

正確な「技術思想」を理解し、適切に変更設定し、関係者に伝える科学技術コミュニケーション能力を修得する。

#### <参考文献>

- 1) 杉田本宜「情報と制御の理論(cybernetics)と新しい技術思想」、『一橋大学研究年報 社会学研究』, 2;pp.101-144, 1959
- 2) 村上陽一郎編『知の革命史 7 技術思想の変遷』朝倉書店, pp.73-102,1981
- 3) 坂本憲一「21 世紀における北東アジアの経済発展と環境」, 島根県立大学北東アジア地域研究センター, 『北東アジア研究』第 5 号,pp.19-33, 2003
- 4) 井野博満「脱原発の技術思想」, 岩波書店『世界』2, pp.183-200,2017
- 5) 自動回転ドア事故防止対策に関する検討会「自動回転ドア事故防止対策について」, pp.1-32, 2004
- 6) 畑村洋太郎『だから失敗は起こる』, NHK 出版, pp.15-28, 2007
- 7) 失敗学会: Web ページ  
<http://www.shippai.org/fkd/cf/CZ0200718.html> 参照日: 2019-8-17
- 8) 中尾政之『続々失敗百選』, 森北出版, pp.175-179, 2016
- 9) 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会(国会事故調)「報告書」2012.7.5

- 10)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(政府事故調)「最終報告」  
2012.7.23
- 11)福島原発事故独立検証委員会(民間事故調)「調査・検証報告書」2012.3.11
- 12)東京電力(東電事故調)「福島原子力事故調査報告書」2012.6.20
- 13)経済産業調査室・課「福島第一原発事故と4つの事故調査委員会」, 調査と情報第  
756号, 2012
- 14)田岡直規「巨大化・総合化・複雑化した科学技術における技術者倫理」,『技術倫理  
研究』第8号名古屋工業大学 技術倫理研究会編, pp.17-32, 2011.12
- 15)朝日新聞, 2011年6月11日
- 16)電気学会倫理委員会編『事例で学ぶ技術者倫理-技術者倫理事例集(第2集)』,  
pp.34-38, 2014
- 17)大島達治:「技術放談」,大成印刷, pp.30-37, 2015
- 18)近畿化学協会『技術者による実践的工学倫理(第4版)』pp.122-124, 2019
- 19)東京電力「柏崎刈羽原子力発電所のアクシデントマネジメント整備報告書」,pp  
1-42, 2002
- 20)田岡直規「福島原子力発電所事故の原因分析に基づく工学教育改善策の提案」,『工  
学教育』66-4(2018), pp.13-20