

HAZID に基づいた水素輸送事故シナリオ解析手法の開発

広島大学 学生会員 ○大待 達郎
 広島大学 正会員 布施 正暁

1. はじめに

日本国内において、ガソリンに代わる新たな自動車燃料の1つとして水素が注目されている。水素社会を推進する燃料電池車の普及には、危険物である水素の「安全」な輸送システムが必要不可欠である。水素輸送システムの安全性を検討するため、事故シナリオに基づくリスク評価¹⁾が必要となる。本研究では、水素輸送時の事故シナリオに注目し、その解析手法を開発する。具体的には、HAZID (Hazard Identification Study)²⁾を水素輸送システムに適用することで、自然災害などの非定常シナリオを考慮する。さらに、水素輸送システムの事故シナリオを事故対策前後に分けて、そのリスクランクを判定する。

2. 方法

HAZID に基づく水素輸送時の事故シナリオ解析手法のフローを Fig. 1 に示す。本手法内の発生確率と影響度の算出式を Table. 1 に、リスクランクの定義、設定法、閾値²⁾を Table. 2 (リスクマトリックス) に示す。

従来の HAZID は空間的に固定された化学工場を対象とするのに対して、本研究では移動体である水素輸送車が対象となる。そこで、本手法のガイドワードの設定法、発生確率と影響度の計算式、事故対策前後のリスク設定法は、以下の特徴をもつ。

- ガイドワードは「定常」と「非定常」に大別することで従来手法³⁾で考慮していない自然災害、テロ、社会情勢を非定常ガイドワードとして41件設定した。定常ガイドワードは、危険物輸送の影響度が高い6つのユニットから成る計20件の「輸送ルート」、2つのユニットから成る計5件の「内部事象」、3つのユニットから成る計9件の「外部事象」に関わるガイドワードを設定

した。事故事象は複合して起きることを勘案し、個別ガイドワードの組合せを計算し、124,416件の事故シナリオを対象とする。

- 従来手法³⁾では、発生確率と影響度は専門家によるブレインストーミングで決定される。本手法では危険物輸送に関わる各種統計情報^{4,5)}より求める。影響度は重傷、軽傷を死者換算⁶⁾して統合評価する。
- 定常ガイドワード由来の事故対策前後の事故シナリオは、各ユニット内で最小リスクとなるガイドワードに統一することで評価した。非定常ガイドワード由来の事故シナリオは、事故対策対象から除外する。

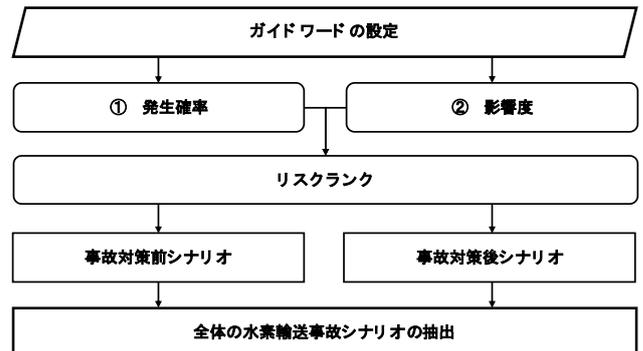


Fig. 1 事故シナリオ解析手法のフロー

Table. 1 発生確率と影響度の算出式

①発生確率	定常	$P_{i-s} = P_L \cdot C_i \cdot C_j \cdot C_k \cdot C_l \cdot C_m \cdot C_n \cdot C_o \cdot C_p \cdot C_q \cdot C_r \cdot C_s$ $P_t = P_L \cdot C_t$
②影響度	非定常	$H_{i-s} = H_L \cdot D_i \cdot D_j \cdot D_k \cdot D_l \cdot D_m \cdot D_n \cdot D_o \cdot D_p \cdot D_q \cdot D_r \cdot D_s$ $H_t = H_L \cdot D_t$
パラメータ説明		
C : 発生確率変動係数		
D : 影響度変動係数		
L : 平均		
i, j, k, l, m, n : 輸送ルート関連 (20件)		
o, p : 内部事象関連 (5件),		
q, r, s : 外部事象関連 (9件)		
t : 非定常ガイドワード関連 (41件)		

キーワード HAZID, 水素輸送, リスク

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室

TEL : 082-424-7819・7828

Table.2 リスクランクの定義, 設定法, 閾値

発生確率 (閾値: 1/km*year) 影響度 (閾値 H: 人)	A 低い ($P \leq 1.0 \times 10^{-9}$)	B やや低い ($1.0 \times 10^{-9} < P \leq 1.0 \times 10^{-7}$)	C やや高い ($1.0 \times 10^{-7} < P \leq 1.0 \times 10^{-5}$)	D 高い ($1.0 \times 10^{-5} < P$)
	I 軽微 ($H \leq 10$)	リスクランク 1	リスクランク 1	リスクランク 1
II 小規模 ($10 < H \leq 100$)	リスクランク 1	リスクランク 2	リスクランク 2	リスクランク 3
III 中規模 ($100 < H \leq 1000$)	リスクランク 2	リスクランク 2	リスクランク 3	リスクランク 3
IV 大規模 ($1000 < H \leq 10000$)	リスクランク 2	リスクランク 3	リスクランク 3	リスクランク 3
V 重大 ($10000 < H$)	リスクランク 3	リスクランク 3	リスクランク 3	リスクランク 3

リスクランク 1: 許容できるリスク. 更なる事故対策は必ずしも必要ではない.

リスクランク 2: 原則として許容できるリスクだが, さらなる事故対策が求められる.

リスクランク 3: 許容できないリスク.

3. 結果

事故対策前のリスク判定結果を Table.3 に示す. 事故対策前では全シナリオ中, 約 32%が許容できないリスクレベルと判定された. さらに, 非定常ガイドワードに基づく事故シナリオは 41 件あり, その約 90%が許容できないリスクレベルと判定された. 次に, 事故対策後のリスク判定結果を Table.4 に示す. 事故対策後では全シナリオ中, 約 99%が許容できるリスクレベルと判定された. これにより, 事故対策によって大幅にリスクを削減することが可能であることを示した. しかし, 事故対策の実施後において約 1%の事故シナリオは許容できないリスクレベルと判定された. これらの事故シナリオに関しては, 各ユニット内で最小リスクとなるガイドワードへの統一とは異なる事故対策の必要性を明らかにした.

4. 結論

本研究では, 化学工場のリスク評価に用いられる HAZID の概念を水素輸送システムに適用した. さらに, 事故対策前後での事故シナリオを抽出し, リスク判定することで, 水素輸送システムの事故シナリオ解析手法としての有用性を示した.

本研究でスクリーニングした水素輸送事故シナリオの固有輸送ルートにおける寄与度を考慮したリスク評価が今後の課題となる.

謝辞

本研究は, 総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「エネルギーキャリア」(管理本人:JST)によって実施されました.

Table.3 事故対策前の判定結果

発生確率 影響度	A 低い	B やや低い	C やや高い	D 高い
	I 軽微	2,230	686	763
II 小規模	12,591	4,140	3,720	30
III 中規模	26,733	9,190(1)	6,750	62
IV 大規模	24,985(2)	8,780(2)	5,472	39
V 重大	11,773(36)	4,288	2,171	11

注: 枠内の数字はシナリオ件数, ()内は非定常ガイドワード由来のシナリオ件数

Table.4 事故対策後のリスク判定結果

発生確率 影響度	A 低い	B やや低い	C やや高い	D 高い
	I 軽微	51,120	10,944	19,594
II 小規模	23,328	4,608	13,104	0
III 中規模	1,152	0(1)	576	0
IV 大規模	24,985(2)	0(2)	0	0
V 重大	0(36)	0	0	0

注: 枠内の数字はシナリオ件数, ()内は非定常ガイドワード由来のシナリオ件数

参考文献

- 1) UNECE, General guideline for the calculation of risks in the transport of dangerous goods by road: An introduction to the basic principles of risk assessment for chapter 1.9 ADR, Working Party on the Transport of Dangerous Goods, 2008.
- 2) D.H. Stamatis, Introduction to Risk and Failures: Tools and Methodologies, CRC Press, 2014.
- 3) AV. Gheorghe et al, Comprehensive risk assessment for rail transportation of dangerous goods: a validated platform for decision support, Reliability Engineering and System Safety,88:247-272, 2005.
- 4) 総務省, 危険物に関わる事故の概要, 2005-2014.
- 5) 公益財団法人交通事故総合分析センター: 事業用自動車の交通事故統計 (平成 23 年度版), 2013.
- 6) 山中英夫他: CV 調査と SV 調査を用いた非死亡事故の人的費用の計測, 土木企画学研究・論文集, 21, 137-144, 2004.