

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01566

研究課題名（和文）水素ステーションと水素輸送を対象とした社会総合リスクマネジメント手法の開発

研究課題名（英文）Development of a Social Comprehensive Risk Management Methodology for Hydrogen Stations and Transport

研究代表者

布施 正暁（Fuse, Masaaki）

広島大学・先進理工系科学研究科（工）・准教授

研究者番号：70415743

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：水素社会の実現には、水素ステーションと水素輸送に対する安全・安心の確保が不可欠である。本研究は、直接被害を主とする工学リスクに間接被害を加えて概念拡張した社会総合リスクに焦点をあてる。安全工学に加えて統計力学・交通工学・社会心理学を活用することで、水素ステーション・輸送に関する社会総合リスクマネジメント手法を開発した。具体的には、リスク特定・分析に対応するリスクネットワーク分析モデル、リスク評価・対応に対応するステーション整備・輸送計画モデル、コミュニケーションに対応するリスク認知構造モデルを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

専門家の知識と経験に基づくブレインストーミングによる従来法に対して、本研究のリスクネットワーク分析モデルはネットワーク理論とベイズ推論の枠組みを組込むことで、大規模な事故シナリオ生成と効率的なリスク特定に成功した。本研究のステーション整備・輸送計画モデルを横浜市に適用することで、燃料輸送のリスク評価として初めて、水素普及状況に応じたガソリンと水素を包括的に評価することに成功した。本研究のリスク認知構造モデルより、水素エネルギーシステムのリスクの社会的受容性は、行政、自動車メーカーによるリスクコミュニケーションの重要性が定量的に明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Ensuring the safety and security of hydrogen stations and hydrogen transportation is essential for the realization of a hydrogen society. This study focuses on a social comprehensive risk, which is an extension of the engineering risk concept of direct damage to include indirect damage. By utilizing statistical mechanics, traffic engineering, and social psychology in addition to safety engineering, this study developed a social comprehensive risk management method for hydrogen stations and transportation. Specifically, a risk network analysis model is used for risk identification and analysis. A risk network analysis model for risk identification and analysis, a station development and transportation planning model for risk assessment and response, and a risk perception structure model for communication were developed.

研究分野：社会システム・安全工学

キーワード：水素ステーション 水素輸送 社会総合リスク ネットワーク分析 リスク認知

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

低炭素化・エネルギーセキュリティの観点から、自動車燃料として水素を利用する水素社会が国内外で注目を集めている。水素社会の実現には、水素供給を担う水素ステーションと水素輸送に対する安全・安心の確保が不可欠である。しかし、水素ステーション・輸送での爆発・火災事故による住民の生命・財産への直接的な被害(工学リスク)が懸念される。また、このような事故は水素供給・道路利用を中断させ、経済・人心への間接的な被害も懸念される。

2. 研究の目的

本研究は、直接被害を主とする工学リスクに間接被害を加えて概念拡張した社会総合リスクに焦点をあてる。安全工学に加えて統計力学・交通工学・社会心理学を活用することで、水素ステーション・輸送に関する、1)想定していないリスク、2)交通需要の社会変化、3)水素ステーション・水素輸送・住民間の社会総合作用、の3点を考慮した社会総合リスクマネジメント手法を確立することを目的とする。

3. 研究の方法

水素ステーション・輸送を対象とした社会総合リスクマネジメント手法は、リスク特定・分析に対応するリスクネットワーク分析モデル・リスク評価・対応に対応するステーション整備・輸送計画モデル、コミュニケーションに対応するリスク認知構造モデルから構成される。

4. 研究成果

リスクネットワーク分析モデル開発では、83,496件(うち、圧縮水素輸送:31,758件、液化水素輸送:25,896件、有機ハイドライド輸送:25,896件)の事故シナリオを作成した。水素輸送方法別にシナリオ分類結果を整理する。圧縮水素輸送の事故シナリオ分類結果は、図1に示すように、高リスク領域102件(0.3%)、中リスク領域2,856件(9.0%)、低リスク領域28,782件(90.2%)であった。液化水素輸送の事故シナリオ分類結果は、図2に示すように、高リスク領域19件(0.1%)、中リスク領域1,738件(6.7%)、低リスク領域24,121件(93.2%)であった。有機ハイドライド輸送の事故シナリオ分類結果は、図3に示すように、高リスク領域0件(0.0%)、中リスク領域973件(3.8%)、低リスク領域24,905件(96.2%)であった。有機ハイドライド輸送の事故シナリオが高リスク領域に分類されなかった理由は、評価対象年次において有機ハイドライド輸送量が極めて少ないためである。重要事故シナリオの特徴について整理する。路線形状別では、橋・高架での事故が最も高く47%となった。橋・高架での事故は、容器やタンクが落下した際に強い衝撃がかかること、道路構造物への深刻な被害が想定される。中間状態別では、容器散乱の出現割合が最も高く30%、次いで漏洩(安全弁/バルブ/配管/蓋)が26%となった。

		事故影響度ランク				
		C1	C2	C3	C4	C5
事故発生頻度ランク (件/年)	L5	1,280	20	21		
	L4	3,332	256	165	8	3
	L3	5,373	767	509	215	70
	L2	5,555	978	837	582	234
	L1	7,600	893	1,168	999	875

図1. リスクマトリクスによる事故シナリオ分類結果(圧縮水素輸送)

		事故影響度ランク				
		C1	C2	C3	C4	C5
事故発生頻度ランク (件/年)	L5	470				
	L4	1,893	79	64		
	L3	4,139	432	243	48	19
	L2	5,228	829	632	372	109
	L1	7,200	1,021	1,243	1,034	823

図2. リスクマトリクスによる事故シナリオ分類結果(液化水素輸送)

		事故影響度ランク				
		C1	C2	C3	C4	C5
事故発生頻度ランク (件/年)	L5	11				
	L4	233				
	L3	1,203	22	16		
	L2	3,104	293	134	6	2
	L1	12,172	3,525	2,636	1,572	949

図3. リスクマトリクスによる事故シナリオ分類結果(有機ハイドライド輸送)

ステーション整備・輸送計画モデルを横浜市に適用し、燃料輸送の空間的リスク評価を実施した結果を示す。図4にリスク分析の結果として得た、空間的な燃料輸送ルートを示す。各道路リンクは燃料輸送リスクによって色分けされている。空間的にリスクの高いリンクは燃料貯蔵工場付近が多いことが確認できる。これは、全ての燃料輸送の出発地点が燃料貯蔵工場に設定されているためである。また、空間的には各シナリオ・各年次のリスクに大きな差は確認できない。

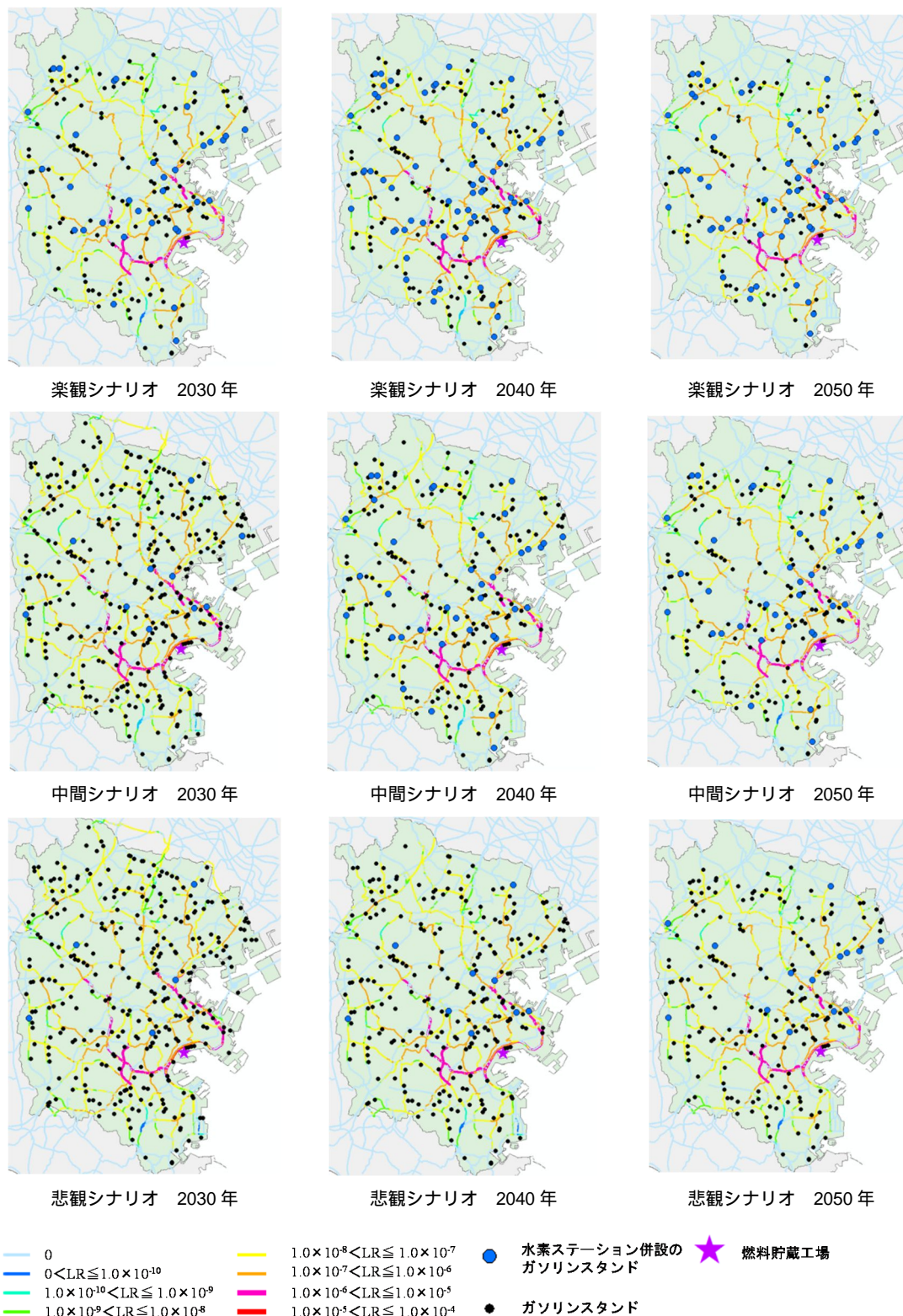


図4. 空間的な燃料輸送ルート結果

リスク認知構造モデル開発では、ガソリン・水素システムのリスク認知地図の作成結果を図5に示す。主成分の値より、第1主成分は縦軸で恐ろしさ因子、第2主成分は横軸で未知性因子を示す。主成分水素エネルギーシステムのリスク認知地図をガソリンエネルギーシステムのリスク認知地図と比較することで、3つの特徴を把握できた。第1の特徴は、未知性が高く恐ろしさ

が低いことである。第2の特徴は、未知性の値によって恐ろしさが変化しやすいことである。第3の特徴は、リスク認知のばらつきが大きく、人によってリスク認知が異なることである。水素エネルギーシステムの身近なものではなく、リスクについてもエンドポイントを設定していないため、リスクをイメージできず、人によって恐ろしさの高低差が大きく、リスク認知にばらつきがあったと考えられる。

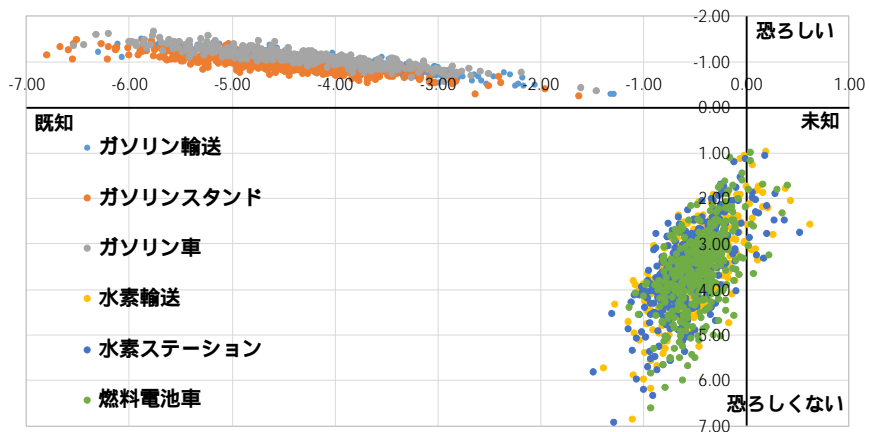


図5. ガソリン・水素システムのリスク認知地図結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Oda Hiromu, Noguchi Hiroki, Fuse Masaaki	4. 巻 159
2. 論文標題 Review of life cycle assessment for automobiles: A meta-analysis-based approach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Renewable and Sustainable Energy Reviews	6. 最初と最後の頁 112214 ~ 112214
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.rser.2022.112214	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	塚井 誠人 (Tsukai Makoto) (70304409)	広島大学・先進理工系科学研究科(工)・准教授 (15401)	
研究分担者	力石 真 (Chikaraishi Makoto) (90585845)	広島大学・先進理工系科学研究科(国)・准教授 (15401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関