

Title	リスク危機マネジメントなど新しい観点からの科学技術の特性に関する研究
Author(s)	宮林, 正恭
Citation	年次学術大会講演要旨集, 28: 457-462
Issue Date	2013-11-02
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/11757
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

リスク危機マネジメントなど 新しい観点からの科学技術の特性に関する研究

○宮林正恭（千葉科学大学）

（１）はじめに

３．１１、すなわち、東日本大震災および福島第一原子力発電所事故は、今後とも長期間にわたって我が国の発展と国民生活を縛る「くびき」となるであろう。自然災害がきっかけであったとしても再度このような大規模な被害を受けることがないよう、今後は、わが国におけるリスク危機マネジメントⁱをしっかりと行う必要がある。

この３．１１に関して、科学技術の面から見ると、①マグニチュード９クラスの地震は日本では起こらないとしていた地震学者の定説が覆ったこと、②多額の費用をかけて、他を犠牲にしても優先して建設されたはずの津波防波堤がほとんど役に立たず、逆に、いろいろな害となった場合さえがあること、③福島第一原子力発電所の事故について、何段階のも事故拡大防止手段が機能せず、しかも、事故時の対応責任機関の機能不全により対策が後手後手となり、事故を拡大した可能性があること、④福島第一原子力発電所事故に伴って投入された事故対策ロボット（この開発プロジェクトが 1983～1990 および 1999～2003 に組まれ、多額の国の投資が行われた。）がほとんど役立たずであることが判明したこと、などは、ながらく科学技術政策の場に身をおいていた発表者にとって非常にショッキングな事実であった（これらを「３．１１における科学技術上の４課題」とここでは呼ぶ。）。これらのうち、福島第一原子力発電所事故に関しては、国会、政府、民間の各事故調査会および当事者である東京電力の事故調査報告があるⁱⁱ。しかし、それ以外については、まとまった分析評価は今のところあるようには見受けられない。発表者は、現在、リスク危機マネジメントを中心に研究しているが、その視点から見ると、これら四つの事象には共通的な要因があると思える。それは、「科学や技術およびそれからできるモノやサービスの不確実性、さらには、リスクに対する認識の不足」である。そうであるとすれば、なぜ共通してそのようなことが起こっているかは大きな問題であり、その原因となる要素は今回の四つの事象以外にもわが国の科学技術に大きな影響を与えている可能性が大きい。そこで、その原因となる要素をあぶりだし、その影響の内容とその問題点などについて考えようというのがこの研究の狙いである。

（２）科学技術の特性の検討

「科学や技術およびそれからできるモノやサービスの不確実性、さらには、リスクに対する認識の不足」は、あまりにも基礎的一般的な問題であるので、その原因となる要素は、わが国の科学技術の根源的、かつ、共通的な部分にあると考えられ、また、内容的には科学技術に対する認識の問題である。したがって、わが国における科学技術が持つ性格に対する理解に焦点を当てて検討することが妥当であると考えられた。特に、以下の３つの理由により、わが国における科学技術が持つ性格の理解にはある種のバイアスが存在する可能性をなしとしないと思われたので、このような検討は必要であると思われた。

①わが国の教育においては、実業系の学校を除けば、高等学校までは教科：理科において、科学の知識は教えられるが、技術については、ほとんど教えられないことがないⁱⁱⁱ。

②大学教育においては、文系専攻者はもとより、理学、工学、医学などの理系専攻者に対しても、科学技術とは何か、どのような性格をもっているからなどの知識が与えられる機会がきわめて少なく、理系専攻者はもっぱら科学の知識の教育を受けることになっている。なお、医学、歯科学などの専攻者は、実際に臨床活動に入るにあたって初めて技術について考え始める。

③明治時代に科学や技術の知識を導入するにあたって、先進国に追いつき、伍していくことに主点があり、科学や技術の性格や社会や人間に与える影響については、主に経済効果に焦点が当てられ、非常に単純化して考えられてきた。そして、そのような中で理学と工学の抗争があり、さらには、マルクス主義の絡んだ不毛の技術論争などがあり、科学技術の特性を幅広く議論しコンセンサスを得る素地がなかった^{iv}。そのため、科学技術の特性に対する意識は、ムード的なものであったり、伝承的に仲間内

で引き継いだものであったりすることも少なくない。

(3) 科学、技術、および、科学技術

科学は体系的知識、科学的方法に基づく知識、それを生み出す学問という範疇でいろいろ定義されている。対象を自然にのみ絞って使われることも多い。技術は、何かを行う方法、手段およびわざの範疇の中で、定義されている。

科学および技術が長い間まったく独立のものとして存続してきたことは歴史的事実である。「それが18世紀末あるいは19世紀になって急速に接近し、現代社会においてはその境界を特定することが困難な状況になっている」というのは、幅広く受け入れられた見解である^v。ただし、それは科学活動および技術活動がそのようになっているということであって、科学そのもの、技術そのものの持つ固有の性格(特性)が変わってしまったということではない。しかし、活動の境界が無くなったわけであるから、科学と技術は一体化している、区別が困難というのも事実である。ということは、その一体化した科学技術は従来の科学および技術の特性を合わせ持っているということであり、個々の性格の発現は、科学技術の置かれた環境条件によると考えられる。

なお、わが国では、科学技術という造語によって一体化した科学と技術を表すことが一般的であるが、海外においては、Science によって表現されるのが通常になりつつあるようである。一体化する以前の Science の概念は Pure Science として表現される。このような変化は近年のものであり、まだまだ移行期にあるので混乱している場合もある。科学技術の訳語として我が国で使われる Science and Technology は、科学および技術と理解されることがほとんどである。我が国で時々主張される「科学技術は Science based Technology である」との考え方は、科学技術哲学における技術の応用科学説に基づくものであるが、このテクノロジーが科学研究の成果であるという単純なモデルは正しくないことがファergusンらによって示されている。^{vi}

(4) 科学技術の特性

科学技術は、科学の特性と技術の特性を両方とも継承している。

科学から継承した特性としては次のようなものが列挙できる。

- ①方法論として、観察⇒仮説⇒検証の繰り返しにより、真に近づく。
- ②学会員の共通認識として認める手順やルールに従った論文提出および論文誌掲載によって学会がその成果の妥当性を認証する。——これはジャーナル共同体ができる要因でもある^{vii}。
- ③基本的に学会員が認めるような論文に示すことができることが必須であり、そのためには明示知(形式知)でなければならない。
- ④各論文単位で、無矛盾性が要求され、科学的合理性をもって説明できることが求められている。これは、部分的最適化された科学的結論が集合することにより、体系だった全体像が表せるとの潜在的認識があるように見える。この背景には「自然は整合性のとれた体系」であるとするキリスト教的一神教世界観(神の摂理)があると思われる。しかし、このような論理には矛盾も生じており、確率の導入、複雑系思想の導入などによって現在のところ破たんしないで済んでいると思われる。
- ⑤実証には、再現性が確保されるとの前提があるが、再現実験が不可能な場合には、それは困難である。このような例としては経済学、地震学などがある。これに対しては、合理的推論、シミュレーション、統計的推論などによって補強されるが、その確実さの程度は低くなる。つまり不確実度が高まり、仮説的性格が強くなる。
- ⑥明示知であり、科学的合理性を持って説明できることを前提にすると、科学においてはすべてが単純系に分解可能であり、単純系の集合体が科学であることが必要になりそうである。しかし、自然が単純系であるとの結論は乱暴すぎるであろう。第2の科学革命が必要なのかもしれない。
- ⑦科学は、反復再現が可能な実験によって検証される。しかし、そのような実験の環境条件は、人工的に作られた仮想的あるいは理想的なものである。そのような条件は技術によって整えられる。そのような実験結果の適用の拡大は合理的推論、シミュレーション、統計的推論などによって行われることになるが、科学の成果(理論や発見)は、ある境界条件の範囲内においてのみ適用可能であることには変わりはない。

一方、技術から継承した特性としては次のようなことが言える。

- ①技術という言葉は、文脈によってエンジニアリング(編み出す技術)、テクノロジー(編み出された技術)、スキル(技法と技能)のどれかひとつをさすこともあれば、いずれか二つの性格を持つ場合や、さらには、それらが一体となったものであることもある^{viii}。
- ②Technology の原義はドイツ語の Technologie であるが、その意味は「合目的手段の体系的目録」であ

った^{ix}。国語辞典等の解説によれば、技術の語は、何かを行う方法、手段およびわざについて使われる。すなわち、技術の根源的な性格として、「使って役立つ」ということにあると考えられる。現代社会においては、技術により生み出されたモノやサービスがあり、それが使われることにより、目的が達成される形をとることがほとんどである。そのため、技術はモノやサービスを生み出す時に専門家が使う場合と、モノやサービスが実際に使われる際に技術の効果が発現する場合と二重構造になっていることが多い。

- ③技術によって、それを使う目的が達成されればよいのであって、技術の内容について科学的合理性を持った説明が必要という訳ではない。そもそも、人類は科学が成立以前から、経験的知識、経験的なやり方、経験的な技能によって技術を蓄積してきており、そのすべてを明示知として説明することは実際問題として不可能と言わざるを得ない。しかも、技の部分を含むことが多いから、暗黙知の部分があることになり、完全な明示知としての説明は不可能である。
- ④モノやサービスを生み出す行為は、現代社会における分業化された生産の時代においては、通常、多数の人間がかかわっている。その結果、モノやサービスの内容にばらつきが出るのは避けられない。
- ⑤モノやサービスの生み出す際に、その内容を決定づける要素は、それをデザインする人物の志向、能力やその時のコンディション、使用可能な原料及び素材、使える時間とその質、許されるコスト、使用可能な設備や拘束条件、ニーズへの適合性など幅広い。これらの要素のコンプロマイズ（調整と妥協）により、モノやサービス内容が決まる。
- ⑥技術を用いて生み出されたモノやサービスは、多くの場合、その産出後、それを生み出した者の支配下ではなくなる。そのため、モノやサービスは、それをデザインしたり、産出したりした者の想定外の使用の可能性が少なくない。例えば、想定以上の長期使用、想定外の条件の下での使用、想定外の使用の仕方での使用、想定外の人物による使用、必要なメンテナンスなどの条件を満たさない使用などである。
- ⑦技術を使用する現場の状況は複雑系であり、また、時と場所によって変わる。したがって、技術の適用もそれに合わせて複雑系とならざるを得ない
- ⑧技術は、⑤で述べたように、それによるモノやサービスの生み出すにあたって、多様な要素を調整し妥協する必要があること、⑥で述べたように、それらのモノやサービスの使用が非常に多様であり、それをすべて考慮して最適化することは、非現実的であることなどから、安全だけではなく、いろいろなリスクが伴う。したがって、技術にはリスクの概念が内包されているが、その許容度は、規制等により、公的に決められていることもあるが、技術者組織の自主基準による場合もあり、結局技術の使用者が自分で判断しなければならないことも少なくない。
- ⑨安全のリスクについては、絶対安全ではなく、工学的に安全なレベルを維持すればよいとしている。それは、リスクをゼロにしようとするれば、その技術を使わない、あるいは否定するしかないことになるから、ある程度リスクを許容するとの考え方に基づいている。ただし、そのレベルは規制値、JIS、Mill スペック、学会スペック、自主スペックなどの形で決められている。したがって、統一的なものがあるわけではない。科学のように明示知として明確に説明することができないことも少なくない。（経験則などの導入による）
工学的安全のレベルについては、工学事象が複雑系であるにもかかわらず、そのままでは判断ができないので、単純系に置き換える。その結果、実態に合わないことを想定して、安全率を考えるのが通常である。しかし、近年、科学的合理性を強調する結果、安全率が小さくなる傾向がある
- ⑩個々の技術には、それが正しく力を発揮できる限界がある。したがってその限界である境界条件を見極める必要がある。
- ⑪技術によって生み出されたモノやサービスは、リスクゼロということはあり得ないから、残存リスクは避けられない。そしてそのリスクは環境の変化によって変わるから、常にモニター（監視）し評価して、許容限界内に抑えるよう必要措置をとることが必要である。リスクが安全にかかわるものの場合、特に、留意が必要である。
- ⑫技術の評価は、それによって生み出されたモノやサービスが役に立ちその成果を使う人々に喜ばれ、高い評価をうけることにある。したがって、時代により、場所により、環境状況により同じ技術が異なる評価を受けることが起こる。

（５）「３．１１における科学技術上の４課題」と科学技術の特性

マグニチュード９クラスの地震が日本での起こらないとされた理由は、これまでの歴史地震学の研究の結果として、わが国で起こった地震は、８．６が最大だったと考えていたことに加え、（１）固着強度

が弱い沈み込み帯で大きな地震が起こるはずがない、(2)海溝近くで大きな滑りが起こるはずがないとの思い込みのもとにモデルを構築して判断していたにあるとされている³。歴史地震学の研究は限られた過去の文献や現在の地形や堆積物の状況などから合理的推論によって導かれたものであるので、純然たる仮説ではないとしても仮説的性格がかなり濃厚なものであったと言える。加えて、それによるモデルは、いろいろな現実をそぎ落とし、単純化しており、仮説の性格が強い。したがって、そこから導かれる結論にはかなりの不確実性があり、リスクが存在した。少なくともその結果を断定的に表現すべきものではない。また、地震対策を行う際にこの結論を使うとすれば、この結論の不確実性およびリスクを考慮して、十分なリスク分析のうえ、必要な補完措置を行い、残存リスクは監視されるべきものであった。津波防波堤における失敗は、地震研究の結果についてのこのようなリスクの取り扱いに関する不備にあったと考えられる。

福島第一原子力発電所事故については、工学的安全の有するリスクおよび本来的に技術が持つリスクについての認識が関係者に欠如または不足していたものと考えられる。原子力施設のようにリスクが発現して危機になったときの被害が特に大きい場合は、リスク危機マネジメントにおいて、運転する組織や人材の変化、改修等によるプラントシステムの変化、他の原子力施設の経験に基づく弱点の判明などを含め、持続的にリスクのモニター(監視)および評価を行って必要な措置をとることが求められている。しかし、そのようなリスクを常時監視し、危機に備える姿勢が希薄であったと考えられる。

ロボットが実用には供せなかったのは、その実物は、実際に使うものであるとの認識がロボット開発者およびプロジェクトの推進者に弱く、研究開発として、論文になること、試作品として当初の予想通り機能すること、実用ロボットを開発するためのデータが入手できることが主目的となったためであると思われる。したがって、そのロボットは維持管理され、引き続き多面的に使用してみることも、実用に向けた改良がおこなわれることもなかった。

(6)「3. 1 1における科学技術上の4課題」が生じた要因の考察

上述のような科学および技術の特性、そしてそれらを合わせて引き継いだ科学技術についての特性を、意識して理解する必要があるとの念は、ほとんど社会一般にはないように見える。その結果、技術を、科学を説明するかごとく説明することを求め、明快な説明がないと相手を無能または隠し事をしているかのように非難することが行われることが少なくない。また、安全を含めたリスクについて、ゼロであることを断言するよう要求することもしばしば行われる。特に原子力、遺伝子組み換えなど反対派と賛成派が入り乱れて争うような場面では、双方ともそれを求めることが多い。さらに、大学人で技術者である者が少ないこと、科学的明示知による説明が明快なことなどから、科学の分野のエキスパートに技術的判断をゆだね、そのゆだねられた人が科学的推論を駆使してそれに応えることも行われる。もちろん、それで誤りがない場合も少なくないが、技術の特性から考えるとその方法は大きなリスクがあるはずである。技術的推論では印象論的論理となることが多いため、確証がないとの理由で口を封ずることも行われる。文系の者の中には、説明をしてもらえば科学技術の内容も理解できると主張する者もいるが、上述の科学や技術の特性から見て、当然限界があると考えべきである。明示知だけの理解はバイアスがかかる可能性が非常に高いからである。

このような問題が深刻に影響するのは、安全の問題であろう。リスク段階においては、その対策の実施のタイミングやどの程度の時間や費用をかけるかの判断、また、危機段階においてそれぞれのタイミングでどの様な判断をすべきかはかなり高度な知識と経験が要求され、勘も重要である。さらに、科学技術の特性に関する理解も必要であろう。

組織の経営者および運営者すべてに、科学技術の十分な知識が必要であるわけではないが、科学技術の特性ぐらゐは理解している必要がある。特に、安全を最優先で判断することを求められるような組織の経営者や運営者は、それを十分自己の判断で行える程度の科学技術の知識、科学技術の特性の知識、そしてそれらに対する勘を備えていることは当然の責務であろう。また、それを他の者に説明できるコミュニケーション能力も必要である。特に危機の際に短時間に決断を迫られることがトップには多いが、そのような能力が不可欠といえる。

一方、科学者、技術者も必ずしも科学の性格や技術の特性を理解しているとは言えないことが多いように思える。日常の業務においてそのような知識は必要とされないし、科学者教育あるいは技術者教育を受けた大学等においてもそのような授業を受けたことはない者がほとんどである。そのため、周辺との接触のなかで、意識せずに学んだ理解がそのまま科学や技術の特性に関する理解となっていることが多い。

一般的には、大学ではほとんどの場合、科学の研究および科学的知識の教育が目的となっているの。

そのため、科学の特性に関する知識はある程度あったとしても、技術についてはその延長線上で想像していることがほとんどである。そのため、その研究活動においては、科学的検証やデータ取得目的か、使える製品を作ることが目的かが不明確、論文にされない研究の価値の低評価、技術は科学より劣等であるとの意識などが生じやすい。そして、技術がいろいろな条件のコンプロマイズの産物であることを無視し、論文化して学会で認められることを目的にした分析的、あるいは、部分最適的な科学の考え方を技術に持ち込んで論ずることも少なくない（これをここでは「技術の科学化」と呼ぼう。）。このような技術の科学化は、技術ではあいまいにされていた点を明確にし、技術の次の発展につながるので良い効果も期待できるが、これまであいまいさのゆえに、安全率などによって顕在化しなかったリスクが高まる恐れもある。したがって、科学解析の結果の技術における使用においては、そのようなリスクを考慮しながら行う必要がある。

上記において言及した以外の一般人については、科学や技術の特性について学ぶ機会は全くと言ってない。基本的には高等学校までの理科で学んだ知識や認識が科学や技術に対する理解のもとになっていると考えられる。マスメディアの関係者もこの問題に関する限りは一般人と同様と考えられる。現在の多くの経営者においても、科学や技術に関係が深く関与しているのでなければ、一般人と同様の感覚とみなすのが妥当であろう。

高等学校までの理科においては、科学の知識が教えられる。それは真理、確実なもの、学問の一部として教えられる。身の回りにある科学技術の成果とはかなり縁遠いものである。したがって、科学や技術の不確実性、技術が本来的にリスクを内在している事実、自分たちの生活が技術によって支えられることなどは学ぶ機会はほとんどない。高等学校教育では、受験の観点から科学系学科の志望者も技術系学科の志望者も理系としてまとめられてしまう結果、技術を理科の延長線上でとらえる意識が一般的であると思われる。その意味では、国民の大多数は、科学技術を技術をも含めて科学としての視点で見ている可能性が高い。しかも、不確実性についてはほとんど理解していないと思われる。一方、西欧社会における Science が Technology を包含してしまう流れのなかで、技術についても科学と表現される場合がマスコミ等で増加しており、科学技術が Science すなわち科学と表現されることも多い。この結果、科学と技術との間の区別は困難になったばかりではなく、混乱して使われるという面もないではない。そして、技術については、不確実性はないものとした科学の視点で観ており、技術本来の持つ特性はよほど明確に指摘されない限りは、気づかないという状況にある。（このような変化を「科学技術の不適切な科学化理解」とここでは呼ぶことにする。）

なお、科学に技術を包含して Science とする国際的流れに沿っていけば、科学技術の語を科学に置きかえる時代が来るのかもしれない。ただし、その性格の中には技術から引き継がれた特性が存在することを広く理解してもらう必要があるであろう。

（7）「科学技術の不適切な科学化理解」の影響

「科学技術の不適切な科学化理解」の影響の第一は、科学技術の有するリスクに対する正しい理解が行われなくなる恐れである。科学技術のリスクに対する恐れが実際のリスクのレベル以上に大きく認識されたり、逆に過小評価されたりする可能性がある。そのため、原子力、遺伝子組み換え、食品安全などの領域において見解の対立が強まる可能性もあろう。また、アンチ科学技術の風潮が強まったり、科学技術離れが強まったり恐れもなきにしもあらずである。

「モノづくり」はすぐれて技術の問題である。それが不適切に科学された視点で見、不適切な科学化理解に基づく価値観でとらえられるとすると、技術には十分な価値を見いだせず、青年の技術離れが起こる可能性が高いであろう。そして、結局、モノ作り離れとなる可能性がある。実際にコンピュータでやれることばかりに関心が向き、物を作る現場を軽視する動きがあると聞く。また、コストや市場および現場の実情に合わない非現実的あるいは仮想的なものづくりを志向する傾向も出てくる可能性がある。このような動きは、従来型のモノ作りから新しいイノベティブなモノづくりに発展させる可能性があるものであまり否定的に考える必要はないが、技術の持つ特性を理解していないと建設的な結果とならない可能性が高い。

技術の持つ工学的安全の考え方、リスクを許容せざるを得ない面、そもそもいろいろな要素や要求条件の中で調整妥協（コンプロマイズ）を図ってモノやサービスの最終的な形が決まっている事情などに対する理解がなく、一方的に技術について科学的説明を求め、リスクに大きな比重のかかった要求が強くなる傾向が強まると、それに応えることが可能な範囲で技術活動が行われるようになり、新しい技術や商品にチャレンジするレベルが低くなる可能性が高い。これはモノ作りの国際競争力の喪失につながるであろう。

技術の性格をしっかりと理解していない指導者や経営者のもとでは技術者のモチベーションは上がらず、自己の技術を生かしてくれる組織に移動していく可能性が高い。そうでない場合であっても、自分たちの専門分野にこもってしまい、イノベーションを起こすような意欲を持って積極的に活躍する動きは失われる可能性が高く、その人の持っている能力が十分使われない状況となる可能性がある。

イノベーションは、基礎科学からスタートした場合、その成果が大きいかもしれないが、その種が出てくる可能性は低く、それが成功する確率は低い。そもそも意識して出てくるものではないかもしれない。技術の領域からスタートした場合はイノベーションまでの距離が近く、結果も出やすい。技術活動の広がりや大学や研究所が中心の科学活動に比べると格段に広く、国の方々からイノベーションが起きることも期待できる。「科学技術の不適切な科学化理解」が国民の間にあると、科学志向が強くなり、技術を目指す人材が少なくなってイノベーションの可能性を低める可能性がある。さらに、企業は技術者を求めており、人材需要とのミスマッチが起きる恐れもある。これはモノづくり、科学技術の国際競争力の低下をもたらすと思われる。

(8) おわりに

この研究始めるにあたっては、「研究論文になりにくいのでおすすめしない」とのアドバイスを何人かからもらった。確かにその通りであって、①直接的に参考にできる先行研究はほとんどなく、②個人的思いを表現しただけとの批判を受ける可能性が高い、③実証的な研究を行おうとすると、アンケート、文献や資料などのキーワード抽出とその統計処理による方法、シミュレーションなどが考えられるが、前2者の場合は、人々の考え方の現状の趨勢が明らかにはなってもこの研究のねらいとはかなり距離があり、後者の場合はシミュレーションをするに必要な基礎データの入手が困難であった。したがって、もっぱら、このような問題について議論をして有益な意見をいただけたような科学技術哲学者、科学技術政策立案のリーダー、科学技術社会学研究者、民間技術者のリーダー的な人、技術倫理学研究者、マスメディア関係者、在日公館の科学技術関係者などと議論をし、また、これらの人々の著作や発言などの内容を理解した上で、論理的推論によって論理を構築していくという方法を取らざるを得なかった。そのため、この研究発表の結論の内容は仮説的性格が非常に強いと言える。もちろん、そのような論理が適切だと判断した要因となった事象は事実として存在する。このような方法によって論理を作成することは人文科学や社会科学ではあり得ることであるが、論文として認められるか否かについては議論が分かれるところかもしれない。特に、実証性、客観性、再現性などを重視する立場に立つと、論文化は不可能ということになるだろう。そうあれば、これは、科学が持つ枠組的限界ということになりそうである。しかし、発表者は、ここに述べたような科学技術をめぐる現状に関する議論は、今後のわが国の科学技術のあり方を考える際に非常に重要であると考え、例え、仮説にすぎない、個人の思いを述べているだけと切り捨てられたとしても、問題提起として行う必要があるとの観点からこの報告を行うこととした。なお、このような研究については、絶対的な結論はあり得ないので、常に中間報告的な性格を持っている。

-
- i 宮林正恭, リスク危機マネジメントをすすめ, 丸善出版, (2013)
 - ii 国会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, 国会, (2012)
政府東京電力福島原子力発電所事故調査委員会, 政府事故調報告書, 内閣府, (2012)
福島原発事故独立検証委員会, 福島原発事故独立検証委員会調査・検証報告書, 一般財団法人日本
再建イニシアティブ, (2012)
 - iii 文部科学省, 高等学校学習指導要領および解説, (2009)
 - iv 佐々木力, 科学論入門, 岩波書店, (1996)
 - v 中島秀人編著, エンジニアのための工学概論, ミネルヴァ書房, (2010)
 - vi 村田純一, 技術の哲学, 岩波書店, (2009)
 - vii 藤垣裕子, 専門地と公共性, 東京大学出版会, (2003)
 - viii ウィキペディア, 技術の項, テクノロジーの説明中の文章
 - ix 山崎俊雄, 日本大百科全書「技術」の項 小学館 (1998)
 - x 東北地方太平洋沖地震対応臨時委員会編 東北地方太平洋沖地震対応臨時委員会報告 公益社団法人
日本地震学会 (2012)