

原子力を例に，技術利用における安全確保を考える

Safety Assurance in the Use of Technologies
— As an Example of Nuclear Power Technology —

国際環境経済研究所

竹内純子

International Environment and
Economy Institute

Sumiko TAKEUCHI

SUMMARY

Technologies that offer great benefits also carry great risks as a reaction. As with any technology, a certain degree of risk must be accepted instead of the benefits it provides. However, the extent to which the risk is acceptable is an issue that must be judged on the basis of a balance with the benefits it provides. The degree to which a technology can bring benefits to society and the extent to which risks are acceptable depend on the situation and values of the society, and it is difficult to form a consensus as a society by comparing and equating those risks that are subject to subjective judgment. This paper is based on the 'Is Nuclear Power Safe?' (Shogakukan) and the 'Reconsideration of "safety goal" - Why do we need a safety objective? -' (Joint authorship, Yayoi Study Group on Safety Goals), which I have written so far and this paper considers how to ensure safety in the use of technology.

Key words

Safety Goal, Nuclear Safety, Nuclear Regulation, Voluntary Safety Improvement

1. 安全とは何か

「安全」とは何か。社会では様々なリスクが顕在化し，安全であることを意識すらしなかった平穏な生活が一変することも，残念ながら少なくない。普段何気なく使っている「安全」という言葉であるが，広辞苑の定義によれば，「安らかたで危険のないこと。平穏無事。」と表現され

る。あるいは大辞泉では「危険がなく安心なこと。傷病などの生命にかかわる心配，物の盗難・破損などの心配のないこと。」と説明されている。しかし「危険がない」という状態と，「心配がない」という状態の間には大きな距離がある場合も少なくないし，「危険がない」と断言できる状況もまたほとんど無いと考えるべきであろう。辞書による言葉の定義を鵜呑みにせずに考

えれば、安全とは「危険を、無視できる程度の大きさに収めること」を指すと考えるべきであろう。

技術を利用する上での安全についての国際的な定義も似たような定義をされている。国際標準化機構 (International Organization for Standardization: ISO) と国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission: IEC) の統一見解として、安全とは「許容できないリスクがないこと (freedom from risk which is not tolerable)」、逆に「許容可能なリスク (tolerable risk)」とは「level of risk which is accepted in a given context based on the current values of society (その時代の社会の価値観に基づき、特定の (所与の) コンテキストにおいて受け入れられている水準のリスク)」とされる。なお、リスク (risk) とはそもそも、「危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ」、危害 (harm) は「人の受ける身体的傷害若しくは健康傷害、又は財産若しくは環境の受ける害」と定義する。

日本の JIS 規格もこれらの定義を受け入れており、安全とはリスクが顕在化することを防止し、もしリスクが顕在化して現実となってしまった場合にはその影響を緩和することによって、人間の生命、健康及び財産並びに環境を適切に保護することとしている。リスクが顕在化することを完全に防止したり影響をゼロにしたりすることが求められるのではなく、あくまでその社会通念に基づいて許容できるレベルにリスクを抑制することである、という考え方は、日本も含め国際的に共通する認識になっていると言える。

しかしこうした定義を共有できたとしても、どういう状態であれば安全と言えるかについて共通の見解を持つことは容易ではない。「安全」という相対的価値は個々人の主観によって評価

が大きく異なるため、客観的に決めることは困難であり、ISO と IEC の共通見解が「許容可能なリスク (tolerable risk)」のレベルは「その時代の社会の価値観に基づき」あるいは「特定の (所与の) コンテキストにおいて受け入れられている」としている通り、社会や公衆の価値観に大きく左右されるからだ。

しかし客観的に定めることが困難だからと言って、「どの程度のリスクなら許容されるのか」、言い換えれば、「どれくらい安全なら十分安全といえるのか?」 (“How safe is safe enough?”) という問いかけから逃げていては、いずれはその技術の利用は行き詰ることになるだろう。どのような技術であってもその利用にはリスクが伴う。その技術の利用に伴って得られるメリットと、そのことで生じるリスクとの比較衡量を行い、メリットが勝る場合にのみ、その技術を利用することが社会に受け入れられるのであり、その価値判断は技術利用に伴うリスク管理の重要な枠組みを形作るものだ。リスク管理の初めの一步として、「どれくらい安全なら十分安全といえるのか?」 (“How safe is safe enough?”) という問いかけに、技術と社会の両面から答えるためのよりどころとしての安全目標を議論することの重要性を指摘しておきたい。

2. 安全目標はどのように決定されるべきか

前項で、安全目標について「どれくらい安全なら十分安全といえるのか?」 (“How safe is safe enough?”) という問いかけに対して「技術と社会の両面から答えるためのよりどころ」と述べた。しかし、原子力のような複雑なシステムについてはむしろ、当該システムを運転・経営する組織が科学的・技術的基盤のみに立脚して実施すべき、と考えられるかもしれない。こうした考えに立てば、安全目標は、純粋に「科学的・技術的」に決めるべきものであり、ステ

ークホルダーと対話したり社会的なリスク認知等を考慮したりすることは科学の「客観性」を損なう結果となりかねない、という主張が導かれる。我が国の原子力規制委員会が、「独立した立場で科学的・技術的見地から原子力発電所の規制に必要な基準を設定することが役割との認識のもと、安全目標は原子力規制を進める上で達成を目指す目標であり、社会的受容性やコストとのトレードオフとの観点から安全目標を設定したものではない」と説明している背景には、上記のような考え方がありと推認される⁽¹⁾。

しかし筆者は、安全目標とは原子力のリスク管理に係る「社会との約束事」とも言うものであり、その設定・活用においては社会との相互作用が必然的に要請されるものだと考える。その理由はそもそも第1節で書いた通り、「安全」の定義自体に「価値判断」という主観的な成分が含まれていることがまず挙げられる。公衆の価値判断という成分が含まれている以上、科学だけで安全を定義できるものではないと考えるのが自然だろう。

もちろん、公衆による議論を重ねてボトムアップで安全目標を決定することは、理想ではあるがそれが現実的に困難であることは容易に想像がつく。プロセスとしては、十分な保護の内容・レベルについての議論を政府ないし規制機関が提示し、被規制者や公衆との対話を行いつつ、社会が安全目標を共有するというのが望ましい。

この安全目標の共有に至るまでのプロセス自体が重要なリスク・コミュニケーションである。誤解を恐れずに言えば、安全目標はその内容如何よりも、自分たちの社会が掲げる目標として認識されるために、決定までのプロセスが重要だと言えるのかもしれない。できる限りの客観的情報を用い、透明かつ公開されたプロセスによって議論していくことが重要だと考える。科

学的・技術的な論理を十分に踏まえた上で、リスクに対する社会的選好、リスクとベネフィットの分配に係る公平性、目標の実現・達成の可能性や費用等、数多くの要素を考え併せた上での政策的判断が求められる。例えば原子力技術利用に対するニーズも、化石燃料資源に乏しい日本と、石炭もシェールオイル・ガスも産出する米国では大きく異なるし、日本においても電力消費地と立地地域とでは必ずしも一致しない。逆にリスクについての考え方も、その社会の状況や経験によって異なるということもあり得よう。

安全目標をスマートに設定する必要はない。むしろ、こうした社会の価値観を安全目標の設定に反映させるためにもがき苦しむ姿勢が、リスク管理者には求められるのではないだろうか。科学的・技術的見地からのみ安全目標を設定すればよいのであれば味わうことのない苦悩に存分に身を浸してこそ、安全目標の意義が果たされるとも言えるだろう。

3. 原子力施設の安全目標の設定

これまで一般的に技術利用に伴う安全について述べてきたが、以降は具体的に原子力技術利用に関する安全目標の設定について議論を進めたい。

リスクは人間の活動に伴って生じるものであるが、社会にとってメリット（便益）のないところにリスクは存在してはならない。原子力に限らず、ある技術が社会に存在することを許されるためには、その利用が社会にもたらすメリットとその利用に伴って生じるデメリットの比較衡量が必要となる。そのためまず、原子力の利用が社会にもたらすメリットを整理すれば、

- ① 少量の燃料で大きなエネルギーが取り出せるため、安定して大量の電力を供給できる。
- ② 燃料資源（ウラン燃料）が地域的に偏在して

いない（調達の安定性）。

③ 燃料の備蓄性が高く、準国産エネルギーと扱うことができ、国のエネルギー自給率向上に寄与する。

④ 設備投資額は高いものの運転コストが安いので（少量の燃料で大きなエネルギーを生産できることと関連）、割引率を低く抑えかつ予定された稼働率・稼働期間を確保できれば、発電量当たりの単価が安い（経済性が高い）。

⑤ 発電時に地球温暖化の原因となる温室効果ガスを排出しない。

などがあげられる。この他にも、高精度かつ巨大な技術の集合体である原子力発電所のサプライチェーンを有していることの産業政策的な意義なども考えられるが、エネルギー政策の観点に限っても、その基本と言われる「3E（エネルギー安定供給・安全保障、経済性、環境性）」のいずれの点においても大きなメリットを国民に提供しうる、あるいは、提供するポテンシャルを有している。

エネルギーは「インフラ中のインフラ」と表現されるように、情報通信や交通・物流、医療等他のすべてのインフラを支えるインフラである。社会の血液としてくまなく張り巡らされており、原子力発電という手段を放棄するのであればそれを代替するエネルギー源が必要となり、原子力発電の持つメリットの裏返しとなるデメリットを社会が蒙ることになる。

原子力発電を利用しないことによってもたらされるリスクは、その社会（＝国家）の事情や海外情勢、時代背景によって異なる。例えば、チェルノブイリ事故直後のウクライナでは、事故を起こしたRBMK型という炉型に設計上の欠陥がある疑いが指摘されたにも関わらず、同じ発電所内にある同型の残りの原子炉（1号機～3号機、事故を起こしたのは4号機）を稼働させ続けた。それらを止めることによって電力

不足に陥れば、多くの国民の生命を危機にさらすことになるということを恐れたからだ。これは極端な例としても、リスクの考え方も相対的であると同様、技術利用に対するニーズあるいはメリットも絶対的ではない。

我が国では、福島原子力事故（以下、1F事故）後ほぼ2年にもわたって全国の原子力発電所が停止していた期間があったが、その間にも供給力不足による大規模停電は発生していない。しかし、火力発電への依存度が9割にも達してエネルギー自給率が震災前の約20%から6%⁽²⁾にまで下落しエネルギー安全保障上大きなリスクを抱えていたこと、火力発電のための燃料費「増加」分が2013年実績で3.6兆円（1日約100億円が追加的に海外に流出したこととなる）、震災以降2015年末までで14.7兆円にもなり、莫大な国富流出が起き国民経済を圧迫したこと、特に産業部門では電気代の上昇幅が大きく中小企業を中心に産業界に大きな痛手を与えたこと、発電部門からの温室効果ガス排出が年間8000万吨程度も増えるなどの影響があった。一般消費者が電気代の上昇以外でその痛みを感じる場面はなかったであろうが、停止させることによる様々なデメリットが発生していなかったわけではない。

原子力を利用しないことによるデメリットを整理してきたが、ここからは具体的に守るべき原子力発電所の安全について考える。通常時は現場作業員や周辺公衆の放射線被ばくによる健康影響について許容できないリスクがないこと、また、大規模な事故が起きる確率を許容可能なレベルに低減し、事故が起きた場合にも健康被害や社会的影響等も含めて許容できないリスクがない、ことと整理できるだろう。ただし、原子力発電所の安全として社会全体での議論が必要なのは、通常時ではなくやはり事故によるリスクであろう。原子力発電所での事故は、頻度

は少ないとしてもその影響が甚大であることは1F事故を見ても明らかだからだ。

原子力事故の特殊性を考えると、原子力の基本的な安全原則とはどうあるべきなのであろうか。参照すべき国際的な考え方として、International Atomic Energy Agency/International Safety Advisory Group (IAEA/INSAG)の原子力発電所の基本的な安全原則に書かれている総合的安全目標によれば、

- 原子力発電所において、放射線ハザードに対して効果的な放射線防護策を確立、維持することにより、個人、社会及び環境を守ること。
- 個人、社会及び環境は既にある程度のリスクに晒されているが、そのリスクを有意に増加させない。
- 他の発電方法のリスクを上回らない

とある。そしてこれを達成するために、IAEAはFundamental Safety Principles: SF-1（基本安全原則（2006））において、さらに具体的に以下のように求める。

- 人（個人及び集団）及び環境を防護する基本安全目的は、放射線リスクを生じる施設の運転又は活動の実施を過度に制限することなく達成されなければならない。合理的に達成できる安全の最高水準が達成されるように施設が運転され活動されることを確実にするため、次の手段が講じられなければならない。

(a) 人の放射線被ばく及び環境への放射性物質の放出を管理すること。

(b) 原子炉の炉心、核連鎖反応、放射線源またはその他の全ての放射線源に関する制御の喪失に至る事象の可能性を制限すること。

(c) そのような事象が発生した場合、その影響を緩和すること。

こうした原則は定性的な表現であるので、実際の安全対策に落とし込むには距離があるように感じられる。本来は、原子力技術を利用する

ことによるリスクの増加分として、社会的に受容可能な水準を定量的安全目標として設定し、求められる対策の目的やレベル、限界などを定めていくのである。しかし原子力技術の導入当時には、設計の段階で考慮すべき「設計想定」を行ったものの、具体的な安全目標までさかのぼって議論することの必要性は認識されていなかった。その後原子力発電所の稼働に伴って様々なトラブルを経験する中で、各国で定量的な「安全目標」が定められるようになっていった。過去に生じた事故の教訓やそこからの派生事象の想定も踏まえて、原子力施設におけるリスク要因の分析を行い、設計で想定した事象を大幅に超え炉心が重大な損傷に至る事故（シビアアクシデント：SA）の発生防止と影響緩和対策（設備面での対策・運転要領面での対策）を実施したのである。

安全目標を定めることは、技術の利用に伴うリスクがゼロではないことを認め、メリットとの見合いで社会がそれを受容可能なレベルにまで低減させるというリスク抑制の第一歩とも言える。本来技術の利用を決意する前にこうした議論がなされるべきであったとの批判もあり得るだろうが、しかし、原子力黎明期は原子力だけでなく幅広い技術利用の分野において、安全目標や定量的なリスク管理の考え方などが熟していなかったと言える。

4. 各国における安全目標の議論

4.1 米国の事例

米国ではTMI（Three-Mile Island）事故以降のシビアアクシデントリスクに対する一般社会の関心の高まりを受け、1986年に「安全目標政策声明」が原子力規制委員会（Nuclear Regulatory Commission: NRC）によって発表された。基本的な考え方としての「定性的目標」とそれを具体的に測るための尺度である「定量的

目標」の2部構成となっている⁽³⁾。

＜定性的目標＞

- 公衆の中の個々人は、原子力発電プラントの運転の影響により、その生命及び健康に有害なリスクの増加がないように保護されなければならない。

- 原子力発電プラントの運転によってもたらされる生命及び健康に対する社会的リスクは、他の現実的な代替発電技術によるリスクと同程度もしくはそれ以下であり、かつ他の社会的リスクに有意な増加をもたらさないものでなければならない。

＜定量的目標＞

- 原子力発電プラント近傍の平均的個人に関する、原子炉事故により生じるかもしれない急性死亡のリスクは、米国民が一般にさらされている事故による急性死亡のリスクの0.1%を超えてはならない（1マイル以内での評価）。

- 原子力発電プラント周辺の公衆に対する、同施設の運転により生じるかもしれないガン死亡のリスクは、他のすべての原因によるガン死亡のリスクの0.1%を超えてはならない（10マイ

ル以内で評価）。

4.2 英国の事例

英国では、保健安全執行部（HSE）によって「リスクの受容性（Tolerability of Risk: TOR）」という枠組みが公表されており、そこでは、「それ以上のリスクは受容できないとされる上限値（Basic Safety Levels: BSL）⁽⁴⁾」と「それ以下のリスクは広く受容されるとする目標値（Basic Safety Objectives: BSO）」という2つの指標が提示されている⁽⁵⁾。前者は規制によって達成することが求められる水準であり、年あたりの個人死亡リスクで 10^{-4} （1万分の1）とされており、後者はこれを下回れば規制でそれ以上のリスク低減要求をしないという水準であり、同様に 10^{-6} （100万分の1）とされている。その間の領域では、「合理的に実行可能な限りリスクを低くする（As Low As Reasonably Practicable: ALARP）」の概念が適用され、費用対効果や効率性を考慮したうえでリスク低減のための規制要求の是非が判断されることとなる（図1参照）。

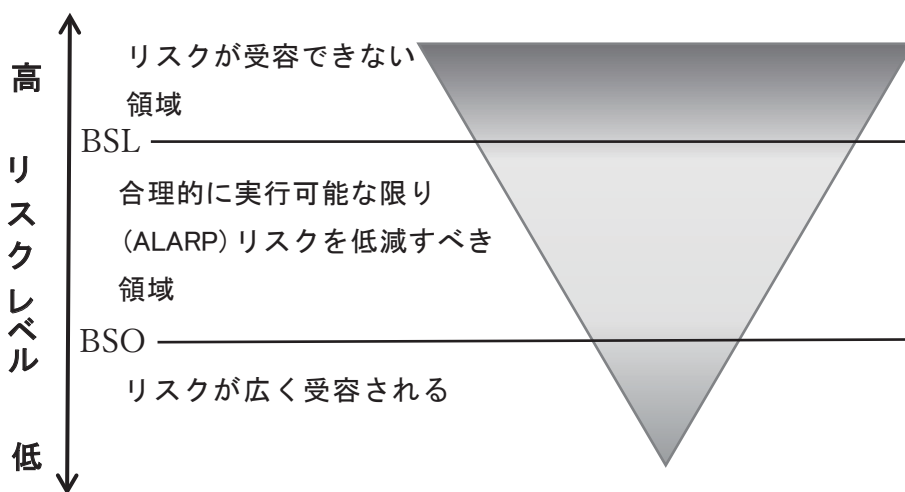


図1 英国の安全目標概念図

5. 日本における安全目標の議論

1F事故前の日本でも、こうした安全目標の議論は行われてきた。JCO事故を契機に、当時の原子力安全委員会が安全目標専門部会を設置したことに始まる。そこで検討された結果は2003年に「安全目標（案）」として公表されたが、原子力安全委員会決定には至らず、そこに至るまでに行われた深い議論は残念ながら広く社会に伝わるには至らなかった⁽⁶⁾。

<定性的目標案>

原子力利用活動に伴って放射線の放射や放射性物質の放散により公衆の健康被害が発生する可能性は、公衆の日常生活に伴う健康リスクを有意には増加させない水準に抑制されるべきである。

<定量的目標案>

- 原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによる、施設の敷地境界付近の公衆の個人の平均急性死亡リスクは、年あたり百万分の1程度を超えないように抑制されるべきである。

- また、原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによって生じ得るがんによる、施設からある範囲の距離にある公衆の個人の平均死亡リスクは、年あたり百万分の1程度を超えないように抑制されるべきである。

日本の定量的目標案を米英のそれと比較すると、英国のBSOと同じ死亡リスク 10^{-6} /年となっており、またその値は日本において他の原因による急性死亡/ガン死亡の各々1/300, 1/2000程度の値であることから、米国の各々に対する定量的目標の0.1%と大きなかい離がないことが分かる。

諸外国とほぼ同じレベルであり、一定の合理性はあると評価できるが、2つの課題を指摘したい。一つは各国の「安全目標」と同じく、放射線による直接的な健康リスクを指標としたも

のであり、長期にわたる環境汚染リスクについては対応できていないこと、もう一つは社会的に受容され共有されていないという点である。安全目標は合理的であるだけでなく、その目標を満たした場合には技術の利用を社会が受け入れること、すなわち安全目標が社会に受容され共有されなければ意味がない。

1F事故後わが国は、様々な理由から原子力エネルギーの利用を、「依存度を可能な限り低減しつつ」当面継続すると決定した（第4次および第5次エネルギー基本計画）。その理由は、利用によるメリットを享受する必要がある、言い換えれば利用しないことによるデメリットを避ける必要があると判断したからに他ならないが、しかし、それは利用に伴うリスクをどこまで低減できるか、すなわち安全性をどこまで高められるかとの比較で判断されるべき問題であったはずだ。しかし、そのリスクをどれくらいまで低下させることを目標とするのか、安全目標についての議論が十分に行われたとは言い難い。

1F事故の後、2014年に原子力規制委員会は「安全目標を定めた」とした。これは、実質的には2003年の「安全目標（案）」を追認するものであり、原子力規制委員会は今後も継続的に議論するとした。しかし、現在に至るまで安全目標の必要性（より正確さを期すならば、安全目標についての理解と考察を深めることの必然性）が関係者で共有されるには至らず、当時も現在も安全目標がなければならぬと考える大きな流れにはつながっていない。

1F事故後に行われた規制組織の刷新や規制基準の大幅な強化は、本来、安全目標の議論から始めるべきだったのではないか。安全目標を明示せずとも、専門家が安全確保（規制）のための決定論的技術基準を定め、社会もそれを積極的ではないにせよ容認し、少なくとも形式上はうまく運用されてきた過去の経験の延長線上で

やれると考えているのであるとすれば、認識を改めなければならない。技術的な基準とは本来、国民や社会にとって適切な「安全」の姿とは何かという議論がまずあった上で、その「安全」を的確に実現するために、法的権限と専門的知識を有する人や組織が定め運用するものである。しかし、その専門家も徹底的に信頼を失っているし、何より、どのような「安全」の姿が望ましいのかという社会的議論が十分に行われてきたとは言いがたい。国民・社会に対して、私たちの目指すところはリスクゼロの社会ではなく、リスクをうまく管理しながらその価値を便益として享受することの必要性を伝えるのであれば、まず関係者が真摯に安全目標の議論に取り組むことが求められる。

6. 原子力発電所の「安全」の評価

社会的な合意の下で安全目標が決定できたとして、それぞれの原子力発電所が、その「安全目標」を満たしているか否かはどう評価すればよいのか。一般的には「安全目標」をそのまま用いるのではなく、その目標を満足するために達成すべき原子力発電所の事故リスク、具体的には炉心の損傷や大量の放射性物質の放出が起るリスクの抑制目標（性能目標と呼ぶ）を決定する。そして、確率論的リスク評価（Probabilistic Risk Assessment: PRA）等の評価手法を用いて「炉心損傷頻度」や「放射性物質の大規模放出頻度」を確認し、その値と性能目標とを比較して、社会が受け入れると考えるリスク以下になっているかを測ることとなる。

1F事故以前には性能目標は旧原子力安全委員会による試案が提示されていた⁽⁷⁾が、事故後、その案の元となった安全目標が「人体に対する健康影響のみを扱っていて、長期にわたって住民が避難しなければならないような環境汚染のリスクを考慮していない」と指摘された⁽⁸⁾ので、

原子力規制委員会（NRA）は、安全目標に項目を追加した⁽⁹⁾。以下に旧原安委の示した性能目標案⁽¹⁰⁾及びNRAが定めた安全目標⁽¹¹⁾を示す（①は旧原安委の性能目標案、②はNRAが新たに定めたもの）。

① 炉心損傷頻度（Core Damage Frequency: CDF）： 10^{-4} /年程度 かつ 格納容器機能喪失頻度（Containment Failure Frequency: CFF）： 10^{-5} /年程度。

② 事故時のCs¹³⁷の放出量が100TBq⁽¹²⁾を超えるような事故の発生頻度は、100万炉年に1回⁽¹³⁾程度を超えないように抑制されるべきである（テロ等によるものを除く）。

NRAはこの安全目標について、「すべての発電用原子炉に区別なく適用するものであること」、「原子力施設の規制を進めていく上で達成を目指す目標であること」と述べている。前節で述べたような社会的受容性に配慮した議論が行われたとは言えないという課題はあるものの、NRAはこの安全目標を今後、日本で運転される原子力発電所の安全水準を測る上での「目安」としていくと考えられる⁽¹⁴⁾。

「目安」という曖昧な表現を用いた理由は、安全目標への到達度を図る評価手法であるPRAは、一定の不確かさを伴うものであり、それを少しでも超えればアウトで、ギリギリでも下回ればセーフといった規制基準として用いるにはなじまないものだからである。

わが国で1F事故以前に、安全目標の議論が深まらなかった理由の一つとして、PRAを含むありとあらゆる手法を尽くしてリスクの洗い出しを行おうという姿勢よりも、目安として機能させるべき安全目標が規制活動に用いられることや、発電所の安全性の指標の一つであるPRAの結果が独り歩きすることへの懸念があったからだとの指摘は根強い。

PRAはどこにリスクが潜んでいるかを探した

めの、「金属探知機」ならぬ「リスク探知機」と言えるかもしれない。原子力の真のリスクと向き合えば、不確かさを伴う中で意思決定する必要性が常につきまとう。関係者が安全目標を共有し継続的な安全性向上に取り組んでいくこと、社会全体としても原子力技術の利用に伴うメリットデメリット双方に不確かさを伴うことを認識したうえで、関係者の取り組みを注視していくことになるだろう。

7. これからの原子力安全に必要な視点

技術の利用を継続する限り、安全性を高める努力に終わりはない。しかしやみくもに「安全、安全」と言っても安全性が高まるわけではない。原子力の安全性を今後高めていくために考えるべき、4つの視点を提示したい。

7.1 自主的安全性向上の枠組み構築

原子力発電所の安全性に責任を負うのは、一義的には事業者である。施設の安全に関する責任は施設・設備使用者にあることは、車検や建築基準法の例を見ても明らかであり、事業者は規制基準に合格することは当然として、自主的な安全性向上の努力を続けていかねばならない。しかし事業者に自主的に取り組むことを期待し、事業者の責任感に委ねてしまうことは無責任のそしりを免れないだろう。どのような裏付けが求められるのかを下記に指摘したい。

• 安全対策投資を促す制度的な担保

わが国では2016年4月に電力小売り全面自由化が導入され、発電事業者各社は活発なコスト競争の中にある。1F事故の遠因として、電力部分自由化の進展に伴うコスト意識が誤ったかたちであらわれたことを指摘する声もあるが、万が一にもそうした事態に陥らないためには、安全対策投資を積極的に行う事業者が正当な評価を受ける制度の構築が求められる。具体的には、

国の検査の簡略化や連続運転日数の延伸、あるいは原子力損害賠償保険の保険料の割引などのメリットを与えるなどが考えられる。原子力発電所の安全性を確保する上で最も重要なのは、現場の自律性ある安全性向上対策が継続的に行われることであり、それを仕組みとして担保していくことが重要である。

• 情報共有・研究開発の発展

1F事故から1年半余り経った2012年11月、電力会社は共同で「原子力安全推進協会」(Japan Nuclear Safety Institute: JANSI)を設立した。この組織は、電力会社による原子力の自主的安全性向上の取り組みを客観的立場で主導、評価、支援することを狙いとしている。TMI事故を受けて設立され、米国原子力発電所の自主的安全性向上活動において重要な役割を果たしたとされる「原子力発電運転協会」(The Institute for Nuclear Power Operations: INPO)に相当する、日本版INPOとも呼ばれている。

但し、日本版INPOを謳った組織としては、1F事故以前の2005年に日本原子力技術協会(Japan Nuclear Technology Institute: JANTI)が設立されており、事実、JANSIの母体はJANTIに他ならない。JANSIが単なるJANTIの看板の架け替えでなく、自主的な安全性向上に実効的な貢献ができる組織に進化していくことが必要である。

事業者同士のピア・レビューや相互交流は、知見のシェアに必須であり、国内外で活発に行われる必要がある。筆者はこれまで全国にある原子力発電所を訪ね、可能な限りそのトップと直接面談を行ってきたが、多くの方が発電所内の仕事に忙殺されており、「扉の外に出る機会がほとんどない」という声も聞かれた。新規制基準の適合審査を受けている段階では致し方ないこととは言え、1F事故の経験を共有し、また、新たな安全対策の知見を他の事業者と切磋琢磨

する仕組みが必要であり、そこにJANSIなどが専門的プラットフォームとして効果的に貢献することが期待されている。

• リスクマネジメントの導入とリスク評価手法の研究

事業者の自主的安全性向上については政府も注目しており、経済産業省の諮問機関である総合資源エネルギー調査会の下に「原子力の自主的安全性向上に関するワーキンググループ」(以下、WG)が設置された。WGが2014年5月にまとめた「原子力の自主的・継続的安全性向上に向けた提言」は、1F事故の反省に立ってわが国における自主的取り組みに関する課題を洗い出し、効果的なリスクマネジメント及び巨大な自然災害を念頭に置いたリスク評価の推進、また、これらを実現するための組織的な充実を訴えたものである。

これを受けて2014年6月には、PRA等の手法も活用して、経営トップが原子力発電所のリスクマネジメントを主導していくことを電力各社が一斉に表明するとともに、リスク情報の定量化のための手法やその活用方法を研究することを目的に、原子力リスク研究センター(Nuclear Risk Research Center: NRRC)を電力中央研究所内に発足させている。過去の事例や海外からの知見を得て、こうした研究を続け、リスクマネジメントや評価手法を成熟させていかねばならない。

7.2 安全規制の適正化(規制哲学の構築と明示, 関係者間のコミュニケーション)

総じて規制の目的が社会的厚生の上にあることは、大きな意見の相違はないだろう。しかし実際に、社会的厚生の上資するように規制を行うことは容易ではない。例えば、効果や副作用の検証が十分でない医薬品を認可すれば、薬害を引き起こす恐れがあるし、かといって検

証を長期間続け認可を出さなければせっかくの新薬が救えたはずの患者が救われなくなる。規制によって何を守るのか、規制による時間的・経済的コスト負担を社会はどこまで許容できるのかを考え、自分たちが何を目的にどのような規制活動を行うかを明確に説明する責任を、規制機関は負っている。

米国の行動経済学者で、オバマ政権において規制改革に取り組んだキャス・サンスティーン氏がその著書で「規制の費用対効果分析と民主主義政府は補完的關係にある」と説く通り、規制のあり方について説明責任を果たすことは、民主主義政府の最も重要な義務の一つといえる。

1F事故後の原子力安全規制見直しは、原子力発電の安全性を高め、国民に貢献するエネルギー源として使い続けられるようにするために行われた。原子力安全規制を司る原子力規制委員会には、規制の哲学を明確化し、行政組織として透明性・公平性ある規制手続きを行うと共に、原子力安全におけるハブとして国民や立地地域住民、事業者とのコミュニケーション活動を行うことが期待される。

原子力施設の有するリスクがどの程度であれば社会的に受容されるかという「安全目標」の共有に向けて国民的議論をリードすること、事業者の自主的取り組みを効果的に促すこと、事業者や立地自治体など関係者と適切にコミュニケーションをとり、規制活動のありかたについても丁寧に説明責任を果たしていくことが必要であり、原子力規制委員会の活動がそのようなものになっているのかどうか、監督する義務が国民および国民の付託を受けた国会にはある。

• 規制哲学の構築と明文化

1F事故をきっかけとした原子力規制の見直しによって、各発電所の安全性が相当高まっていることは確かである。これまでの新規制基準策定とその適合審査に向けた関係者の努力には敬

意を表したい。しかし、規制活動の哲学のようなものは見えてこない。

例えば、平成31年（2019）年4月24日、原子力規制委員会がテロ対策施設の完成が間に合わない原子力発電所については、運転を認めない方針を明らかにした。そもそもテロ対策施設については、平成25（2013）年7月に施行された新たな規制基準によって、平成30年（2018）年7月までに完成させるよう定められたところ、安全審査が長期化している実態等も踏まえて、原子力発電所本体の工事計画認可を得た日を起点とし、そこから5年以内という猶予が設けられたものだ。

規制委員会の更田豊志委員長は記者会見で、1週間前に行われた各社の原子力部門責任者からのヒアリングにおいて、工期に間に合わない恐れがあるという報告が事業者から突然なされたとして、強い不快感と不信感をあらわにし、テロ対策施設の設置が期限までに間に合わない場合には、稼働停止させることの正当性を強調した。

稼働を認めていた炉を停止させるという判断の根拠を問う記者に対し「期限を迎えたからと言って有意にリスクが上がるわけではない」としながらも、決め事として定めた期限を守らせることの意義を主張した。

事業者が、設置工事が遅れていることに問題意識を持たず、規制機関に何ら報告も相談もしていなかったとすれば、この反応も当然だろう。規制のクリアは大前提であり、そこから事業者がいかにして自主的取り組みを発展させるかが重要であるのに、規制をクリアできなかったこと、期限が迫るまでそれを規制機関に対して少なくとも公式な場で問題提起しなかったことに、多くの国民が失望している。

しかし規制機関に委任されている職務は、事業者の根性を叩きなおすことや教育的指導をす

ることではない。リスクが有意に上がらないのであれば、原子力施設の停止によって国民が負うコストはどう正当化されるのだろうか。

原子力規制庁がテロ対策施設の設置に関する規則の解釈を示した資料によれば、テロ対策施設は「以下に掲げる設備又はこれらと同等以上の効果を有する設備」とある。規制が求める安全性を確保できるのであれば、代替的な施設・手段も許容することが明記されているが、代替策による対応は十分に検討されたのだろうか。

更田委員長は、各社の原子力部門責任者が具体的な代替策を用意してこなかったことを無策として批判していたが、代替策による対応は、事業者と規制機関が綿密にコミュニケーションを取りながら、検討していくべきものだ。事業者だけにその検討をさせるべきものとも思えない。

また、代替案は実際には難しいとして「停止させることも代替案の一つ」としているが、それは詭弁に過ぎるだろう。そもそもこれまで事業者は規制機関に対して工期の遅れの可能性を全く伝えてこなかったのだろうか。事業者としてはいつ「公式に」伝えるか悩むことはあっても、全く伝えなかったとは想定しづらい。現場を訪問すれば必ず工期の進捗が話題になるはずで、規制委員会も事務局である規制庁も遅れは認識していたはずだ。事業者の萎縮も問題だが、迅速かつ効率的な審査を責務とする規制機関も、早めの検討を促すべきではなかったか。規制機関と事業者、規制機関内部の深刻なコミュニケーション不足がうかがわれる。

説明責任を疎かにする規制機関は、容易に独善に陥る恐れがある。高い独立性を与えられたからこそ自制的・自省的であることが求められるし、国民と国民の代表である国会が規制機関をしっかりと監督することが必要だ。

規制委員会は、原子力安全規制の哲学を国民

に示し、規制を法的手続きとして明確化、文書化していくことが必要だ。現在の原子力規制委員会も米国の原子力規制委員会（NRC）に倣って活動原則を定めているが、その原則は多分に概念的であり情緒的である。下記にそれぞれが定める活動原則を示すが、米国 NRC は項目ごとに判断基準となりうる詳述が付されているのに対し、わが国 NRA の原則は目指すべき状態が書かれているに留まっている。

米国 NRC 「良い規制の原則（Principles of Good Regulation）」

- ① 独立性（Independence）
- ② 開放性（Openness）
- ③ 効率性（Efficiency）
- ④ 明瞭性（Clarity）
- ⑤ 信頼性（Reliability）

NRA 「活動原則」⁽¹⁵⁾

- ① 独立した意思決定
- ② 実効ある行動
- ③ 透明で開かれた組織
- ④ 向上心と責任感
- ⑤ 緊急時即応

掲げる原則の項目だけ見ても、NRC と NRA の大きな違いとして、「効率性」について記載の有無が挙げられる。NRC が掲げる「効率性」とは、税金で賄われる行政機関として無駄なコストをかけてはならないという意味と同時に、達成しようとするリスク低減のレベルに見合った規制行為でなければならないという意味も含まれている。

原子力発電所の安全は、基本的にそれを運転し管理する電力会社が責任を持って実現すべきものであり、いくら規制が細かくチェックしようとしてもリソースには限りがある。安全性の観点から重要な規制活動に資源を注入し、重要性の低い活動への投資は省くという「効率性」を取り入れることは、規制活動にとって非常に

重要な意義を持つ。安全性の向上を目指して様々な対策をしてもあるところからは不確かさが大きくなりすぎたり、かえって逆効果になったりすることが懸念されるような「滑稽な安全」とでも表現すべき領域に足を踏み入れてしまうことを防ぐのが、この効率性の原則だ。NRA の活動原則に「効率性」の観点抜け落ちていくことは改善されるべきであろう。

また、NRC は、上記の原則を踏まえて、個々の規制行為が妥当であるか否かをチェックするための具体的なガイドラインを設けている⁽¹⁶⁾。規制機関は強い権限と独立性を持つからこそ、独立が独善・孤立にならないよう自己規律が求められるからであると推測される。しかし NRA では、一般の行政機関に対する政策評価の法律に基づいて基本的な評価計画を策定⁽¹⁷⁾しているものの、被規制者にとって予見性の高い具体的なガイドラインの策定には至っていない。新規制基準適合審査に追われるなか、こうした根本的な議論が十分できなかったことは責められるべきではないと筆者は考えるが、より良い規制活動に向けて今からでも議論されることを期待したい。

• 規制のあり方

「規制の虜」⁽¹⁸⁾という言葉が示すように、技術は現場で進歩するものであり、特に原子力のような巨大技術は知見が事業者の側に集積しやすく、規制機関が被規制者にコントロールされてしまいがちであるという指摘がある。

しかし、逆にわが国では 1F 事故以前から、現場で「箸の上げ下ろしにまで」と揶揄されるほど隔々まで規制がかけられ、そうした状態に慣れた現場の社員や作業員たちの目的意識が「(行政指導も含めた) 規制に合格すること」になってしまい、現場の技術力向上への意欲や関心が薄れていったという指摘も聞く。

規制のあり方、広く言えば原子力施設の安全

性に関わる全ての関係主体の関係性について改めて問い直す必要があるのではないかと、原子力施設の安全性を向上させていくためには、すべての関係主体が安全をすべてに優先させるといふ目標、目的を共有したうえで、それぞれの役割を果たし、切磋琢磨することで安全性が絶えず向上していくようなプロセスを構築せねばならない⁽¹⁹⁾。わが国の規制者と被規制者のコミュニケーションを審査会合の公開映像などで見ると、対等な存在とはとても言えず、お上とそのご指導に従うしるべであるかのように見える。これでは NRA が現場の実態や技術の進歩を適切に把握することは難しいだろう。規制者と事業者が共に原子力安全を高めていくことをその根幹に置き、規制活動のあり方を常に見直していく必要があるだろう。

規制者と被規制者が良好なコミュニケーションを構築することは簡単ではない。しかし参考事例は存在する。米国では TMI 事故以降の試行錯誤の結果、NRC が様々な規制基準を定めてそれらが順守されていることを逐一確認するだけでなく、発電所の安全に関わる種々のパフォーマンスが実質的に良好であることを見出した。それが米国で 2000 年に導入された「原子炉監視プロセス（Reactor Oversight Process: ROP）⁽²⁰⁾」であり、成績の良い発電所に対しては自主性を尊重し、悪い発電所に対しては規制の関与を強化することで、被規制者にインセンティブを付与したのである。

NRA もこうした検査制度の導入を検討するチームを立ち上げ⁽²¹⁾、わが国でも 2020 年 4 月から同様の制度を導入することとなっている。しかし、仕組みを真似するだけでは、うまくいかない。検査制度がどのように設計されたのか、導入後どのようにブラッシュアップされてきたのかといった背景を踏まえなければ、「仏作って魂入れず」になりかねない⁽²²⁾。わが国としてど

う魂のこもった検査制度にしていくかが問われている。

• 規制の目的に対する国民理解（原子力利用方針の政府決定）

適切な原子力規制を行うには、その規制の目的について国民の共通理解を得る必要がある。例えば、原子力技術の利用に反対の立場から「再稼働を認めるような規制委員会は不要」というような声を聞くことがある。しかし原子力安全規制は国民の経済的資産である原子力発電所を安全に稼働させるために存在するのであり、規制委員会は求めるべき基準を定めて、それへの適合を審査するよう国民から負託されている機関である。停止させるために存在する組織ではない。

まずは「安全目標」について国民全体で議論すること、そして、国の高いレベル、例えば閣議決定することなどで、わが国の原子力技術利用に対する姿勢を明確化することが必要であろう。規制委員会が安全目標について数回にわたり議論しとりまとめたが、目標の解釈や位置づけについては記者会見での説明などをあわせ見て推測せねばならず、わが国の原子力技術利用において関係者にすら共有されているとは言い難い。1F 事故を踏まえて、原子力政策も安全規制も根底から見直すというのであれば、こうした目標が関係者、広くは国民に共有されねばならない。

また現状では、原子力安全規制と原子力防災との間には溝があると言わざるを得ない。安全規制は原子炉等規制法で中央からのトップダウン型で、防災は災害対策基本法及び原災法で地方からのボトムアップ型の体系となっているが、万が一の事態にはそれらが深層防護における一連の壁として機能する必要がある。

現状では規制委員会は災害対策指針を定めて地方自治体の地域防災計画・避難計画策定の

「支援をする」という位置づけに留まるが、もう少し関与を深めておくべきではないか。今後規制委員会が、安全目標に関してはもちろん、規制の内容やその根拠、防災計画や避難計画などについて、より積極的に事業者、立地地域住民、そして国民とコミュニケーションをとることを期待したい。

7.3 原子力災害発生後の対応能力の向上（住民・自治体を含めた体制整備）

震災前と比べて発電所の設備に関する安全対策は飛躍的に進歩したと言えるだろう。しかし「それでも事故が起きたら」を前提とした備えをすることが必要で、その中でも特に重要であり難しいのは、組織・人材の危機対応力を維持・向上させる取り組みだと筆者は考える。

設備に関する安全対策、すなわちハードウェアは、対策を施し適切にメンテナンスを行えば機能は維持できるが、組織を構成する人は常に入れ替わるものであり、また、人の脳は危機を忘れやすくできている。

原子力災害が一旦起きればそこは「戦場」となる。人材育成・登用制度から見直す必要があろう。これまで原子力施設と言えども一企業の中の一組織であり、年次や勤務評価といった「平常時の理屈」で人材の登用が行われていた。立地する基礎自治体あるいは県の担当者も、定期異動からは逃れ得ない。しかし緊急事態における対応能力は特別のプログラムでそれを育成しておくべきではないか。少なくとも発電所長あるいはユニット長と言われる職に登用されるには、緊急事態対応能力に関して何らかの審査・確認ステップを置き、それに合格することを求めるなどの改善が必要であり、規制機関の側も同様である。

原子力発電所の安全に一義的な責任を負う事業者は数多くの訓練を日々実施している。総理

大臣が参加する原子力防災訓練も年1回のペースで行われている。その訓練のやり方や頻度も、試行錯誤が繰り返されている。

シナリオ（想定する事故の進展）を全く開示せずに行う訓練は、いざという時の判断能力を培うのに役立つし、一部関係者にシナリオを開示して行う訓練は各自の役割や手順を確認する意味を持つ。また、所長など現場の判断責任者は繰り返し図上演習を受ける。図上演習とは、例えば「発電所にテロリストが侵入した」という情報だけを与えて、適切な判断・対処ができるかを見るものである。危機に直面した時冷静な判断を行えるよう、様々なパターンでリーダーの判断能力を鍛えるのが目的だ。この他にも例えば大型の特殊車両である注水車や電源車の運転訓練や瓦礫の撤去訓練など様々な現場訓練は年間数百回程度繰り返し行われている。

どんな訓練をどの程度の頻度で行うかにも正解はない。訓練によっては単に回数を重ねるよりも、きちんとレビューをして改善点を洗い出し、手順などに反映させることが重要であり、訓練を実施することに追い立てられそれがおろそかになるようでは、効果が半減してしまうからだ。

こうした試行錯誤を、事業者によるオンサイトの訓練だけでなく、政府や自治体関係者も含めた防災訓練も含めて続けることで、危機対応力の向上を図るべきであろう。地域に住む住民の状況は常に変化するため、そうした変化を踏まえて避難計画の精度を維持・向上させることが可能な仕組みにすること、そして関係者が参加する避難訓練を実効性あるものにする仕組みが重要だ。

「防災」は地域の住民の理解と関心を得ることが鍵となる。地域の原子力防災への対応力をあげるために、地域のステークホルダー組織を活用するというのも一つのアイデアであろう。

原子力導入諸国では、地域住民の理解を得るため、「地域情報委員会（CLI）」（フランス）や「サイト・ステークホルダー・グループ（SSG）」（英国）、「地域委員会」（スウェーデン）と言ったような住民対話を行う組織が立ち上げられている。わが国でも地域によってはこうした組織が設立されている場合もあるが、事業者と地域の方たちの自発的なコミュニケーション活動に委ねられている。こうしたステークホルダー組織の活動に地方自治体や NRA が一定程度関与することで、原子力発電所に関する理解活動だけでなく、防災計画・避難計画の実効性を高めることも期待できるのではないか。

ソフト面での取り組みにおいて最も避けなければならないことはそれが硬直化・陳腐化してしまうことだ。再稼働が近づいた原子力発電所について「まだ避難計画が完璧ではない」という批判を聞くことがしばしばあるが、完璧な避難計画があると思うこと自体が既に硬直化の第一歩とも考えられる。重要なことは関係者が関与し続け「向上させる仕組み」が採られているかどうかであろう。

8. まとめに代えて

技術利用に伴って求められる安全とはどうあるべきか。この議論を、事業者や規制機関など関係者に委ねてしまうのではなく、社会全体で議論することが技術利用の最初の一步として求められるのではないか。「社会全体で議論する」という、言うは易く行うは難しである理想論を振りかざすことは本意ではないが、原子力技術の利用を巡り割れたままの世論を見れば、この課題に規制機関や事業者など関係者が本気で取り組むことが、遠回りのようであり近道のようにも見えてくる。

本稿は、筆者がこれまでに執筆した『原発は安全か—たった一人の福島事故報告書—』^[1]

および『「安全目標」再考—なぜ安全目標を必要とするのか?—』^[2]をベースとしている。これらの著作を重ね合わせ、再構成することで、改めて、技術利用における安全確保を総合的に考えることが壮大なチャレンジであることを実感した次第である。わが国における原子力利用に関する安全目標の議論、そして規制のあり方について、本稿が一助となれば幸いである。

注

- (1) 平成 27 年 8 月 19 日伊方発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会議事録より。
- (2) 原子力は燃料の備蓄性が高いため、準国産のエネルギーとして自給率にカウントできることが国際的なルールとなっている。
- (3) 平成 15 年版原子力安全白書及び USNRC: Safety Goals for Nuclear Power Plant Operation, UREG-0880, Revision 1, 1988. NRC Safety Goals for the Operation of Nuclear Power Plant; Policy Statement 1986.
- (4) 正確にいうと BSL には 2 種類ある。原子力施設通常運転時の施設内放射線作業従事者の被ばく線量限度（年間 20mSv）及び同運転時の公衆の個人の被ばく線量限度（年間 1mSv）は法定限度（legal limits）として明確に制限される一方、その他の被ばく線量（ex. 事故時）や本文中に示した確率的リスクの値は義務（mandatory）ではない targets とされている。
- (5) “Safety Assessment Principles for Nuclear Facilities,” 2014 Edition, Revision 0, Office for Nuclear Regulation, UK.
- (6) 原子力安全委員会安全目標専門部会「安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ」平成 15 年 12 月。
- (7) 原子力安全委員会、「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について—安全目標案に対応する性能目標について—」平成 18 年 3 月 28 日。
- (8) 全く見ていなかったわけではなく「社会的リスク」として認識されていたが、「定量化が困難である上に、目標とすべきリスクの抑制水準についての議論が進んでいない」として、「さらなる研究の進展が必要であるとされた」

- と「中間とりまとめ」の解説で記述されている。
- (9) 原子力規制庁, 「安全目標に関し前回委員会(平成25年4月3日)までに議論された主な事項」(平成25年4月10日)及び原子力規制委員会議事録(同日).
- (10) NRAはこれらを前出の安全目標案と合わせて, 自らが「安全目標を議論する上で十分に議論の基礎となるものと考えられる」としている。
- (11) NRAは性能目標という表記を用いていないため, ここでも「安全目標」と表記したが, 事実上, 性能目標の性格を有するものと言える。
- (12) TBqとはテラベクレルの表記であり, テラとは 10^{12} , ベクレルは放射性物質の量を測る単位. 100TBqは1F事故で放出された Cs^{137} のおよそ1/100.
- (13) ①の頻度が「年」で表現され, ②は「炉年」で表現されている. ①においては複数基立地するサイト全体のリスクを考慮したためであり, 全体で安全目標を満たすように設計・管理することを求めている。
- (14) 「性能目標」に「程度」という文言が付されている. また, 「この安全目標というのは, 基準ではないのだということです」という田中委員長発言あり(原子力規制委員会議事録, 平成25年3月6日).
- (15) <http://www.nsr.go.jp/nra/gaiyou/idea.html>
- (16) NUREG/BR-0058 “Regulatory Analysis Guidelines of the USNRC”.
- (17) <http://www.nsr.go.jp/nra/seisakujikkou/hyouka/index.html>.
- (18) 規制の虜(きせいのとりこ, 英: Regulatory Capture)とは, 規制機関が被規制側の勢力に実質的に支配されてしまうような状況であり, この状況下では, 被規制産業が規制当局をコントロールできてしまう余地がありうる. 政府の失敗の1つである. その場合には, 負の外部性が発生しており, そのような規制当局は, 「虜にされた規制当局(captured agencies)」と呼ばれる。
- (19) 21世紀政策研究所「続・原子力安全規制の適正化に向けて」澤昭裕研究主幹.
- (20) <http://www.nrc.gov/NRR/OVERSIGHT/ASSESS/>.
- (21) 検査制度の見直しに関する中間とりまとめ(案) <http://www.nsr.go.jp/data/000161608.pdf>.
- (22) 「改革の過程から規制の進化を探る」(ERC出版) 2019年近藤寛子著.

参考文献

- [1] 竹内純子(2017). 原発は安全か—たった一人の福島事故報告書— 小学館.
- [2] 山口彰, 竹内純子, 菅原慎悦(2018). 「安全目標」再考—なぜ安全目標を必要とするのか?— 弥生研究会 安全目標に関する研究会.

(原稿受付日 2019年8月23日)