

平成 30 年 6 月 16 日現在

機関番号：12701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12459

研究課題名(和文)レギュラトリ科学と政策科学に基づく安全安心科学による技術システムの社会実装展開

研究課題名(英文) Societal implementation of technological systems with safety sciences based on regulatory science and policy science

研究代表者

三宅 淳巳 (Miyake, Atsumi)

横浜国立大学・先端科学高等研究院・教授

研究者番号：60174140

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、工学をベースとし、これに社会学的アプローチを加えて構築してきたこれまでの安全学に、レギュラトリ科学と政策科学的要素を学術基盤として導入することにより、安全安心科学の学理構築と技術システムの社会実装への方法論を創出することを目的として調査研究を実施した。レギュラトリ科学、政策科学に基づく新たな安全安心科学を創出するための検証として、これまでの原子力施設、エネルギー貯槽、石油化学プラント等、巨大技術システムの建設、運転、維持管理におけるリスク概念導入、リスクベースアプローチの実績とその後の成果について、各種の調査およびヒヤリング等を実施し、その限界について考察を行った。

研究成果の概要(英文)：In order to create and develop safety science and societal implementation of technological systems the concepts of regulatory science and policy science were introduced to traditional safety science and engineering which was constructed by adding the societal approach to conventional engineering. Risk concepts and risk based approach during construction, operation and maintenance of mega technological systems such as nuclear power plants, energy storage and petrochemical plants were investigated and discussed from the view point of its limitation.

研究分野：社会システム工学

キーワード：レギュラトリ科学 政策科学 安全安心科学 リスクマネジメント 社会実装

1. 研究開始当初の背景

安全と安心は客観的な領域と主観的な領域というように分類されることもあるが、安全の国際規格であるISO/IECガイド51(2014)では、安全は「許容できないリスクから解放された状態 (Freedom from risk which is not tolerable)」と定義されており、安全の定義の中にすでに「許容する」という主観が入っている。したがって、現代社会の安全を確立するためには、これまでの工学的アプローチだけでは困難であることは明らかであり、これまで検討されてきた社会学的アプローチに加え、新たな概念を基盤とする学問体系による社会実装を念頭に置いた体系化が必要である。

安全を脅かすハザードも、自然災害、人的行為、工学的要因と多様な要因への検討が必要になっている。また、これまでの安全へのアプローチは、人的被害や物理的被害が安全の主たる対象被害と認識されてきたが、現代社会においては、ステークホルダーへのインパクトのみならず、社会の経済的混乱や生活への影響も対処すべき対象として検討することが求められていることから、安全向上への対応策も、法規、社会制度設計、組織マネジメント、人材管理、工学的検討という幅広い学問体系を総合的に運用することが必要になっている。このように、現代社会の安全は、リスクの解析、評価、対応のそれぞれのステップで、学問的に創造的再構築が求められている。日本学術会議の報告「工学システムに対する社会の安全目標」(2014)にもあるように、安全が、影響を及ぼす直接の安全事象に対する学問であるとする、安心は安全に関与する組織や制度に対する信頼体系を構築することによって得られるものあり、安全安心科学の体系化と社会実装は、産官学協働に基づき国家が総力を挙げて取り組むべき重要な対象である。多様化する社会のリスクを制御し、安全を確保するためには、複合的な視点での総合的な対応が不可欠であり、それらを包括的に論じるための学術基盤としての安全安心科学が必要である。

2. 研究の目的

現代社会の安全は、リスクの解析、評価、対応のそれぞれのステップで、学問的に創造的再構築することが求められている。安全が、影響を及ぼす直接の安全事象に対する学問であるとする、安心は安全に関与する組織や制度に対する信頼体系を構築することによって得られるものあり、安全安心科学の体系化と社会実装は、国家が総力を挙げて総合的に取り組むべき重要な対象である。本研究では、工学をベースとし社会学的アプローチを加えて構築してきたこれまでの安全学に、レギュラトリ科学と政策科学的要素を学術基盤として導入することにより、安全安心科学の学理構築と技術システムの社会実装への方法論を創出することを目的とした。

本研究では、工学をベースとし社会学的アプローチを基軸としてきた従来型安全安心学を創造的再構築し、レギュラトリ科学(規制科学)と政策科学を基盤とする新たな安全安心科学の学理を創生し、技術システムの社会実装を図るための方法論を創出することを目的とする。

ここでは複数の先端技術システムを例に、[1]一般市民による潜在リスクとベネフィット(便益)の認知度調査、[2]科学的不確実性を考慮した科学的提言の実態調査、[3]科学的委員会における科学者と行政との役割分担ならびに社会に対する政策提言の調査を行い、これらを通じた安全安心科学の体系化による学理創生と新エネルギーの社会実装を例に方法論を提言する。

今日まで、各種の審議会や委員会における科学者の役割や行政との関係は必ずしも明確ではなく、また、互いに果たすべき役割を的確に認識していない場合があり、それがさらなる混乱や機能不全を生じた場合もあったと思われる。このような事例分析結果を基に科学者、専門家への指針を提案して技術システム分野におけるレギュラトリ科学を展開するとともに、政策科学を基にイノベーションを下支えする科学技術の社会実装を試み、新たな安全安心科学の創生を目指した。

本研究では、従来の安全学、安全工学、リスク管理学等を包括する学問分野として安全安心科学を創出し、その学術基盤として、レギュラトリ科学[1]と政策科学[2]を導入する。これらの学問分野は従来個別に取り扱われており、それらを統合してシステムの安全や社会の安心に結びつける具体的な研究はなかった。本研究では、これらの用語の定義を以下のように定めることとした。

[1]レギュラトリ科学(規制科学: Regulatory science)とは、規制の策定と実施のために用いられる科学的知識を指し、通常の実証科学に対して、社会に応えるべき知見が未実証であるような場合に、どう対処するか「約束事」を定めるための科学であり、未知のリスクに対応するための学問分野である。

[2]政策科学(Policy science)とは、政府などの公的機関が行う政策を改善するための学問であり、体系的な知識、構造化された合理性および組織化された創造性を政策決定の改善のために貢献させることに関わる科学である(宮川公男, 2002)。

本研究は、従来、医薬品分野等に限定されて適用されていたレギュラトリ科学を、一般の産業施設ならびに社会インフラ等への適用を検討する、世界に先駆けたレギュラトリ科学、政策科学の応用研究であり、東日本大震災以降、我が国が世界に発信すべき最新の社会安全研究である。

さらに、本研究はこれまでの技術システムの進展を支えてきたリスクベースアプローチについて、各種の文献や報告書、一般市民ならびに有識者へのインタビュー、産業現場

の方々へのアンケート等を通してステークホルダーの視点から科学技術の社会へのインパクトを検証し、その限界と規制や政策との連関について考察する。これは1980年代に導入され、技術システムの分析や設計に大きな影響を及ぼしてきたリスク概念とその適用について盲目的に実践されてきたリスクベース工学を改めて吟味、精査、一般化し、社会実装を目指す学問分野に発展させるところに独創性と斬新性がある。

本研究は、現在、おそらく大多数の研究者、科学技術者が肯定し、その深化を追求しつつあるリスクベース工学の位置づけを明確化し、その功罪と可能性ならびにその限界について議論をするところに新規研究としての起点がある。すなわち、考察、議論の先にある「結果」を重要視するのではなく、議論の「プロセス」の中でその意味や価値をひとつひとつ明確にすることにより、真の意味での安全・安心を育む社会的側面が理解され、従来の科学技術的側面にのみ立脚した安全安心を補完するレギュラトリ科学と政策科学に基づく安全安心科学の創出が可能となる。

東日本大震災以後、巨大技術システムにおけるリスクやセキュリティに関する議論が多数行われたが、「リスク概念は技術社会においてどれほどの意味をもつのか？」あるいは「リスク概念は人類を幸福に導き得るか？」といった根源的な議論はなされず、議論の結果、たとえば原子力発電継続の可否や代替エネルギーの開発等を拙速に求める近視眼的な議論に終始している。

本研究では、科学技術と通話可能な社会科学としてのレギュラトリ科学と政策科学を基に「安全」と「安心」について、新エネルギーの社会実装を例により本質的な議論を展開する。その結果としての新時代の安全パラダイムは、我が国の復興・再生を物心両面から支える大きな拠りどころとなり、今後の我が国の技術社会、技術文明の進路を示す規範となるものと考えられる。

3. 研究の方法

本研究では、レギュラトリ科学、政策科学に基づく新たな安全安心科学を創出するための検証としてこれまでの原子力施設や化学プラント等、巨大技術システムの建設、運転におけるリスク概念導入、リスクベースアプローチの実績とその後の成果について、各種の調査およびヒヤリング等を実施し、その限界について考察を行う。その結果、リスクベース工学の利活用における留意点と本質安全との比較検討を行う。特にリスクが未実証な事象の解釈、認知度の相違を明らかにし、政策決定プロセスとの連関を調査する。次いで、新時代安全パラダイムの妥当性と適用について、産業現場の方々との議論を基に、新エネルギー技術に関する行政との役割分担議論に発展させ、社会に発信させうるレベルにまで昇華させ、社会制度に展開する方法論

の提言を試みた。

巨大技術システムにおける安全確保のために、従来から工学的手法によるリスクの同定、発生頻度や影響規模の評価などが行われており、こうしたリスク評価の結果に基づいて安全性向上のための対策が施され、さらにその対策の効果についても工学的な評価が行われつつある。技術システムにおける安全確保のための一連の活動の重要な課題のひとつは、安全目標の設定すなわち、「どこまで安全性を追求すれば十分なのか（How safe is safe enough?）」という問題である。

原子力施設や種々の化学プラントのような巨大技術システムでは、災害や事故時の影響がシステムの内部にとどまらず、周辺の住民や環境に広範かつ壊滅的な影響を及ぼすことは周知の通りである。また、最近では規制緩和と安全確保の両立という観点からも社会的に受容される安全水準に関する定量的な議論のための基盤となる方法論や手法を整備することが必要となっている。ここでは、リスクが未実証な新技術等もあり、政策決定のためには、ハザードの受け手となる各ステークホルダー間での科学的知見と規制、政策を補完するレギュラトリ科学の導入が必要である。

このような社会背景の中、申請者らはこれまでに、原子力施設、石油化学プラント、航空機、鉄道等の交通システムに代表される巨大技術システムについて、社会受容性に基づく安全性向上の仮説モデルを提案した。

本研究では、まず、このモデルをベースに、各種技術システムの設計や建設、運転におけるリスク概念の導入、リスクベースアプローチの実績について、各種調査を行うとともに、一般市民ならびに各界の有識者ヒヤリングによって検証を行う。これにより、リスクベースアプローチの限界についての仮説を立て、議論を提起するきっかけとする。

リスクベースアプローチの理念、理論はそれ自身、明快な論理を有したものであり、社会の有する限られた資源を最も有効に活用する手法として現時点でそれ以上の手法は見当たらないが、リスクベースはリスクの最終値のみの規定であるため、モデル設定の自由度が与えられており、そこに大きな調整幅があることが本手法の限界であると考えられる。したがって、これらの部分を考慮すると従来の仕様規定のように、本質的な安全を追求する場合には、中間の自由度を排した決定論的な規定をする方が効果が高いのではないかと考えも改めて湧出してくる。

この命題について議論するために、まず原子力施設、化学プラントおよび交通システムを例に、リスク評価を実施した。事故、災害リスクとして、それぞれ放射線リスクおよび化学物質リスクについて発生頻度と影響度について情報のないリスクについて抽出し、一般市民ならびに有識者ヒヤリングを行い、運転実績や事故事例、経済性も考慮して政策

決定に資するリスクベースアプローチの検証を行った。

一方、水素エネルギーに代表されるような今後構築すべき社会におけるリスクは未実証な要素を多数含んでおり、従来の法規制の枠組では解決できないものも多く、未実証な事象に対する規制、それに基づく政策決定を実現するために、深化、細分化を進める科学技術と社会科学を補完するレギュラトリ科学、政策科学の導入検討を行った。

平行して、技術開発と経済性の連関、新技術の社会的導入と一般公衆の受容度（Public acceptance）、社会の選択と意思決定プロセスを取り込んだ安全安心のための科学について検討する。リスクベースと本質安全それら自身は必ずしも相反する概念ではないが、両者の経済性や社会受容を包含する基本的概念を創出し、社会実装への道筋について検討した。

以上の取り組みに続き、[1]震災から復興、再生を遂げ、将来にわたる持続的な成長と社会の発展を実現する国、[2]安全かつ豊かで質の高い国民生活を実現する国を理念とした第4期科学技術基本計画(2011)やエネルギー基本計画(2014)を念頭に、それまでに創出した安全安心科学と新技術の社会実装の方法について有識者、産業界の安全担当者との議論を行い、論点を整理した上で、その結果を、産業界のリーダー、行政官庁ならびに研究機関の研究者らと議論を行った。

具体的には、現在急速に進む新エネルギー創出における関連技術として、水素エネルギー普及のためのインフラ技術を取り上げ、社会実装に向けた取組の検証を行った。これらの検討は、現行法規制の見直しを含む可能性を含むものであり、そこにレギュラトリ科学、政策科学の視点から、研究者、技術開発担当者のみならず、技術管理、組織経営、出資者を含めた意識改革が迫られることとなり、科学技術立国を標榜する我が国にとって大きなインパクトを与えるものとなる。

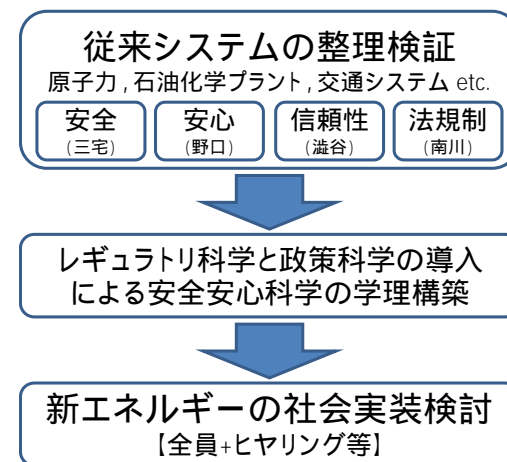
以上の取り組みは、第4期科学技術基本計画、エネルギー基本計画等、我が国の基本政策に合致するものであり、今後我が国が進むべき道としての、安全・安心イノベーションへの発展に大きく貢献するものである。

4. 研究成果

現代社会の安全は、リスクの解析、評価、対応のそれぞれのステップで、学問的に創造的再構築することが求められている。安全が影響を及ぼす直接の安全事象に対する学問であるとすると、安心は安全に関与する組織や制度に対する信頼体系を構築することによって得られるものあり、安全安心科学の体系化と社会実装は、国家が総力を挙げて総合的に取り組むべき重要な対象である。

本研究では、工学をベースとし、これに社会的アプローチを加えて構築してきたこれまでの安全学に、レギュラトリ科学と政策

科学的要素を学術基盤として導入することにより、安全安心科学の学理構築と技術システムの社会実装への方法論を創出することを目的として調査研究を実施した。



【本研究のスキームと役割分担】

本研究では、レギュラトリ科学、政策科学に基づく新たな安全安心科学を創出するための検証として、これまでの原子力施設、エネルギー貯槽、石油化学プラント等、巨大技術システムの建設、運転、維持管理におけるリスク概念導入、リスクベースアプローチの実績とその後の成果について、各種の調査およびヒヤリング等を実施し、その限界について考察を行った。

その結果、リスクベース工学の利活用における留意点と本質安全との比較検討を行い、その成果を3回の公開セミナー、シンポジウム（下記）にて発表し、関係者、聴講者とともに討論を展開した。さらに、これらの議論は、5. に示す雑誌や国際会議、研究集会や講演会等を通して発信した。

- ・2015年11月30日「リスク共生社会の視点から原子力政策を考える」@横浜国大
- ・2016年12月5日「リスク手法の有効性と課題を考える」@横浜市情報文化センター
- ・2018年3月26日「リスク共生社会像の共創」@横浜市情報文化センター

これらの議論により、エネルギー政策を例として、新たな社会制度としての法整備の必要性についても論じた。特に、技術開発の自由度と活力を損なうことなく、安全・安心で健全・快適な社会を構築するための科学技術の新展開を下支えする学術基盤としての新たな安全安心科学の枠組みを、科学者、技術者のみならず、異分野の多くの研究者、管理者、行政担当者、企業家等と構築することを提唱した。さらに、リスクが未知の先端科学技術に関するリスク評価を行うためのガイドラインを構築し、公表準備中である。

これらの成果の一部は申請者らの所属組織のホームページ等を通じて公開しており、

シンポジウム当日の参加者とともにホームページ閲覧者からの問い合わせにも対応し、今後のさらなる議論の論点として整理、検討を継続している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

三宅淳巳, 坂本淳司, 水素ステーションのリスク評価と社会実装, 空気清浄, 55, pp41-48 (2018) 査読無

中山穰, 稗貫俊, 坂本淳司, 笠井尚哉, 澁谷忠弘, 半井豊明, 野口和彦, 三宅淳巳, 水素ステーションの社会総合リスク, 水素エネルギー協会, 42, 138-144 (2017) 査読有

J.Nakayama, J.Sakamoto, N.Kasai, T.Shibutani and A.Miyake, Preliminary hazard identification for qualitative risk assessment on a hybrid gasoline-hydrogen fueling station with an on-site hydrogen production system using organic chemical hydride, International J. Hydrogen Energy, 41, 7518-7525 (2016) 査読有

〔学会発表〕(計 2 件)

J.Nakayama and A.Miyake, The concept of public safety for technological systems: A case study for a hydrogen fueling station, The Society for Risk Analysis Asia Conference 2018, Osaka (March, 2018) http://www.sra-japan.jp/SRAAsia2018/day1_2_presentation_title_180227.pdf

J.Nakayama, N.Kasai, T.Shibutani and A.Miyake, Security risk analysis of a hydrogen fueling station with an on-site hydrogen production system involving methylcyclohexane, 7th International Conference on Hydrogen Safety (ICHS2017), Hamburg (September, 2017) <https://www.hysafe.info/ichs2017/conference-presentations/>

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

https://www.anshin.ynu.ac.jp/sympo/symposium_category/old/

6. 研究組織

(1)研究代表者

三宅 淳巳 (MIYAKE, Atsumi)

横浜国立大学・先端科学高等研究院・教授
研究者番号: 60174140

(2)研究分担者

野口 和彦 (NOGUCHI, Kazuhiko)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・教授
研究者番号: 50436763

澁谷 忠弘 (SHIBUTANI, Tadahiro)

横浜国立大学・リスク共生社会創造センター・准教授
研究者番号: 10332644

南川 秀樹 (MINAMIKAWA, Hideki)

横浜国立大学・リスク共生社会創造センター・客員教授
研究者番号: 60751458

【以上】