

2019年度 JPECフォーラム

リスクアセスメントの再実施に 基づく設備構成に関する研究開発

2019年5月8日

一般財団法人石油エネルギー技術センター
自動車・新燃料部

報告内容

1. 事業概要と検討スケジュールについて
2. 水素ステーションモデル構築について
3. リスクアセスメントのフレームワーク構築及び
リスクシナリオ抽出について

本検討の位置づけ

規制改革実施計画

(2017年 6 月 9 日閣議決定)

No.38 水素スタンド設備に係る技術基準の見直し

- 最新の知見を踏まえ、水素スタンドのリスクアセスメントを事業者等が有識者及び規制当局の協力を得て再実施するとともに、当該リスクアセスメントの結果に基づき、水素スタンド設備に係る技術基準の見直しを検討し、結論を得た上で、必要な措置を講ずる。



NEDO

超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業／国内規制適正化に関わる技術開発/
普及期水素ステーションの安全性に関わる技術開発

② リスクアセスメントの再実施に基づく設備構成に関する研究開発

前回RAの上に立脚した「再」RA

今回のNEDO事業
「超高圧水素インフラ
本格普及技術
研究開発事業」
2018年～

一般高圧ガス保安規則
(圧縮水素スタンドに係る
技術上の基準)
第7条の3

過去のNEDO事業
「水素社会構築共
通基盤整備事業」
2005年～2009年

該リスクアセスメントの結果に基づき、水素スタンド設備に係る技術
基準の見直しを検討し、結論を得た上での必要な措置※

措置に対する議論・調整等

安全の確保と設備構成・運用の合理化の両立を指向した
技術基準案の策定

「再」リスクアセスメント (定量的なリスク算定)

一般則 第7条の3に基づいた「実際に運用されている」
商用水素STを一般化したモデル

商用水素STの建設・運用(約70箇所)

一般則 第7条の3(水素STに対する唯一の技術基準)
及び例示基準

法制化に対する議論・調整等

前回のリスクアセスメント

実証ST、想像をベースとした「商用水素STモデル」

何故、RAの再実施？

現在の水素STは、余裕度高く安全サイドの安全設備を備えているのではないか？

2009～2010年に実施したRAで使用したマトリックス(半定量的)

影響度		頻度			
		A	B	C	D
		ほとんど 起こりえない	起こり にくい	可能性 がある	十分 起こりえる
I	極めて重大な 災害	H	H	H	H
II	重大な災害	M	H	H	H
III	中規模災害	M	M	H	H
IV	小規模災害	L	L	M	H
V	軽微な災害	L	L	L	M

H: 許容できないレベル

M: リスク低減策を検討

L: 受入可能なレベル

従来手法の課題

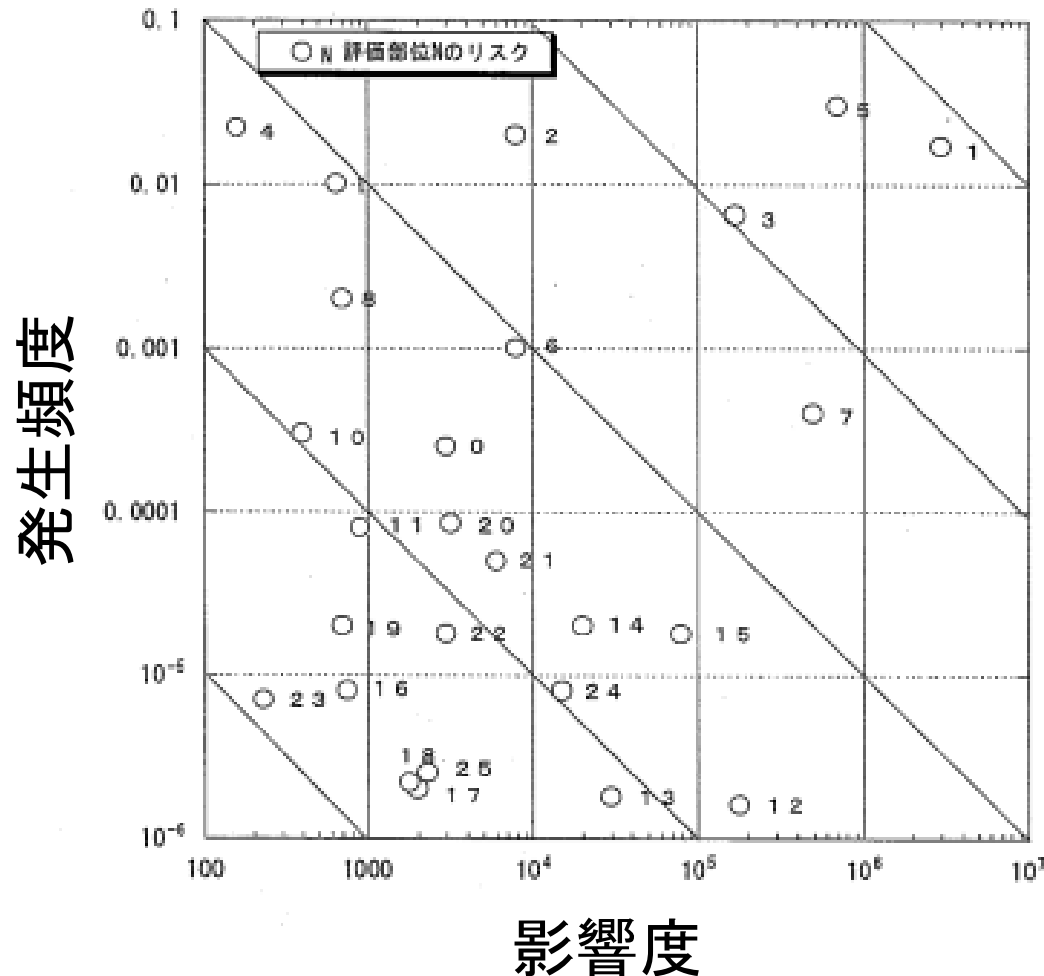
- ・ほとんど起こりえない事項も「H」ランクのまま残ってしまう。
- ・「H」ランクは回避できないので、高額な対策費用が生じても削減できない。
- ・マネジメントが安全側にシフトする傾向。

- ・ 頻度、影響度(特に安全対策の有効性)に対する定量性を高めれば、必要十分な設備、構造物を備えた水素ステーション像が明確になるのではないか



シミュレーションや、学理的に設定された「社会受容性のあるレベル＝安全目標」も取り入れて、定量的なリスク評価を実施

リスク算定結果(イメージ)



- 各リスクの影響度と頻度を定量的に表示
- この後、検討される安全対策の有効性とリスクが許容可能なレベルまで低減できたか否かを可視化

出典: HPIS Z 106:2018

リスクの定義

「リスク」=「n(人)」×「災害事象の影響による致死率(-)」
×「発生頻度(/年)」 ≤ 1.0×10^{-6}

本事業におけるRAの流れ

汎用性、信頼性の高いRA手法の構築(2018年度)

水素STの多様化に適用可能な
RAフレームワーク構築

HAZOP等の従来シナリオ抽出手法

リスク算定の実施と合理的な安全対策の提案
(2019～2020年度)

各シナリオに対する詳細評価(2019年度)

2D-sim(シナリオのスクリーニング)

各種パラメーターに対するケーススタディ

3D-sim

構造物の影響等を考慮することが必要な
シナリオに対する詳細計算

リスク算定の実施(2019年度)

安全対策の有効性、社会受容性評価(2019年度)

合理的な安全対策の検討、提案(2020年度)

無人運転関連テーマに展開(2020年度)

共同

横国大主導

JPEC主導

フレームワーク

リスクシナリオ抽出

漏洩シナリオ

影響度評価

頻度定量化

リスク算定

安全対策
提案

技術基準
検査・点検方法

(2020年度)

検討スケジュール

研究開発項目	2018- 2Q	2018- 3Q	2018- 4Q	2019	2020
A) STモデル構築	→		→ (Update)		
B) RAフレームワーク構築	→				
C) リスク算定、整理			→ (Simulation構築等)	→	
D) 技術基準等の見直し					→

2. 水素ステーションモデル構築について

水素ステーションモデルの位置づけ

(1) リスクアセスメントの対象とする水素ST設備について、その仕様・配置・運転方法等、RA検討に必要な情報を明確化するため、水素STモデル(P&ID等の図面・資料)を作成する。

(2) 今次リスクアセスメントの特徴

《今次検討のリスクアセスメント》

対象: 一般的な水素ステーション(ST)設備

目的: 広く、水素ST全般に適用されるルール作り(ルール見直し)



《一般的なリスクアセスメント》

対象: ある特定の設備

目的: 当該設備の安全性確保

実施時期: 当該設備の設計時・改造時など

「一般的な水素ST」とは？

- 多くの水素STの(安全性評価を行う上での)代表選手

- 広く危険要因をカバーできる
- 必要以上に複雑でない

モデル構築の手順

STEP1 : 情報収集

(1) 機器構成・システム構成について

- 過去の検討において作成されたモデルの検証
- 商用水素ステーション現地調査・ヒアリング調査、HySUT山梨の実証設備の調査

(2) 個別機器仕様について

- 公開情報(Web、カタログ、文献)による情報収集
- メーカーヒアリング(圧縮機、蓄圧器、ディスペンサー、バルブ、等)

STEP2 : 資料作成

- リスクアセスメントに必要な図面等の資料作成
PFD P&ID 平面配置図 立面図 解説資料

STEP3 : モデルの妥当性確認・コンセンサス

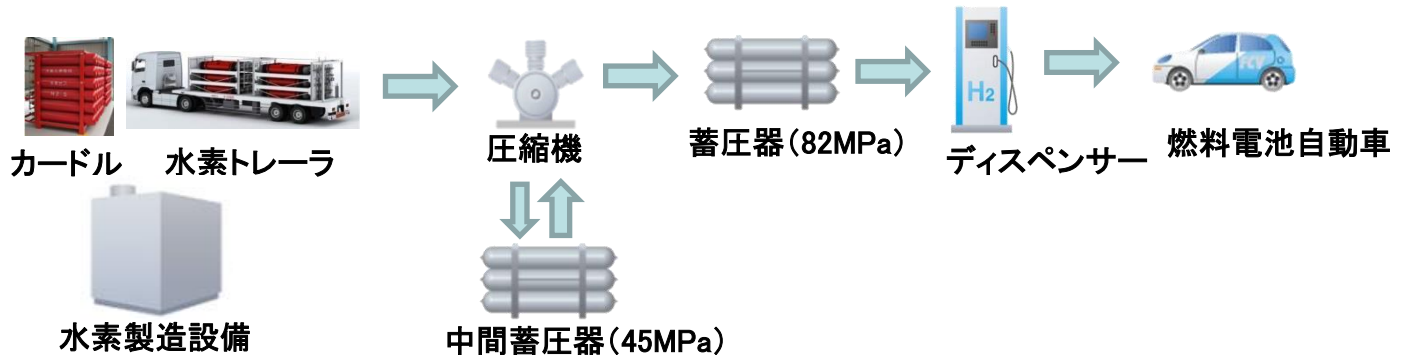
- 業界(事業者、機器メーカー)による、モデルとしての妥当性チェック

Step 1: 情報収集・調査結果

各種調査の結果、国内における商用水素ステーションは、以下の2タイプに大別可能

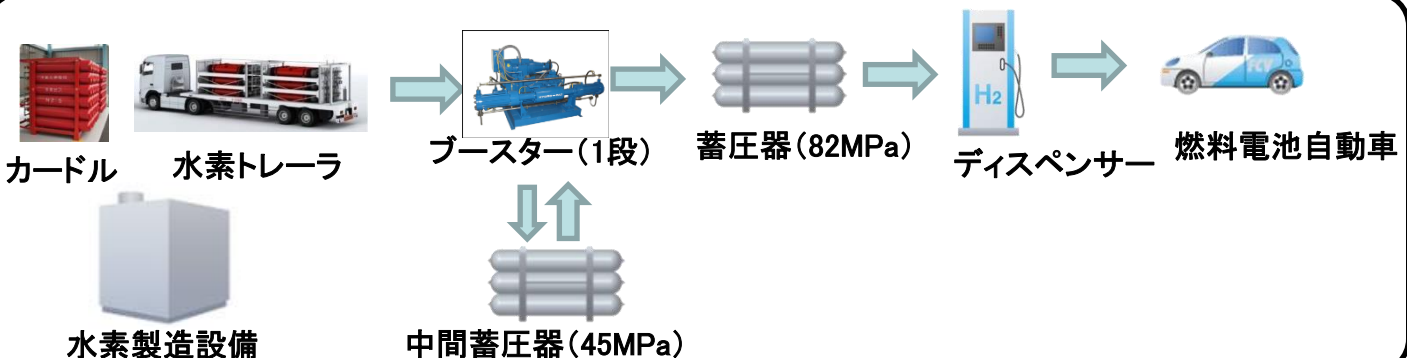
オフサイト型

モデルA



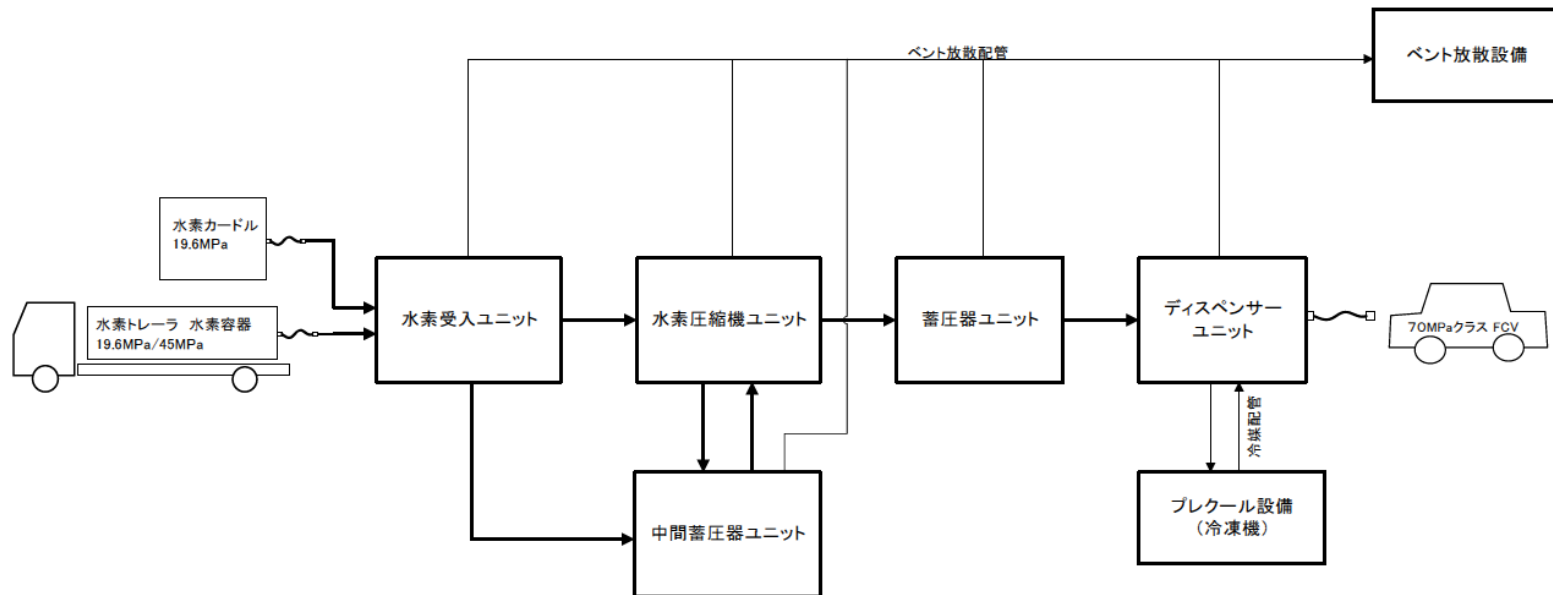
オフサイト型

モデルB



それぞれに対し、リスクアセスメントに必要な書類を作成した
→ Step 2.

Step 2: 資料作成・PFD(モデルA)



水素カードル	
容量	50L × 30本
最高充填圧力	19.6MPa

水素受入ユニット	
減圧弁仕様	一次側圧力: 2~45MPa 程度 二次側使用圧力: 0.2~0.9MPa 程度
受入口	水素カードル用 1口 水素トレーラ用 1口

水素圧縮機ユニット	
仕様	4段圧縮 (レシプロ3段 + ダイアフラム1段)
処理能力	340Nm ³ /hr (30.6kg/hr)
吸入圧力	0.6MPa
吐出圧力	82MPa

蓄圧器ユニット	
容量	3バンク構成 No.1バンク : 300L×1本 No.2バンク : 300L×1本 No.3バンク : 300L×1本
雪ガス量 (@82MPa, 25℃)	1本(300L)当たりの雪ガス量: 13.0kg 全雪ガス量: 13.0×3 = 39.0kg
雪圧器タイプ	No.1バンク : Type ? No.2バンク : Type ? No.3バンク : Type ?
圧力条件	設計圧: 90MPa / 常用圧82MPa

ディスペンサーユニット	
仕様	70MPa充填対応充填口 × 1口 JPEC-S 0003(2014)対応
圧力条件	設計圧: 90MPa / 常用圧82MPa
温度条件	設計温度: -10℃~+50℃ 常用温度: -10℃~+40℃ ただし、プレクーラー船交入口より下流は以下の通り。 設計温度: -40℃~+50℃ 常用温度: -40℃~+40℃

水素トレーラ(19.6MPa)	
容量	鋼製容器(Type1) 715L × 21本
最高充填圧力	19.6MPa

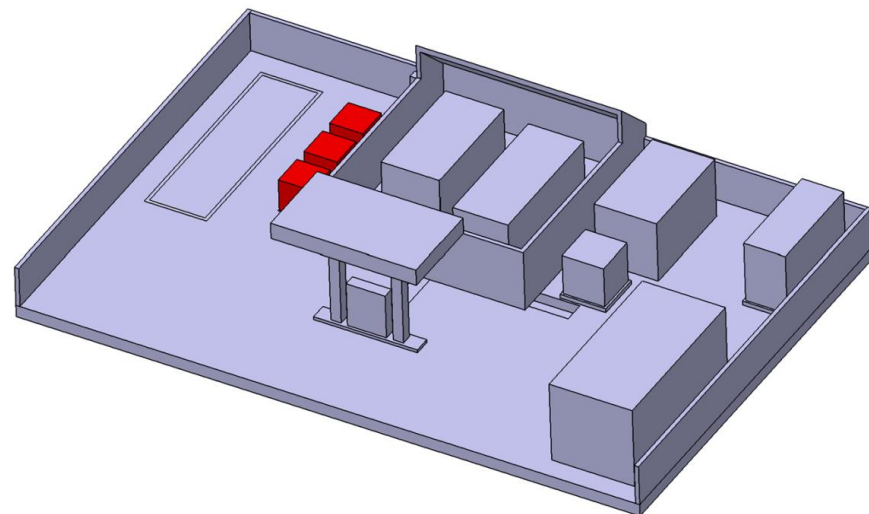
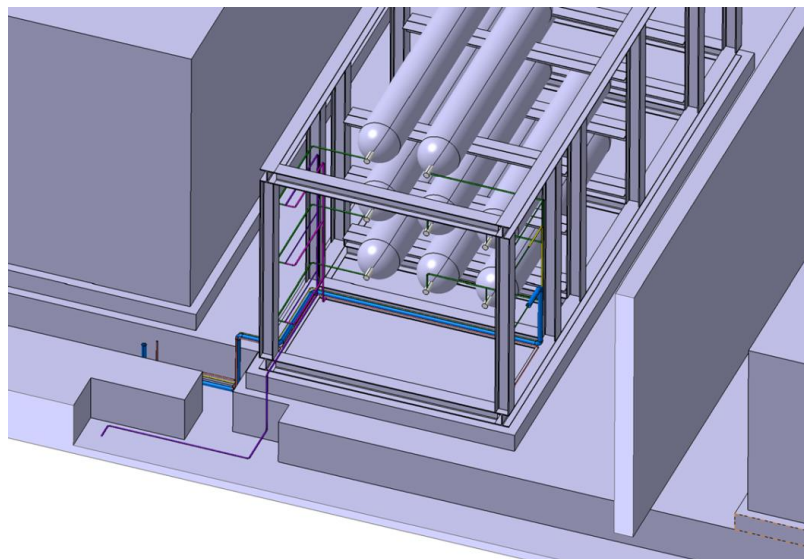
水素トレーラ(45MPa)	
容量	Type3容器 300L × 30本
最高充填圧力	45MPa

中間蓄圧器ユニット	
容量	300L × 5本
雪ガス量 (@45MPa, 25℃)	1本(300L)当たりの雪ガス量: 8.6kg 全雪ガス量: 8.6×5 = 43.0kg
雪圧器タイプ	
圧力条件	設計圧: 50MPa / 常用圧45MPa

		名称	作成者	日付	Rev.
1	中間蓄圧器ユニットの雪ガス量を修正。JPEC-S0003Dの対応バージョン変更。(2016~2014)	2019.2.26	70MPa充てん対応水素ステーション JPECモデルA PFD	JPEC	2019.2.26
合計	5行	5行			1

モデルの3D化について

- 今後実施するリスクの定量化において、輻射熱や爆風圧の遮蔽物の効果も3次元数値解析により定量化する。そのための3次元モデルを作成済。



作成したモデルに対し、水素ステーションに関わる事業者に妥当性の確認を実施した。その結果、「**モデルA・モデルBは、リスクアセスメントの対象として妥当な設備構成のステーションである**」とのコンセンサスを得た。

3. リスクアセスメントの フレームワーク構築及び リスクシナリオ抽出について

モデル構築の進捗を受けたリスクアセスメントのスコープ (一般則 第7条の3準拠のステーション)

水素ステーション(ST)

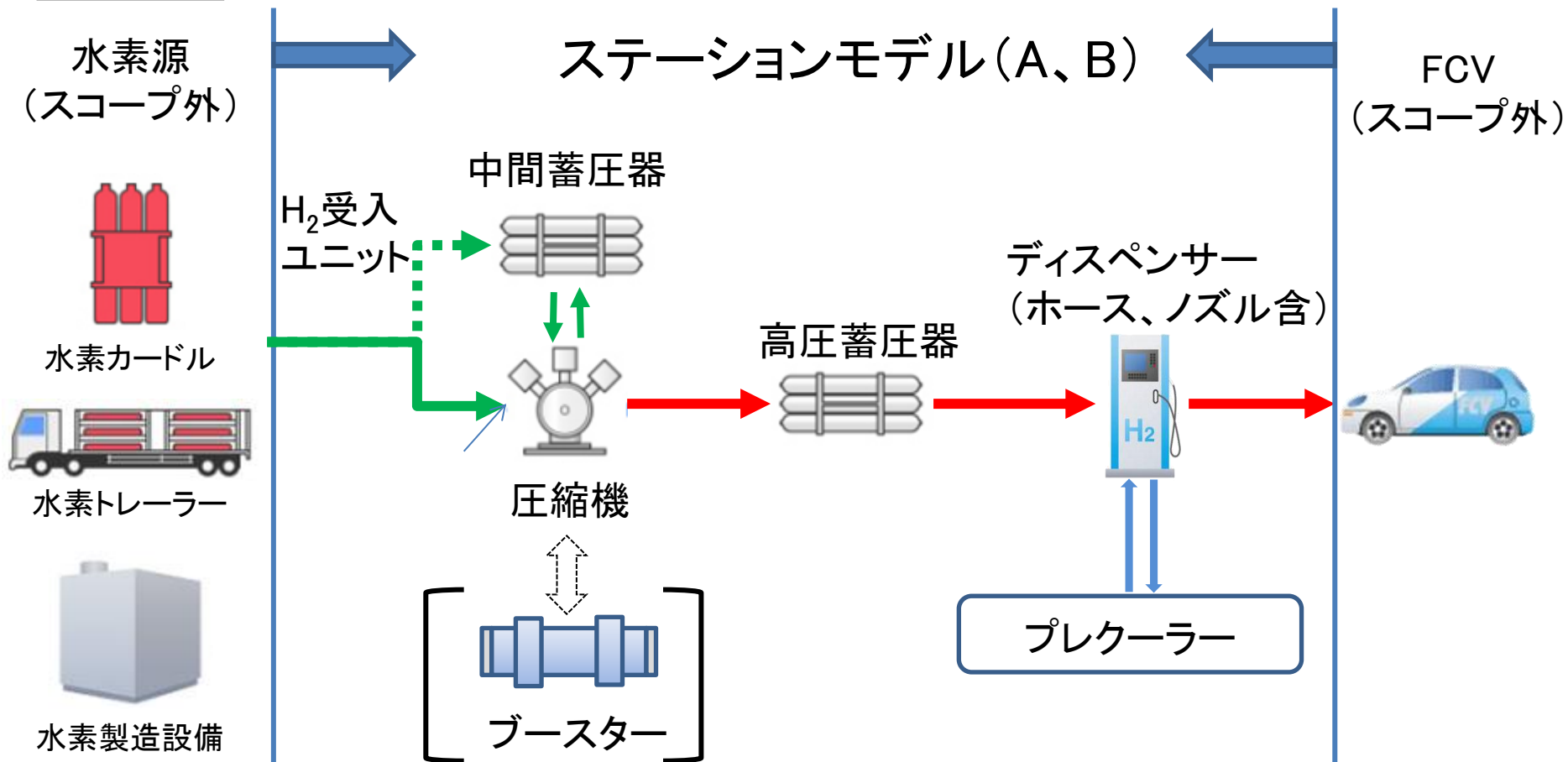
- 一般高圧ガス保安規則 第7条の3及び各例示基準に則った水素ST
(基本モデルとしてオフサイト)
- 構築したモデルA及びモデルBを対象とする



上記水素ステーションを基に、リスクシナリオ抽出を実施する
(HAZOP、FMEA)

モデル構築の進捗を受けたリスクアセスメントのスコープ (一般則 第7条の3準拠のステーション)

オフサイト型



本事業におけるRAの流れ

汎用性、信頼性の高いRA手法の構築(2018年度)

水素STの多様化に適用可能な
RAフレームワーク構築

HAZOP等の従来シナリオ抽出手法

リスク算定の実施と合理的な安全対策の提案
(2019～2020年度)

各シナリオに対する詳細評価(2019年度)

2D-sim(シナリオのスクリーニング)

各種パラメーターに対するケーススタディ

3D-sim

構造物の影響等を考慮することが必要な
シナリオに対する詳細計算

リスク算定の実施(2019年度)

安全対策の有効性、社会受容性評価(2019年度)

合理的な安全対策の検討、提案(2020年度)

無人運転関連テーマに展開(2020年度)

フレームワーク

共同

横国大主導

JPEC主導

リスクシナリオ抽出

漏洩シナリオ

影響度評価

頻度定量化

リスク算定

安全対策
提案

技術基準
検査・点検方法

(2020年度)

HAZOPによるシナリオ抽出例

- ガイドワード×パラメーターであるべき姿からの偏差とその原因、影響を想定

シナリオ数:481

- ガイドワード: 圧力 / 流量 / 温度 / レベル / 組成
- パラメーター: More / Less / No / Reverse / Other than

シナリオ例

セクション名	ガイドワード	パラメーター	偏差	原因	影響
ディスペンサー	流量	More	流量上昇	経年劣化によるホースへの亀裂発生	高圧水素の連続漏えい

FMEAによるシナリオ抽出例

- 部品やユニットの単一故障状態が、製品やシステム全体に与える影響を評価する方法→各機器について実施

シナリオ数:624

シナリオ例

ユニット	機番	名称	故障モード	結果
C: 中間蓄圧器	PT-301	圧カトランスミッタ	誤指示(低)	45 MPaを超えても圧縮機からの水素供給が継続、脆弱部より漏洩

本事業におけるRAの流れ

汎用性、信頼性の高いRA手法の構築(2018年度)

水素STの多様化に適用可能な
RAフレームワーク構築

HAZOP等の従来シナリオ抽出手法

リスク算定の実施と合理的な安全対策の提案
(2019～2020年度)

各シナリオに対する詳細評価(2019年度)

2D-sim(シナリオのスクリーニング)

各種パラメーターに対するケーススタディ

3D-sim

構造物の影響等を考慮することが必要な
シナリオに対する詳細計算

リスク算定の実施(2019年度)

安全対策の有効性、社会受容性評価(2019年度)

合理的な安全対策の検討、提案(2020年度)

無人運転関連テーマに展開(2020年度)

共同

横国大主導

JPEC主導

フレームワーク

リスクシナリオ抽出

漏洩シナリオ

影響度評価

頻度定量化

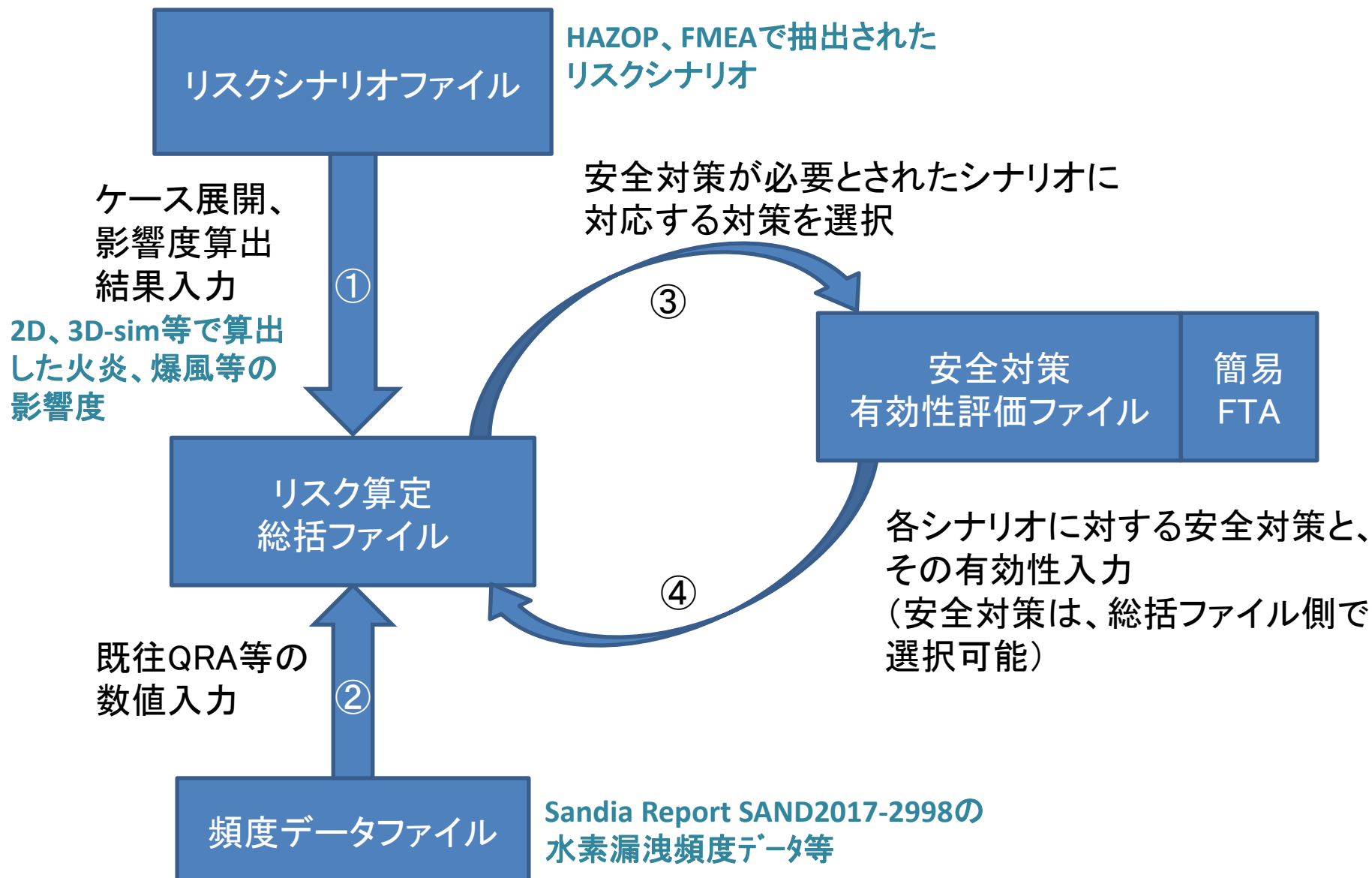
リスク算定

安全対策
提案

技術基準
検査・点検方法

(2020年度)

フレームワークのファイル群相対関連図



技術基準への落とし込み

- ◆水素ステーションにおける、「安全の確保」と「設備構成・運用の合理化」の両立



技術基準等の見直し

- 水素ステーションのリスクを受容可能と判断することのできる、合理的な安全対策の提案
- 上記安全対策を具備した水素ステーションについて技術基準案を策定

ご清聴ありがとうございました

謝辞

以上の発表に関する技術開発成果は、
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO*)
からの委託事業の結果得られたものです。

* New Energy and Industrial Technology Development Organization