

技術者と公衆の信頼関係をどう築き上げていったらいいのか

——科学技術の安全・リスクという側面から——

大 石 敏 広

技術者の仕事は、様々な要素・部品を組み合わせ総合して、複雑な物を設計・制作していくことである。要素・部品間には、協調的に働いたり、相互に抑止的に働いたりという複雑な相互作用が生じる。また、人間には、情報を完全に収集することができず、集めた情報を完全に処理することもできない（「限定合理性」という限界がある。このことから、要素・部品間の複雑な相互作用から何が生じるかを完全に予測することは不可能である。しかし、もし技術者が作った物が公衆に危害を及ぼせば、それを作った技術者は公衆の信頼を失う。安全・リスクの問題は、技術者と公衆の信頼関係という問題と密接に関連していると言える。本論では、この安全・リスクの問題に技術者はどのように関わっていくべきかという側面から、技術者と公衆の信頼関係の構築という問題について考えていきたい。

一 技術者倫理における四つの視点

現在の技術者倫理の議論では、技術者と安全・リスクの関わりについて考察するうえで重要であると考えられる四つの視点が混在しているように思われる。それは、①技術者個人の視点、②技術者集団の視点、③技術者の公衆との関わりという視点、④技術者と公衆の双方向のコミュニケーションという視点である。

①の技術者個人の視点は、一人一人の技術者が仕事のうえで倫理問題に直面した場合に、どのようにそれに対処していくべきかに関わる。これは、「技術者個人の倫理」であると言える。この視点においては、例えば、自分が設計した建物に後になっ

て欠陥があるのではないかという疑いが生じた場合、その疑いにどのように対処し、実際に欠陥があることが判明したなら、それをどのように処理していくべきか、といった問題が取り扱われる。

②の技術者集団の視点は、個々の技術者ではなく、集団としての技術者がどのように技術のあり方を考えるかに関わる。「集団としての技術者」は、企業などの組織における集団あるいは専門分野ごとの集団としての技術者群を指す。この視点では、技術者集団として、ある特定の技術が社会にどのような影響を与えるかを考え、社会との関係の中でそれらをどのように取り扱うべきかを問題とする。これは、「技術者集団の倫理」であると言える。⁽¹⁾

③の技術者の公衆との関わりという視点は、技術者が公衆に対してどのように対応していくべきかという点に着目する視点である。ここでの「技術者」は、個人としての技術者、組織内の集団としての技術者、専門分野ごとの集団としての技術者と見ることができるといえる。この視点からは、リスク情報を含めた科学技術に関連する情報を公衆に分かりやすく説明・伝達する責任（情報公開の責任、「説明責任」）が技術者にはあるという点が強調される。技術者は、分かりやすい情報伝達により公衆から「インフォームド・コンセント」を得ることによって、科学技術が社会において引き起こしている問題の解決を目指さなければならぬ。⁽²⁾

④の技術者と公衆の双方向的コミュニケーションという視点は、技術者から公衆への一方向的コミュニケーションの視点（視点③）とは異なり、技術者と公衆の間の相互のコミュニケーションに着目する（「技術者」の意味は視点③と同様）。専門家による判断が絶対的に正しいというわけではなく、非専門家である一般人の判断にも学ぶべき点がある。科学技術に関する問題を解決するために技術者は、単に公衆に分かりやすく情報を伝えるだけではなく、公衆の意見や考え方に耳を傾け、公衆との合意を目指さなければならない。⁽³⁾

以上述べてきた四つの視点の存在は、技術者倫理における議論の深まりを示していることと見ることができるといえる。次に、この観点から、スペースシャトル・チャレンジャー号爆発事故を取り上げよう。

二 スペースシャトル・チャレンジャー号爆発事故

事故の概要は以下のとおりである。一九八六年一月二八日、スペースシャトル・チャレンジャー号が打ち上げられ、発射七三秒後に爆発し、乗船していた七人の宇宙飛行士全員が死亡した。事故の直接の原因は、固体燃料補助ブースターロケットのパーツのつなぎ目の隙間から高温の燃焼ガスが漏れて、液体燃料に引火し爆発が生じたことである。打ち上げ当日の気温が約マイナス1℃と低く、ブースターロケットのパーツのつなぎ目

に用いられていた二つのゴム製の器具（Oリング）が低温のため硬化し、機能しなくなってしまう。そのため、つなぎ目が密閉されなくなり、そこにできた隙間から燃焼ガスが漏れ出したのである。NASAの下請け企業としてブースターロケットを製造していたモートン・サイアコル社の社員であるロジャー・ボジョリーら技術者は、低温下でのスペースシャトル打ち上げが爆発事故につながることを予測し、警告を発していた。チャレンジャー号打ち上げ前日には、打ち上げ時の気温が零下になるという予報が出ていた。そこで、NASAとモートン・サイアコル社との間でテレビ会議が行われた。その会議において、ボジョリーら技術者は、チャレンジャー号の打ち上げ中止を勧告し、打ち上げるためには気温は一一・七℃（打ち上げ実績の最低温度）以上でなければならぬと主張した。これに対して、NASAのメンバーは強く反発した。議論が膠着したので、テレビ会議を中断して、モートン・サイアコル社の人間だけで議論が行われた。結局、四人の経営幹部全員がチャレンジャー号の打ち上げに賛成し、NASAに打ち上げの承認が伝えられた。こうして、チャレンジャー号は打ち上げられ、爆発した。⁽⁴⁾

この事故について、技術者は安全に対する責任を果たしたのであり、それに対して経営陣は安全を軽視し打算的であった、という主張がある。⁽⁵⁾このような主張に対して次のような問題点が指摘されている。(1)ボジョリーたちが提出したデータは、

燃焼ガスの漏出と低温の因果関係を示すのに十分なものではなかった。しかも、燃焼ガスの漏出は、打ち上げ時の最高気温と最低気温の両方で発生していた。(2)Oリングに関する不確実性は認識されていたが、テレビ会議以前においてOリングのリスクは「受け入れ可能である」という合意があった。Oリングの弾性が失われることによる影響は「余裕安全率の範囲内」と考えられ、たとえ第一のOリングが機能しなくても、第二のOリングがバックアップとして働くという「冗長性」があると見なされた。(3)打ち上げ前夜のテレビ会議での打ち上げ反対という技術者の主張は、モートン・サイアコル社の技術者全員が一致したものではなかった。(4)打ち上げの温度基準は、ブースターロケット着火前の固体燃料温度であり、外気温は条件となっていなかった。正当な手続きを経ることなく、打ち上げの前日になって急に、新たな打ち上げ許可基準を設定することは容認できなかった。⁽⁶⁾

技術者倫理の議論では、こうした問題点は、複雑化した組織の欠陥（システムや意思決定のあり方などに関連する）を示している⁽⁷⁾と見るのが一般的である。しかし、この事例には、次のようなより本質的な問題が潜んでいるように思われる。

第一に、燃焼ガスの漏出と低温の因果関係を定量的に示すことの困難さである。ボジョリーたちは実験室での実験も行っていたが、決定的なデータを示すことができなかった。これは、ハイテクを使った複雑な人工物のリスクを特定することの難し

さを示している。

第二に、オーリングのリスクは「受け入れ可能」であるという、NASAとモートン・サイアコル社の間の合意に対して後、モートン・サイアコル社のボジョリーたち技術者が異議を申し立てたという点である。オーリングのリスクについて、NASAの技術者とモートン・サイアコル社の技術者の間には見解の不一致が存在していたわけである。NASAの態度は後に、例外を受け入れるために受け入れ可能な範囲を拡大しようとする「逸脱の正常化」に陥っていたとして批判されることになるが、ここには、オーリングのリスクをめぐって、専門家である技術者の間に見解の不一致が存在していたのである。⁽⁸⁾

第三に、会議において、ボジョリーたちが、損傷の見つかったフライトのみならず、すべてのフライトに基づいて図表を提示していたら、より説得的なデータとなったであろうという指摘がある。なぜボジョリーたちは、そのような図表を作成しなかったのか。テレビ会議に出席していたその他の人たちはなぜ、そのことに気がつかなかったのか。C・ウィットベックは、図表による効果的な説明の技能は、たいていの工学教育課程においてほとんどあるいは全く重要視されないものであるから、この指摘は、技術者というより、工学教育者にとつての教訓であると述べている。しかし、もしそうだとするならば、この図表の問題は、技術者にとつての本質的な弱点を示していると言えるのではないだろうか。⁽⁹⁾

以上のように、問題の所在はただ単に組織の欠陥にあるのではない。チャレンジャー号爆発事故の事例は、①技術者個人の視点、②技術者集団の視点、③技術者の公衆との関わりという視点を越えて、④技術者と公衆の双方向的コミュニケーションという視点に立ちながら、組織のあり方について考えていくことが必要である、という点を示している。

三 科学だけでは解けない問題

なぜ技術者が安全・リスクと関わるうえで視点④の重要性が主張されるようになったのであろうか。その背景について述べておく。

現代社会は高度技術社会である。科学と技術が不可分に結びつき、科学技術の革新が急速に進行し、その成果である人工物が社会に広く浸透している。このような現代社会において、「科学は必要だが、科学だけでは解けない問題」の領域が出現し、拡大してきている。⁽¹⁰⁾例えば、「原子力発電所の安全棒が同時に故障する」という事態が生じる確率が非常に低いという点については専門家の意見はある程度一致するが、その確率を無視できると見るのか、無視できないと見るのかについては専門家でも意見が一致しない可能性がある。これは、科学を越えており、科学的に答えを出すことができない問題である。⁽¹¹⁾

現代社会における科学技術をめぐることのような状況の根底に

は、「科学の客観性」と「科学の確実性」の問題が存在する。科学の客観性は、「非人格性」と「価値中立性(価値自由)」の二つの側面を持つとされる。科学は客観的であるという科学観では、科学は、個人個人の意志・判断・先入観を排除し、人々の主観的価値の影響を受けることなく、パズルを解くように、「多くの不正解の中に紛れたただ一つだけの正解」を求め、真実で必然的な結論を引き出す活動として理解される。しかし、科学技術が社会と深い関わりを持つようになってきている現代社会において、このような科学観が維持できないことが明らかとなつてきている⁽¹²⁾。この科学技術と社会の深い関わりを説明するものとして「共生性」という概念がある。これによれば、現代社会が、科学技術によつて作られた人工物をその要素として組み込んで成立しているのと同時に、科学技術によつて作られた人工物も社会的要素(政治的・経済的利害関係や価値観など)を組み込んで成立している。科学技術は実用性を目指しており、社会のニーズ、価値観、政府の意向、企業の利潤に対する期待などが科学技術に反映しているのである⁽¹³⁾。

科学は確実性を持つという科学観にも問題がある。科学的リスク分析では、リスクは、「有害事象の生起確率」と「有害事象による損害の大きさ」の積として定義される。まず、「有害事象の生起確率」について見ていこう。技術システムでは、「事故の確率」は、「フォールト・ツリー分析」(システムを構成する各部分の事故確率や人間の操作ミスの確率をもとに、システム

全体の事故生起確率を推定する)や「イベント・ツリー分析」(システムを構成する各部分で生じる出来事がどのような帰結をもたらすかを推定する)の手法が利用される。こうした分析手法には、次のような不確実性が伴っている。①システムを構成する各部分の故障確率や操作ミスの確率の評価に関する不確実性、②部分間の相互作用や外部要因の評価に関する不確実性、③システムの安全性に影響を与える要因をすべて網羅しているかに関する不確実性。次に、「有害事象による損害の大きさ」を評価するためには、(a)放出された物質が人体にどの程度到達するか、(b)その物質が実際にどのような有害な影響を人体に与えるかを分析しなければならない。(a)については、放出源から人体に至る経路が極めて複雑であるため、すべての要素が考慮されているか、個々の要素が適切に評価されているかに関して不確実性がある。(b)については、「疫学的調査」と「動物実験」が用いられるが、それぞれが不確実性を有している。「疫学的調査」に関しては、調査対象の人々が曝された有害物質の量と、当該物質と特定疾患の間の因果関係を正確に推定することとは困難である。「動物実験」に関しては、「種間外挿」(動物実験のデータから人間への影響を推定すること)や「低用量外挿」(問題物質の高い投与量によつて得られた実験データから、低い投与量による影響を推定すること)の問題があり、正確な推定は困難である⁽¹⁴⁾。

四 双方向的コミュニケーションとその問題点

前節で述べた社会変化の中で、科学技術の問題についての議論に専門家のみならず、非専門家である一般人も参加して問題の解決を目指すべきだという考え方の変化が生まれてきた。専門家と非専門家の協働により相互理解を促進し相互の信頼関係を築いていくことの重要性が自覚されてきたのである。⁽¹⁵⁾

以上のような認識が進展してきたことが、本論第一節で述べた、技術者が安全・リスクと関わるうえで四つの視点の存在と連関していると考えられることができる。「科学は必要だが、科学だけでは解けない問題」の領域が出現し、拡大してきている現代社会において私たちは、視点①～③を越えて、相互に情報を伝達し学ぶという双方向的コミュニケーションの視点(視点を④)に立たなければならぬ。一般人との双方向的なコミュニケーションを通して、科学技術の問題について社会的合意を形成していく努力をするということが、現代社会における専門家の重要な責任の一つとなっている。専門家と一般人が双方向的コミュニケーションという対話を通して問題の解決へと踏み込んでいくことよって初めて、専門家と一般人が相互に信頼関係を構築していくための扉を開くことが可能となる。

しかし、双方向的コミュニケーションを実現するというには、次のような困難な問題点が伴っている。これらを克服す

ることなくして真の双方向的コミュニケーションは実現できないし、専門家と一般人が相互に信頼関係を作り上げていくこともできない。

第一に、科学(技術)が客観的で確実なものであるという考え方は根強い。この傾向は、専門家と一般人の両者にありうるが、専門家にとつてより深刻なものであるように思われる。それは、科学教育に関係している。科学教育においては、教科書を使い、あらかじめ設定された標準的なパズルを解くための徹底的な訓練が行われる。それぞれのパズルにはただ一つの正解があり、その唯一解を見つけることができるよう学生を導く努力がなされる。さらに、科学は価値から自由であるということが学生に教え込まれ、科学は不確実なものであるという視点は抑制される。⁽¹⁶⁾ このような科学教育によつて訓練された専門家が、科学技術に関する一般人の見解を不確実で客観性のないものに見なしたり、一般人に対しては専門家の見解を客観的なものとして主張する傾向があるように思われる。⁽¹⁷⁾ 一人前の科学者・技術者になるにあたり、科学教育は本質的な要素を成している。そのような科学教育を批判的に吟味するということは、科学者・技術者にとつて困難なことであろう。

第二に、科学技術のリスク評価をめぐる専門家と一般人の間に深刻な本質的対立がある。専門家は定量的リスク分析により、確率や死亡者数などの数値化可能な視点から、リスク評価の客観的で合理的な基準を与えようとする。これに対して一般人は、

リスクの、量に還元できない質的な側面に注目する。一般人は、「恐ろしいもの」(「制御不能」、「カタストロフイー的」と「未知のもの」(「観察不可能」、「新しい」、「科学的に解明されていない」)に敏感であり、リスクについての「同意」や「同意の手続き」、危険を引き起こす行為などの「制御」や「制御の手続き」を重視する。一般人が「恐ろしいもの」や「未知のもの」に敏感なのは、「社会的な不安定性と結束性に関する直観」の現れである。一般人が「同意」・「同意の手続き」や「制御」・「制御の手続き」を重視するのは、「手続的、民主的価値」を重視しているからである。このように、一般人のリスク認知にはそれ相応の合理性がある。¹⁸⁾ 専門家は、一般人のリスク認知は非合理的であるという考えを捨てて、一般人の価値観を理解したうえで、一般人とともに多様な価値の統合に努力するという誠実さを示す必要がある。しかし、このこともまた、専門家にとって困難な課題であるように思われる。

おわりに

前節で述べた問題点を克服するにはどうしたらいいのか。最後に、技術者の倫理教育に関連して三つの点について述べておきたい。

第一に、技術者倫理の具体的な講義形態について。理工系の学生の倫理・道徳に対する印象は、あまりいいものではないと

思う。その原因の一つが、倫理・道徳の問題について議論しても明確な一つの答えを引き出せないことが多い、という点にある。ここには、科学(技術)は客観的で確実なものであるというところが肯定的に前提されているのではないかと考えられる。現代の科学技術の問題を解決するにはそのような前提は妨げになるということを理解させるための一つの方策として、PBL(問題解決型学習)などを利用して、科学技術に関わる具体的な問題について対話を通して考えていくという講義があるだろう。それは、「科学だけでは解けない問題」が存在することを実感させるという方法である。

第二に、倫理問題を、工学の設計問題とのアナロジーで考察するという考え方(「設計的思考」)に着目したい。設計的思考の特徴は、問題を解決していく際に、それぞれの状況に応じて、様々な解決を念頭に置きながら、対立する多様な価値の存在を認め、それらに折り合いをつけながら、価値の全体をできるだけうまく総合していくという点にある。¹⁹⁾ そもそも工学においては、設計問題の解決をする際にはこのような立場が取られている。このことは、前節で述べた二つの問題点を克服する必要性が技術者によって理解される可能性を示唆している。設計的思考と双方向的コミュニケーションの視点を結び付けた技術者倫理教育によって、この可能性を現実のものとしていく必要がある。

第三に、倫理学者と科学者・技術者の教育上の協働が必要である。しかし、すべての科学者・技術者が、双方向的コミュニ

ケーションを推進することの重要性について認識しているわけではないであろう。また、「科学コミュニケーション」の概念の理解に関する問題がある。日本において科学コミュニケーションの振興が問題となったのは、一九九四年に「若者の科学技術(理科)離れ」の懸念が表明されたのが大きな契機であったという。その後、一九九〇年代末から、科学コミュニケーションということで、双方向的コミュニケーションの重要性が指摘されてきた⁽²⁰⁾。しかし、現代においても、多くの教育機関において依然として、科学コミュニケーションの推進ということが、科学技術の啓蒙を行い、若者の科学技術(理科)離れを防ぐ活動として理解されているのではないだろうか。倫理に携わる者は、科学者・技術者との対話を通して、双方向的コミュニケーションの重要性について訴えていく必要がある。ただし、それは極めて困難な仕事であることは確かである。

〔付記〕本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C)の助成を受けたものです。

注

(1) ①と②の視点の区分については、杉原・大野(二〇〇五:二二二—二一九)、中村収(二〇〇八:二二二—二一六)を参照。ただし、本論での区分は、本論の視点から修正したものである。

- (2) 例えば、黒田・戸田山・伊勢田編(二〇〇四:一九〇—二〇四)、杉本・高城(二〇〇五:一六〇—一七三)、Schinzinger/Martin(2010:81-84)、中村昌(二〇一二:三八一—三九、七〇—九〇)などを参照。
- (3) 黒田・戸田山・伊勢田編(二〇〇四:一五二—一五五)、齊藤・坂下編(二〇〇五:一六〇—一六一)、石原(二〇〇七:三三—三四)などを参照。
- (4) 事故の概要については、ピーチャム/ポウイ(二〇〇五:一三六—一四五)、蔵田(二〇〇五)などを参考にした。
- (5) 例えば、Whitebeck(2011:105,107,117,119-120)を参照。
- (6) Collins/Finch(1998:30-56)、蔵田(二〇〇五:一四一—一四四)、Schinzinger/Martin(2010:98-99)、中村昌(二〇一二:五三—五七)などを参照。
- (7) ピーチャム/ポウイ(二〇〇五:二四七—二五五)、ハリス他(二〇〇八:二二五—二二九)、中村昌(二〇一二:五七)などを参照。
- (8) スペースシャトル・コロンビア号の空中分解事故(二〇〇三年二月一日)に関連して技術者が陥っていた「逸脱の正常化」については、澤岡(二〇〇四:五五—五八)を参照。
- (9) 図表に対する指摘については、Schinzinger/Martin(2000:98-99)、中村昌(二〇一二:五四—五五)を、ウィットネスクの主張については、Whitebeck(2011:106)を参照。
- (10) このような問題の領域を、A・ワインバーグは「トランス・サイエンス(Trans-Science)」と、J・ラベッツは「ポスト・ノーマル・サイエンス(Post-Normal Science)」

と名付けている。Weinberg (1972: 209)、Ravetz (1999: 649)、ラベッツ (二〇一〇: 一一〇) を参照。

- (11) Weinberg (1972: 219)、小林 (二〇〇七: 二二四) を参照。
- (12) 村上 (一九九八: 一九六—一九七)、ラベッツ (二〇一〇: 八九—一一一) を参照。
- (13) 平川 (二〇一〇: 二二六—二二七)、三〇—三三)、ラベッツ (二〇一〇: 六九—八七) などを参照。
- (14) 石原 (二〇〇五: 一七八—一八二) を参照。また、ハリス他 (二〇〇八: 一八四) も参照。
- (15) 小林 (二〇〇四)、平川 (二〇一〇: 五二—六二) などを参照。
- (16) ラベッツ (二〇一〇: 九—九二、一三二) を参照。
- (17) Ravetz (1999: 649)、小林 (二〇〇四: 二八九、三〇六—三〇七)、平川 (二〇一〇: 八六—八九)、比屋根 (二〇一〇: 一一三—一二五) などを参照。
- (18) 一般人のリスク認知の特徴については次の文献を参考にまとめた。Slovic/Fischhoff/Lichtenstein (1980)、Fischhoff/Slovic/Lichtenstein (1982)、Slovic (1987)、Florino (1989)、もやん、一般人には、非合理的な感情的反応をする側面もある。一般人にも冷静さが必要である、という点についてここで強調しておかなければならない。
- (19) 設計的思考について詳しくは、大石敏広「応用倫理学の方法論としての設計的思考」(現在、日本科学哲学会誌「科学哲学」に投稿中)を参照。
- (20) 「科学コミュニケーション」の概念の日本における変遷に

ついては、藤垣・廣野 (二〇〇八) を参照。

参考文献

- 石原孝二 (二〇〇五) 「科学技術のリスク評価とリスク認知」、新田・蔵田・石原編 (二〇〇五)、所収。
- (二〇〇七) 「技術リスクにどう向き合うべきか」、北海道技術者倫理研究会編「オムニバス 技術者倫理」、共立出版、所収。
- 黒田光太郎・戸田山和久・伊勢田哲治編 (二〇〇四) 「誇り高い技術者になろう——工学倫理ノススメ」、名古屋大学出版会。
- 蔵田伸雄 (二〇〇五) 「スペースシャトル・チャレンジャー号の爆発と技術者の倫理」、新田・蔵田・石原編 (二〇〇五)、所収。
- 小林傳司 (二〇〇四) 「誰が科学技術について考えるのか——コンセンサス会議という実験」、名古屋大学出版会。
- (二〇〇七) 「トランス・サイエンスの時代——科学技術と社会をつなぐ」、NET出版。
- 齊藤了文・坂下浩司編 (二〇〇五) 「はじめの工学倫理」、第二版、昭和堂。
- 澤岡昭 (二〇〇四) 「衝撃のスペースシャトル事故調査報告——NASAは組織文化を変えられるか」、中央労働災害防止協会。
- 杉原桂太・大野波矢登 (二〇〇五) 「欧米における技術者倫理・技術倫理の動向」、齊藤了文・岩崎豪人編「工学倫理の諸相——エンジニアリングの知的・倫理的問題」、ナカニシヤ出版、所収。

杉本泰治・高城重厚(二〇〇五)「大学講義 技術者の倫理入門」、

第三版、丸善。

中村収三(二〇〇八)「新版 実践的工学倫理——みじかく、やさしく、役に立つ」、化学同人。

中村昌允(二〇一三)「技術者倫理とリスクマネジメント——事はこうして防げなかったのか」、オーム社。

新田孝彦・蔵田伸雄・石原孝二編(二〇〇五)「科学技術倫理を学ぶ人のために」、世界思想社。

ハリス、C. E. 他(二〇〇八)「科学技術者の倫理——その考え方と事例」、日本技術士会訳編、第三版、丸善。

ピーチャム、トム・L/ボウイ、ノーマン・E(二〇〇五)「企業倫理学Ⅰ——倫理的原理と企業の社会的責任」、加藤武監訳、見洋書房。

比屋根均(二〇一三)「技術の営みの教養基礎 技術の知と倫理」、理工図書。

平川秀幸(二〇一〇)「科学は誰のものか——社会の側から問う直す」、NHK出版。

——(二〇一三)「個人・組織・社会の協働のための」参加型手法」平川秀幸・土田昭司・土屋智子「リスクコミュニケーション ション論」、大阪大学出版会、所収。

藤垣裕子・廣野喜幸(二〇〇八)「日本における科学コミュニケーション ションの歴史」、藤垣裕子・廣野喜幸編「科学コミュニケーション ション論」、東京大学出版会、所収。

村上陽一郎(一九九八)「安全学」、青土社。
ラベッツ、ジェローム(二〇一〇)「ラベッツ博士の科学論——

科学神話の終焉とポスト・ノーマル・サイエンス」、御代川貴久夫訳、みじく書房。

Collins, Harry/Pinch, Trevor (1998) *The Golem at Large: What You Should Know about Technology*, Cambridge University Press.

Fiorino, Daniel J. (1989) "Technical and Democratic Values in Risk Analysis," *Risk Analysis*, vol. 9, no. 3.

Fischhoff, Baruch/Slovic, Paul/Lichtenstein, Sarah (1982) "Lay Fables and Expert Fables in Judgments About Risk," *The American Statistician*, vol. 36, no. 3.

Ravetz, J. R. (1999) "What is Post-Normal Science," *Futures*, 31.

Schinzinger, R./Martin, Mike W. (2000) *Introduction to Engineering Ethics*, McGraw-Hill.

——(2010) *Introduction to Engineering Ethics*, Second Edition, McGraw-Hill.

Slovic, Paul (1987) "Perception of Risk," *Science*, vol. 236.

Slovic, Paul/Fischhoff, Baruch/Lichtenstein, Sarah (1980) "Facts and Fears: Understanding Perceived Risk," in R. Schwing and W. Albers eds., *Societal Risk Assessment*, New York: Plenum.

Weinberg, Alvin M. (1972) "Science and Trans-Science," *Minerva*, vol. 10, no. 2.

Whitbeck, Caroline (2011) *Ethics in Engineering Practice and Research*, Second Edition, Cambridge University Press.

(佐藤)としひみ・北里(大)