

「2050年のエネルギーと社会:何が難しいのか」

トピックス 「水素ステーションに係る規制の見直しと業界自主基準化」

> 一般財団法人石油エネルギー技術センター (JPEC) 水素エネルギー部 二宮 貴之

## 目次

## 1 はじめに

JPEC(石油エネルギー技術センター)について

- 2 水素ステーション設備の概要
- 3 水素ステーションの特徴
  - 3.1 水素を高圧で取り扱うこと
  - 3.2 可燃性ガスである水素を取り扱うこと
  - 3.3 水素ステーションの立地条件と運用条件
- 4 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等
- 5 水素ステーションも含めた水素インフラに関する業界自主基準
- 6 水素ステーションに関する最近のトピックス
  - 6.1 遠隔監視セルフ水素ステーション
  - 6.2 保安監督者の複数ステーションの兼任
  - 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討

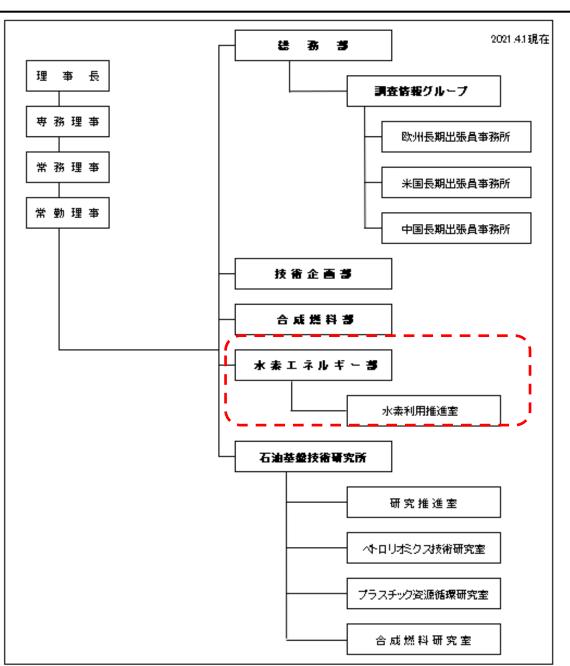
# JPEC (石油エネルギー技術センター) について ①

- 名 称 一般財団法人石油エネルギー技術センター JPEC (Japan Petroleum Energy Center)
- 理事長 木藤 俊一
- 設立日 1986年5月22日
- 所在地 本部 港区芝公園二丁目11番1号
- 会員数 普通賛助会員48法人·団体(2020年)
- 職員数 78名(2020年)

#### 目的:

「石油及び石油産業に関する技術開発、調査研究及び情報収集等を総合的に推進することにより、 エネルギー供給構造の高度化を促し、地球環境の保全とエネルギーの安定供給の確保を図り、もって 国民経済と国民生活の発展に寄与する」





# JPEC(石油エネルギー技術センター)について ②

## 主な事業内容

- I 製造技術開発事業
  - ・プロセス技術関連:低コスト重質原油からの高付加価値製品生産(=石油のノーブルユース)のための基盤的技術開発
  - ・信頼性向上関連:製油所稼働信頼性向上のためのプラットフォーム構築(安定操業を 支える「保全」や「保安」のデータ有効活用のための) AI技術活用可能性の技術開発
  - ・水素エネルギー関連:水素利用拡大のため、超高圧水素技術を活用した低コスト水素 供給インフラ構築のための研究を実施、水素ステーション設備・運営に係るコストの低下に つながる規制の見直しや技術基準制定
  - ・プラスチック有効利用技術関連:世界的問題の廃プラスチックを、石油精製プロセスを 利用して大規模に資源循環するための新規技術開発
- Ⅱ 燃料利用技術事業:カーボンリサイクル液体燃料一貫製造プロセス技術開発、
  - 合成液体燃料のポテンシャル評価及び事業性評価等
- Ⅲ 情報収集調査事業:国内外の石油エネルギー関連情報の収集・提供

## 目次

- 1 はじめに
  - JPEC(石油エネルギー技術センター)について
- 2 水素ステーション設備の概要
- 3 水素ステーションの特徴
  - 3.1 水素を高圧で取り扱うこと
  - 3.2 可燃性ガスである水素を取り扱うこと
  - 3.3 水素ステーションの立地条件と運用条件
- 4 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等
- 5 水素ステーションも含めた水素インフラに関する業界自主基準
- 6 水素ステーションに関する最近のトピックス
  - 6.1 遠隔監視セルフ水素ステーション
  - 6.2 保安監督者の複数ステーションの兼任
  - 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討

## 水素ステーション設備の概要(ステーションの建設の歴史)

・2002年(平成14年)WE-NET(水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術研究開発) 3ステーションを竣工(大阪酉島、高松、鶴見)https://www.enaa.or.jp/WE-NET/newinfo/station\_taka\_j.html







•その後、

JHFC (水素・燃料電池実証プロジェクト) http://www.jari.or.jp/portals/0/jhfc/

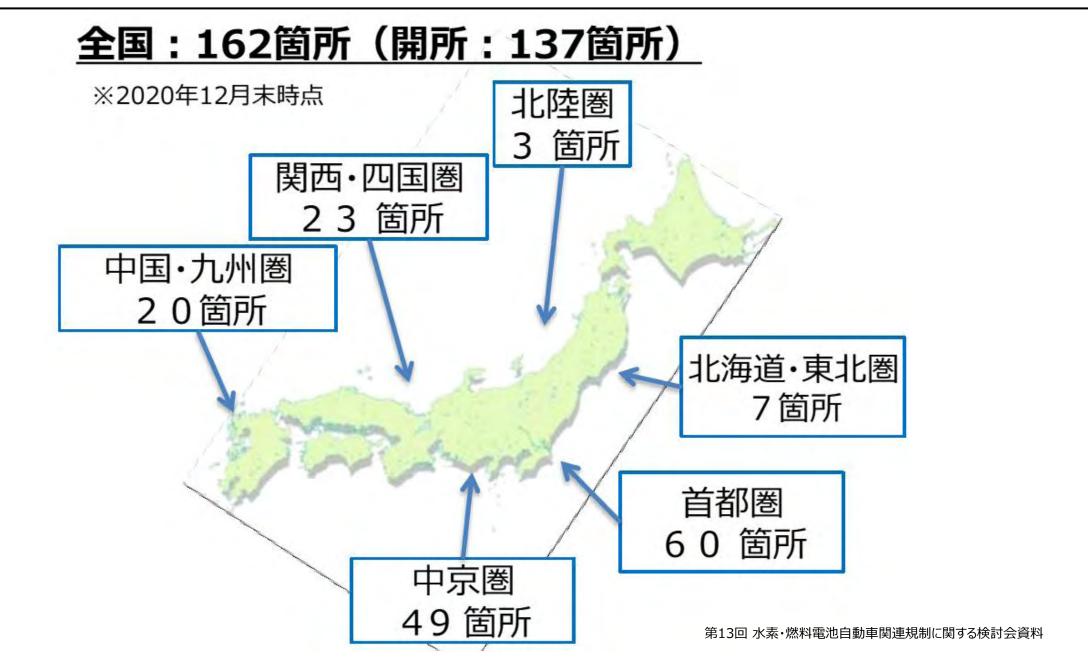
HySUT(当時:水素供給・利用技術研究組合) http://hysut.or.jp/archive/index.html

(現:一社 水素供給利用技術協会) http://hysut.or.jp/

29か所のステーションを建設・各種の技術実証実施

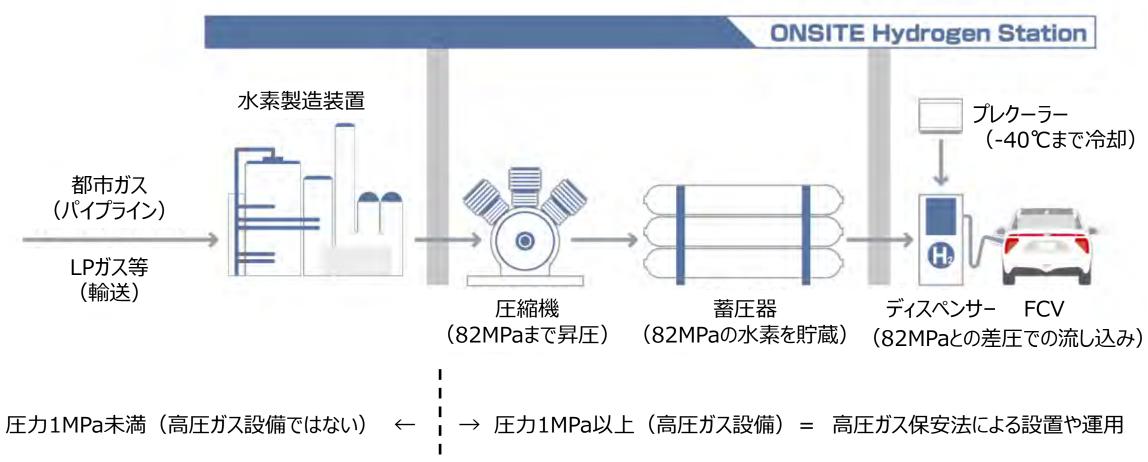
- ・2018年(平成30年)JHyM(日本水素ステーションネットワーク合同会社)https://www.jhym.co.jp/
  - ⇒ 水素ステーション建設の加速化(インフラ事業者・自動車メーカー・金融投資家の協業
    - = 戦略的ステーション整備や効率的な運営サポート)
  - ⇒ (2020年12月時点) 137か所の商用ステーション

# 水素ステーション設備の概要 (ステーション設置状況)



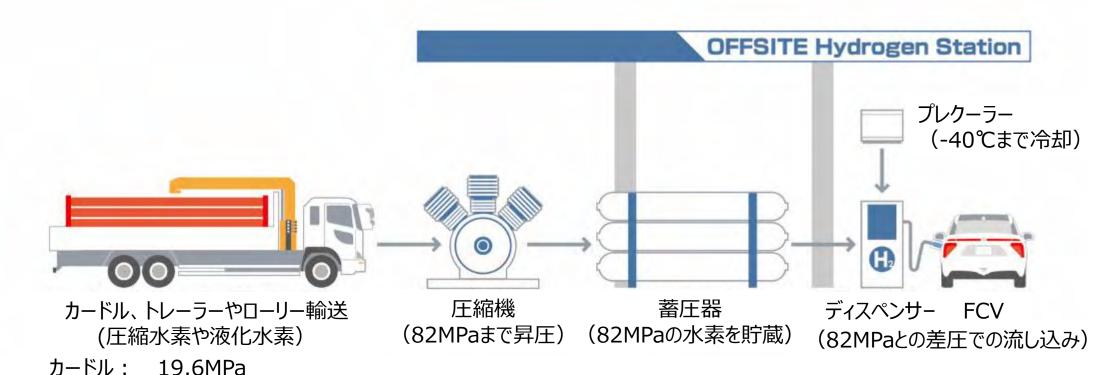
## 水素ステーション設備の概要(オンサイトステーション)

JHyMホームページより転載



# 水素ステーション設備の概要(オフサイトステーション)

JHyMホームページより転載



トレーラー: 45MPaや19.6MPaなど

圧力1MPa以上(高圧ガス設備) = 高圧ガス保安法による設置や運用

## 目次

- 1 はじめに
  - JPEC(石油エネルギー技術センター)について
- 2 水素ステーション設備の概要
- 3 水素ステーションの特徴
  - 3.1 水素を高圧で取り扱うこと
  - 3.2 可燃性ガスである水素を取り扱うこと
  - 3.3 水素ステーションの立地条件と運用条件
- 4 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等
- 5 水素ステーションも含めた水素インフラに関する業界自主基準
- 6 水素ステーションに関する最近のトピックス
  - 6.1 遠隔監視セルフ水素ステーション
  - 6.2 保安監督者の複数ステーションの兼任
  - 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討

# 水素を高圧で取り扱うこと

## FCVの最高充塡圧力は70MPa(公称使用圧力)

(容器保安規則:温度15℃で圧縮水素充塡使用時の圧力)

- ← (最高充塡圧力の理由) ガソリン車並みの満充塡で600km程度の走行距離
- = 差圧での流し込み充塡であり水素ステーションの必要圧力はそれ以上 ⇒ 82MPaまで可能

## (配慮すべきこと)



- ¦約800気圧まで水素を圧縮機で昇圧し、蓄圧器に貯蔵し、弁の開閉で流し込み充塡すること
  - = 設計・建設・運営・維持管理には、それ相応の高度な耐圧気密技術が不可欠

(併せて)高圧水素環境下での金属材料の疲労強度特性変化(水素脆化)への配慮不可欠

FCVの燃料電池の燃料である水素は高純度が不可欠 = 腐食等につながる劣化因子はない

# 水素を高圧で取り扱うこと(参考:FCV用水素純度)

### The specifications for ISO 14687 Grade



The specifications for 130 14007 draug						
Constituents	Grade D, ISO14687 New					
Hydrogen fuel index	99,97 %					
Total non-hydrogen gases	300 µmol/mol					
Maximum concentration of	individual contaminants					
Water (H <sub>2</sub> O)	5 μmol/mol					
Total hydrocarbons except methane (C1 equivalent)	2 μmol/mol					
Methane (CH <sub>4</sub> )	100 μmol/mol					
Oxygen (O <sub>2</sub> )	5 μmol/mol					
Helium (He)	300 μmol/mol					
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	300 μmol/mol					
Argon (Ar)	300 μmol/mol					
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	2 μmol/mol					
Carbon monoxide (CO)	0,2 μmol/mol					
Total sulfur compounds (S1 equivalent)	0,004 μmol/mol					
Formaldehyde (HCHO)	0,2 μmol/mol					
Formic acid (HCOOH)	0,2 μmol/mol					
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	0,1 μmol/mol					
Halogenated compounds (Halogen ion equivalent)	0,05 μmol/mol					
Maximum particulate concentration	1 mg/kg					
Note: The sum of CO, HCHO and HCOOH shall not exceed 0,2 $\mu$ mol/mol.						

最新の水素規格(2019年版) (HySUTからの資料提供による)

# 可燃性ガスである水素を取り扱うこと ①

## 各種可燃性ガスの燃焼濃度範囲と燃焼速度

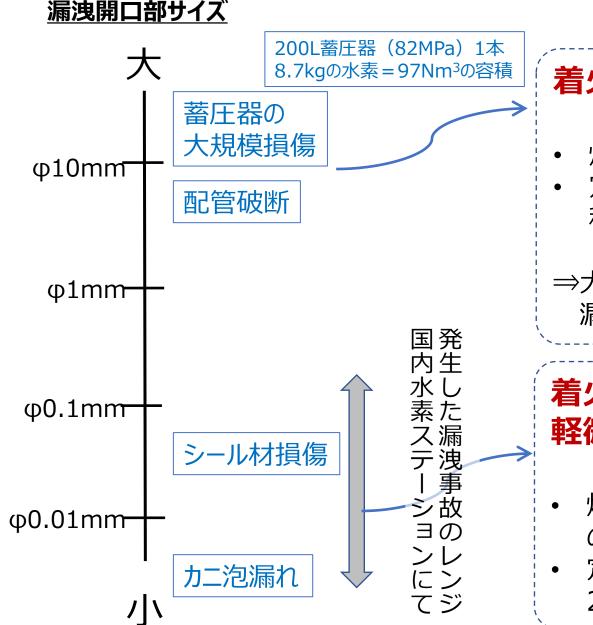
可燃性気体種	燃焼限界(vol%)	層流燃焼速度の最大値(cm/s)				
水素	4.0 - 75.0	291.2				
メタン	5.0 - 15.0	37.0				
エタン	3.0 - 12.5	40.1				
プロパン	2.1 - 9.5	43.0				
ベンゼン	1.3 - 7.1	40.7				

(大気圧・室温) (平野敏右:燃焼学p54,P113海文堂(1986)より転載)



- :・水素の最小着火エネルギー:非常に小さい(0.2mJ:メタンやプロパンの約1/10)
- :・燃焼濃度範囲:非常に広い(上表)
  - ・燃焼速度:非常に速い(上表)⇒ 火炎の伝播速度が大きい ⇒ 大きな爆発力が発生し易い

# 可燃性ガスである水素を取り扱うこと②



### 漏洩着火時の影響度

## 着火時の影響度は甚大

- 爆風圧により周辺建物が倒壊
- ・ 定常火炎(火炎長は最大30m 程度)による死亡災害
- ⇒大きな水素保有量の蓄圧器から 漏洩させないことが安全上重要

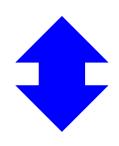
## 着火したとしても、影響度は 軽微

- 爆風圧は発生しない。人・設備へ の被害なし
- 定常火炎(火炎長は最大で 20cm程度)による火傷程度

## 水素ステーションの立地条件と運用条件

(一般的に) 高圧ガスを取り扱うプラント設備の立地のイメージ

- ・コンビナートや工業団地など = 住宅地や商業施設から離れた場所 = 部外者接近の制限
- ・保安教育を受けた有資格の保安係員等による運転・操作



## ┆水素ステーション

- ・一般のドライバーが利用する場所 = 住宅地や商業施設の近隣に立地
- ・(圧縮機や蓄圧器はバックヤードに設置も)ディスペンサーはドライバーのすぐ隣に

こういった立地や運用の条件ではあるが 高圧ガス保安法管理下 ⇒ 顧客対応の安全対策等

## 目次

- 1 はじめに
  - JPEC(石油エネルギー技術センター)について
- 2 水素ステーション設備の概要
- 3 水素ステーションの特徴
  - 3.1 水素を高圧で取り扱うこと
  - 3.2 可燃性ガスである水素を取り扱うこと
  - 3.3 水素ステーションの立地条件と運用条件
- 4 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等
- 5 水素ステーションも含めた水素インフラに関する業界自主基準
- 6 水素ステーションに関する最近のトピックス
  - 6.1 遠隔監視セルフ水素ステーション
  - 6.2 保安監督者の複数ステーションの兼任
  - 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討

# 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等 ①

### 法規(法律・省令)

- ・高圧ガス保安法
  - 一般高圧ガス保安規則

容器保安規則 特定設備検査規則 コンビナート等保安規則

- ・消防法
- •建築基準法
- ·労働安全衛生法
- ・石油コンビナート等災害防止法
- ·道路運送車両法

### 技術基準・規格

- ·例示基準(省令補完)
- ·日本工業規格(JIS)
- ·国際基準(ISO TC197)
- ・高圧ガス保安協会 KHK-S
- ・石油エネルギー技術センター JPEC-S
- ・日本産業・医療ガス協会 JIMGA-T-S

### 自主ガイドライン

- ・石油エネルギー技術センター JPEC-TD
- ·水素供給利用技術協会 HySUT-G

# 水素ステーションの安全性確保

# 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等 ②

## 高圧ガス保安法 概要

- ・第5条 高圧ガスの製造許可(事業所ごとに知事の許可が必要)
- ・第8条 許可の基準 (知事は申請に対し審査、適合していれば許可)
- ・第35条 保安検査 (知事による保安検査と事業者による定期自主検査)

## 一般高圧ガス保安規則第7条の3 概要

第一種定置式圧縮水素スタンドの技術基準

- 第1項(郊外型ステーション 保安距離確保型の技術的基準)
  - ・第1号 一般則第6条準用項目(保安距離等を確保する事)
  - ・第2号 ディスペンサーと公道と間の距離
  - ・第5号 車両への安全な充塡方法(最大充塡圧力)
- 第2項(都市型ステーション 敷地境界距離確保型の技術的基準)
  - ・第2号 高圧ガス設備と敷地境界との距離
  - ・第3号 ディスペンサーと公道と間の距離
  - ・第4号スタンドの周囲に防火壁設置
  - ・第18号 蓄圧器に火炎検知器設置
  - ・第25号 ディスペンサーに緊急離脱カプラ設置
- 第3項(共通 高圧ガスの製造方法)
  - ・第4号 車両への安全な充塡方法(充塡昇圧率:JPEC-S 0003 圧縮水素充塡技術基準)

# 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等 ③

### 法規(法律·省令)

- ・高圧ガス保安法 一般高圧ガス保安規則 容器保安規則 特定設備検査規則 コンビナート等保安規則
- •消防法
- •建築基準法
- ·労働安全衛生法
- ・石油コンビナート等災害防止法
- •道路運送車両法

### 技術基準・規格

- •例示基準(省令補完)
- ·日本工業規格(JIS)
- ·国際基準 (ISO TC-197)
- ・高圧ガス保安協会 KHK-S
- ・石油エネルギー技術センター JPEC-S
- ・日本産業・医療ガス協会 JIMGA-T-S

### 自主ガイドライン

- ・石油エネルギー技術センター JPEC-TD
- ·水素供給利用技術協会 HySUT-G

# 水素ステーションの安全性確保

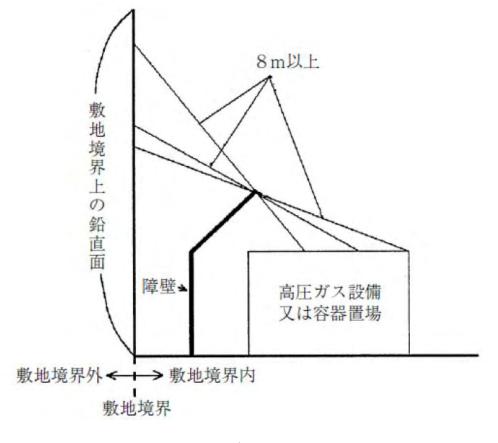
# 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等 ④

## 例示基準の一例

56 の2. 敷地境界に対し所定の距離を有することと同等の措置 (圧縮水素スタンド・移動式圧縮水素スタンド)

### 概要:

図のとおり、障壁を設置し、遮蔽すること。 高圧ガス設備又は容器置場の外面から 敷地境界に対して、8m未満となる範囲 を遮蔽すること。



例示基準からの抜粋図

# 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等 ⑤

### 水素スタンドの設備と安全対策

- 水素スタンドを構成する設備は以下のとおりであり、様々な安全対策が施されている。
- 安全対策については、**水素の漏洩防止と早期検知、万が一漏れた場合の滞留防止や引火防止に**加え、**火災時の影響軽減**、 が基本的な方針となっている。

〈第7条の3第2項型(都市型)の安全対策例〉

### 水素製造装置

- ●耐震設計
- ガス検知器
- | 自動停止機構
- ●換気設備
- ●鋼鉄製ケーシング
- ●緊急停止スイッチ

#### 水素圧縮機

- ●耐震設計
- ガス検知器
- 自動停止機構
- ●換気設備
- ●障壁
- ■緊急停止スイッチ

#### 蓄圧器

- 耐震設計、フレーム構造
- ガス検知器、自動停止機構
- 緊急遮断弁
- ●安全弁、圧力リリーフ弁
- 火炎検知器、散水設備

#### ディスペンサー

- ●緊急離脱カプラー
- ガス検知器、地震計、自動停止機構
- ●水素が滞留しない屋根構造
- ●火炎検知器
- ●緊急停止スイッチ



#### 保安管理体制

- ●●有資格者による保安管理
- ○ 定期点検・検査

### 水素受入貯蔵設備

- ●耐震設計
- ガス検知器、自動停止機構
- 火災検知器 自主保安

- 水素を漏らさない
- 漏れたら早期に検知し、拡大を防ぐ
- 水素が漏れても溜めない
- 漏れた水素に火がつかないように
- 万一、火災等が起こっても周囲に影響を及ぼさない

## 目次

- 1 はじめに
  - JPEC(石油エネルギー技術センター)について
- 2 水素ステーション設備の概要
- 3 水素ステーションの特徴
  - 3.1 水素を高圧で取り扱うこと
  - 3.2 可燃性ガスである水素を取り扱うこと
  - 3.3 水素ステーションの立地条件と運用条件
- 4 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等
- 5 水素ステーションも含めた水素インフラに関する業界自主基準
- 6 水素ステーションに関する最近のトピックス
  - 6.1 遠隔監視セルフ水素ステーション
  - 6.2 保安監督者の複数ステーションの兼任
  - 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討

# 水素ステーションも含めた水素インフラに関する業界自主基準 ①

### 法規(法律・省令)

- ・高圧ガス保安法 一般高圧ガス保安規則 容器保安規則 特定設備検査規則 コンビナート等保安規則
- ・消防法
- •建築基準法
- 労働安全衛生法
- ・石油コンビナート等災害防止法
- •道路運送車両法

### 技術基準・規格

- ·例示基準(省令補完)
- ·日本工業規格(JIS)
- ·国際基準 (ISO TC-197)
- ・高圧ガス保安協会 KHK-S
- ・石油エネルギー技術センター JPEC-S
- ・日本産業・医療ガス協会 JIMGA-T-S

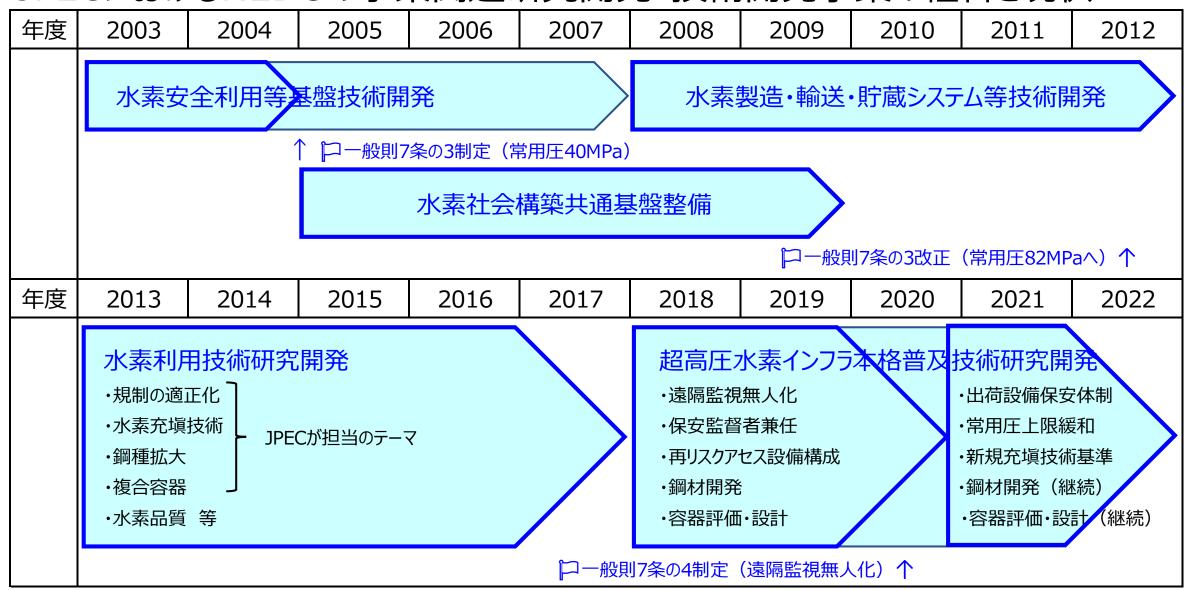
### 自主ガイドライン

- ・石油エネルギー技術センター JPEC-TD
- ·水素供給利用技術協会 HySUT-G

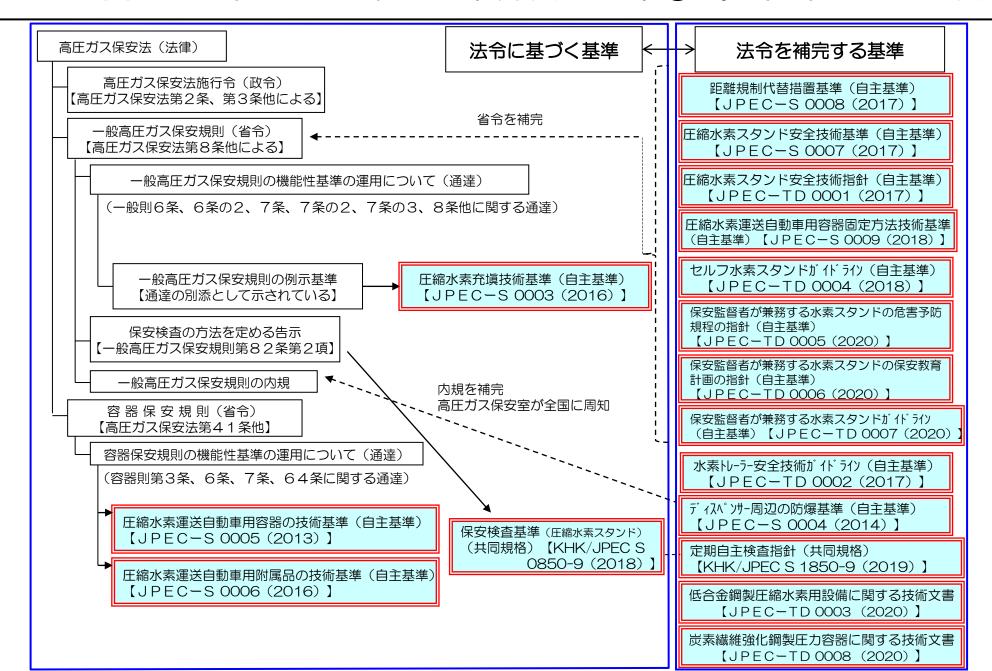
# 水素ステーションの安全性確保

# 水素ステーションも含めた水素インフラに関する業界自主基準 ②

# JPECにおけるNEDOの水素関連研究開発・技術開発事業の経緯と現状



## 水素ステーションも含めた水素インフラに関する業界自主基準③(法体系とJPECの自主基準)



## **目**次

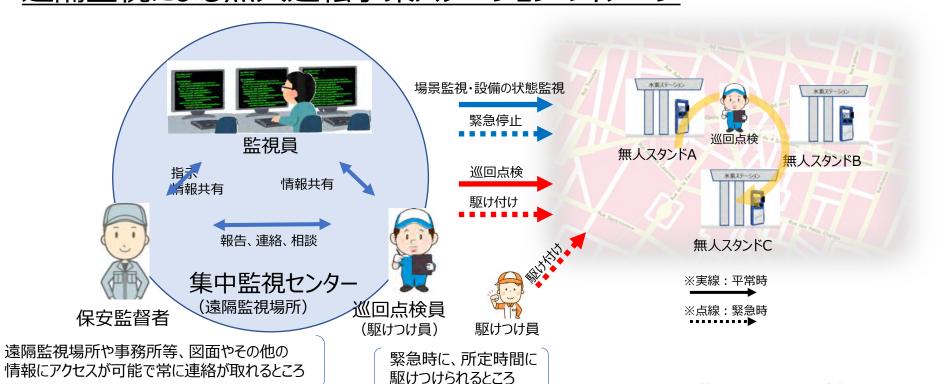
- 1 はじめに
  - JPEC(石油エネルギー技術センター)について
- 2 水素ステーション設備の概要
- 3 水素ステーションの特徴
  - 3.1 水素を高圧で取り扱うこと
  - 3.2 可燃性ガスである水素を取り扱うこと
  - 3.3 水素ステーションの立地条件と運用条件
- 4 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等
- 5 水素ステーションも含めた水素インフラに関する業界自主基準
- 6 水素ステーションに関する最近のトピックス
  - 6.1 遠隔監視セルフ水素ステーション
  - 6.2 保安監督者の複数ステーションの兼任
  - 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討

# 6.1 遠隔監視セルフ水素ステーション ①

### 背景・検討の進め方

- ・水素ステーションの製造設備:しっかりとした安全対策、現状でも無人運転可能
- ・FCVへの水素充塡:高圧ガス保安法のもとでは、保安監督者や従業員の常駐が必須
- ⇒水素ステーション保安と顧客の安全なセルフ充塡の観点から 「法技術的課題の検討」と「安全対策等の技術的課題の検討」を行い、技術基準案を策定

## 遠隔監視による無人運転水素ステーションのイメージ



# 6.1 遠隔監視セルフ水素ステーション ②

## 理想の遠隔監視セルフ水素ステーションに向けたロードマップ

S T (理想) ①一般ドライバーが 充塡準備ができる

②スタンドでの充塡前の 容器期限確認は不要

③保安監督者 兼任が可能 ④従業者・保安監督者が 常駐せず 遠隔監視、遠隔緊急停止、 巡回点検、駆付けで緊急対応

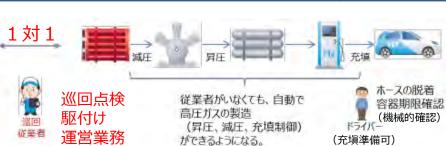
 $ST Ver1 \sim 2$ 

### 2020年遠隔監視セルフ水素ステーション



スタンドの外の遠隔監視場所

一般ドライバーが充塡準備ができる



容器期限はスタンドで 確認が必要

(機械的方法)

## ST (Ver0)

従業者・保安監督者が 常駐せず

遠隔監視、遠隔緊急停止、 巡回点検、駆付けで 緊急対応

法•一般則•例示基準

現状ST (有人セルフ) ドライバーは みなし従業者

準委任契約

容器期限はスタンドで 確認が必要(従業者の業務)

法•一般則

保安監督者

保安監督者

専任

法•一般則(兼任不可)

従業者常駐 日常点検、緊急対応

法•一般則•例示基準

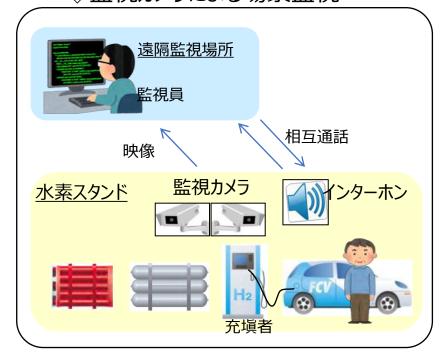
# 6.1 遠隔監視セルフ水素ステーション ③

## 要件1)

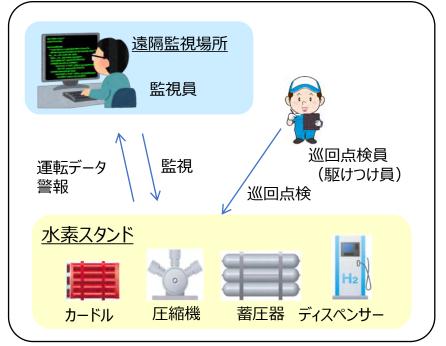
## 従業者不在でも十分な監視体制の確保等により保安を維持する対策

	ハード対策	ソフト対策
平常時	・遠隔監視場所での <b>スタンドの場景監視措置</b> ・設備の <b>運転状況監視措置</b>	・保安監督者、遠隔監視員、巡回点検員、駆けつけ員による保安体制の確立
緊急時	・遠隔監視場所での <b>警報、緊急停止措置</b> ・インターロック、停電・サイバー対策	・同時発災も含めた、緊急時の保安体制、駆けつけ体制(駆けつけ時間等)の確立

### ◇監視カメラによる場景監視



### ◇集中監視等による設備状態の把握



# 6.1 遠隔監視セルフ水素ステーション ④

# 要件2) セルフ充塡を可能にする追加的安全対策

※赤字は、遠隔監視スタンド特有の安全対策 ▶ 車両動線や駐車位置等の表示 来店 ▶ 監視力メラ等による場景監視 POS操作·注意事項確認 ▶ 作業手順、遵守事項や禁止事項の周知 ▶ 顧客と監視要員との相互通話措置(インターホン) 静電気除去 ▶機械的な方法又は従業者による充塡可能期限の確認 車載容器の充塡期限確認 (事業者責任で充塡可能期限を確認する方法) ホース取扱・ノズル装着 ▶ 充塡時以外はホースを自動的に脱圧 ▶ ノズルが適切に接続できていない場合、水素が流れない仕組み 充 塡(製造行為) ▶ 充塡プロトコルによる、車両への自動充塡 ▶ 充塡終了後の脱圧の自動化 ノズル取り外し・収納 ▶ホース内に圧力が残っている場合、ノズルが外れない構造 精算 ▶ ノズルを収納するまで、精算ができないシステム(誤発進防止) 退店 ▶ 車両動線の表示

# 6.1 遠隔監視セルフ水素ステーション ⑤

## 無人運転実施のための技術基準案の策定

省令に反映 2020年8月6日公布、8月7日施行

検討・整理した 必要要件



第7条の4 顧客に自ら圧縮水素の充塡に係る行為をさせる 圧縮水素スタンドに係る技術上の基準

(保安を維持するハード対策(平常時、緊急時)、セルフ充塡を可能 とする安全対策など)

•製造細目告示

(遠隔監視スタンドの保安電力)

•基本诵读

(顧客の水素充塡作業の考え方、保安体制、駆けつけ時間など)



### 自主基準案(NEDO事業)

遠隔監視セルフ水素スタンドの

- •安全技術基準案
- ・ 危害予防規程の指針案
- ・保安教育計画の指針案
- (運営のための) ガイドライン案

### 改訂例示基準

2021年3月30日公布·施行



2021年度制定予定

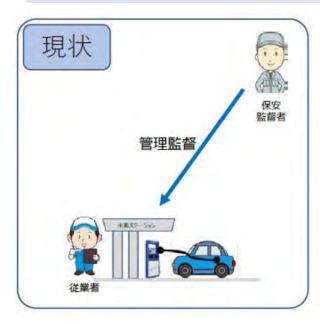
業界自主基準

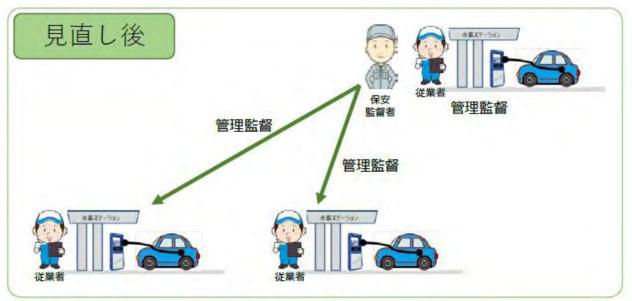
- · JPFC-S
- ·JPEC-TD

# 6.2 保安監督者の複数ステーションの兼任 ①

### 背景・検討の進め方

「平常時・緊急時に保安監督者が職務を全うできるか」 「仮に複数の水素スタンドが同時に発災した場合、従業者を含め適切な対応が取れるか」 に関し、現状において十分に検証されていないことから、実態として兼任が実施されていない (METI第11回公開の場検討会 高圧ガス保安室提示)





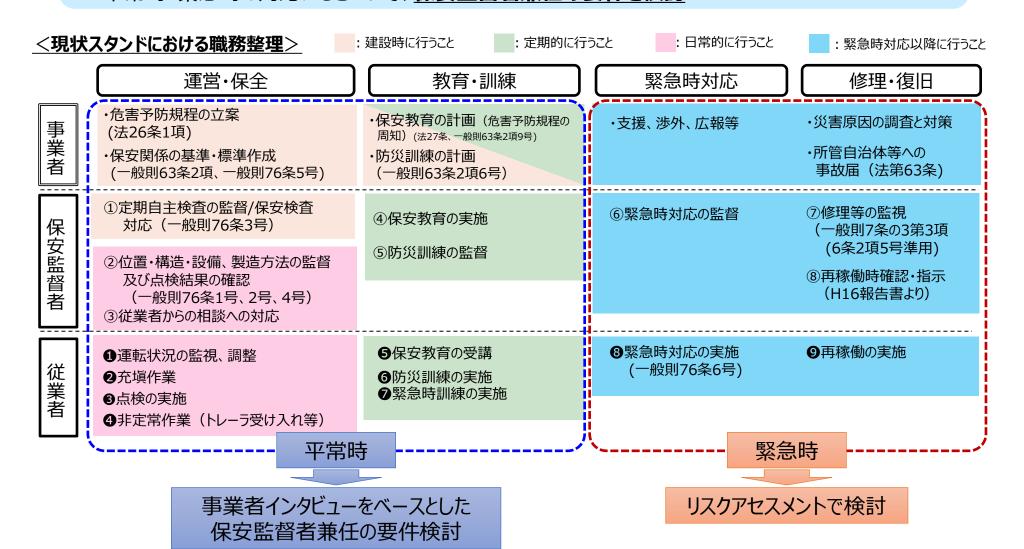
第6回 水素・燃料電池自動車関連規制に関する検討会資料より抜粋



平常時、緊急時の事業者、保安監督者、従業者の職務を整理し、兼任の要件を検討

# 6.2 保安監督者の複数ステーションの兼任 ②

- ✓ 一般的な高圧ガス製造設備の保安体制を踏まえ、水素スタンドにおける各フェーズの保安監督者・従業者・事業者の職務を分類
- ✓ 平常時・緊急時の対応にもとづいて、保安監督者兼任の要件を検討



# 6.2 保安監督者の複数ステーションの兼任 ③

### 保安監督者が複数スタンドを兼任するための必要要件

(平常時に関して) インタビューの結果から得られた要件 (緊急時に関して) リスクアセスメント検討結果から得られた要件

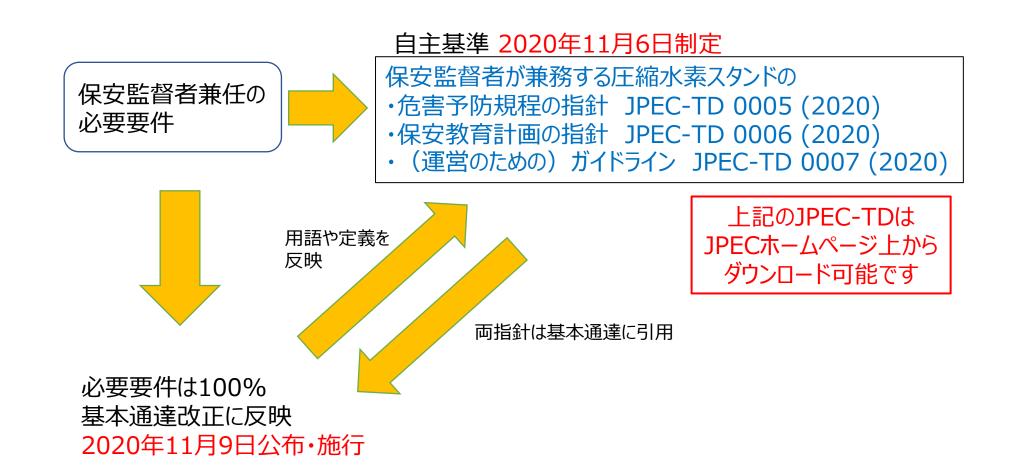
事業者がやるべきこと(必要要件)を明確化

現状の保安体制の要件 兼任後の保安体制の要件 兼任のための必要要件 「一人で各種要領・基準に従って 同時発災訓練の実施+立地条件 水素スタンドを運営できる能力を 有している従業者」に相当 凡例: 「事業者のサポート体制・バックアップ体制」の強化 全体 準保安監督者(資格不要)の配置(常駐) 事業者 要件:圧縮水素製造経験1年以上又はそれと同等の能 上乗せされる要件 従業者 力。ST設備構成・運転熟知。要領に従い適切に職務を遂 行(平常時、緊急時)。(経験の浅い従業者と区別) 保安監督者 設備 兼任のための追加要件:監督経験6ヶ月以上。設備構成 把握。従業者を指揮できる能力。週1回以上の巡視、異 常時は24時間以内にスタンドへ駆けつけ。 保安監督者(免状保持+製造経験) ヒューマンファクタを排除した安全な設備

⇒上記の兼任後の保安体制を各事業者が確実に満たすため、保安監督者が兼任する圧縮水素スタンドの **危害予防規程の指針、保安教育計画の指針、(運営のための)ガイドライン**を業界が作成

# 6.2 保安監督者の複数ステーションの兼任 ④

## 保安監督者が複数スタンドを兼任するための技術基準案



## 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討

### 背景・検討の進め方

- ・水素ステーションに関する技術基準は一般則第7条の3で規定、これは産業界が実施のリスクアセスメントの 結果に基づき規制当局が検討の上で制定されたもの
- ・これまでの運用経験を踏まえ事業者が行う再リスクアセスメントの結果により得られる科学的根拠に基づき 技術基準の見直しを実施、なお、再リスクアセスメントにおいては、技術の進歩、重大事象への対応、社会 情勢の変化等の様々な要件を踏まえた実施が不可欠

### 一般則第7条の3 (水素STの技術基準)や例示基準の改正へ



措置に対する議論・調整等



安全の確保と設備構成・運用の合理化を両立した技術基準案策定

### 「再リスクアセスメント

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の技術基準)や例示基準



法制化に対する議論・調整等



水素STのリスクアセスメント(RA)

実証STをベースとした「商用水素STモデル」

### 今回の検討内容

過去のNEDO事業における検討 「水素水素安全利用等基盤技術開発」 2003-2004 「水素社会構築共通基盤整備事業」 2005-2009

# 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討 ②

## 本研究開発のリスクアセスメントのフレームワーク

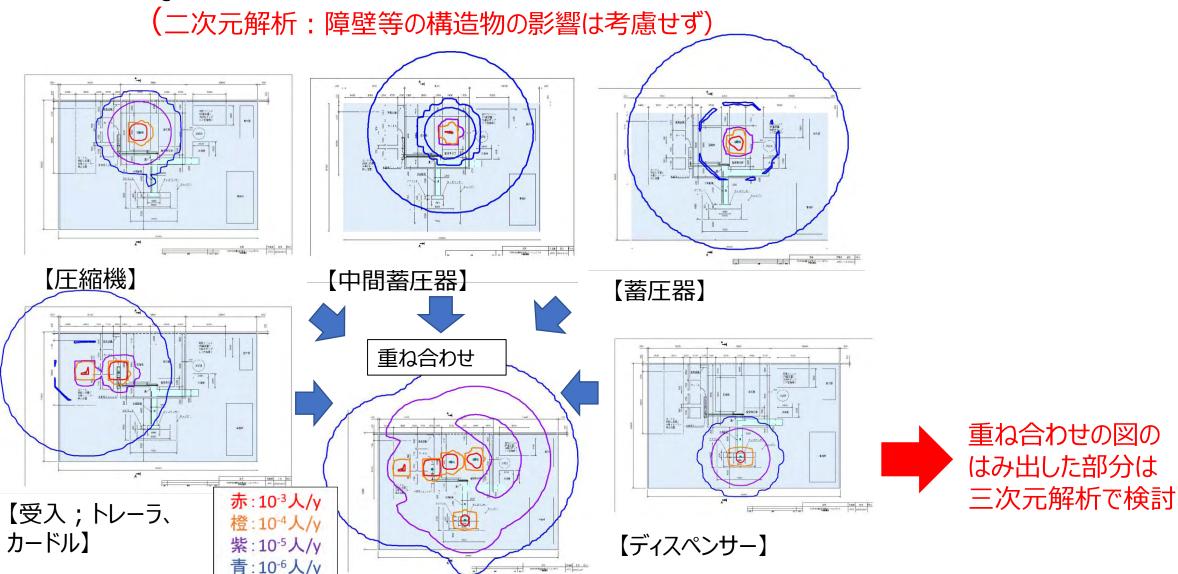
		事故のトリガーによる	リスク分析手法			評価精度			
		リスクシナリオの分類	リスクシナリオ 特定	頻度分析	影響度分析	頻度評価	影響度評価	リスク評価	対象となるリスクシナリオ
内的要因	I	- 機器故障の連鎖 - 設計五自 施工五自		漏洩頻度DB パーツカウント (狭義のQRA(TNO式))	数値解析	〇 (可能)	〇 (可能)	〇 (可能)	漏洩頻度データにより頻度の定量 化が可能であり、定量的な評価が 可能なリスク
		I a 機器故障の連鎖 ・遮断弁誤作動→圧力上昇→漏洩	⊢M ⊢ Δ	機器故障率DB ETA	数値解析	〇 (可能)	O (可能)	〇 (可能)	故障率データによりリスクの定量化 が精度よく可能であり、定量的な評 価が可能なリスク
		Ib ヒューマンエラー ・誤操作 ・その他	#F # U A / () U	ヒューマンエラー頻度DB ETA	数値解析	△ (精度 低)	〇 (可能)	△ (精度 低)	頻度データの不確かさが大きいが、 リスクを相対評価可能なリスク
外的要因	I	· 近隣火災 · 内部火災		類似事象の頻度データ ETA	数値解析	△ (精度 低)	O (可能)	△ (精度 低)	頻度データの不確かさが大きいが、 リスクを相対評価可能なリスク

➡ [赤背景部分] QRAを適用 (種々の事故原因のリスクの総括的評価)

[青背景部分] シナリオベース評価を適用 (個々の事故原因のリスクの個別評価)

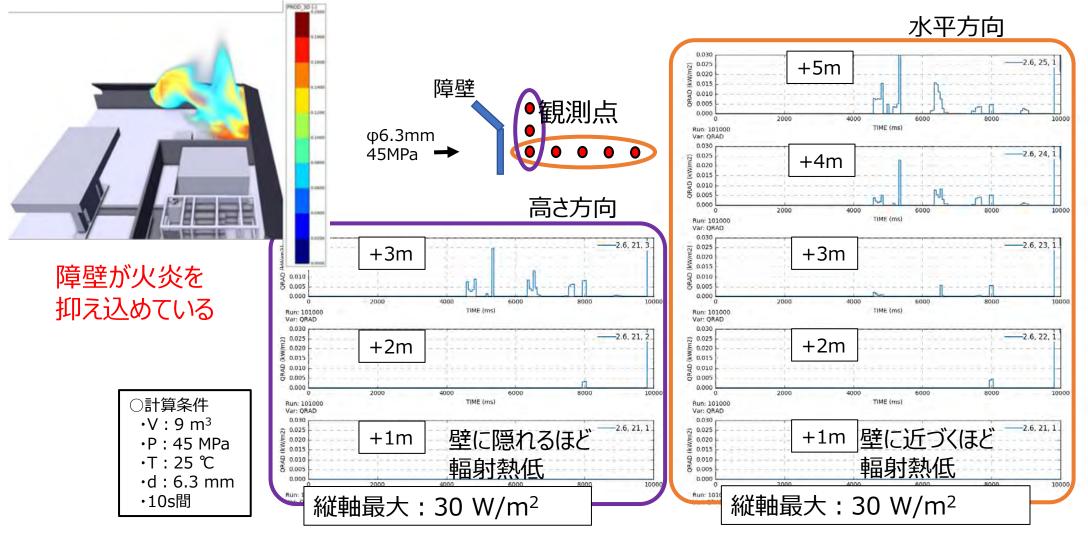
## 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討 ③

■ QRAのリスク算出結果(等リスク線図(リスクコンター))



## 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討 ②

■三次元解析による障壁の効果検討(FLACS)



※ 0.9kW/m²:太陽(真夏)放射熱強度 ← 上のグラフのフルスケールはこれの1/30

1.3kW/m<sup>2</sup>:人が長時間曝されても安全な強度 (石油コンビナートの防災アセスメント指針(2013))

# 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討 ②

## 本研究開発のリスクアセスメントのフレームワーク

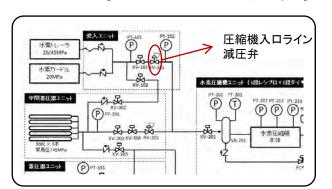
		事故のトリガーによる リスクシナリオの分類		リスク分析手法			評価精度			
				リスクシナリオ 特定	頻度分析	影響度分析	頻度評価	影響度評価	リスク評価	対象となるリスクシナリオ
内的要因	I	内的要因 ・機器故障の ・機器お不良、 ・ヒューマン・ ・その他	施工不良	HAZOP 作業HAZOP FMEA	漏洩頻度DB パーツカウント (狭義のQRA(TNO式))	数値解析	O (可能)	O (可能)	(司能)	漏洩頻度データにより頻度の定量 化が可能であり、定量的な評価が 可能なリスク
			養器故障の連鎖 弁誤作動→圧力上昇→漏洩	FMEA	機器故障率DB ETA	数値解析	O (可能)	O (可能)	〇 (可能)	故障率データによりリスクの定量化 が精度よく可能であり、定量的な評 価が可能なリスク
		Ib と・誤操・・その・		作業HAZOP	ヒューマンエラー頻度DB ETA	数値解析	△ (精度 低)	〇 (可能)	△ (精度 低)	頻度データの不確かさが大きいが、 リスクを相対評価可能なリスク
外的要因	I	外的要因 ·近隣火災 ·内部层(外力 ·地震(外力 ·車両飛込み		HAZOP What-if	類似事象の頻度データ ETA	数値解析	△ (精度 低)	O (可能)	△ (精度 低)	頻度データの不確かさが大きいが、 リスクを相対評価可能なリスク

→ [赤背景部分] QRAを適用 (種々の事故原因のリスクの総括的評価)

↑[青背景部分] シナリオベース評価を適用 (個々の事故原因のリスクの個別評価)

## 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討 ⑤

- シナリオベースのリスク評価:64の事故シナリオをHAZOP等のツールで設定 ⇒ 個々にETA分析実施
- ETA(イベントツリー分析)と外部漏洩頻度の算出



シナリオタイプ6:圧縮機入口ラインの減圧弁故障による配管破損 シナリオNo. : F-7, F-18

> 圧力異常上昇 検知&遮断 安全弁作動 安全弁作動 XV-101/ XV-303\*304

> > 成功 1-P₁

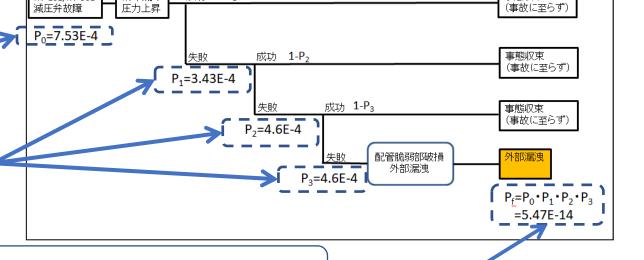
RV下流の

RV-101/RV-301

減圧弁故障

トリガー事象の発生頻度 P₀ [単位:/y]

安全対策の不作動確率 P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> [単位:/デマンド]



### 【元データ】

- 国内原発の機器故障率DB(JANSI-CFR-02)
- 北海油田プラットフォームの機器故障率DB(OREDA2015)
- 国内原発のヒューマンファクターDB
- 消防庁危険物施設事故DB、他

外部漏洩事象の発生頻度

P<sub>f</sub> [単位:/y]

 $P_f = P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$ 

## 6.3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討 ⑥

## QRA & シナリオベース評価 によるリスク評価結果

- □ [QRA] 水素ステーションのリスクは敷地内に抑え込めることを確認
  - ディスペンサー側の公道境界上(ディスペンサーから5m地点)のリスクは、10-6/year以下と算出された
  - 設備側敷地境界上のリスクは、二次元評価(PHAST-Safeti)では 10<sup>-6</sup> /yearを上回るが、境界線上の障壁により敷地外への影響は十分低減されることが三次元評価(FLACS)で確認された
- □ [シナリオベース] 全64リスクシナリオのリスクがリスク評価基準を下回ることを確認



- □現行技術基準(省令・例示基準)に対し、新たに追加すべき安全対策は無し
- □ (その上で)現行技術基準に規定される安全対策のリスク低減効果を評価⇒ 以下の3項目について、リスクを増大させること無く簡素化が可能
  - 蓄圧器出口遮断弁二重化 → 配置の合理化
  - 過流防止弁の配置 → 配置の合理化
  - 圧力リリーフ弁設置条件の見直し → 圧力リリーフ弁を省略できる条件提示

# 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「超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業」(プロジェクトコード:JPNP18011)の結果得られたを含みます。

\*New Energy and Industrial Technology Development Organization