

学位論文及び審査結果の要旨

氏 名	兼子 航
学 位 の 種 類	博士(工学)
学 位 記 番 号	工府博甲第521号
学位授与年月日	平成29年3月24日
学位授与の根拠	学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項
学 府 ・ 専 攻 名	工学府 システム統合工学専攻
学 位 論 文 題 目	高圧水素漏洩時の自発点火現象の機構解明および防止方法 (Mechanisms and prevention of self-ignition phenomena of released high-pressure hydrogen)
論 文 審 査 委 員	主査 横浜国立大学 教授 石井 一洋 横浜国立大学 教授 松本 裕昭 横浜国立大学 教授 西野 耕一 横浜国立大学 教授 松井 純 横浜国立大学 准教授 酒井 清吾 横浜国立大学 准教授 荒木 拓人

論文及び審査結果の要旨

現在、世界各国で水素のエネルギー利用が開始しており、水素ステーションなどのインフラ整備も積極的に行われている。このとき、水素はエネルギー密度が低いため高圧で貯蔵されることになり、高圧水素貯蔵施設では不意の過圧に対して圧力を逃す安全装置などが設置されている。高圧水素が何らかの原因で偶発的にまたは意図的に大気へ放出されると、その周囲条件によっては点火源がなくとも自発的に点火・燃焼する現象が確認されている。高圧水素漏洩時の自発点火に関する従来の研究の多くは、容器に水素を高圧で充填した後に容器と配管との間にある隔膜を破断させ、水素を配管内に放出することで自発点火の発生を再現している。しかしながら、自発点火の発生条件は研究者ごとに、あるいは同一実験内で大きくばらついており、発生機構も実験的な裏付けが不足しているのが現状である。

本論文は、高圧水素が漏洩時に配管を通して大気に放出されるとき自発点火現象について、発生条件の特定と発生機構の解明を行うとともに、自発点火の防止方法の提案を行っている。まず、隔膜破断時における隔膜開口過程の再現性を向上させることで、自発点火の

再現性を高めている。次に自発点火の発生条件を特定するとともに、実験条件を変えながら自発点火過程を可視化することで発生機構を調べている。このとき管内圧力や発生する火炎の形状および位置は計測できるものの、自発点火が生ずる場の状態について定量的な情報が不足するため、化学反応モデルを用いた 0 次元素反応計算を行い、発生機構を定量的に検討している。最後に、自発点火機構から検討を行った効果的な自発点火防止方法を提案している。本論文の構成は以下のとおりである。

第 1 章では、近年の水素のエネルギー利用に関する取組や事故事例、高圧水素漏洩時の自発点火ならびに管内衝撃波形成に関する従来の研究に関して説明し、本研究の動機および目的を述べている。

第 2 章では、実験装置の詳細と隔膜を任意の圧力で再現性良く破断させる方法について説明している。隔膜の材質、厚さ、切り込む溝の深さを変化させて破断圧力と衝撃波速度の関係を調べた結果から、隔膜開口過程が衝撃波形成に及ぼす影響についてまとめている。

第 3 章では、自発点火が発生するときの隔膜の破断圧力と管長の関係を示している。臨界破断圧力にばらつきが見られたためその原因を考察し、高圧水素の放出により生ずる衝撃波の伝播速度と管長を用いて自発点火発生の有無をまとめた結果、ほぼばらつきなく実験結果が整理できている。

第 4 章では、自発点火によって発生する火炎の進行方向および垂直方向から火炎伝播の可視化を行っている。可視化実験の結果から、管内に放出された水素は、衝撃波通過後に配管内で形成された境界層内の高温空気とせん断混合することで自発点火することを示している。その後、火炎は下流に移動しながら管壁に沿った円筒形状になることを明らかにし、新たな自発点火機構を提案している。

第 5 章では、配管中央での混合促進を図った細線挿入時の自発点火実験と、0 次元素反応計算により、第 4 章で提案した自発点火機構について定量的な検討を行っている。とくに自発点火が生ずる水素・空気混合気の条件を明らかにしている。

第 6 章では、多孔質体と隔膜開口制限により、衝撃波を減衰させることで自発点火を防止する方法を提案し、その効果を調べている。

第 7 章には本論文の結論をまとめている。

以上のように、本論文は高圧水素漏洩時の自発点火機構について、系統的な実験から新たな自発点火機構を提唱し、それに基づいて自発点火防止方法を提案しているものであり、審査委員全員一致して博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認めた。