

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25282097

研究課題名(和文)新エネルギー創出におけるリスク解析とリスクトレードオフの検討

研究課題名(英文)Risk analysis and trade-off on utilization of new and alternative energies

研究代表者

三宅 淳巳(Miyake, Atsumi)

横浜国立大学・環境情報研究科(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) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：化石燃料枯渇に伴う代替エネルギー需要ならびに東日本大震災に伴って急速に進行する脱原発の流れの中で、エネルギー源としての需要増加が見込まれているジメチルエーテル、圧縮天然ガス、液化天然ガス、バイオマス燃料の各インフラシステムの有するリスクに関し、トラブルの発生、進展に関するシナリオの抽出、リスクの推定、評価を行い、従来システムとのリスク比較を実施することにより、エネルギー転換に際してのリスクトレードオフに関する検討を行った。

以上の結果を基に社会受容性について検討を行い、次時代におけるエネルギー政策策定の基礎資料とするとともに、安全・安心イノベーションにつながる技術と方法論の創出を行った。

研究成果の概要(英文)：In the societal trend of the anti-nuclear energy and an Eastern Japan Great Earthquake which moves forward rapidly with alternative energy demand with fossil fuel exhaustion, presumption of occurrence of trouble, extraction of scenario and estimation and evaluation of risk on alternative energy source and infrastructure such as the dimethyl ether, compression natural gas, liquefied natural gas and biomass fuel was analyzed and a risk trade-off was investigated. Further, based on the above mentioned result, public acceptance has been considered and it's made basic information of energy policy decision in the next age as well as the technology and the methodology which connect with safety and anshin innovation have been created.

研究分野：安全工学、リスク管理学

キーワード：新エネルギー リスク解析 リスクトレードオフ 社会受容性

1. 研究開始当初の背景

化石燃料枯渇に伴う代替エネルギー需要ならびに東日本大震災に伴い急速に進行する脱原発の流れの中で、社会の要請による代替エネルギーならびに再生可能エネルギーの開発と実用化が進行中である。一方、新技術の開発、導入によって新たに発生するリスクの適切な分析/評価と合理的な管理技術の開発が急務である。

一方、平成 23 年 8 月に閣議決定した第 4 期科学技術基本計画の理念において、目指すべき国の姿として、(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、が謳われ、今後の我が国の重点施策として、グリーン・イノベーション（環境技術革新）、ライフ・イノベーション（生命健康技術革新）が掲げられた。これらは、持続的な成長と社会の発展の実現に向けたエネルギー政策革命の第一歩として、多様性のあるエネルギー資源をその地域特性に合わせた需給バランスの中でリスク低減を図ることを企図した戦略的転換である。さらに、産業界からの要望として、安全・安心イノベーションの推進に関する要望書が経団連より出されていることも忘れてはならない。

一方、多様性のある種々のエネルギー資源であるが、地域社会に適合するようなシステム導入のためには、各システムの持つ能力（performance）、適用可能性（availability）とともにリスク（risk）に関する的確な分析が不可欠である。

研究代表者（三宅）は、これまでに技術システムのリスク分析/評価を数多く実施し、事業者の自主管理から政策決定や法規制技術基準の見直しに資する情報を発信してきた実績をもつ。

これらの結果、有意なリスク低減対策の実施により施設の合理的利用が可能であることを示し、高圧ガス保安法等、各種法令や技術基準の改正に貢献してきた。ISO/IEC Guide に準拠した本手法は新エネルギー社会に向けた国際的動向の中で、世界標準足りえる合理的な基準として高く評価されている。

2. 研究の目的

本研究では、上記と同様の手法を、代替エネルギー、新エネルギー、再生可能エネルギーの各システムに対して適用し、従来の化石燃料によるエネルギーシステムの有するリスクと比較検討し、エネルギー選択における意思決定、リスクトレードオフによるシステムの社会受容（Public acceptance）獲得の手法に関する検討を行うものである。

本研究の柱は、(1)現状のエネルギーシステムのリスク解析と評価、(2)代替、新、再生可能エネルギーのリスク解析、(3)各システムのリスク比較とトレードオフ分析、(4)社会受容を考慮したエネルギーシステム導入の選択

手順の策定である。これらを可能とする研究体制を組織し、3 年間の研究期間内に、制約条件を満たすエネルギーシステム導入についての考え方を示し、具体的な方法論を提案することを目的とした。

エネルギーシステム導入の比較について、これまではライフサイクルアセスメントや低炭素社会の視点から、単位発電量あたりのコスト推定が中心に行われ、それによる地域社会への優位性やインパクトを議論することに終始してきた。一方、東日本大震災以降、各システムのリスクや世代を超えた影響度を含めたトータルなリスク - 便益分析（Risk vs Benefit Analysis）の必要性が指摘されつつも、それらを可能にする研究報告例はほとんどなかった。さらには、客観的なリスク比較やリスクトレードオフ分析についての報告例は無い。それは、リスクに関する知識やリスク分析/評価に経験・実績をもたない研究者らが、リスク論を誤って用いたり、リスク評価の実施を求めるケースが多かったためであろうと考えられる。

これまで、研究代表者は、関係の研究者との協働により、技術システムのリスク分析、評価におけるシナリオ抽出の網羅性について研究を行ってきた。また、頻度推定ならびにトレードオフについて各種事例に基づく解析、災害発生時の挙動解析と影響評価、リスクコミュニケーション、企業の事業継続計画（BCP）ならびにその管理（BCM）について、国内外の研究を先導してきた。今回、これまでの研究成果をリスクトレードオフという視点から整理し、エネルギーシステムのリスクトレードオフについてより実際的な検討を行うこととした。これは大学における研究成果を社会に還元し、地域社会再生への道筋を明確に提示し、エネルギーインフラシステムのリスク検討を着実に推進することを主目的として掲げたことによる。

これらの成果は、我が国の復興復興、社会再生におけるエネルギーインフラの安心・安全の確保ならびに事業の安定かつ健全な継続計画（BCP）策定に資するものであり、学術的成果（科学）を社会技術へと展開するものとして社会の要請に応える価値あるものである。

3. 研究の方法

本研究では、代替エネルギーとしてジメチルエーテル（DME）、圧縮天然ガス（CNG）および液化天然ガス（LNG）の各システムを、新エネルギーとしては再生可能エネルギーであるバイオマスをとりあげてそれらのプロセスについてリスク分析を行い、化石燃料、原子力によるエネルギーとのリスクトレードオフ分析を行った。

LNG についてはオンショア（陸上）施設のモジュール化工法を、バイオマスについては木質系バイオマスによる液体燃料化プロセスをそれぞれ提案し、最適化設計を行って分

析を行った。さらに、その結果を基に、社会受容 (Public Acceptance) について検討を行うことにより、新時代におけるエネルギー政策策定の資料とするとともに、各要素技術の深化と展開により、安全・安心イノベーションにつながる技術と方法論の創出を行った。

代替エネルギー (Alternative energy) は現在主力として使われるエネルギー資源にかわる新しい資源という意味であり、石炭、天然ガス、原子力などが含まれ、一方、新エネルギーとは、新エネルギー法の第2条において、「新エネルギー利用等」として定義されている。具体的な要件は以下のとおりである。すなわち、「石油代替エネルギーの製造・発生・利用のうち、経済性の面における制約から普及が十分でないものであって、その促進を図ることが石油代替エネルギーの導入を図るため特に必要なものとして政令で定めるもの」であり、現在、政令により指定されている新エネルギーは、バイオマス、太陽熱利用、雪氷熱利用、地熱発電、風力発電、太陽光発電など、すべて再生可能エネルギー (Renewable energy) である。

エネルギーシステムの社会導入に関し、化石燃料の枯渇や脱原発の流れの中で、多様なシステムの提案と実証が実施されてきた。たとえば、水素は2次エネルギーであり、化石燃料に対する代替エネルギーの範疇には属さないが、その社会導入における検討は今回の研究申請の基盤にある技術である。

4. 研究成果

本研究では、これまでに申請者らが実施し、社会的成果を上げてきた水素ステーションのリスク検討と同様な手法を用いて、代替、新エネルギーのリスク分析、相互比較によるリスクトレードオフならびにそれらの社会受容について検討を行った。本研究における研究計画と方法について以下に記す。

研究の構成と流れは下図に示すようなものである。すなわち、

- [1]各システムの情報に基づき、事故の要因解析ならびにプロセス最適化、異常事象発現シナリオの抽出
- [2]事故時影響評価並びに避難によるリスク低減
- [3]システムのリスクベース維持管理技術検討
- [4]システムの社会導入におけるリスクコミュニケーション、安全文化の検討
- [5]各システムのリスク比較、先行研究である水素ステーション、DME との比較検討
- [6]以上に基づくリスクトレードオフ分析ならびに各システム導入における社会受容の検討

特に、各システムの導入にあたっては、我が国のエネルギー政策の動向とともに、地域社会の特性を考慮した最適なシステムの選択支援、提言を可能とする情報提供を目的とした。

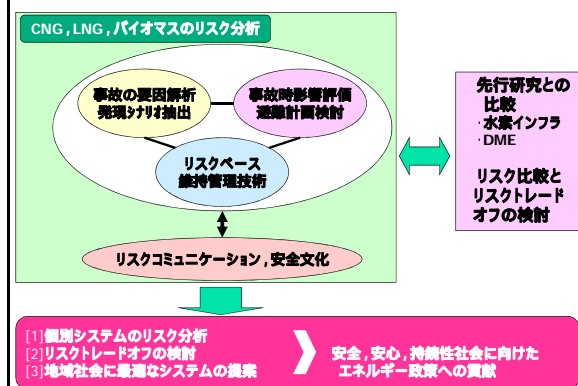


図1 本研究の主な構成と流れ

以下に本研究の主な成果を示す。

- (1) 代替エネルギーとしてジメチルエーテル (DME)、圧縮天然ガス (CNG) および液化天然ガス (LNG) の各システムを、新エネルギーとしては再生可能エネルギーであるバイオマスを取りあげてそれらのプロセスについてリスク解析を行った。
- (2) リスク解析を実施した上記のエネルギーについて、図1の手順に従い、化石燃料、原子力によるエネルギーとのリスクトレードオフ分析を行った。
- (3) リスク解析とリスクトレードオフの結果ならびに、過去に経験した事故、災害の再整理と解析を行い、さらに、社会受容性に関する検討を加えて、エネルギー選択の基礎情報となるよう整理した。
- (4) 各システムの有するリスク顕在化シナリオのうち、そのシステム特有かつ主要なシナリオについてリスク比較を実施し、石油ならびに原子力施設とのトレードオフについて検討した。比較項目は、各システムの有するエネルギー供給能力、適用可能性、システム導入によるトータルコストに対する地域住民の健康ならびに環境に及ぼすリスクである。各システムのトータルリスクの検討には、下図のようなシステムライフサイクルを考慮したモデルを用いた。

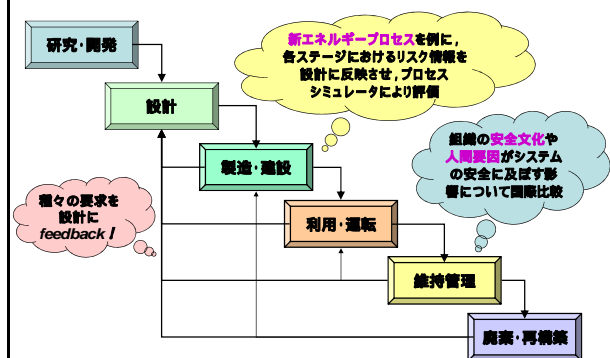


図2 ライフサイクルを考慮したトータルリスクモデル

以上は、我が国の復旧・復興、社会再生におけるエネルギーインフラの安心・安全の確

保ならびに事業の安定かつ健全な継続計画（BCP）策定に資するものであり、科学技術基本計画に示される、学術的成果（科学）を社会技術へと展開するものとして社会の要請に応える価値あるものである。

以上の研究成果は、5. で示す発表論文等にして公表するとともに、学協会の分科会、セミナー等において議論を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

- (1) 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, Int. J. Hydrogen Energy, 41, 7518-7525 (2016) 【査読有】
- (2) Y.Babasaki, Y.Iizuka and A.Miyake, Influence of organic acid on the thermal behavior of dimethyl sulfoxide, J. Therm. Anal. Calorim., 121, 295-301 (2015) 【査読有】
- (3) A.Hidaka, Y.Izato and A.Miyake, Lessons learned from recent accidents in the chemical industry in Japan, Open J. Safety Science and Technology, 4, 145-156 (2014) 【査読有】
- (4) J.Nakayama and A.Miyake, Thermal and evolved gas analyses on oxidation of cellulose/Copper(II) oxide mixture, J. Therm. Anal. Calorim., 113, 1403-1408 (2013) 【査読有】

〔学会発表〕(計 6 件)

- (1) J.Nakayama, J.Sakamoto, N.Kasai, T.Shibutani, and A.Miyake, Risk assessment for a gas and liquid hydrogen fueling station, 11th Global Congress on Process Safety (11-GCPS), 60c, Austin, USA(2015) 【査読有】
- (2) M.Fujita, Y.Iizuka and A.Miyake, Thermal hazard and evolved gases analyses on an acrylic acid runaway polymerization, Abstract The 3rd Int'l Symposium on Process Chemistry, Kyoto (2015)
- (3) A.Miyake and Y.Yamamoto, Influence of the mixed solvent on the thermal hazard of cellulose dissolving process using ionic liquids, Abstract 3rd Central and Eastern European Conference on Thermal Analysis and Calorimetry (CEEC-TAC3), PS1-10, Ljubljana (2015) 【査読有】
- (4) J.Nakayama, J.Sakamoto, N.Kasai, T.Shibutani and A.Miyake, Hazard identification study for risk assessment on a hybrid fueling station including gasoline and hydrogen with an on-site hydrogen production system using organic hydride, 6th Int'l Conference on Hydrogen Safety, ID173, Yokohama, Japan(2015)
- (5) R.Mizuta, and A.Miyake, Thermal ignition

behavior of waste woods mixed with unsaturated fatty acids, Abstract of 11th European Symposium on Thermal Analysis and Calorimetry (ESTAC-11), P-83, Helsinki (2014) 【査読有】

- (6) A.Miyake, Recent accidental explosions in the process industries in Japan, Proc. Korean Int'l Symposium on High Energy Materials, Seoul (2014) [*Invited Lecture*]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三宅 淳巳 (MIYAKE, Atsumi)

横浜国立大学・大学院環境情報研究院・教授

研究者番号：60174140