

巨大化・総合化・複雑化した科学技術における 技術者倫理

Engineering Ethics in Huge, Synthesized and Complicated
Science and Technology

田岡直規

公益社団法人日本技術士会中部本部 ET の会（技術者倫理研究会）
副代表幹事
技術士（機械部門・総合技術監理部門）

Naoki TAOKA

Engineering Ethics Study Group

The Institution of Professional Engineers, Japan, Chubu

P.E. (Japan)

【Key words】

1. 科学技術の巨大化・総合化・複雑化
(Hugeness, synthesis and complexity of Science and Technology)
2. 説明責任 (Accountability)
3. 情報公開 (Disclosure of information)
4. 作動中の科学 (Science in making)
5. 想定外 (Unexpected)

【概要】

近年、科学技術の巨大化・総合化・複雑化の進展に伴い、社会、環境、文化、経済等の広範な領域に及ぼすリスクや影響が拡大化している。そして、それらのリスクや影響を組織として、あるいは技術者として、的確に把握し制御することが極めて困難な状況に陥っている。また、昨今では地震、津波等の大規模な自然災害や、原子力発電所の事故等における「想定外」の巨大リスクも顕在化している。このような状況下で、技術者としていかに行動すべきか、今回発生した東日本大震災や原子力発電所の

事故等を事例に巨大化・総合化・複雑化した科学技術における技術者倫理について考察する。

1. はじめに

近年、科学技術の急速な発展により、人々の生活を豊かで便利にするという「正の効果」を生み出した。その半面で自然破壊や環境汚染等の環境問題、エネルギー・資源の消費・枯渇化、化学物質使用による安全性への危害を生み出した。

一方、鉄道事故、自動車リコール問題、原子力発電所の事故、情報セキュリティ事件等、多岐の分野において、企業や技術者の倫理が問われる重大な事故・事件が頻発している。さらに、科学技術の巨大化・総合化・複雑化の進展に伴い、社会、環境、文化、経済等の広範な領域に及ぼすリスクや影響が拡大化している。そして、それらのリスクや影響を組織として、あるいは技術者として、的確に把握し制御することが極めて困難な状況に陥っている。また、昨今では地震、津波等の大規模な自然災害や、原子力発電所の事故等における「想定外」の巨大リスクも顕在化している。このような状況下で、技術者としていかに行動すべきか、今回発生した東日本大震災や原子力発電所の事故等を事例に、巨大化・総合化・複雑化した科学技術における技術者倫理について考察する。

2. 科学技術の巨大化・総合化・複雑化について

現代では科学技術の巨大化・総合化・複雑化により、この高度な科学技術社会では、個々の技術者の行為や技術力が、直接的に公衆に対しては影響を与えない。むしろ、複数の技術のシステム的な集積が、多数の人工物を生み、それらの人工物を通じて公衆と関わるため、技術的リスクの責任の所在が不明確になる。従って、個々の専門技術者が、直接責任をもつ範囲において技術的リスクを認識していたとしても、巨大化・総合化・複雑化した科学技術

全体がもつ技術的リスクについて網羅的に的確に把握・認識することは困難である¹⁾。

すなわち、科学技術がまだ比較的単純で、創り出した製品、サービスやシステムの社会的な影響について、創り出した当事者も十分把握できた時代は、自らが行った意思決定と社会への影響については技術者個人の中でも俯瞰し制御することができた。ところが、現在では原子力発電所をはじめ科学技術が巨大化・総合化・複雑化し、その中でさまざまな技術者が役割を分担しながら、製品あるいはサービスのシステムを構築している。そのため、分業が進展するに従って自らの意思決定が、創り出した製品、サービス、システムを通じてどのような社会的影響を及ぼすかということについて、技術者個人では、網羅的な把握・認識が困難になってきている²⁾。

3. 持続可能な発展を目指して

万が一事故が起こった場合に甚大な影響を人間社会に与えるという特殊な巨大リスクを持つ原子力技術については、その利用には、核兵器としての軍事利用と発電や医療などの平和的利用に分かれる。核兵器は今や国際社会に大きな影響を及ぼしている。また発電についても原子力発電所の事故等の安全性の問題や使用済み核燃料の処理問題、老朽化原子炉の廃棄問題等の安全上や環境上の課題が残っており、科学技術の利用や展開は進んでいるのに社会における合意が不十分であるのが現状である。

1979年に発生したスリーマイル島原子力発電所の事故については、安全確保設計・事故拡大防止設計・放射性物質放出防止設計など、多段階で構成する当時の「多重防御」に基づく設計が行われていたにもかかわらず、ヒューマン・ファクターが複雑に絡み合うことで、事故につながってしまったという事例である¹⁾。また、1986年に発生した旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故については、当時、事故炉から出た放射性物質が広く欧州に飛び散り「地球被爆」とさえ言われた事例である。

技術者倫理とは、従来「技術者が社会や自然に及ぼす影響や効果、および技術者が社会に負っている責任」³⁾と理解されており、技術者は「公衆の安

全、健康および福利の最優先を念頭に置く」という「公衆優先原則」のもと、その役割を果たしてきたが、今後は公衆にとどまらず、特に環境、資源も含めた地球的規模からの技術者倫理が求められている。

国際連合が支援して1983年に発足した「環境と開発に関する世界委員会(WCED)」(委員長:ブルントラントノルウェー首相(当時))が、1987年に報告書「われら共有の未来(Our Common Future)」を公表し、中心的な考え方として取り上げたのが、「持続可能な開発(sustainable development)」の概念であった。「持続可能な開発」とは、WCEDが「将来の世代の欲求を満たしつつ、現在の世代の欲求も満足させるような開発」と定義した⁴⁾ように、現在の世代が将来の世代に対して負う責任の認識である。倫理を同世代だけではなく、まだ生まれていない将来の世代をも対象に含まなければならないという、新しい倫理観が生まれた。

従来、環境と開発の関係は、開発を進めれば環境の破壊が進むというふうな、相反するもの、両立しないものと考えられていたが、それを相反するものではなく、両立できるものとして、環境保全を考慮した持続可能な開発が必要というものである⁴⁾。

世界技術者組織連盟(WFEO)の倫理綱領⁵⁾では、「プロフェッショナルとしてのエンジニアは、公衆の安全・健康・福利、および、持続可能な発展の原則に基づく自然環境と建築環境の保護を最優先しなければならない」と環境倫理の視点が技術者倫理の中に明記されている。すなわち、「公衆の安全、健康および福利の最優先」という従来の技術者倫理に加えて「持続可能な発展の原則に基づく自然環境と建築環境の最優先」という環境倫理を含めた広義の技術者倫理の必要性が示唆されている。

従来、技術者は自分が作った製品の安全性や信頼性を重点的な価値判断として、「技術者の責任は製品を市場に出した段階で終わる」という考えに陥りがちであったことは否定できない。しかし、技術者の責任は製品を市場に出し、さらにその製品の実際の使われ方に対しても責務がある。すなわち、技術者は、製品のアイデア段階から、最終的な廃棄までのライフサイクルを通じて、さらに異なった地域や、次世代の人・自然環境への影響まで、技術開発の全プロセスをモニタリングする責任を負っている。そうすることによって初めて、技術者は、「持続可能な発展」に貢献することができるのである。

原子力発電所の事故の問題についても、単に現在の世代の安全確保という従来の「公衆優先原則」の立場からだけではなく、長期的な放射性物質汚染、使用済み核燃料の処理問題、老朽化原子炉の廃棄問題等の課題に伴う将来の世代への安全上や環境上のさまざまなリスクに対し、将来の世代への環境倫理的な立場からも対策に取り組むことが必要である。

4. 「想定外」の震災、事故に遭遇して

2011年3月11日に発生した東日本大震災や原子力発電所の事故について、原子力事業者にとっては、「想定外」であったと言われている。

しかし、その後の原子力事業者、政府関係者、関係研究者・技術者等による調査結果やコメント等から判断すると、この「想定外」には以下の3つのケースが存在すると考えられる。

- (1) 当時の世界最高の科学技術水準での「想定外」
すなわち、当時における「世界最高の科学技術水準」を以ってしても、想定できなかったという「想定外」
- (2) 確率的・統計的水準での「想定外」
すなわち、当時における「世界最高の科学技術水準」では、想定不可能ではなかったが、確率的、統計的に発生の可能性が低く想定から外されたという「想定外」
- (3) 経済性水準での「想定外」
当時における世界最高の科学技術水準では想定されていたが、対策に取り組むと膨大なコストを必要とするため、経済性等を考慮して想定から外されたという「想定外」

この(1)のケース、すなわち当時の世界最高の科学技術水準での「想定外」については、第1の事例として、水俣病の発生が挙げられる。

科学技術のうち有機合成化学の近年における発展は、特に新しい工業製品や薬の開発等に大きく貢献し、多くの科学技術の「正の効果」をもたらした。元来、化学物質は人間や動物の健康に大きな影響を与えるが、その「正の効

果」の反面、副産物や「負の効果」について事前に漏れなく正確に予見することは極めて困難である⁶⁾。

特に、科学技術や化学物質の大きな「負の効果」をもたらした水俣病は、メチル水銀に汚染された水俣湾産の魚介類の長期的かつ大量の摂取により、手足の震え、歩行障害、運動障害、言語障害、さらに死亡に至ることがあるという中毒性中枢神経疾患を引き起こした。そして、行政や企業の経営者、さらに研究者、技術者の対応が遅れ、公害病の原点となった⁷⁾。チッソ(当時 新日本窒素肥料)は新しい化学プロセスを開発・導入し、公的な認可を受けて正常かつ定常的な運転を行い、科学技術の「正の効果」を生み出していた。その認可手続きは合法であり、また当時における「世界最高の科学技術水準」を以ってしても、水俣病の発生は「想定外」であり、チッソを含む社会全体が、事前に被害を予見することは不可能であったと考えられる。チッソの技術者は水俣病発生後、早い段階で「工場排水中の有機水銀が原因物質ではないか」と直感していたが、当時の企業経営者や行政を納得させるに至らず、専門家による発生源と原因物質の特定、さらに行政の政策決定に12年を要した。そしてその間に水俣湾の汚染、被害者が拡大し、ついには第二水俣病の発生につながったのである。

また、第2の事例として「サリドマイド事件」が挙げられる。

新薬の開発において、サリドマイドは、当初副作用が少ない「安全な睡眠薬」として開発された。そして動物実験、さらに、臨床試験を経て市販された。ところが、市販直後から「妊娠初期」の妊婦が服用した場合に、「本人ではなく」胎児に「催奇形性」があるという当時における「世界最高の科学技術水準」を以ってしても想定できない、「想定外」のリスクが判明した。元来、薬は人間の体に何らかの影響や副作用を及ぼすが、新たに開発された薬が複雑な人体に及ぼす生理的影響や、健康への安全性を事前に完全に解明することは、極めて困難である。

また、薬は国が認可したものでも、副作用を起こすことがある。さらに、薬害をきっかけに法的な、あるいは制度的な補完が行われるが、国からの認可、法律だけでは事前に、副作用による「負の効果」を防ぐことはできない⁶⁾。

有機合成化学や化学物質に関して、水俣病、サリドマイド事件等には、当時の科学技術的知見では解決できない、常に科学技術研究において未知の部分が含まれている。そして、その未知の部分の解明が時々刻々と進められて、科学的知識が常に「現在進行形」で知識形成が進められているといういわゆる「作動中の科学」⁷⁾が増加しつつある。

第3の事例として「電子化されたクルマ」が挙げられる。

現代において身近な科学技術の象徴であり、また我々の必需品であるクルマについては、近年の科学技術の巨大化・総合化・複雑化に伴い、電子化、コンピュータ化が進展している。

そして、最近の高級車には、1台にコンピュータが100個程度搭載されており、制御するプログラムの量は多いもので1千万行規模に及び、「走るコンピュータ」⁸⁾といわれている。昨今のリコール問題等で取り上げられたハイブリッド車は、ABS（アンチロック・ブレーキ・システム）と回生ブレーキという2つの重要な機能を有している。この複雑な制御による、お互いの複雑性が相互干渉、相乗効果を引き起こしトラブルを発生させたと推定することができる⁹⁾。しかし、この電子制御システムを考えると、システム全体としての相互干渉、相乗効果は、設計段階やテスト段階では「想定外」の地域特性やユーザー特性等の影響も考えられ、事前の「想定外」を含めたリスクや影響の網羅的な確かな把握、制御は困難⁶⁾で本トラブル、リコール問題は当時における「世界最高の科学技術水準」を以ってしても、「想定外」であったと考えられる。

(2)のケース、すなわち確率的・統計的水準での「想定外」については、例えば1999年6月に定期検査中の沸騰水型原子炉で制御棒が脱落し境界事故が発生していたという原子力発電所の制御棒のトラブル事例が挙げられる。このトラブルは、2007年3月に発覚し、その後の調査結果では、全国で14基の原子力発電所で同様の制御棒トラブルが発生しており、その中には制御棒多数本が同時に脱落するというトラブルも含まれている。この多数本の制御棒が同時に抜けてしまう確率は「10のマイナス8乗以下」¹⁰⁾と試算されており、この数字からは当時における「世界最高の科学技術水準」では、想定不可能ではなかったが、確率的、統計的に発生の可能性が極めて低く、想定から外されたという「想定外」に分類することができる。ただし

ここで言う確率は、専門家が想定したある状況下での確率であり、一度その状況下に「想定外」の事象が発生すれば、その確率にも大きな影響を与えることになる。

昔から、科学というものは、公衆には、あらゆる社会判断の、かつある種万能の根拠として認識される一方、コンピュータ技術、電子・通信技術、遺伝子技術をはじめとして、過去に何度も不可能を可能にした、革新的な改革を行ったという「いつでも」「厳密な」答えを出してくれるものとして理解されていた。しかし、科学技術は、常に「未知」の領域を含みながら、その「未知」の領域を「既知」とすべく解明を続けている。そしてその内容は時々刻々と作られ、書き換えられ更新されている。つまり科学的知識は常に「現在進行形」で知識形成が進められているのである⁷⁾。

元来、地震や津波等に代表される自然は以下のような不確実性を備えており、自然現象の予測は容易ではなく¹¹⁾、いつも「当時の世界最高の科学技術水準での「想定外」又は「確率的・統計的水準での「想定外」」の事象が発生しており、従来の科学技術だけでは、十分に制御することができない。

- ①自然現象は確率論的に起こる
- ②我々は自然の営みを全て知っている訳ではない
- ③我々が自然現象を観察する能力には限界がある

さらに、自然災害は1～10年単位の短い周期から100～1000年単位の長い周期で発生する。実際に、阪神・淡路大震災、新潟県中越沖地震をはじめ原子力事業者の想定を超える天災は、これまで何度となく発生している。また、日本では869年には貞観津波が、さらに世界ではマグニチュード9の地震が発生している。

この貞観津波(869年)の痕跡は、東北電力女川原子力発電所の建設所のチームが、1990年に女川原子力発電所2号機の設置許可申請の際に調査の一環としての地質学的な調査で初めて確認された。さらにその知見を生かし、10mの想定津波に対し、総合的に判断して、敷地を14.8mの高さに造っておいたことが今回の津波に対し効果を発揮し、直撃回避につながった¹²⁾。

また、日本政府が2006年に原子力発電所の新耐震指針を制定したのをを受けて耐震性評価のための専門家委員会が2009年6月に開かれた。その

席で地質学の専門家である独立行政法人産業技術総合研究所 活断層・地震研究センターの岡村行信センター長が、869年に三陸沖を震源とする貞観地震が発生した際、大津波が仙台以南にも押し寄せたと指摘した。同委員会はこの会合の直近にまとめた中間報告で、福島県沖で1938年に起きた塩屋崎沖地震を津波の想定として設定し、貞観地震に触れていなかった。これに岡村氏が疑問を呈し、想定の変更を繰り返し求めたが、国や原子力事業者は今後の検討課題として先送りした¹³⁾。

岡村氏はさらに同規模の津波が450～800年程度の再来間隔で過去に繰り返し起きていたこともわかり、近い将来に再び起きる可能性も否定できない¹⁴⁾と警告を発していた。

福島第一原子力発電所が稼動してからの約40年の間に、科学技術は急速に発展し、この貞観地震をはじめ稼動当初は想定できなかった地震や津波、さらにそれに伴う被害の発生も予見できるようになってきている。また、全電源喪失は米国で30年前に想定されている¹⁵⁾。さらに、2010年10月に公表された経済産業省所管の原子力安全基盤機構による電源喪失における压力容器破損のシミュレーション結果のように、原子力発電所の電源喪失が起きることを想定していた研究も存在する¹⁶⁾。

一方原子力安全機構が2010年公表したこのシミュレーションによると、電源を喪失し、冷却機能を失った原子炉は、わずか1時間40分ほどで核燃料が溶け出すという炉心溶融を起こすなど、短時間で危機的状況に陥ることが指摘されていた¹⁷⁾。

それにもかかわらず、原子力事業者は外部電源や非常用ディーゼル発電機の電源機能を長時間失う事態をいずれも当時における世界最高の科学技術水準では想定されていたが、対策に取り組むと膨大なコストを必要とするため、経済性等を考慮して想定から外されたという「想定外」としていた。

国も経済性の理由から、また絶対安全という建前上から「送電線の復旧、非常用発電機の修復が期待できるため考慮不要」¹⁷⁾と了承していたのである。

すなわち、長時間の電源喪失という事態を国も原子力事業者も(3)のケースすなわち「経済性水準での「想定外」としていた。

一度「想定外」あるいは「考慮不要」とすると、その時点で安全確認等の思考が停止してしまう。そして、連鎖反動的に発生する「想定外」の事象、

すなわち巨大地震、巨大津波発生という自然災害での「想定外」に続き、長時間電源喪失という「想定外」により過酷事故が発生した場合の被害予測やそれに伴う水素爆発、放射性物質の拡散等をはじめとした事故や被害の拡大防止、被害者対策も想定・実施することができなくなる。

元来、すべての科学技術には未知の部分があり、技術者や研究者の想定を超えた領域でトラブル、事故を引き起こす可能性も存在する。さらに、科学技術のリスクは、原子力発電所に代表されるように科学技術自体が巨大化・総合化・複雑化しているため、一旦「想定外」の事象やトラブル・事故が発生すると、その処理等についても、より広範囲で長期間にわたり複雑化する恐れがある。

しかし、巨大地震、巨大津波等の自然災害自体を科学技術で防ぐことはできないが、それに伴う連鎖反動的な事象の被害予測や被害拡大防止対策、被害者対策は想定、実施することは可能である。

今回の地震、津波、原子力発電所事故では、連鎖反動的な「想定外」の事象に対し、その制御を模索し現在進行形で実施しているのが現状である。特に、地震・津波災害の想定研究、原子力発電所の事故処理、廃炉、廃棄物処理等のように、過去に十分に経験や知見がないもの、あるいは十分に想定・制御できないものは、科学技術研究における未知の部分の解明、複雑化の制御を現在進行形で実施しなければならないといういわゆる広義の「作動中の科学」と認識することが必要である。

5. 「作動中の科学」の研究成果・知見を生かして

福島第一原子力発電所をはじめ全ての原子力発電所は、当時の法律や安全基準等に基づき、公的な認可を受けて正常かつ定常的な運転をしていた。

しかし、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られたものであり、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」の事象を含めて、特に「作動中の科学」に対しては、絶対安全というわけではない。すなわち、不確実性があり、予測が容易でない自然現象や自然のリスクに対して、国の

認可や法律，安全基準だけでは，事前に「想定外」の自然のリスクやそれに伴う連鎖反動的な「負の効果」を防ぐことはできないのである。まして原子力事業者が「原子力発電所が国の指針に適合している」ことさえ立証すれば事業者の社会的責任を果たした」ことにならないのは言うまでもない。

新しい原子力発電所はその時代時代の法律，技術基準，安全基準，知見に基づいた設計・建設・設置等が行われている。

40年も前に米国から導入され，設置された巨大化・総合化・複雑化した科学技術である福島第一原子力発電所は，ハード面，ソフト面でも40年前の法律，技術基準，安全基準，知見に基づくと同時に，米国での設置環境を想定した科学技術である。この40年間に急速に発展した科学技術成果，研究成果や知見，さらには日本固有の設置環境の想定がこの巨大化・総合化・複雑化した科学技術に十分には反映されていない。

すなわち40年前，米国から導入され，設置された原子力発電所という巨大化・総合化・複雑化した科学技術は，米国固有の大河近くの設置環境を想定したものである。この導入技術に対し，海の近くに設置するという日本固有での設置環境を考慮せず，又地震大国であり貞観地震レベルの巨大地震・巨大津波という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。また，その後も現在進行形で急速に発展する科学技術研究の未知の部分の解明を行うという原子力関連の科学技術成果や地震，津波等自然災害に関するいわゆる「作動中の科学」の研究成果，知見を十分に反映しなかったのである。

6. 技術者の責任

今日では，科学技術の「正の効果」をはじめ「負の効果」やリスクを直感，予測，理解しうるのは技術者である。

特に行政や事業者の経営者においては，その「正の効果」のみに目を向けがちで，例えば水俣病でも，その「負の効果」，リスク，原因物質を直感し予測したのは他ならぬ技術者であった。

特に有機合成化学プロセスのような複雑な反応に関して、経営者は一般的で基礎的な技術知識は持ち合わせている。しかし、水俣病の原因となった有機水銀は、被害発生当初は予見できなかった当該化学プロセスの中間生成物であった。このような有機合成化学という特殊条件下での複雑なプロセス等により専門的な知識や経験については、技術者しか持ち合わせていない。そのため、「負の効果」やリスクを直感、予測、理解し、リスクの実態を詳細に説明できるのは技術者において他にはいないと考えられる。また、現代のクルマに代表される電子制御システムにおけるシステムとしての相互干渉、相乗効果についても、同様により専門的な知識や経験を持つ技術者にしか、負の効果やリスクを直感、予測、理解することはできないと考えられる⁶⁾。

さらに、地震・津波等の防災関連の最新の知見という「作動中の科学」の知見を入手し、その成果を生かすことができるのも技術者、研究者において他にはいないと考えられる。昨今では、新しい合成化学物質、新薬、電子化されたクルマをはじめ、技術者、研究者の「想定」を超えた「想定外」の大きなリスクを伴う科学技術や、算定が困難な未知のリスクを伴う新しい科学技術を、社会に導入するケースが増加してきている。その際には、技術者、研究者自身が、各ステップにおける科学技術のもつリスクの実態を正確、詳細かつ迅速に社会に説明することによって説明責任を果たすとともに、社会に有効な選択肢を提供し、リスク受容について社会的な合意形成を行う必要がある。

しかし、今回の大震災や原子力発電所の事故の事例からもわかるように、「想定外」の事象や、データ、あるいは解釈が困難なデータが存在する場合は、「正確」「詳細」かつ「迅速」な社会や公衆への説明が困難になり、さらに、社会的な合意形成は困難になる。そのためにも、技術者、研究者によって「作動中の科学」をはじめとした最新の科学技術成果、研究成果や知見を生かす仕組みを構築することが必要である。さらに、平常時に最悪の事態をはじめとした「想定外」の想定と対策を行い、社会や公衆に情報公開し、説明責任を果たし、一定の「安全・安心」を得ておくことが必要である。

そもそも「なぜ技術者は特別な責任を負うのだろうか。」

この問いに対する答えとして、3つのモデルが紹介されている¹⁾。第1のモデルは技術が社会に与える影響を強調する「社会実験」モデルである。第

2のモデルは、高度技術社会において、さまざまな分野で専門化・分業化が進む中で「専門家」が担う役割を強調する「相互依存性」モデルである。第3のモデルは、一般社会と、技術の「プロフェッション」の間の暗黙の契約があるのだとする「社会契約」モデルである。第1のモデルである「社会実験モデル」とは、マーチンらが論じる「技術は社会を対象とする実験である」という立場であり¹⁸⁾、新しい技術的成果は、否応なしに社会に変革をもたらすという事実を認識し、新しい技術の導入はあたかも人間社会を対象として実験をしているようなものであると主張している。そこでは、社会を実験台として技術を導入する当事者である技術者は、「責任ある実験者」として、(i) 被験者としての公衆の安全に対して責任を負い、被験者が持つ「実験に合意する権利」(インフォームド・コンセント)を尊重すること、(ii) あらゆる技術的プロジェクトが実験的なものであることを認識し、副次的効果を見出し、可能な限りそれを監視すること、(iii) 技術的プロジェクトの結果についての説明責任を負うこと、が必要であるとされている¹⁾。

特に、いわゆる「作動中の科学」については、この「常に科学技術研究における未知の部分の解明」という「責任ある実験者」として、(i)～(iii)を実行し、社会的実験モデルの立場から実験行為の説明責任を負う必要がある。

技術者は、各専門分野の技術の安全性評価はできるが、巨大化・総合化・複雑化した科学技術である原子力発電所全体のシステムの構成や、トラブル・事故に備えての多重制御、さらには非常用電源装置、防波堤等の周辺部を含めたシステム全体の安全性の評価・構築ができていないのが現状である。

すなわち、確かに原子発電所という巨大化・総合化・複雑化した科学技術であるシステムにおいて中枢部分は高い安全設計であった。しかし、今回の大震災における外部電源や非常用ディーゼル発電機の電源喪失のように、周辺部において、見落としがあるとエラーが発生しやすく、巨大化・総合化・複雑化したシステム全体が機能不全に陥る場合がある。システムの中核部分だけではなく、周辺部も含めたシステム全体の安全性評価・構築等のハード面での対策と同時に「想定外」を想定した防災訓練、あるいは致命的な被害には至らない減災訓練等のソフト面での対策が必要である。

また今回の地震・津波等の震災や原子力発電所事故の場合には、安全面の観点から、また安心面や社会の合意形成の観点からも、いわゆる原子力村という原子力技術のみの関係者だけではなく、関連・周辺技術の専門家、行政関係者、公衆、さらには国際社会に対しても、正確、詳細かつ迅速な情報公開を行い説明責任を果たすとともに、関係者の知恵や力も借りる必要がある。

すなわち、福島原子力発電所では、国も原子力事業者も、特に「原子力発電所の中核部分で、想定可能な範囲内で絶対安全を確保することで、全体として、絶対安全な原子力発電所を構築できる」と、原子力村という原子力技術のみの関係者の中で集団思考に陥っていたと考えられる。

さらに、原子力事業者は、科学技術の巨大化・総合化・複雑化が進展するに伴い、完全に巨大技術システム、安全神話に依存してしまい、システム全体を俯瞰したシステムのリスク管理ができていなかったと考えられる。

従って、これらを防ぐために、周辺部を含めた原子力発電所システム全体として、原子力技術の専門家だけではなく、土木技術者、地震・津波の研究者・技術者等の関連・周辺技術の専門家の知恵や力を借りることが必要である。さらに、行政関係者や公衆との外部を含めたコミュニティーを形成、連携し、オープンな場で議論し、安全・安心面からも俯瞰的に安全・安心文化を構築するとともに、社会に有効な選択肢を提供し、リスク受容について社会的な合意形成を行うことが必要である。そして、俯瞰的に津波等の多重安全の基準策定、公衆が納得できる原子力発電所の安全基準の策定を行い、それに基づき各原子力発電所毎に中核部分や周辺部分も含めたシステム全体の安全性評価、運転や停止・廃止等の判断及び、安全管理を行う必要がある。

7. おわりに

科学技術の巨大化・総合化・複雑化の進展に伴い、自然破壊や環境汚染等の環境問題、エネルギー問題が深刻化する中、社会、環境、文化、経済等の広範な領域に及ぼす「想定外」を含めたリスクや影響が拡大化している。このような中

- ①技術者は「公衆の安全、健康および福利の最優先」という従来の技術者倫理に加えて、「持続可能な発展の原則に基づく自然環境と建築環境の最優先」という次世代への環境倫理を含めた広義の技術者倫理をもとに行動する
- ②環境面やエネルギー面からも、製品のアイデア段階から最終の廃棄までのライフサイクルを通じて、各ステップにおける科学技術の持つリスクの実態を、関連・周辺技術の専門家、行政関係者、公衆、さらには国際社会にも、正確、詳細かつ迅速に情報公開し説明責任を果たす
- ③特に、自然現象をはじめ、巨大化・総合化・複雑化した科学技術について、「現時点の科学技術的知見では、解決できず、常に科学技術研究における未知の部分の解明、さらに複雑化の制御を現在進行形で行わなければならない」という、いわゆる広義の「作動中の科学」に直面していると認識する
- ④「責任ある実験者」として、「作動中の科学」をはじめとした最近の科学技術成果や知見を、システムの中核部だけではなく、周辺部も含めた巨大化・総合化・複雑化した科学技術、及びその安全性等の管理に反映する。さらに、平常時に最悪の事態をはじめとした「想定外」の想定と対策を行い、社会や公衆に情報公開し説明責任を果たす。
- ⑤そして、外部を含めたコミュニティーを形成、連携し、オープンな場で議論し、安全・安心面からも俯瞰的に安全・安心文化を構築するとともに、社会に有効な選択肢を提供し、リスク受容について社会的な合意形成を行う

ことが、巨大化・総合化・複雑化した科学技術における技術者倫理であると言える。

(引用文献)

- 1) 札野順「技術者倫理」, 放送大学教育振興会, 2004年
- 2) 野城智也「実践のための技術倫理」, 東京大学出版会, pp.26, 2005年
- 3) J A B E E H P <http://www.iabee.org/>
- 4) 杉本泰治・高城重厚「第四版技術者の倫理入門」, 丸善, p 193-207, 2008年

- 5) 世界技術者組織連盟 (W F E O) H P <http://www.wfeo.org/>
- 6) 田岡直規「現代の科学技術における技術者倫理」, 技術士 2011.3, pp.4-7
- 7) 藤垣裕子編「科学技術社会論の技法」, 東京大学出版会, 2005年
- 8) 朝日新聞, 2010年3月5日
- 9) 日本経済新聞, 2010年3月18日
- 10) 桜井淳「原発事故学」, 東洋経済新報社, pp.84-85, 1990年,
- 11) 藤森隆郎「森林における野生生物の保護管理 生物多様性の保全に向けて」, 日本林業調査会, pp.84, 1999年
- 12) 朝日新聞, 2011年6月22日
- 13) 北海道新聞, 2011年3月26日
- 14) 宍倉正展, 岡村行信「平安の人々が見た巨大津波を再現する - 西暦869年貞観津波 -」, AFERC NEWS No.16 2010/8, pp.1-10
- 15) 朝日新聞, 2011年3月31日
- 16) 朝日新聞, 2011年4月21日
- 17) 毎日新聞, 2011年4月19日
- 18) Mike W.Martin and Roland Schinzinger, Ethics in Engineering, 3rd Edition, pp.81-127, 1996

(参考文献)

- 19) 小林廣「科学技術と環境と倫理」, 燃料及燃焼, Vol.65-66, 1998~1999年
- 20) 齊藤了文「テクノリテラシーとは何か」, 講談社, pp.53-78, 2005年
- 21) 畑村洋太郎「未曾有と想定外」, 講談社, 2011年
- 22) 田岡直規「技術者と組織の技術者倫理」, 第7回技術者倫理研究事例発表大会論文集, 社団法人日本技術士会, pp.9-12, 2010年
- 23) 田岡直規「地球再生を支える技術者の技術者倫理」, 第8回技術者倫理研究事例発表大会論文集, 公益社団法人日本技術士会, pp.29-32, 2011年

*URLの最終確認は2011年9月18日

“査読者には本稿に対して丁寧に査読していただいた。また、大変適切かつ貴重なコメントをいただいた。改めて査読者にこの場で感謝の意を表したい。