公開用

終　了　報　告　書

ＳＩＰ（戦略的イノベーション創造プログラム）

課題名「エネルギーキャリア」

研究開発テーマ名「エネルギーキャリアの安全性評価研究」

H26 年度～H30 年度

研究責任者：国立大学法人横浜国立大学
先端科学高等研究院
副高等研究院長・教授　三宅淳巳

目次

１．本研究の目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

２．研究実施体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

３．研究成果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
３－１．社会総合リスクアセスメントのフレームワークとガイドラインの作成
３－２．フィジカルリスク分析
３－３．環境・社会・経済のリスク分析
３－４．輸送のリスク分析
３－５．まとめ
３－６．今後の課題

４．外部発表実績 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・8

５．特許出願実績 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・15

６．参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・15

別添：各研究機関終了報告書
・国立大学法人横浜国立大学
　YNU_1_水素ステーションの社会総合リスクアセスメントガイドライン
　YNU_2_水素ステーションの社会総合リスクアセスメント書
・国立研究開発法人産業技術総合研究所
　AIST_1_水素ステーションとその周辺のリスク評価書
　AIST_2_H30 機関終了報告書（産業技術総合研究所）
・国立大学法人広島大学
　HU_1_水素エネルギーキャリア輸送の社会総合リスクアセスメントガイドライン
　HU_2_水素エネルギーキャリア輸送の社会総合リスクアセスメント書

補足：YNU_2 を横浜国立大学の機関終了報告書、HU_2 を広島大学の機関終了報告書とする。外部発表実績の明細を、本テーマ終了報告書の 4 章に記載している。YNU_1、AIST_1、HU_1 は各機関終了報告書の付属書である。

１．本研究の目的

本プロジェクトの目的は、水素ステーションの社会実装実現のために、大規模に普及する前に、計画・導入・普及のそれぞれの段階における水素ステーションや水素輸送のリスクを洗い出し、その安全性を検討するための考え方を整えることにより、必要かつ合理的な対策・規制の検討を支援することを目的とした。また目的を達成するために、従来の工学的リスク評価に加えて社会総合リスクの観点からも分析する新たな手法を基に、水素ステーションシステムの社会総合リスクアセスメントガイドラインを作成し、社会総合リスクアセスメントを実施した。

２．研究実施体制

本研究は、研究責任者を横浜国立大学先端科学高等研究院 三宅淳巳、主たる共同研究者を産業技術総合研究所安全科学研究部門 恒見清孝、広島大学大学院工学研究科 布施正暁とした研究実施体制で実施した（図 1)。

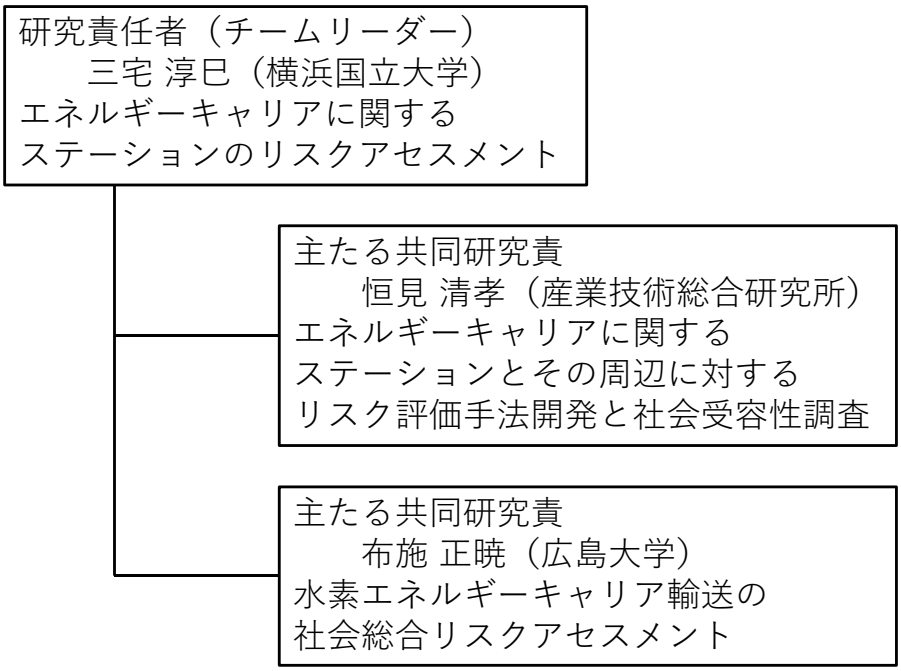


図 1 本研究の研究実施体制図

３．研究成果

３－１．社会総合リスクアセスメントのフレームワークとガイドラインの作成

本プロジェクトは、水素ステーションと水素輸送の社会総合リスクアセスメントガイドラインを作成し、それらを適用したことで意思決定プロセスの共有化に向けた透明性の高いアセスメントを実施した（ガイドラインについては、別添の水素ステーションの社会総合リスクアセスメントガイドラインを、アセスメントの詳細は別添の水素ステーションの社会総合リスクアセスメント報告書を参照されたい)。この社会総合リスクは、従来の工学的なアプローチによる安全性評価やリスク評価に加え、従来抽象的だった社会学的なリスク評価をあわせ社会全体のリスクを把握できるようになるものである。社会のあらゆるステークホルダーが社会総合リスクを共通言語に、意思決定を行うことを目標として作成した（図 2)。

社会総合リスクアセスメントは、「目的の設定」「主体、影響分野の整理」「詳細なリスク分析」「総合評価」「リスク情報の活用」の 5 つのステップで構成される。本プロジェクトでは、社会の目的を「多くの場所で必要な量を受容される価格で安定的に供給された水素を安全に運用し、活力のある社会を構築する」と設定しリスク特定を行った。特に、「市民がもつ日常的な生活と社会の価値バランス」、「水素エネルギーシステムの意識調査」、「有識者による水素エネルギーシステムの価値比較」の様々な価値観を反映させることで、フィジカルリスクと環境・社会・経済リスクの中で分析すべき優先順位の高いリスクを絞り込んだ。

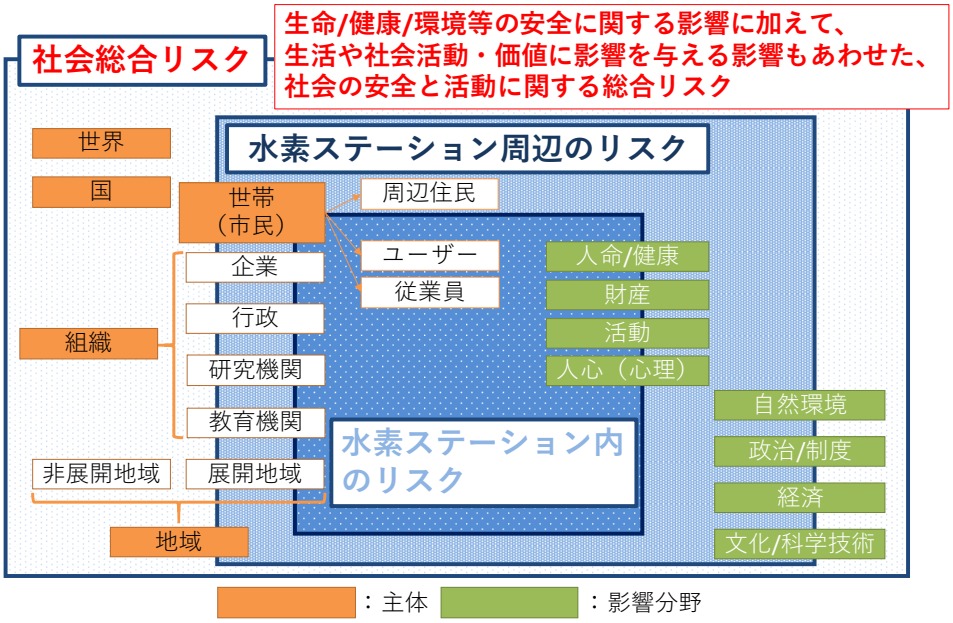


図 2 社会総合リスクの概念と範囲

図 3 にフィジカルリスクを中心としたリスクアセスメントの全体像を示す。リスク特定の結果、社会的需要に重要なヒトの健康や建物の被害に関連するフィジカルリスクとともに環境・社会・生活・経済などへの他の影響に関するリスクを整理した。

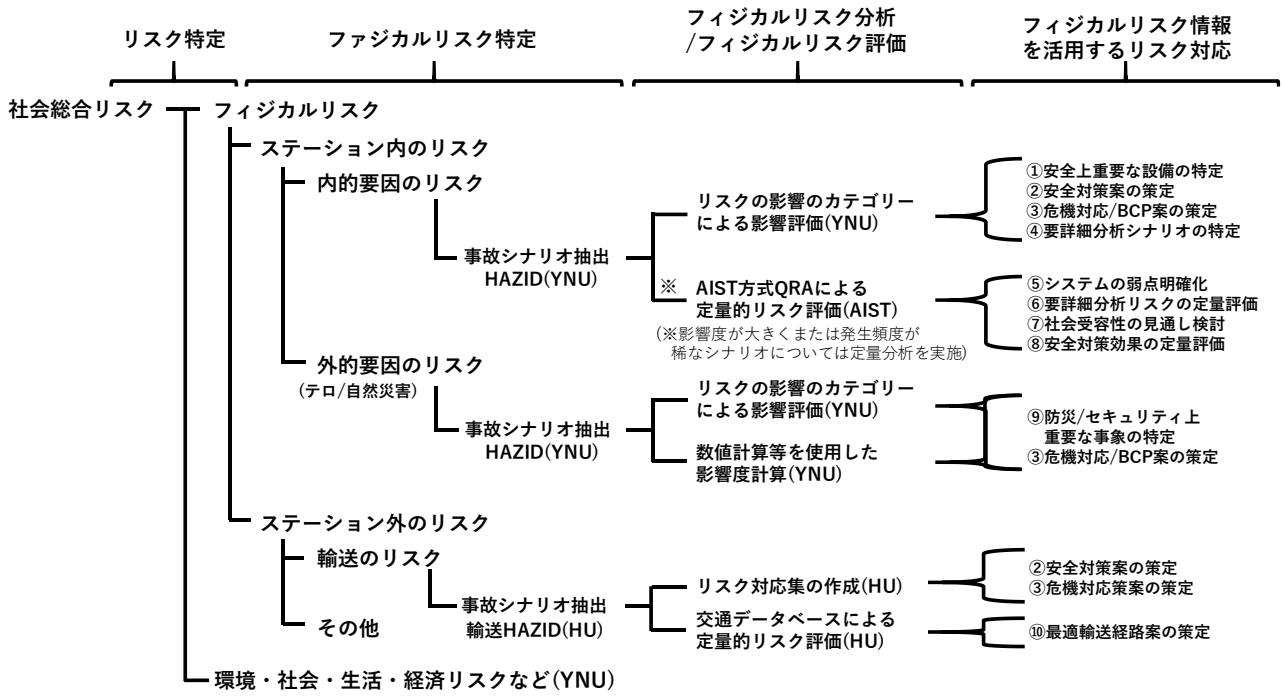


図 3 分析対象とした優先順位の高いリスク

３－２．フィジカルリスク分析

フィジカルリスクは、水素ステーション内・外のリスクに分かれ、水素ステーション内のリスクは内的要因と外的要因の 2 つに整理した。本プロジェクトでは、HAZID(Hazard Identification Study)と QRA(Quantitative Risk Analysis)を採用し、定量的、定性的な視点からフィジカルリスク分析とフィジカルリスク評価を実行した。その結果、①～⑩までの優先順位の高いフィジカルリスク情報とそれらを活用するリスク対応を明らかにした。また、フィジカルリスク分析における前提条件を決定して行った YNU 式 HAZID からは、水素ステーションを導入した社会において顕在化し得るシナリオを広い視点で抽出し、その重要度を定性的に評価した。その結果、火炎検知器や遮断弁等の 18 の安全上重要な設備（Safety Critical Element: SCE）を特定し、各 SCE に対して要求される性能等を規定した文書である性能規定書（Performance Standard: PS）を作成した。水素ステーション周辺のシナリオについては、漏洩水素の着火放出時の輻射熱の影響および非着火放出時の火災・爆発の可能性を定量的に評価した。詳細検討が必要と判断されたシナリオのトリガー事象の多くは自然災害であったため、日本で特に問題となる地震時の大規模災害の未然防止、拡大防止、対応、復旧の観点からリスクアセスメントを行い、現状の課題を把握した。

以下に、AIST 方式 QRA にもとづいた定量評価として有機ハイドライド型水素ステーションのリスク評価例を示す（他のリスク評価結果については、別添の水素ステーションとその周辺のリスク評価書を参照されたい）。有機ハイドライド型水素ステーションのモデルプラントの工程を 21 のセクションに分類し、各セクションにおいて、5 段階（Very Small～Rupture）の漏洩サイズの水素等の化学物質漏洩が発生する事故シナリオを設定した。また、各セクションの漏洩頻度（5%値、中央値、95%値）を求めるとともに、セクションごとの化学物質の漏洩量を求めた。この結果をもとに、水素等の化学物質が漏洩した後での爆発、熱放射あるいは急性毒性によるヒトへの重大性・被害・リスクを推定した。リスククライテリアは、日本国内に基準がないため、ISO で検討されている基準値を使用した。対象者がスタンド外部の住民、通行者等の場合、リスク許容水準は「死亡リスク＜10^{-6}/年」[1)]、スタンド内の労働者、スタンド利用者の場合は「死亡リスク＜10^{-4}/年」[1)]とした。その結果、すべての事故シナリオで、ステーション周辺の一般環境では、ヒトへの死亡リスクは十分に小さいと判断した。また、作業環境で、有機ハイドライド型ステーションに特有の脱水素工程、液体貯蔵工程での事故シナリオによるヒトの死亡リスクは小さいことが分かった。しかし、通常の水素ステーションと共通する水素貯蔵工程で、高圧水素漏洩後の火炎によるヒトの死亡リスクは大きくなることが懸念された。

リスク評価結果にもとづく着火源からの離隔距離と個人リスクの関係を図 4 に示す。ステーション内での水素漏洩によるヒトへの死亡リスクは、蓄圧器と圧縮機の接続配管の事故シナリオでは 10^{-4}/年を超えるが、ディスペンサー周辺の外部配管の事故シナリオでは 10^{-4}/年を超えないため、蓄圧器と圧縮機周りに防火壁を設置することで、ステーション内の労働者や利用者のリスクは十分に低減できると判断した。また、過流防止弁（逆止弁）によってリスク低減が効果的に図られることを明らかにした。

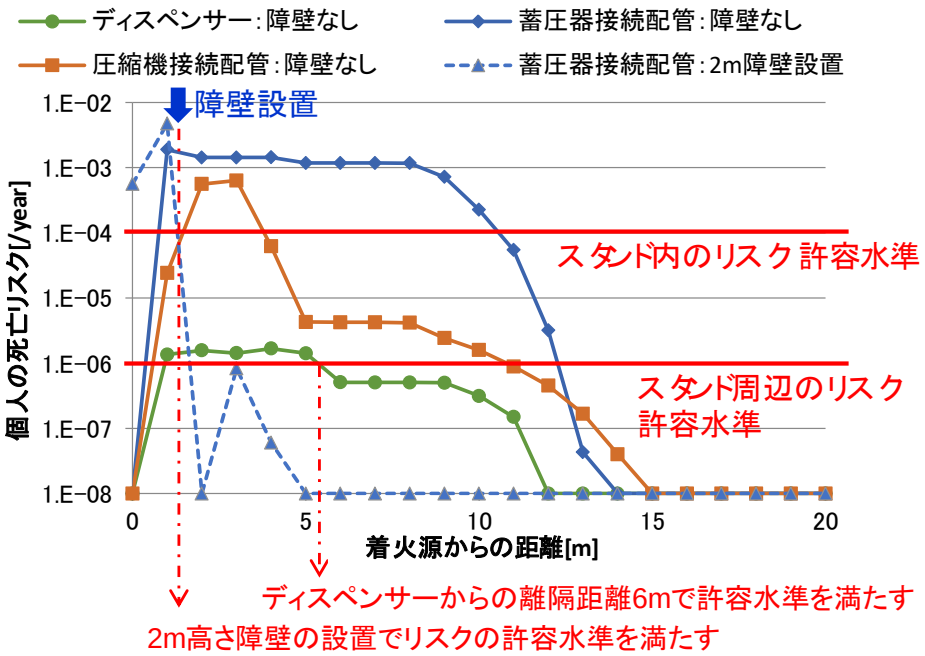


図 4 リスク評価結果にもとづく着火源からの離隔距離と個人リスクの関係

ステーション外部については、ディスペンサー周辺の外部配管からの水素漏洩によるヒトへの死亡リスクは、着火源から 6 m 以上離れると 10^{-6}/年より小さくなった。高圧蓄圧器接続配管と圧縮機からの水素漏洩によるヒトへの死亡リスクは、障壁無しの場合、ステーション敷地外でも 10^{-6}/年を超えたが、3 m 高さの障壁設置によって 10^{-6}/年を超えなくなり、障壁設置によるリスク低減効果が明らかになった。

以上から、水素ステーションのリスク評価によって、現行法で十分にリスク低減がなされていることを確認できた。一方で、離隔距離や障壁高さなどの規制見直しの可能性も示唆された。

３－３．環境・社会・生活・経済等のリスク分析

本節では、社会総合リスクのうちフィジカルリスク以外のリスクに関して分析した結果を取りまとめる。

本分析では、社会総合リスクの各要素に関して前提を設けて具体的なリスク評価を行うとともに、ガソリンスタンドと水素ステーションの比較を行うことにより水素ステーションの社会受容性と課題の分析を行った。

環境に関しては、水素ステーション推進の目的である持続的社会への貢献に関しては水素ステーションの有意性が確認された。

社会・生活の視点では、フィジカルリスクに関しては両者の差異は無いが、ステーションから漏洩した水素が周辺施設等に滞留することによって不安や被害が発生するリスクが存在することがあり、これまでの水素ステーション施設におけるリスク分析に加えて周辺施設の状況によるリスク分析を行う必要があることが分かった。また、巨大地震等による水素ステーションの停止後の安全確認の在り方や復旧の視点での分析のように、今後さらなる分析によってその実効性を向上させるために必要な事項も提案した。

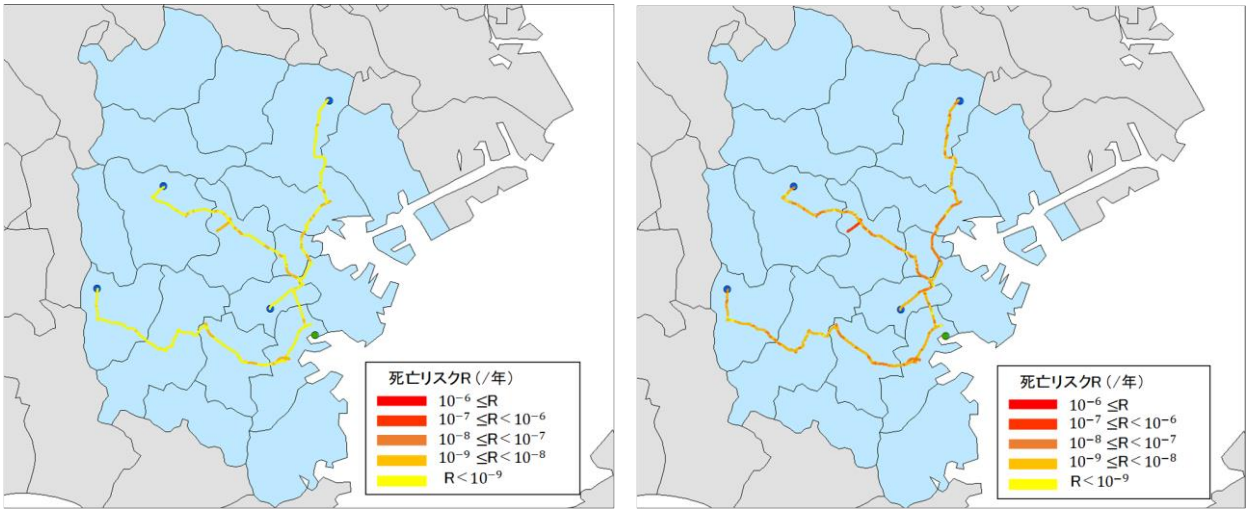
経済等の分析においては未だ詳細条件が定まっていないこともあり、いくつかの前提をおいて産業連関分析を行った。その結果、まず水素エネルギーシステムの特徴として、生産額や雇用量は、水素ステーションの運営や維持管理、水素輸送により直接的に生じる影響に加えて、運用・維持管理に必要なナフサとその原料となる原油、電力などのエネルギー部門、エンジニアリング、商業などのサービス業、圧縮機、化学機械等の製造業などへの波及効果が確認された。産業連関分析の結果から、水素エネルギーシステムの導入は他のエネルギー技術や産業と結びつきが強く、システム全体のエネルギー効率や原料により、特に社会や経済への影響が大きく異なることから、システム全体の様々なサプライチェーンを想定した詳細な分析が必要であることが示された。

また、ガソリンスタンドと水素ステーションに対し総合リスク分析を行った結果、水素ステーションを推進するために重要となる価値の視点や技術的要素を明らかにすることができた。

３－４．輸送のリスク分析

水素エネルギーキャリアの輸送のリスク分析の例を以下に示す（他のリスク評価結果については、別添の水素エネルギーキャリア輸送の社会総合リスクアセスメント報告書を参照されたい）。横浜市をモデルケースにした導入段階における圧縮水素輸送の火災、爆発事故による死亡リスクの推定結果をリスク分布の形で整理した。ここでは、リスククライテリアは、フィジカルリスク詳細分析と同様に、死亡リスク基準 10^{-6}/年を用いた。導入段階の横浜市において、4 か所の水素ステーションに圧縮水素を輸送する際に、1034 か所の道路が利用され、各道路における火災、爆発事故による沿道住民の死亡リスクの推定結果を見たところ、輸送ルート上でリスククライテリアである 10^{-6}/年を超える死亡リスクをもつ道路は存在しない結果が得られた。また、火災事故より爆発事故の方が高い死亡リスクをもつ傾向が得られたが、爆発事故の死亡リスクは低い値のため、両事故の死亡リスクを合算しても、リスククライテリアを超える値にならないことが明らかとなった。

続いて、横浜市を対象にした導入段階における圧縮水素輸送の火災、爆発事故による死亡リスクの推定結果を空間分布の形で整理したものを図 5(a)、図 5(b)に示す。



(a)　　(b)

図 5　横浜市を対象にした導入段階時の圧縮水素輸送の事故による死亡リスク推定結果の空間分布：(a)火災事故、(b)爆発事故

両図ともに、海側にある水素供給拠点から北側の 3 か所の水素ステーションまで圧縮水素を輸送する際に輸送ルートが重なる道路が存在するが、当該道路において高いリスクは確認されなかった。導入段階から普及段階に移行し、水素ステーションの数が増加した場合、さらに圧縮水素から液体水素または有機ハイドライドにエネルギーキャリアが変更した場合、水素ステーションまでの輸送ルートの重複が増加し、結果として、火災、爆発、ガス拡散事故による死亡リスクが増加する可能性がある。ただし、導入段階における圧縮水素輸送に関してはフィジカルリスクにおいて十分許容できるレベルである結果が得られた。

また、社会総合リスク全般とフィジカルリスクの分析結果より、導入段階における圧縮

水素輸送に関してフィジカルリスクは許容できるレベルであるが、その他の社会総合リスクについては許容できるが安全対策の検討が必要なレベルであるといえる。そこで、導入段階における圧縮水素輸送に対する安全対策について検討した。未然防止、被害拡大防止、両者に関わる安全対策をそれぞれ 4 個、7 個、19 個の計 30 個検討した。本報告書では、従来型の安全対策の強化に加えて、テロ・災害対策、都市・交通計画、輸送計画、IOT 活用などソフトな対策を中心に取り上げた。

３－５．まとめ

本プロジェクトではまず、水素ステーションと水素輸送の社会総合リスクアセスメントの在り方を整理した。水素ステーションの安全性評価に社会総合リスクという概念を採用することで、ヒトの健康や建物の被害に関連する影響のみならず、利用者や周辺住民の受容性、環境や社会経済への影響なども同時にアセスメントの対象とした。フィジカルリスク詳細分析や輸送時のフィジカルリスクの結果から、導入段階において現行法で十分にリスク低減がなされていることが確認された。

水素ステーション導入に際して懸念されたフィジカルリスクに関しては、大きな影響が無いことが明らかになった。さらに、リスクを減少させるための対策も提案した。輸送に関しても同様のリスク評価を行い、死亡に関する大きなリスクが存在しないことが明らかとなった。

今回のリスク評価の特徴は、社会総合リスクという幅広い視点からリスク分析を実施したことであるが、その結果、ステーション周辺の施設状況も踏まえて地域の安全性評価を行うことの必要性や水素ステーションが普及した段階での社会リスクを低減するためには、地震等の震災後の早期の復旧を確実にすることが必要である等の分析結果を得た。

さらに、異なる種類のリスク群を総合的に評価するための手法を開発し、ガソリンスタンドとの比較を行い、水素ステーションを推進するための重要な価値観や技術要素を明らかにすることができた。

本プロジェクトでは、以上の成果を報告書として取りまとめ、その成果を水素ステーションのリスクアセスメントガイドとして作成し、水素ステーションの計画から普及に至る時点でのリスクアセスメント内容を整理するとともに、行政・事業者・市民がリスクアセスメントを行う場合の要点を取りまとめた。

３－６．今後の課題

本プロジェクトでは、水素ステーションの社会総合リスクフレームを構築し、分析を行った。特に、社会的に関心の高いフィジカルリスクに関しては詳細な定量評価を行い、大きなリスクが無いという結論を得たが、今回の評価においては立地条件や構造に関してはある特定のシステムを前提としており、今後本モデルと異なるシステムに関しては新たな評価が必要である。

また、フィジカルリスク以外の社会総合リスクに関しても前提を設定してリスク分析を行い、ガソリンスタンドとの比較において社会受容性があることを明らかにしたが、今後社会状況や技術の変化状況を反映して個別のリスク評価を実施する必要がある。本プロジェクトでは、水素ステーションの導入に関するリスクアセスメントを行ったが、これからの水素ステーションの普及に先立ち、普及時のリスクアセスメントを行政・事業者・市民の各立場で水素ステーションのリスクアセスメントガイドを活用しこのガイドは、それぞ

れのマネジメント主体によるリスク分析の情報を共有することによって社会としての意思決定を合理的に推進する仕組みを構築するためにも活用されることを期待したい。

４．外部発表実績

（単位：件数）

学会発表	講演	査読付論文	査読なし論文	取材	合計
59	27	12	7	0	105

【横浜国立大学】

（１）論文発表

＜査読付き＞　６件（横浜国立大学）

J. Sakamoto, R. Sato, J. Nakayama, N. Kasai, T. Shibutani, A. Miyake, Leakage-type-based analysis of accidents involving hydrogen fueling stations in Japan and USA, International Journal of Hydrogen Energy, 41(46), 21564–21570, 2016

J. Nakayama, H. Misono, J. Sakamoto, N. Kasai, T. Shibutani, A. Miyake, Simulation-based safety investigation on a hydrogen fueling station with an on-site hydrogen production system involving methylcyclohexane, International Journal of Hydrogen Energy, 42(15), 10636–10644, 2017

S. Hienuki, Environmental and Socio-Economic Analysis of Naphtha Reforming Hydrogen Energy Using Input-Output Tables: A Case Study from Japan, Sustainability 9(8), 1376, 2017

J. Nakayama, H. Aoki, T. Homma, N. Yamaki, A. Miyake, Thermal hazard analysis of a dehydrogenation system involving methylcyclohexane and toluene, J. Therm. Anal. Calorim., 2018

J. Sakamoto, H. Misono, J. Nakayama, N. Kasai, T. Shibutani, A. Miyake, Evaluation of safety measures of a hydrogen fueling station using physical modeling, Sustainability, 10(11), 3846, 2018

M. Kodoth, S. Aoyama, J. Sakamoto, N. Kasai, T. Shibutani, A. Miyake, Evaluating uncertainty in accident rate estimation at hydrogen refuelling station using time correlation model, International Journal of Hydrogen Energy, 43(52), 23409–23417, 2018

＜査読なし（総説等含む）＞　４件（横浜国立大学）

三宅淳巳、「水素ステーションの社会実装に向けた安全性評価」、セイフティエンジニアリング、184 号 3 巻、pp.14 - 21、2016 年.

中山穣、稗貫峻一、坂本惇司、笠井尚哉、澁谷忠弘、野口和彦、三宅淳巳、「社会総合リスクの視点から見た水素エネルギーキャリアの安全性評価」、水素エネルギーシステム 42 巻 3 号、138-144 頁、2017 年.

三宅淳巳、坂本惇司、「水素ステーションのリスク評価と社会実装」、空気清浄 55 巻 5 号、41-48 頁、2018 年.

横浜国立大学リスク共生社会創造センター活動報告書（2015 年 10 月～2017 年 3 月）、リスク共生社会創造センターのホームページでの本プロジェクトの成果を一部掲載、（http://www.anshin.ynu.ac.jp/activityreport/index5.html）.

（２）学会、展示会等発表

＜招待講演＞　国内１５件、海外１件（横浜国立大学）

三宅淳巳、招待講演、「再生可能エネルギーの社会実装に向けたエネルギーキャリアの安全性評価」、化学工学会第 47 回秋季大会特別シンポジウム「再生可能エネルギー実装社会のフューチャーデザイン」、北海道、2015 年 9 月 9 日.

三宅淳巳、招待講演、「安全と規制について」、水素エネルギー協会　第 148 回定例研究会、東京、2015 年 11 月 10 日.

澁谷忠弘、招待講演、「エネルギーキャリアの安全性評価」、INCHEM TOKYO2015、東京、2015 年 11 月 27 日.

澁谷忠弘、招待講演、「エネルギーキャリアの安全性評価」、九州大学水素材料先端科学研究センター、福岡、2016 年 1 月 20 日.

澁谷忠弘、基調講演、「水素ステーションの社会リスク評価」、全国危険物安全協会危険物施設安全推進講演会、千代田区（東京）、2016 年 6 月.

澁谷忠弘、基調講演、「水素ステーションの社会リスク評価」、全国危険物安全協会危険物施設安全推進講演会、大阪（大阪）、2016 年 6 月.

三宅淳巳、招待講演、「水素ステーションの安全性評価と社会実装」、空気清浄協会クリーンテクノロジー研究会、千代田区（東京）、2016 年 7 月.

澁谷忠弘、招待講演、「水素ステーションの社会リスク評価」、第 7 回よこはま水素エネルギー協議会セミナー、横浜（神奈川）、2016 年 10 月.

三宅淳巳、招待講演、「水素の燃焼・爆発特性とリスクマネジメント」、高圧ガス保安協会 総合研究所第５回総合研究発表会 水素安全技術セミナー、江戸川区（東京）、2016 年 12 月.

三宅淳巳、講演、「定性的リスク評価の有効性と課題 水素エネルギーキャリアへの適用」、横浜国立大学リスク共生社会創造センター第５回シンポジウム、横浜（神奈川）、2016 年 12 月.

坂本惇司、招待講演、“Safety assessment of hydrogen refueling stations”、日本－ノルウェー水素セミナー、ノルウェー大使館、港区（東京）、2017 年 2 月.

澁谷忠弘、招待講演、「水素ステーションの社会リスク評価」、水素・燃料電池関連製品等開発促進セミナー、横浜（神奈川）、2017 年 3 月.

三宅淳巳、招待講演、「水素ステーションの安全性評価と社会実装」、日本不織布協会講演会、大阪市、2017 年 10 月 18 日.

笠井尚哉、招待講演、「水素ステーションの安全性評価」、一般社団法人神奈川県高圧ガス保安協会平成 29 年度保安技術講習会、神奈川、2018 年 2 月 20 日.

A. Miyake, Invited Plenary Lecture, “Risk analysis of hydrogen fueling stations and comprehensive societal risk framework”, 11th International Symposium on Safety Science and Technology, Shanghai (China), 2018 年 8 月 7 日.

＜口頭発表＞　国内１６件、海外３件（横浜国立大学）

（国内発表）

佐藤龍之介、中山穣、坂本惇司、笠井尚哉、澁谷忠弘、三宅淳巳、「国内および米国水素スタンドの事故事例調査によるハザード抽出」、第 8 回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム、東京、2015 年 10 月 14 日.

本間友博、中山穣、飯塚義明、三宅淳巳、「有機ハイドライド脱水素反応工程におけるメチルシクロヘキサン空気劣化物のハザード解析」、安全工学シンポジウム 2016、港区（東京）、2016 年 7 月.

佐藤龍之介、坂本惇司、中山穣、笠井尚哉、澁谷忠弘、三宅淳巳、「水素スタンドにおける継手からの水素漏洩の検討」、日本機械学会 2016 年度年次大会、福岡（福岡）、2016 年 9 月.

彌園仁志、坂本惇司、中山穣、笠井尚哉、澁谷忠弘、三宅淳巳、「物理モデリングを用いた水素ステーションにおける緊急時の水素放散法の評価」、日本機械学会 2016 年度年次大会、福岡（福岡）、2016 年 9 月.

稗貫峻一、野口和彦、「先端科学技術を対象とした相対評価手法の構築—水素エネルギーシステムを事例とした試行—」、日本リスク研究学会第２９回年次大会、大分（大分）、2016 年 11 月.

青木紘之、中山穣、笠井尚哉、澁谷忠弘、三宅淳巳、「有機ハイドライド型水素ステーションのハザード解析」、第４９回安全工学研究発表会、つくば（茨城）、2016 年 12 月.

笠井尚哉、「水素ステーションの安全性評価」、第 73 回 EST-2 委員会、中央区（東京）、2016 年 12 月.

笠井尚哉、「水素ステーションの安全性評価」、日本高圧力技術協会第１７回エネルギー貯槽セミナー～EST 技術の新展開～、千代田区（東京）、2017 年 2 月.

稗貫峻一、平山世志衣、「一般市民を対象とした水素エネルギーシステムへの意識調査分析」、第 33 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、東京（東京）、2017 年 2 月.

稗貫峻一、野口和彦、「産業連関表を用いた水素エネルギーシステムのライフサイクル雇用分析」、第 12 回日本 LCA 学会研究発表会、つくば（茨城）、2017 年 3 月.

笠井尚哉、中山穣、坂本惇司、澁谷忠弘、三宅淳巳、「HAZID study を用いた水素ステーションの定性的リスク評価」、日本機械学会 2017 年度年次大会、埼玉、2017 年 9 月 5 日.

坂本惇司、中山穣、笠井尚哉、澁谷忠弘、三宅淳巳、「物理モデリングによる水素ステーションのモデル化と事故発生時の水素漏洩量の推定」、日本機械学会 2017 年度年次大会、埼玉、2017 年 9 月 5 日.

稗貫峻一、野口和彦、「先端科学技術を対象としたリスク特定手法の構築—水素エネルギーシステムを事例として—」、第 27 回日本エネルギー学会大会、東京、2018 年 8 月 9 日.

松永雅樹、笠井尚哉、坂本惇司、伊里友一朗、澁谷忠弘、三宅淳巳、「水素ステーションでの蓄圧器周辺配管からの水素漏洩による影響評価」、日本機械学会 2018 年度年次大会講演論文集、No. S1710001、吹田市（大阪府）、2018 年 9 月 9 日～12 日.

中山穣、半井豊明、坂本惇司、伊里友一朗、笠井尚哉、澁谷忠弘、三宅淳巳、「水素の非着火放出を想定した水素ステーションのリスク評価」、第 31 回日本リスク研究学会年次大会、セッション G1-2、福島市（福島県）、2018 年 11 月 9 日～11 日.

稗貫峻一、野口和彦、澁谷忠弘、坂本惇司、伊里友一朗、塩田謙人、三宅淳巳、「水素ステーションを対象とした社会総合リスクアセスメント」、第 31 回日本リスク研究学会年次大会、セッション O3-4、福島市（福島県）、2018 年 11 月 9 日～11 日.

（海外発表）

J. Nakayama, N. Kasai, T. Shibutani, 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, Hamburg (Germany), 2017 年 9 月 11 日.

S. Hienuki, Y. Hirayama, How is the Acceptability related to Knowledge or Experience in the Case of Hydrogen Fueling Stations?, International Conference on EcoBalance 2018 (Tokyo), 2018 年 10 月 11 日

A. Miyake, J. Sakamoto, S. Hienuki, J. Nakayama, Y.Izato and K.Noguchi, Applying a comprehensive societal risk framework to hydrogen fueling stations, 14th Global Congress on Process Safety, Orlando (USA), 2018 年 4 月 25 日.

＜ポスター発表＞　海外６件（横浜国立大学）

H. Aoki, T. Homma, J. Nakayama, A. Miyake, “Thermal hazard analysis of methylcyclohexane in a dehydrogenation process”, The Seventy First Calorimetry Conference (CALCON2016), Oahu, USA, July 31- August 4, Poster presentation.

S. Hienuki, K. Noguchi, A. Miyake, “Social Risk Identification with New Energy System using Input-Output Analysis: A Case Study of Hydrogen Fueling Stations in Japan”, International Conference on EcoBalance, Kyoto, 2016/10.

J. Nakayama, H. Aoki, T. Homma, N. Yamaki, A. Miyake, Thermal hazard analysis of a dehydrogenation system involving methylcyclohexane and toluene, 1st Journal of Thermal Analysis and Calorimetry Conference and 6th V4 (Joint Czech-Hungarian-Polish-Slovakian) Thermoanalytical Conference, Budapest (Hungary), 2017 年 6 月 6～9 日.

S. Hienuki, K. Noguchi, A comparative evaluation of gasoline and hydrogen energy system in individual and social values: The Case of Japan, The 7th World Hydrogen Technology Convention together with Czech Hydrogen Days 2017, Prague (Czech), 2017 年 7 月 9～12 日.

J. Sakamoto, N. Kasai, T.Shibutani, A. Miyake, A comparative analysis of accidents and incidents involving hydrogen stations, CNG stations, and gas stations, Asia Pacific Symposium on Safety 2017, Fukuoka (Japan), 2017 年 11 月 30 日～12 月 1 日.

J. Sakamoto, N. Kasai, T. Shibutani, A. Miyake, A comparative study of screw and welded joints in a high-pressure hydrogen gas environment, International Symposium on Advanced Material Research 2018, Jeju (South Korea), 2018 年 3 月 16～18 日.

【産業技術総合研究所】

（１）論文発表

＜査読付き＞　５件（産業技術総合研究所）

木原、牧野、小野、佐分利、久保田、恒見、和田（産総研）、有機ハイドライド型水素ステーションの漏洩頻度のベイズ推定、安全工学 Vol.55 No.4, 2017/08/15

K. Tsunemi, K. Yoshida, M. Yoshida, E. Kato, A. Kawamoto, T. Kihara and T. Saburi (AIST), Estimation of consequence and damage caused by an organic hydride hydrogen refueling station, Int.J.of Hydrogen Energy42、2017/09/25

小野、恒見（産総研)、 日米欧における水素ステーションのリスク管理手法の比較, 日本リスク研究学会誌, 27(2) pp.63-69、2018/5/25

吉田、吉田（産総研）、有機ハイドライドおよびその脱水素体による水素ステーション周辺住民への慢性健康影響リスクの推定、 環境科学会誌, 31(4) pp.164–177、2018/7/31

K. Tsunemi , K. Yoshida, T. Kihara, T. Saburi and K. Ono、Research Institute of Science for Safety and Sustainability、Screening-Level Risk Assessment of a Hydrogen Refueling Station that Uses Organic Hydride、Sustainability 2018, 10(12)、2018/11/28

＜査読なし（総説等含む）＞　３件（産業技術総合研究所）

恒見（産総研)、有機ハイドライド型水素ステーションのスクリーニング段階のリスク評価、水素エネルギーシステム 42-3、2017/09/30

小野（産総研)、WHTC2017 参加報告会（５）安全性評価、リスク関連について、水素エネルギーシステム 42-3、2017/09/30

小野（産総研)、有機ハイドライド型水素ステーションの定量的リスク評価、高圧ガス 56(1)、2019/01/01

（２）学会、展示会等発表

＜口頭発表＞　国内１１件、海外１件（産業技術総合研究所）

（国内発表）

木原、牧野、佐分利、和田（産総研)、エネルギーキャリア(MCH)ステーションにおけるイベントツリー解析、第 48 回安全工学研究発表会、新潟、2015/12/4

吉田、吉田（産総研)、化学物質漏洩に伴う急性健康被害範囲の推定と避難可能性の検討、環境科学会 2016 年会、神奈川、2016/9/9

恒見、吉田、吉田、加藤、川本、木原、佐分利（産総研)、有機ハイドライド型水素ステーションのリスク評価枠組み構築、日本リスク研究学会第 29 回年次大会、大分、2016/11/27

小野、恒見（産総研)、日米欧の水素ステーションに関するリスク管理手法の比較、日本リスク研究学会第 29 回年次大会、大分、2016/11/27

木原、牧野、佐分利、久保田、和田（産総研)、MCH をエネルギーキャリアとする水素ステーションにおける漏洩頻度のベイズ推定、第 49 回安全工学研究発表会、茨城、2016/12/1

小野（産総研)、化学プラントにおける定量的リスク評価方法および水素ステーションへの適用事例、火薬学会 第 41 回爆発安全専門部会、東京、2017/06/08

恒見（産総研)、水素エネルギーキャリアのスクリーニング段階のリスク評価、安全工学シンポジウム 2017、東京、2017/07/05

恒見、木原、佐分利、吉田（産総研)、有機ハイドライド型水素ステーションのスクリーニングリスク評価、日本機械学会 2017 年度年次大会、埼玉、2017/09/04

木原、牧野、小野、佐分利、久保田、恒見、和田（産総研）、ベイズ推論による有機ハイドライド型水素ステーションの漏洩頻度推定、日本リスク研究学会第 31 回年次大会、福島、2018/11/10

恒見、吉田、木原、小野、佐分利（産総研）、有機ハイドライド型水素ステーションのリスク評価、日本リスク研究学会第 31 回年次大会、福島、2018/11/10

木原、小野、久保田、和田、恒見（産総研）、移動式水素ステーションにおける水素漏洩頻度のベイズ推定、第 51 回安全工学研究発表会、石川、2018/11/30

（海外発表）

K. Tsunemi. E. Kato, A. Kawamoto, T. Kihara, K. Yoshida, M. Yoshida and K. Ono (AIST), Screening Risk Assessment of Energy Carrier of Hydrogen in a Hydrogen Refueling Station, SRA Asia 2018, 2018/03/14

＜ポスター発表＞　海外６件（産業技術総合研究所）

K. Tsunemi, E. Kato, A. Kawamoto, T. Kihara and T. Saburi (AIST), Risk estimation to humans on hydrogen fueling station and surrounding area, SRA 2016 Annual Meeting, San Diego, 2016/12/12

K. Tsunemi, E. Kato, A. Kawamoto, T. Kihara, K. Yoshida, M. Yoshida, T. Saburi, and K. Ono (AIST), Screening assessment of individual risk of hydrogen refueling station using organic hydride、THE 7th WHTC、2017/07/10

K. Ono and K. Tsunemi (AIST), Did risk and benefit information change acceptance on hydrogen fueling stations for Japanese general people?、THE 7th WHTC、2017/07/10

K. Ono and K. Tsunemi (AIST), Risk perception on hydrogen fueling stations for Japanese public with risk and benefit information、SRA 2017 Annual Meeting、2017/12/11

K. Ono, E. Kato, and K. Tsunemi (AIST), Public acceptance on hydrogen fueling stations for Japanese general people – Quantification of acceptance with and without risk information –, SRA Asia 2018, 2018/03/13

K. Ono, E. Kato, and K. Tsunemi (AIST), Public acceptance on hydrogen fueling stations with and without risk information, SRA 2018 Annual Meeting, 2018/12/03

＜展示会、ワークショップ、シンポジウム等＞　国内１１件（産業技術総合研究所）

佐分利（産総研）、水素ステーションでの大規模漏えいによる爆風被害リスク評価、水素の燃焼と爆発ワークショップ、岐阜、2016/08/22

恒見（産総研）、水素エネルギーキャリアのリスク評価、平成 28 年度産総研エネルギー・環境シンポジウムシリーズ 安全科学研究部門講演会、東京、2017/01/27

牧野、木原、鈴井、久保田、和田（産総研）、水素エネルギーキャリアのリスク評価（１）－発生確率とQOL－、平成 28 年度産総研エネルギー・環境シンポジウムシリーズ 安全科学研究部門講演会、東京、2017/01/27

佐分利、加藤、川本、木原、久保田、恒見（産総研）、水素エネルギーキャリアのリスク評価（２）－爆発によるヒトのリスク評価－、平成 28 年度産総研エネルギー・環境シンポジウムシリーズ 安全科学研究部門講演会、東京、2017/01/27

吉田、吉田（産総研）、水素エネルギーキャリアのリスク評価（３）－化学物質漏洩のリスク評価－、平成 28 年度産総研 エネルギー・環境シンポジウムシリーズ　安全科学研究部門講演会「水素社会に向けての評価研究」、東京、2017/1/27

小野、恒見（産総研）、企業の自主管理をリスク評価で支援する-災害・事故・化学物質のリスク評価技術の開発-、産総研テクノブリッジフェア 2017 in つくば、つくば、2017/10/19

恒見、木原、加藤、川本、吉田、佐分利、吉田、牧野（産総研）、水素エネルギーキャリアのリスク評価－水素ステーションのスクリーニング評価－、平成 29 年度産総研エネルギー・環境シンポジウムシリーズ 安全科学研究部門講演会、東京、2018/01/23

小野、恒見、木原、加藤、川本、吉田、吉田（産総研）、水素エネルギーキャリアのリスク評価－リスク評価まとめ・社会受容性調査－、平成 29 年度産総研エネルギー・環境シンポジウムシリーズ 安全科学研究部門講演会、東京、2018/01/23

小野、恒見（産総研）、災害・事故・化学物質のリスク評価～企業の自主管理をリスク評価で支援する～、産総研テクノブリッジフェア 2018 in つくば、つくば、2018/10/25

恒見、小野、木原、加藤、川本、吉田、佐分利、久保田、吉田、牧野、和田（産総研）、水素ステーションのリスク評価と社会受容性調査－I：リスク評価の目的と方法－、平成 30 年度産総研エネルギー・環境シンポジウムシリーズ 安全科学研究部門講演会、東京、2019/01/22

恒見、小野、木原、加藤、川本、吉田、佐分利、久保田、吉田、牧野、和田（産総研）、水素ステーションのリスク評価と社会受容性調査－II：評価結果と社会受容性－、平成 30 年度産総研エネルギー・環境シンポジウムシリーズ 安全科学研究部門講演会、東京、2019/01/22

【広島大学】

（１）論文発表

＜査読付き＞　１件（広島大学）

布施正暁、水素輸送のリスク評価における現状と課題、日本 LCA 学会誌、12(3)、190-195、2016.

（２）学会、展示会等発表

＜口頭発表＞　国内８件、海外２件（広島大学）

（国内発表）

大待達郎、布施正暁、水素輸送システムの社会リスク構造、第 28 回日本リスク研究学会年次大会、名古屋（愛知）、2015 年 11 月

大待達郎、布施正暁、水素輸送システムの事故シナリオ解析、第 29 回日本リスク研究学会年次大会、2016 年 11 月 27 日、大分市.

大待達郎、布施正暁、HAZID に基づいた水素輸送の事故シナリオ解析手法の開発、第 68 回土木学会中国支部研究発表会、2016 年 5 月 21 日、広島市.

布施正暁、水素輸送におけるリスク評価の現状、日本機械学会 2017 年年次大会、2017 年 9 月 4 日、さいたま市.

大待達郎、布施正暁、社会総合リスクを考慮した水素輸送事故シナリオ解析、第 30 回日本リスク研究学会年次大会、2017 年 10 月 17 日、彦根市.

大待達郎、布施正暁、水素輸送時における事故発生確率推定手法の開発、第 69 回土木学会中国支部研究発表会、2017 年 5 月 27 日、東広島市.

川西伸明・野口寛貴・布施正暁：水素ステーションを対象とした将来立地予測モデルの開発、第 70 回土木学会中国支部研究発表会、2018 年 5 月 26 日、山口県周南市.

大待達郎、布施正暁、水素輸送の事故統計解析、第 31 回日本リスク研究学会年次大会、2018 年 11 月 10 日、福島市.

（海外発表）

N.Kawanishi, T.Omachi, M.Fuse, Modeling future location of hydrogen station for assessing accessibility and safety of hydrogen, 16th International Conference on Civil and Environmental Engineering, Nov.11-13, 2017, Tainan City in Taiwan.

T.Omachi, H.Noguchi, M.Fuse, Estimation method for accident probability in hydrogen transport by road, ICCEE, 2017, Tainan City in Taiwan.

＜ポスター発表＞　国内５件、海外１件（広島大学）

布施正暁、エネルギーキャリアのリスク評価のための暴露データ構築と輸送時事故発生確率推定ガイダンスの作成、SIP シンポジウム 2015、2015 年 10 月 15 日、東京.

布施正暁、エネルギーキャリアのリスク評価のための暴露データ構築と輸送時事故発生確率推定ガイダンスの作成、SIP シンポジウム 2016、2016 年 10 月 4 日、東京.

布施正暁、塚井誠人、Lam Chi-Yang、エネルギーキャリアのリスク評価のための暴露データ構築と輸送時事故発生確率推定ガイダンスの作成、SIP シンポジウム 2017、2017 年 9 月 26 日、東京.

布施正暁、エネルギーキャリア輸送におけるリスク評価、JST フェア 2017、2017 年 8 月 31 日、東京.

布施正暁、塚井誠人、Lam Chi-Yang、エネルギーキャリア輸送の社会総合リスクアセスメント、SIP シンポジウム 2018、2018 年 9 月 25 日、東京.

T.Omachi, M.Fuse, Advanced Risk Identification for New Energy Carrier: A case of hydrogen transport system, The International Society for Industrial Ecology joint 5th Asia-Pacific conference, 2016,Sep. 28-30, Nagoya.

５．特許出願実績

なし

６．参考文献

1)　ISO (2018) Draft international standard ISO 19880-1, Gaseous hydrogen - Fueling stations -