

# 「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

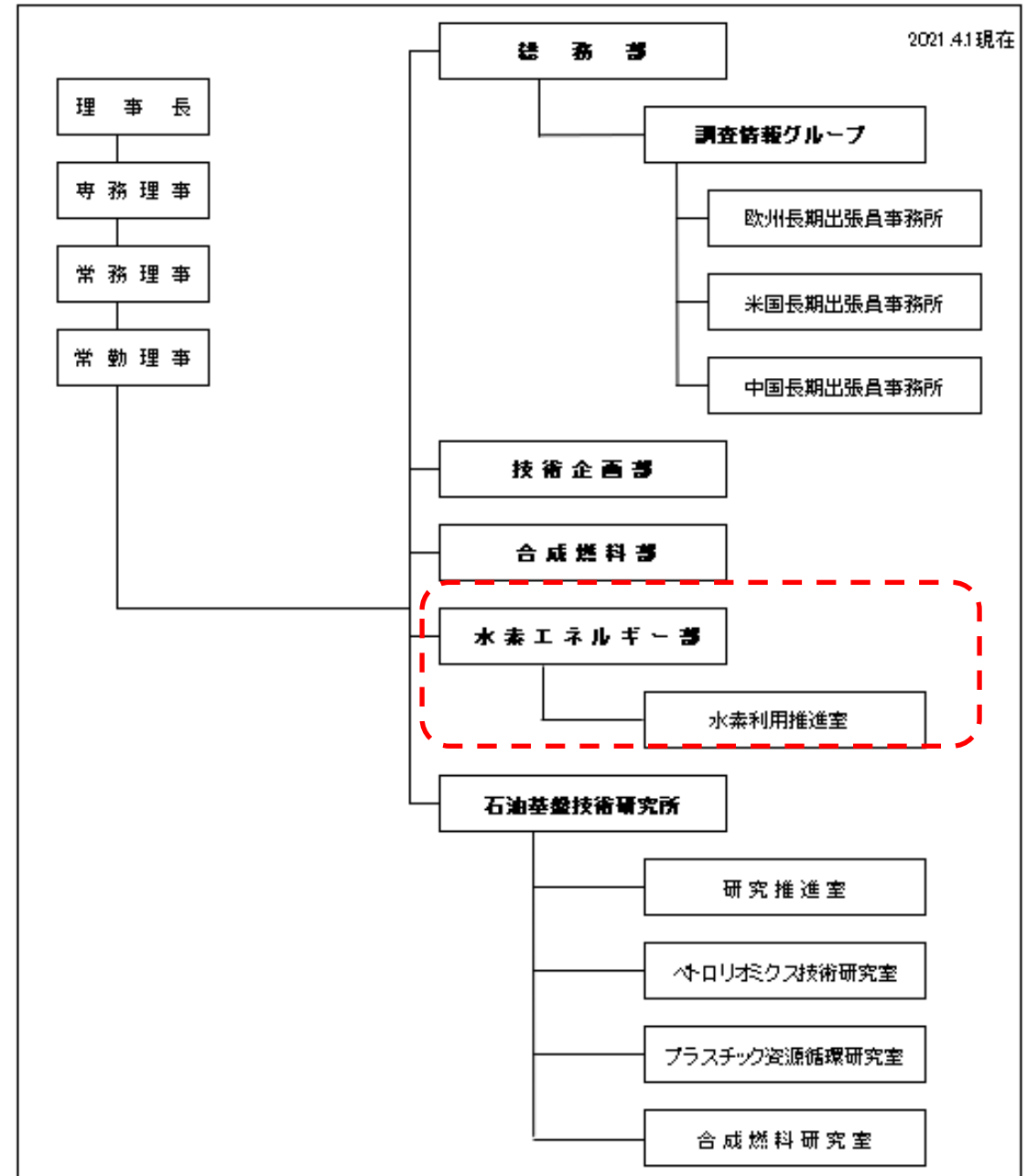
6. 3 リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討

# 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、超高压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（大阪西島、高松、鶴見） [https://www.ena.or.jp/WE-NET/newinfo/station\\_taka\\_j.html](https://www.ena.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/>

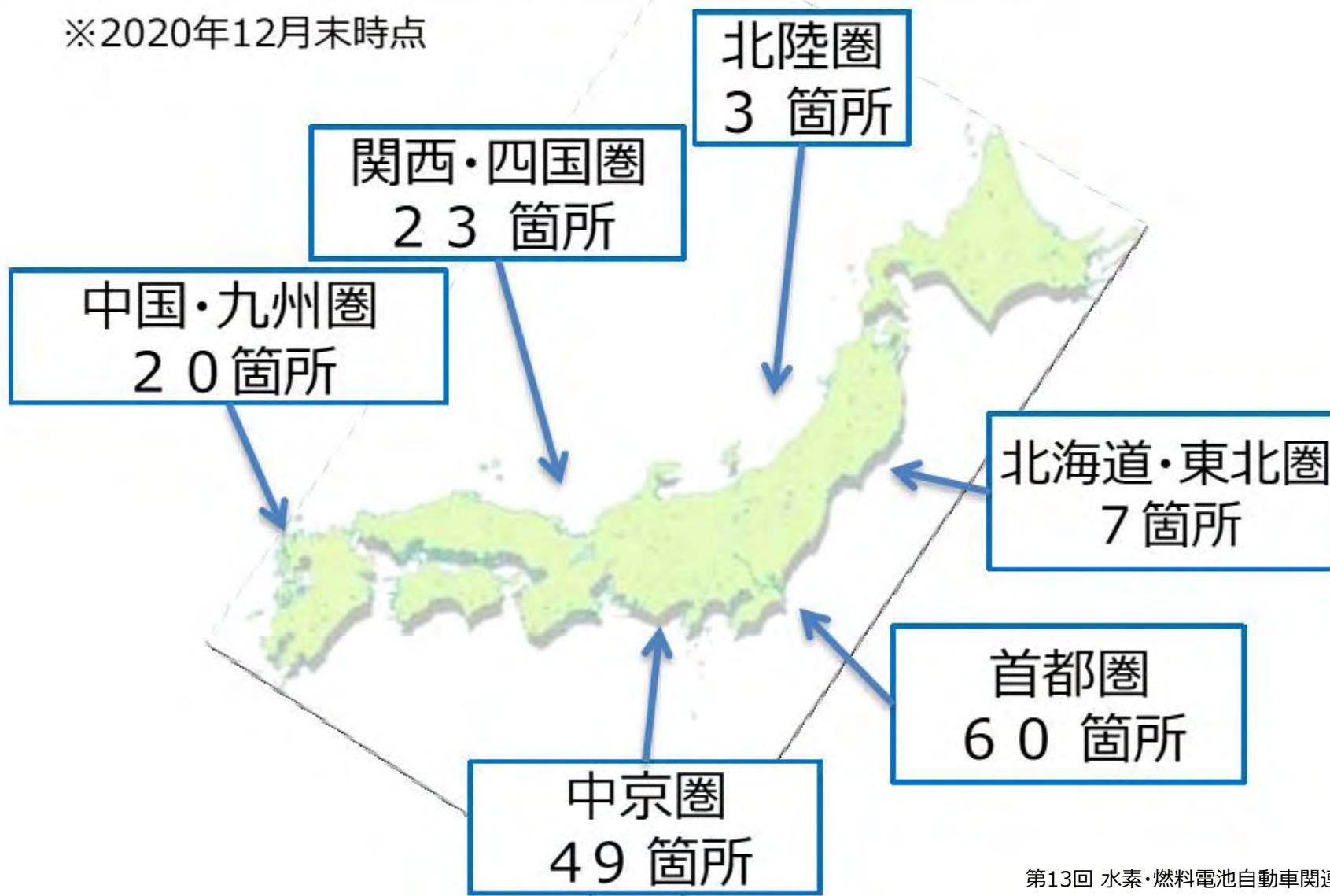
⇒ 水素ステーション建設の加速化（インフラ事業者・自動車メーカー・金融投資家の協業  
＝戦略的ステーション整備や効率的な運営サポート）

⇒（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）

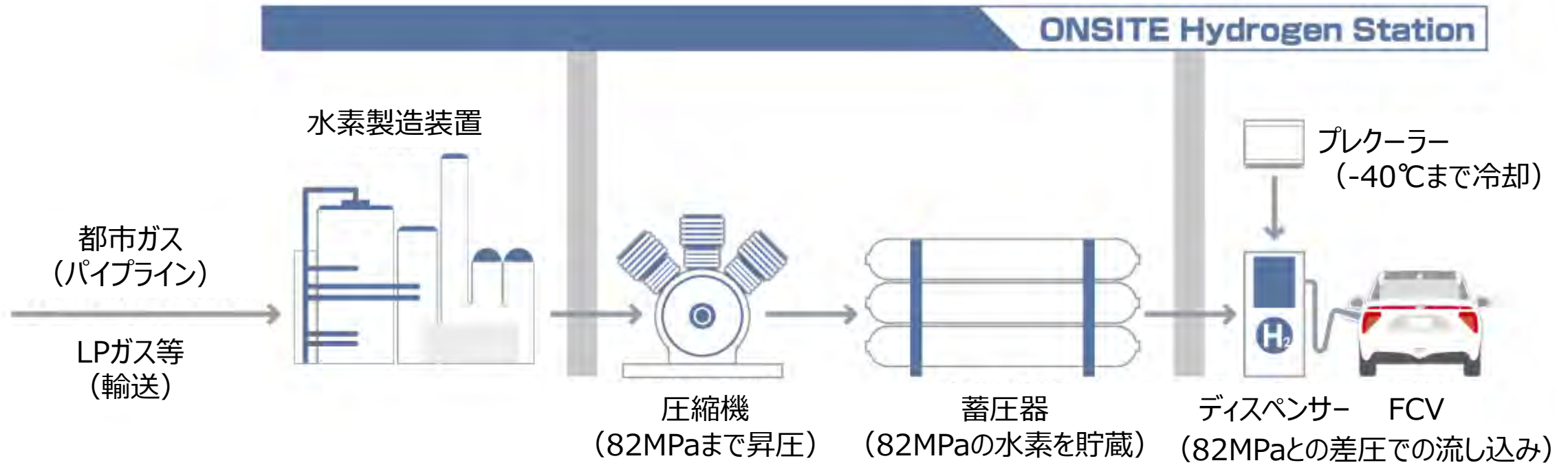
## 全国：162箇所（開所：137箇所）

※2020年12月末時点



# 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



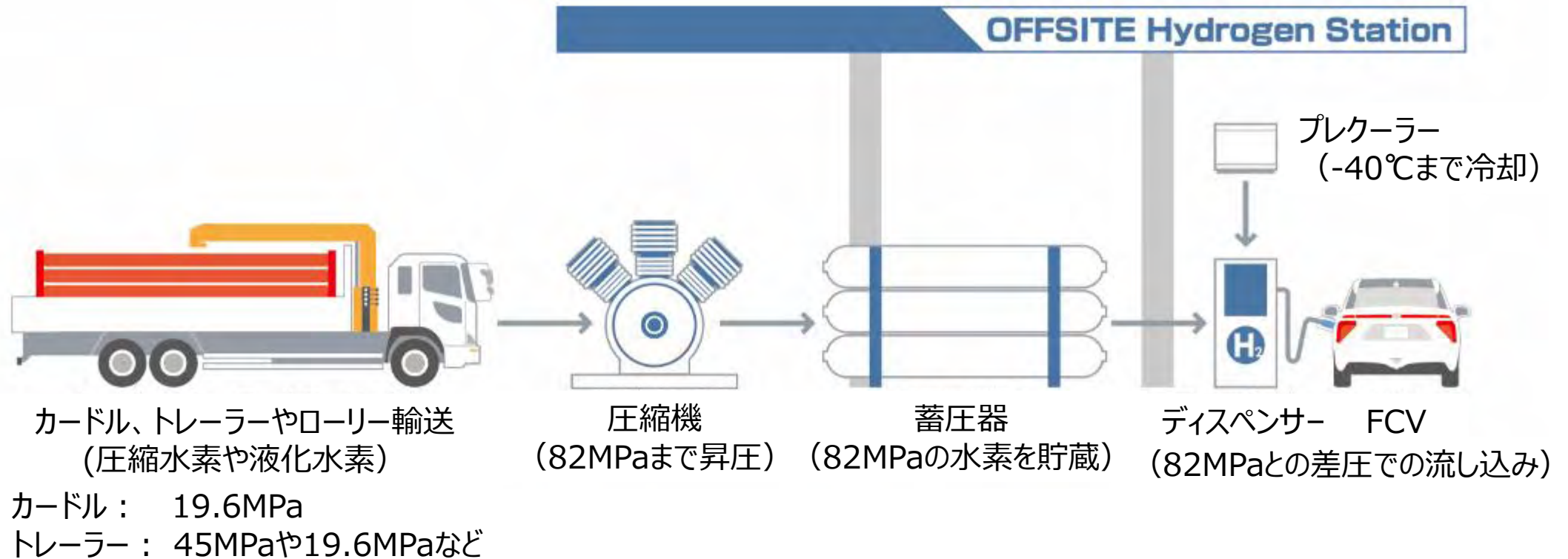
圧力1MPa未満（高圧ガス設備ではない） ←

→ 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



# 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



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の最高充填圧力は70MPa（公称使用圧力）

（容器保安規則：温度15℃で圧縮水素充填使用時の圧力）

←（最高充填圧力の理由）ガソリン車並みの満充填で600km程度の走行距離

= 差圧での流し込み充填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填すること

= 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）

For FCV

## The specifications for ISO 14687 Grade

Constituents	Grade D, ISO14687 New
Hydrogen fuel index	99,97 %
Total non-hydrogen gases	300 $\mu\text{mol/mol}$
<b>Maximum concentration of individual contaminants</b>	
Water ( $\text{H}_2\text{O}$ )	5 $\mu\text{mol/mol}$
Total hydrocarbons except methane (C1 equivalent)	2 $\mu\text{mol/mol}$
Methane ( $\text{CH}_4$ )	100 $\mu\text{mol/mol}$
Oxygen ( $\text{O}_2$ )	5 $\mu\text{mol/mol}$
Helium (He)	300 $\mu\text{mol/mol}$
Nitrogen ( $\text{N}_2$ )	300 $\mu\text{mol/mol}$
Argon (Ar)	300 $\mu\text{mol/mol}$
Carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ )	2 $\mu\text{mol/mol}$
Carbon monoxide (CO)	0,2 $\mu\text{mol/mol}$
Total sulfur compounds (S1 equivalent)	0,004 $\mu\text{mol/mol}$
Formaldehyde (HCHO)	0,2 $\mu\text{mol/mol}$
Formic acid (HCOOH)	0,2 $\mu\text{mol/mol}$
Ammonia ( $\text{NH}_3$ )	0,1 $\mu\text{mol/mol}$
Halogenated compounds (Halogen ion equivalent)	0,05 $\mu\text{mol/mol}$
Maximum particulate concentration	1 mg/kg
Note: The sum of CO, HCHO and HCOOH shall not exceed 0,2 $\mu\text{mol/mol}$ .	

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)

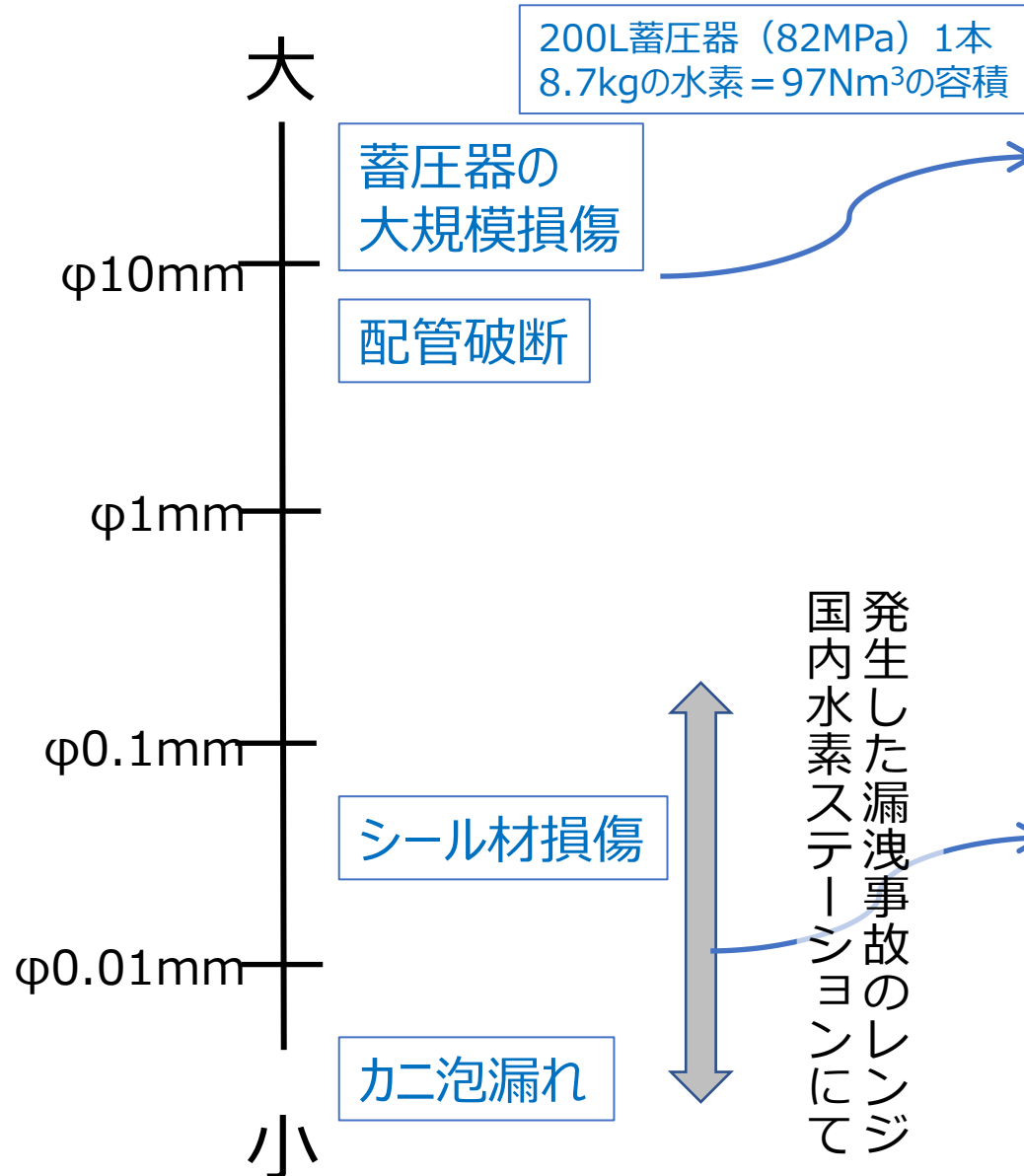
(平野敏右：燃焼学p54, P113 海文堂 (1986) より転載)



- 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

## 漏洩開口部サイズ



## 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

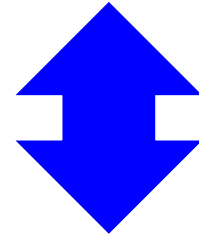
- 爆風圧は発生しない。人・設備への被害なし
- 定常火炎（火炎長は最大で20cm程度）による火傷程度

# 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 車両への安全な充填方法（最大充填圧力）

#### ■ 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 蓄圧器に火災検知器設置
- ・第25号 ディスペンサーに緊急離脱カブラ設置

#### ■ 第3項（共通 高圧ガスの製造方法）

- ・第4号 車両への安全な充填方法（充填昇圧率:JPEC-S 0003 圧縮水素充填技術基準）

# 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

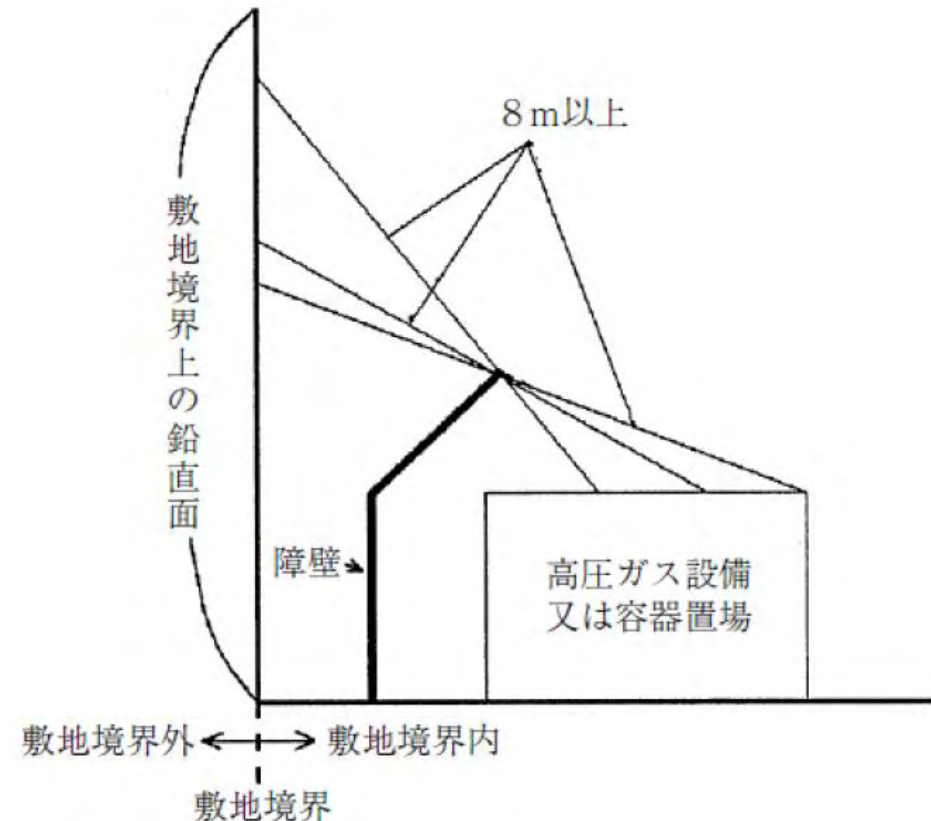
水素ステーションの安全性確保

## 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。



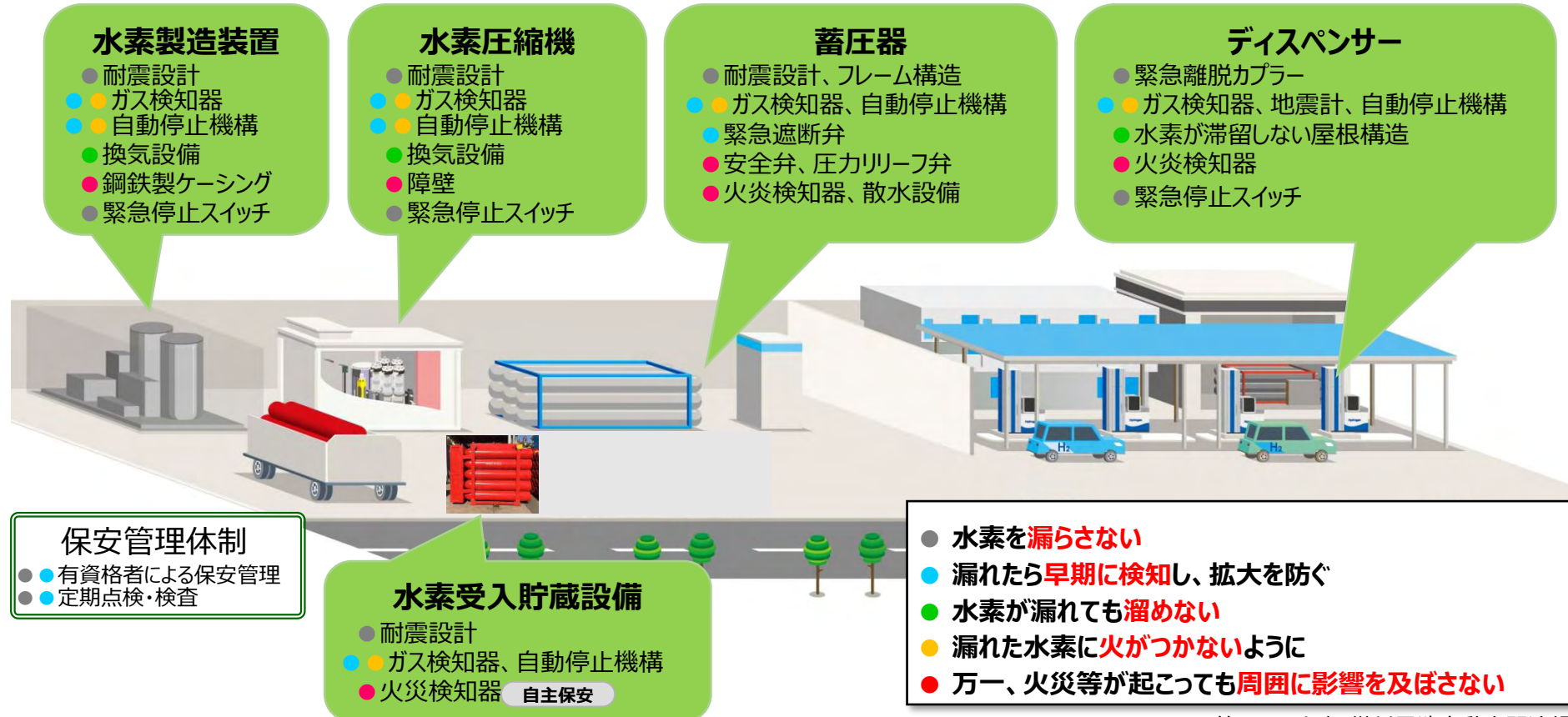
例示基準からの抜粋図

# 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〉



# 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

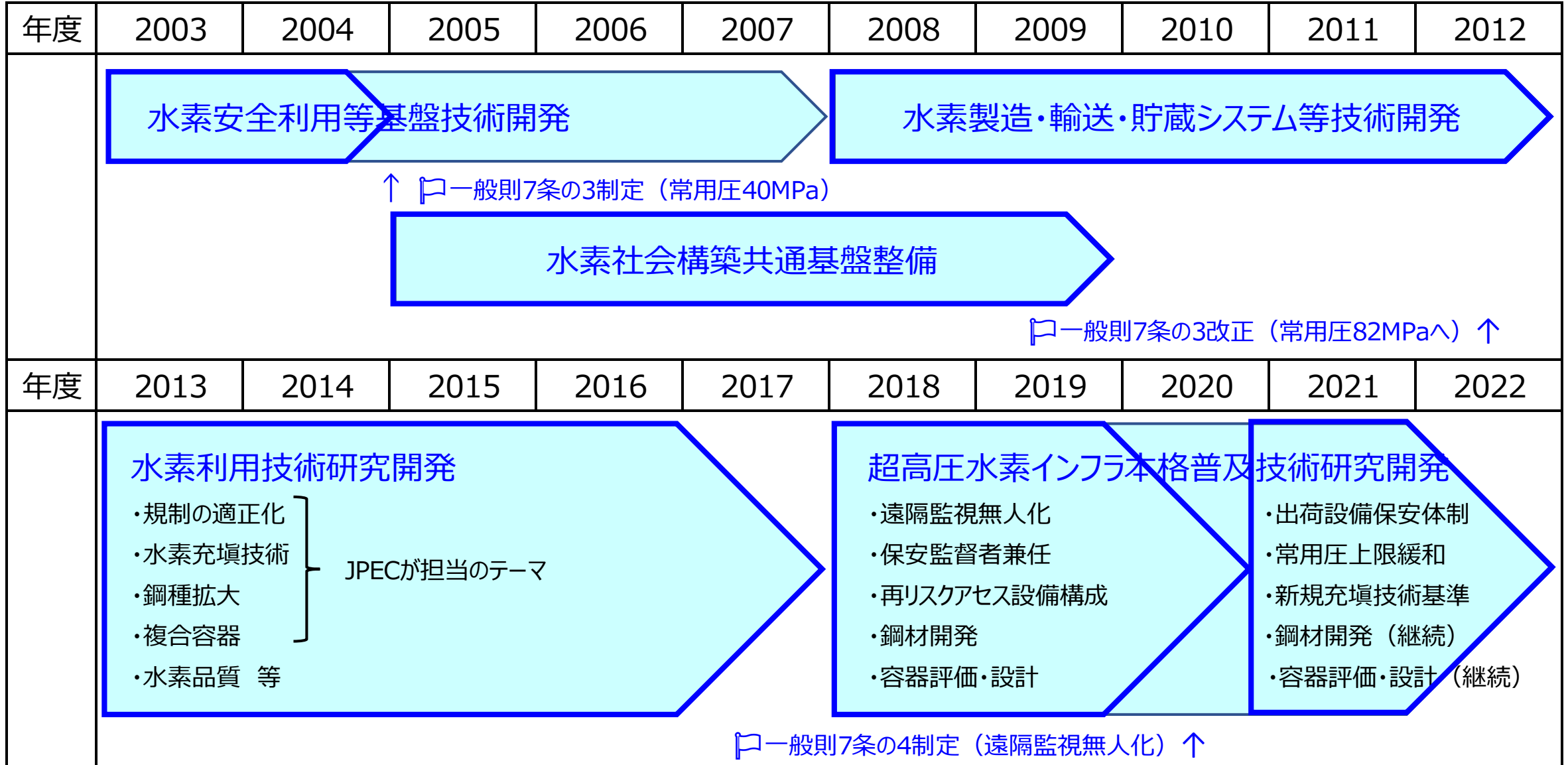
## 自主ガイドライン

- ・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

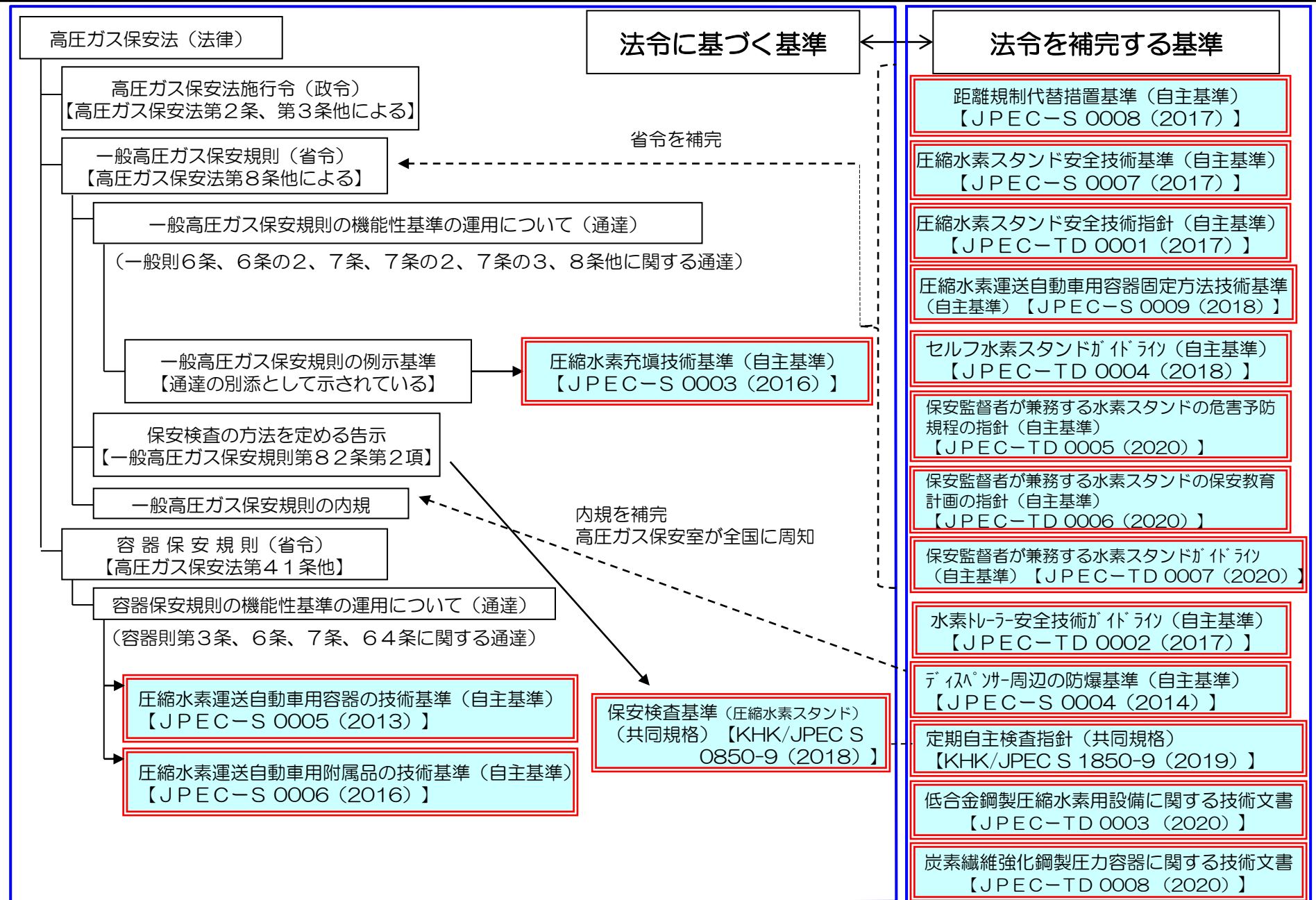
# 水素ステーションも含めた水素インフラに関する業界自主基準 ②

## 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

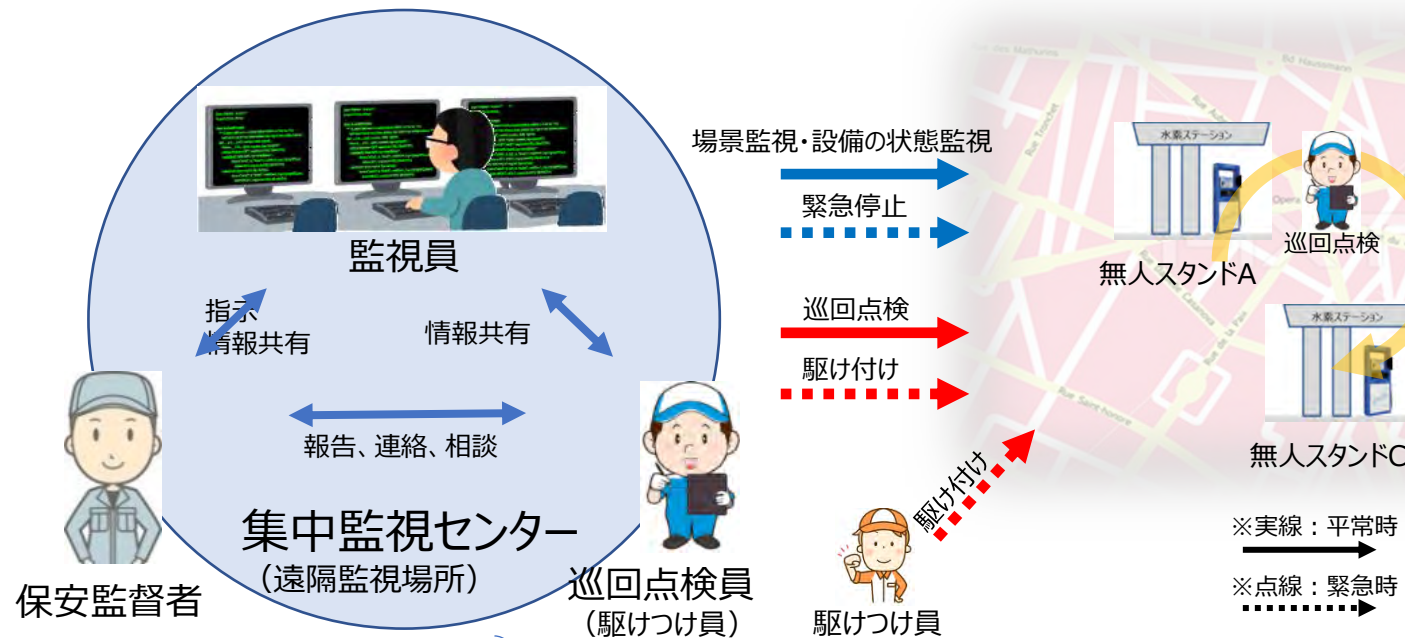
# 6. 1 遠隔監視セルフ水素ステーション ①

## 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への水素充填：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填の観点から  
「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

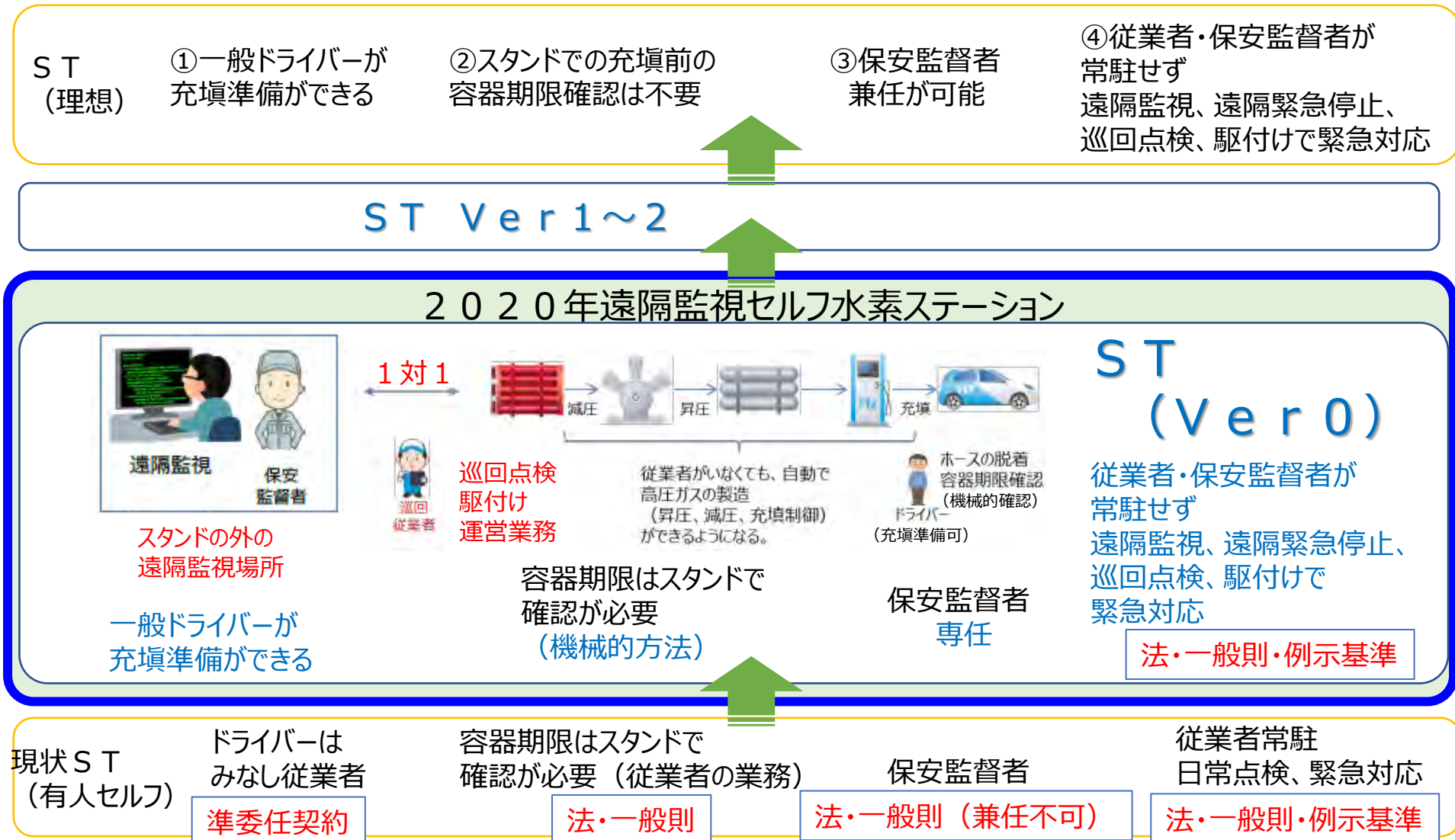


遠隔監視場所や事務所等、図面やその他の情報にアクセスが可能で常に連絡が取れるところ

緊急時に、所定時間に駆けつけられるところ

# 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



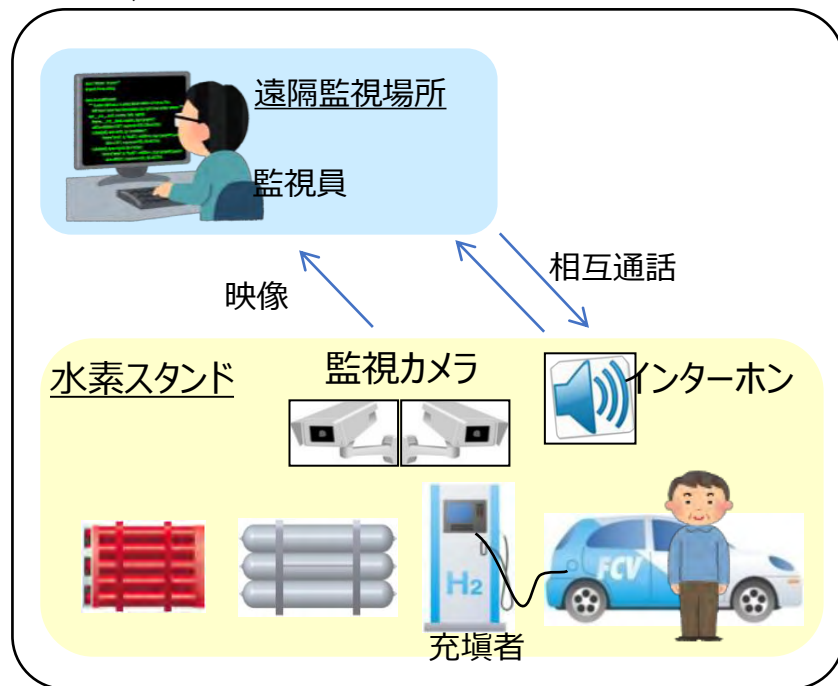
# 6. 1 遠隔監視セルフ水素ステーション ③

## 要件 1)

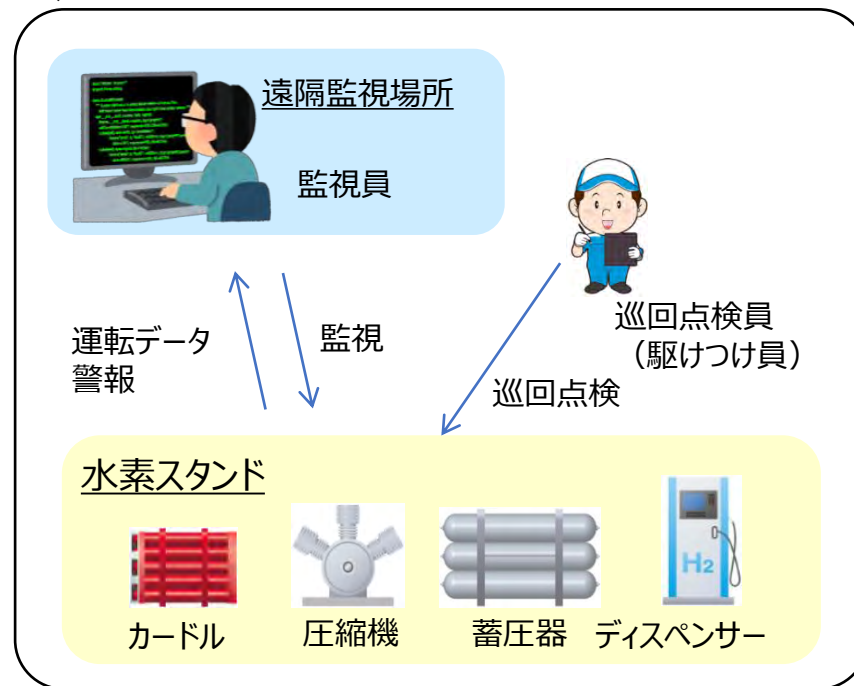
### 従業者不在でも十分な監視体制の確保等により保安を維持する対策

	ハード対策	ソフト対策
平常時	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔監視場所での<b>スタンドの場景監視措置</b></li> <li>設備の<b>運転状況監視措置</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
緊急時	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔監視場所での<b>警報、緊急停止措置</b></li> <li>インターロック、停電・サイバー対策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>

#### ◇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

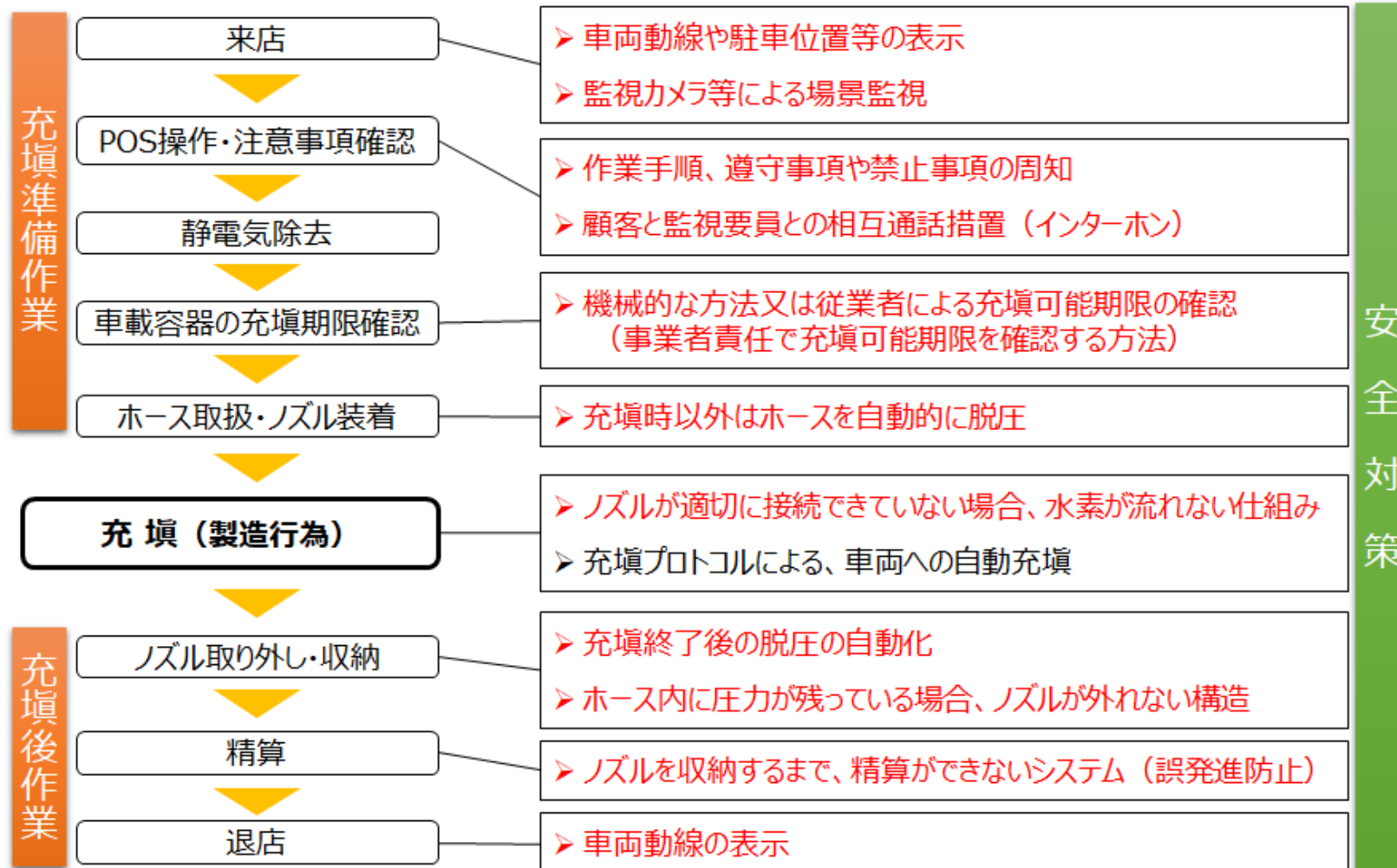


# 6. 1 遠隔監視セルフ水素ステーション ④

## 要件 2)

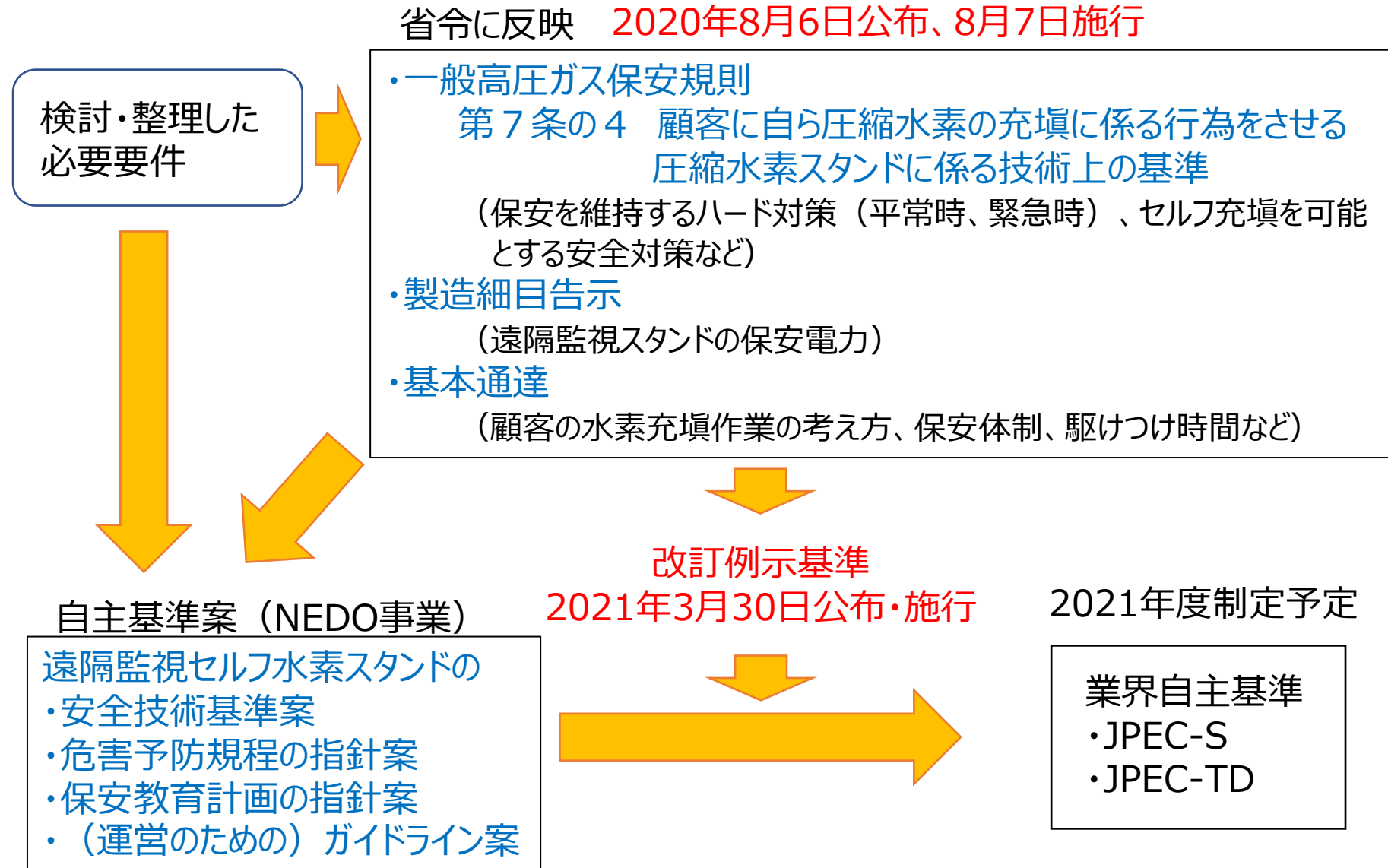
### セルフ充填を可能にする追加的安全対策

※赤字は、遠隔監視スタンド特有の安全対策



# 6. 1 遠隔監視セルフ水素ステーション ⑤

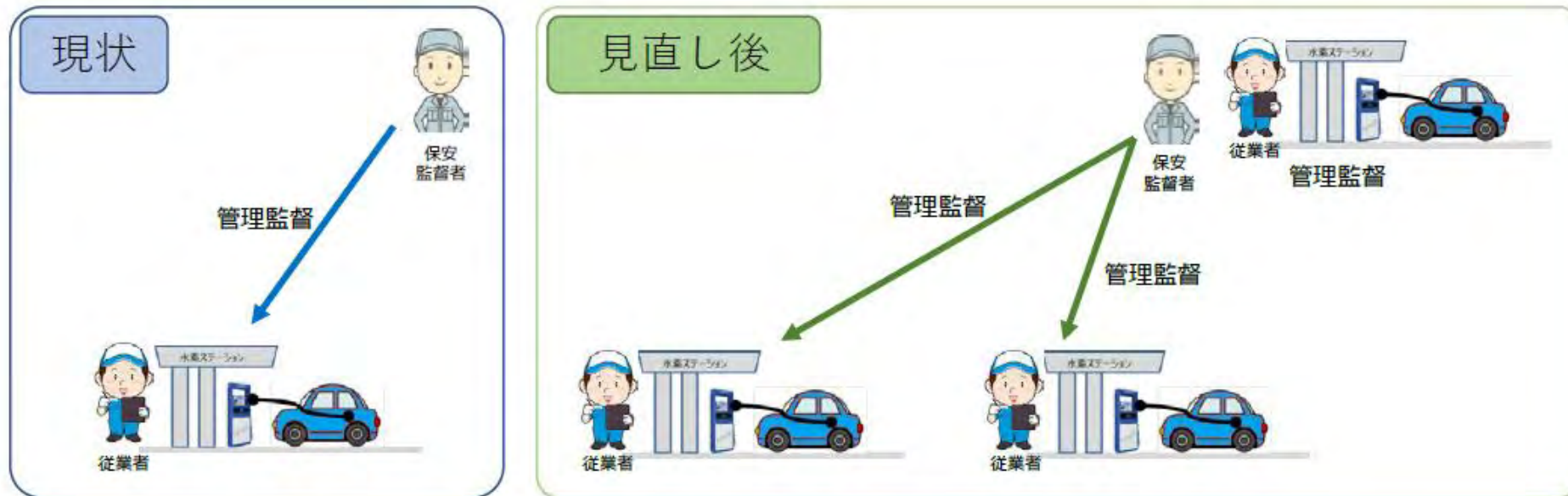
## 無人運転実施のための技術基準案の策定



## 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

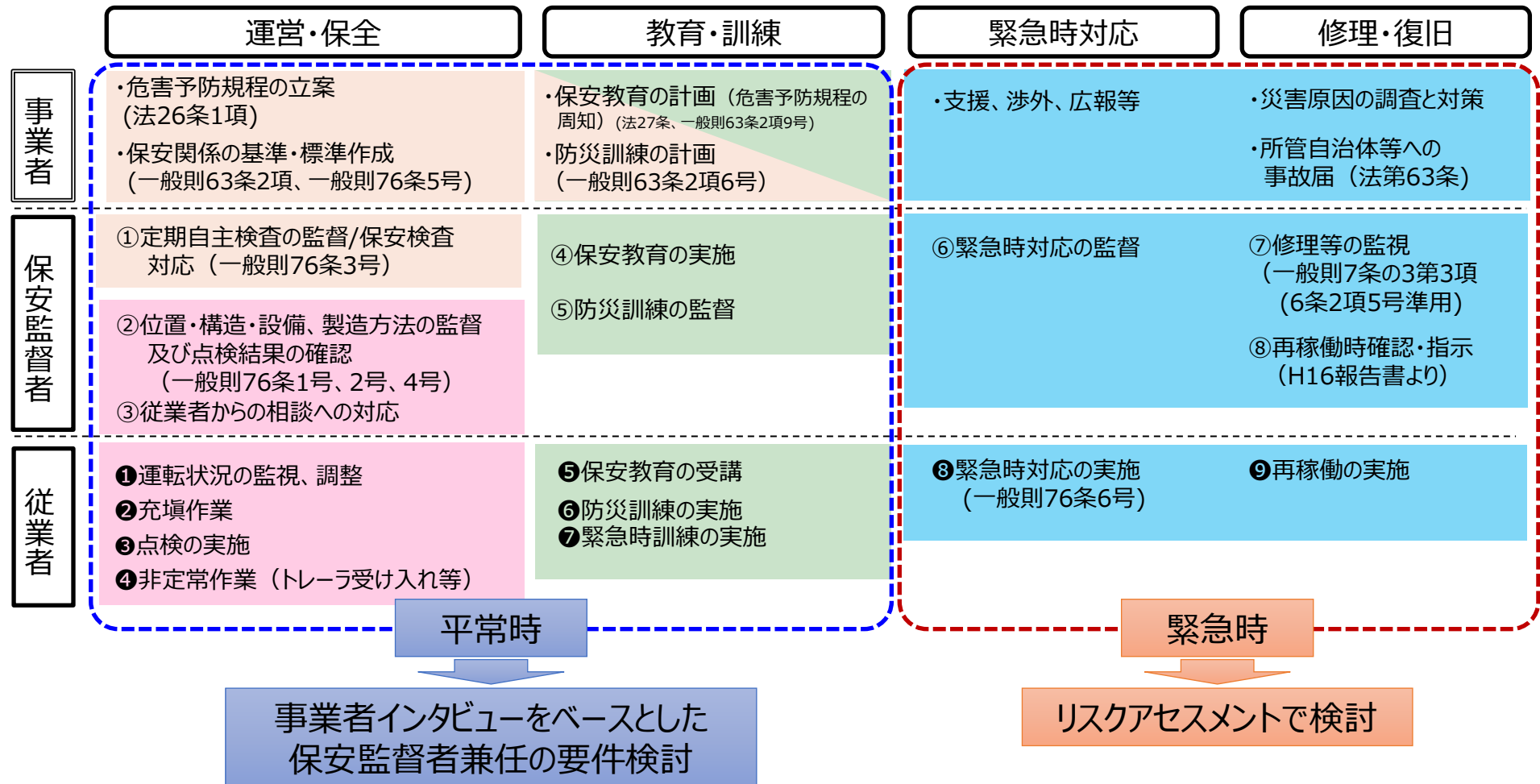
### <現状スタンドにおける職務整理>

■ : 建設時に行うこと

■ : 定期的に行うこと

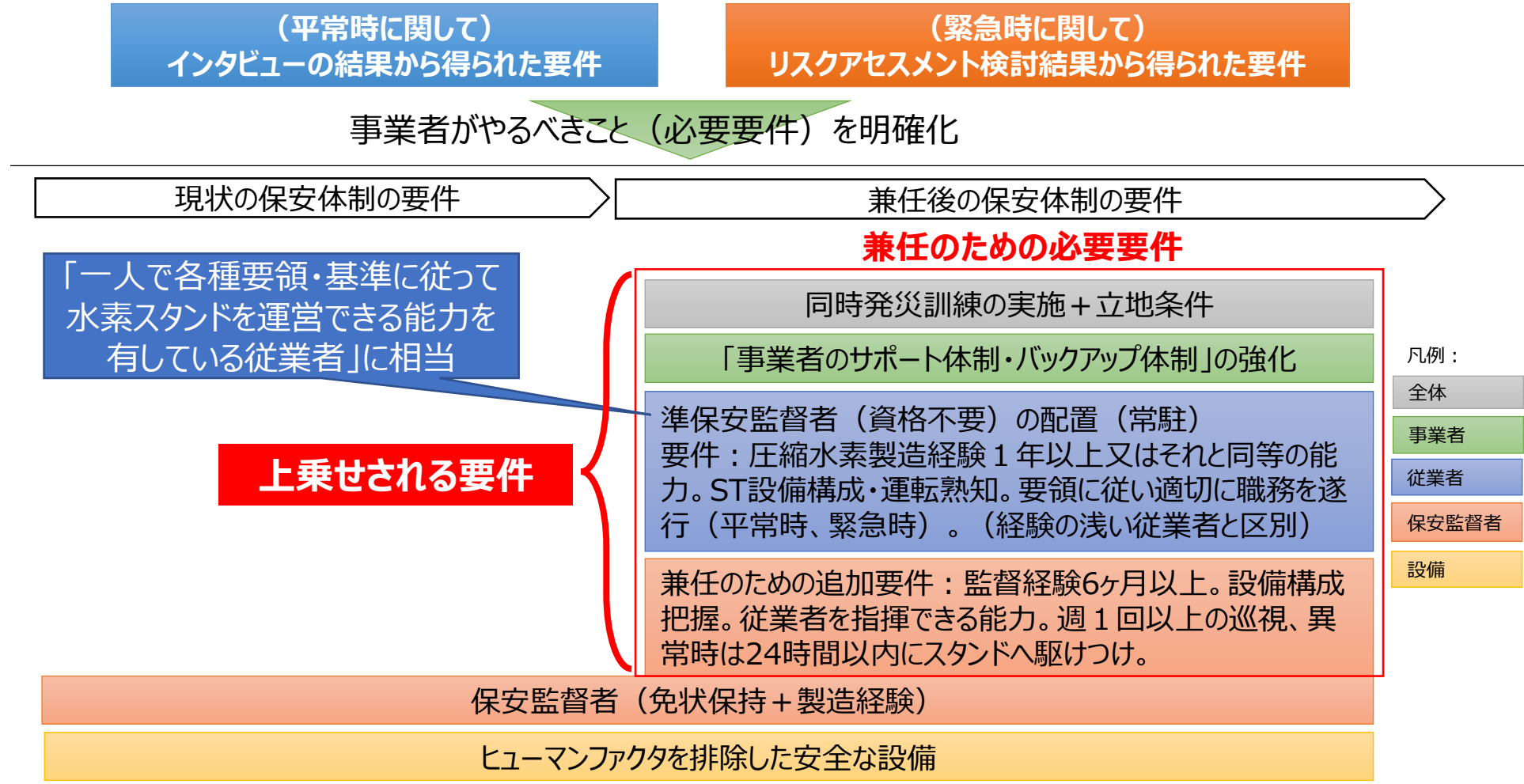
■ : 日常的に行うこと

■ : 緊急時対応以降に行うこと



## 6. 2 保安監督者の複数ステーションの兼任 ③

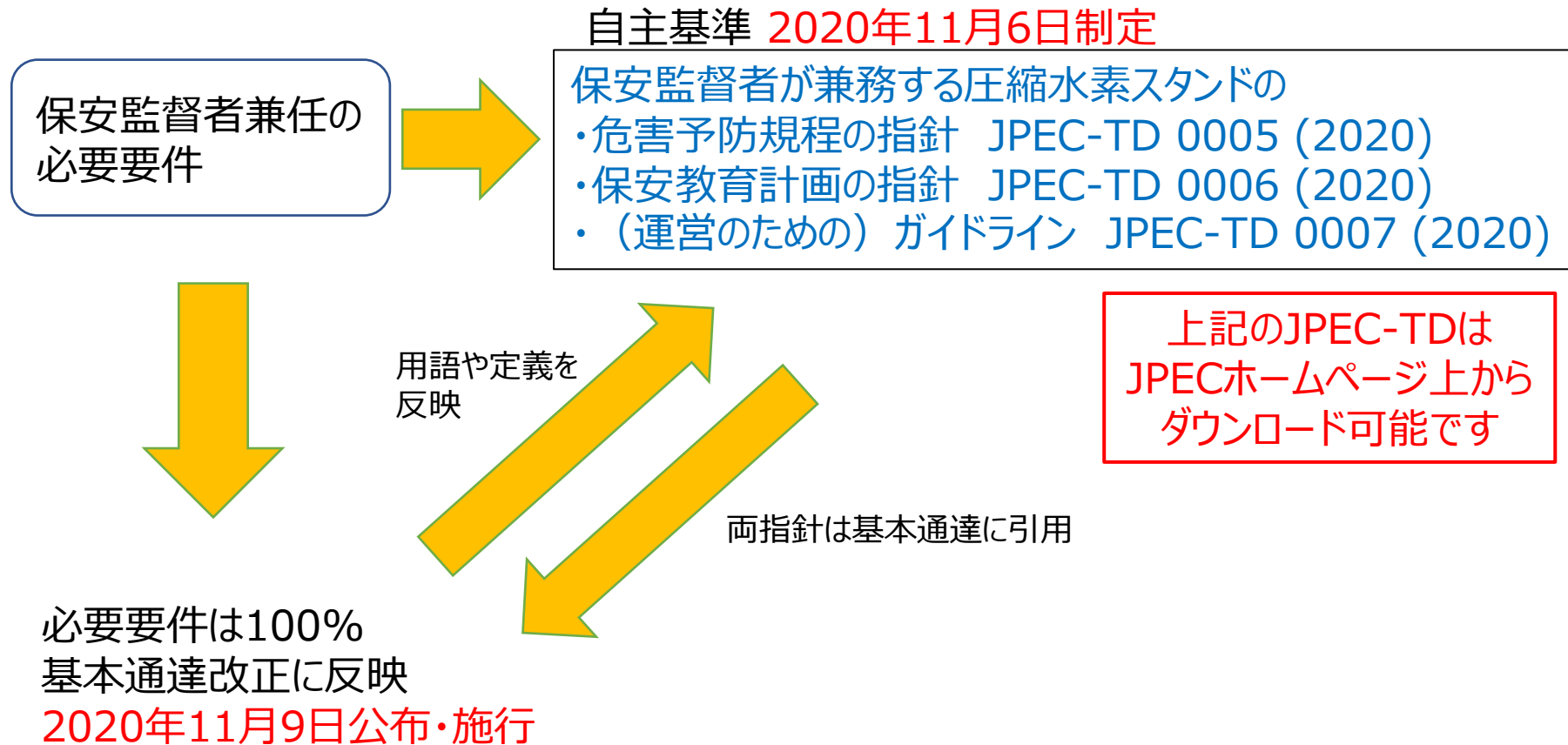
### 保安監督者が複数スタンドを兼任するための必要要件



⇒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

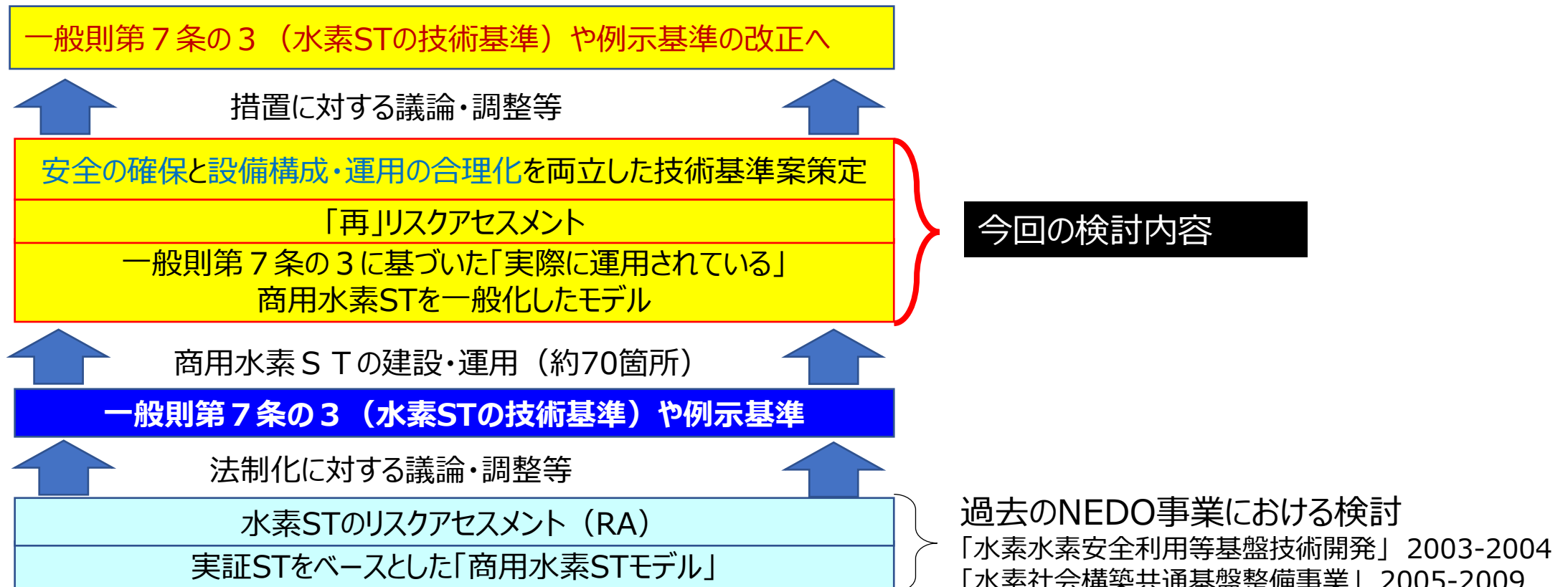
### 保安監督者が複数スタンドを兼任するための技術基準案



# 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 ①

## 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



# 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

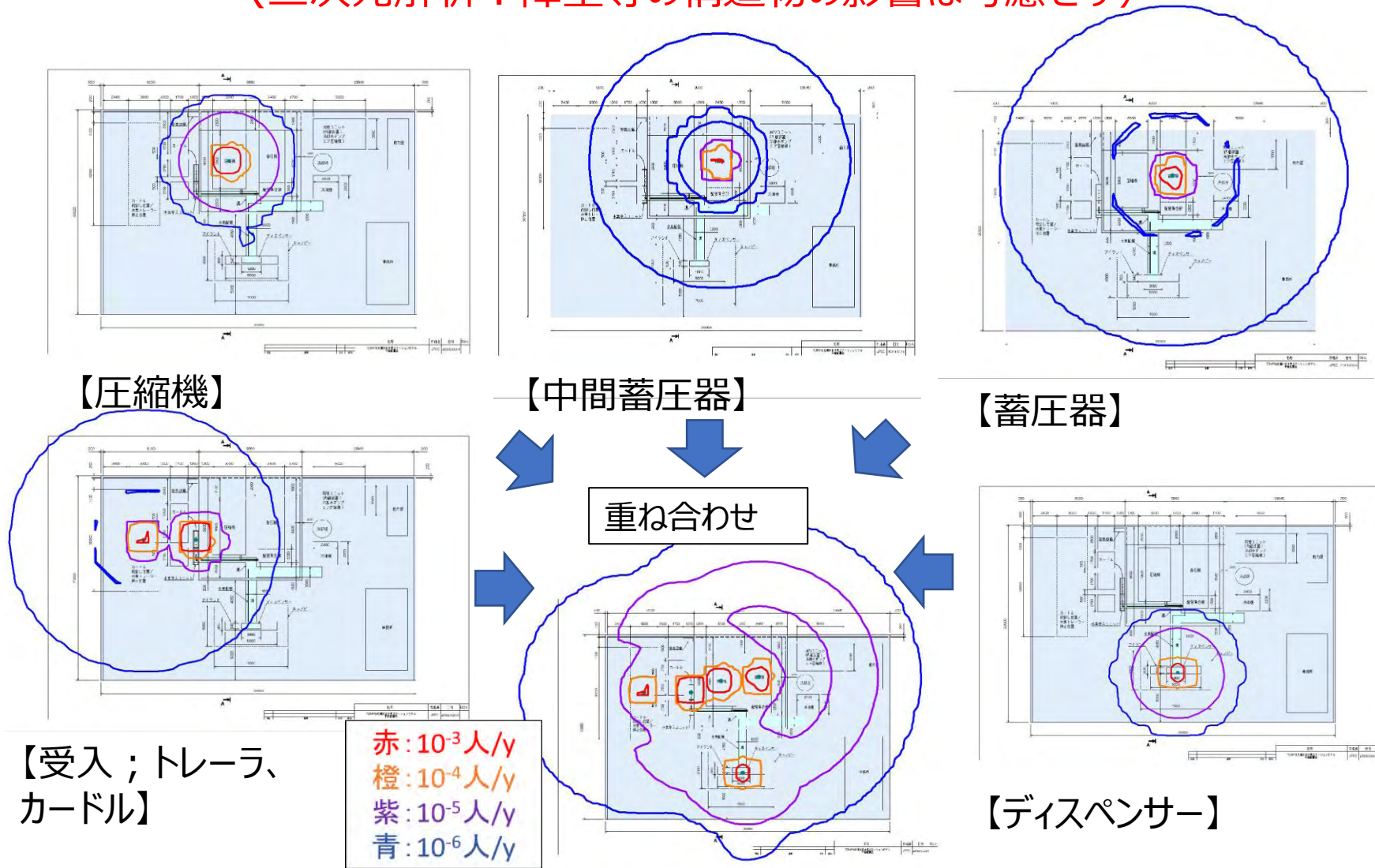
	事故のトリガーによる リスクシナリオの分類	リスク分析手法			評価精度			対象となるリスクシナリオ
		リスクシナリオ 特定	頻度分析	影響度分析	頻度評価	影響度評価	リスク評価	
内的要因	<b>I 内的要因に起因する事故</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機器故障</li> <li>・機器故障の連鎖</li> <li>・設計不良、施工不良</li> <li>・ヒューマンエラー</li> <li>・その他</li> </ul>	HAZOP 作業HAZOP FMEA	漏洩頻度DB パーツカウント (狭義のQRA(TNO式))	数値解析	○ (可能)	○ (可能)	○ (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
	<b>I a 機器故障の連鎖</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・遮断弁誤作動→圧力上昇→漏洩</li> </ul>	FMEA	機器故障率DB ETA	数値解析	○ (可能)	○ (可能)	○ (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
	<b>I b ヒューマンエラー</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・誤操作</li> <li>・その他</li> </ul>	作業HAZOP	ヒューマンエラー頻度DB ETA	数値解析	△ (精度低)	○ (可能)	△ (精度低)	頻度データの不確かさが大きい、リスクを相対評価可能なリスク
外的要因	<b>II 外的要因に起因する事故</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・近隣火災</li> <li>・内部火災</li> <li>・地震(外力の作用)</li> <li>・車両誤発進</li> <li>・車両飛び込み 等</li> </ul>	HAZOP What-if	類似事象の頻度データ ETA	数値解析	△ (精度低)	○ (可能)	△ (精度低)	頻度データの不確かさが大きい、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

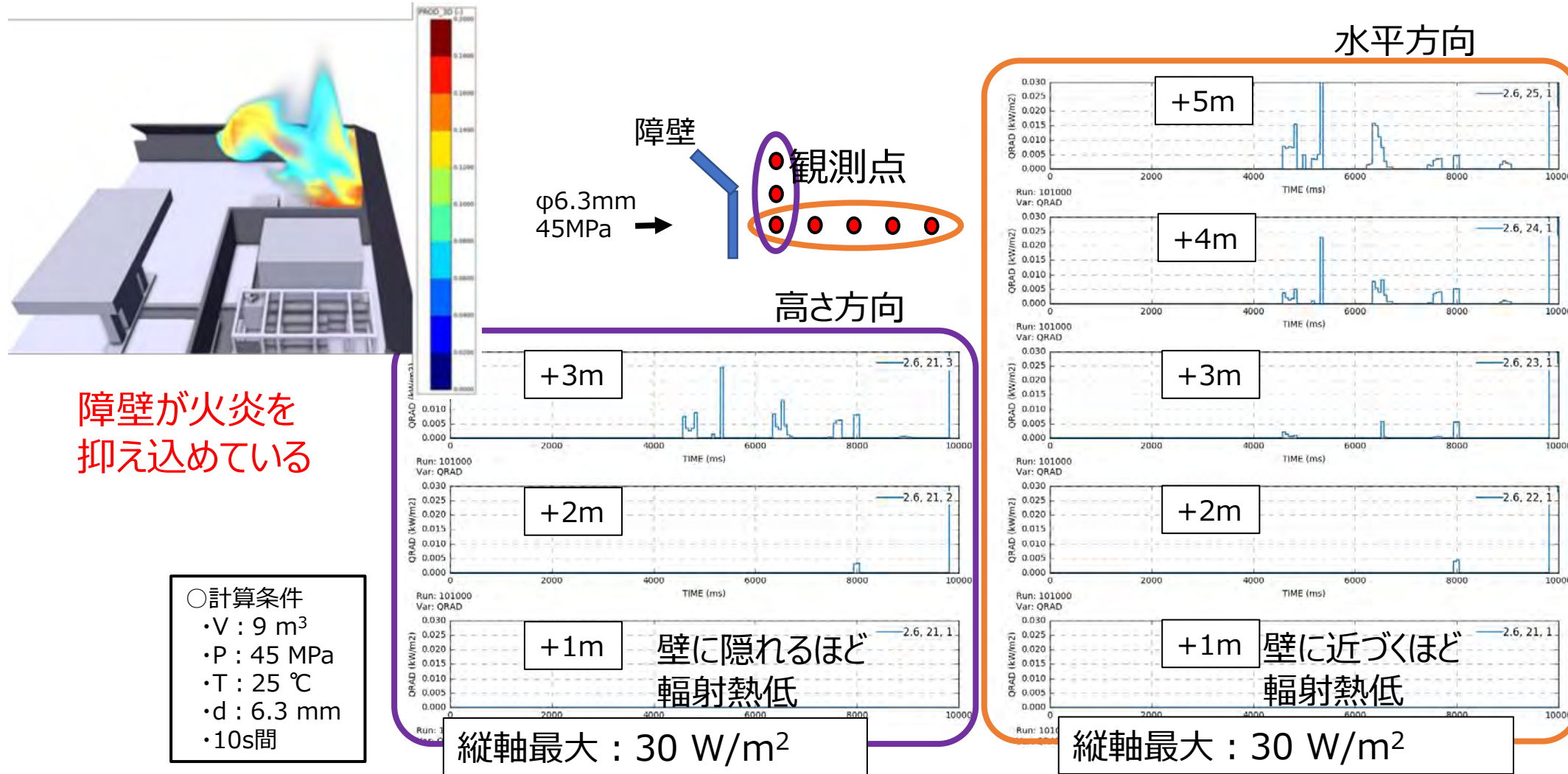
- QRAのリスク算出結果（等リスク線図（リスクコンター））  
（二次元解析：障壁等の構造物の影響は考慮せず）



重ね合わせの図のはみ出した部分は三次元解析で検討

# 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 ④

## ■ 三次元解析による障壁の効果検討 (FLACS)



※ 0.9kW/m<sup>2</sup> : 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			対象となるリスクシナリオ
		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	
内的要因	<b>I 内的要因に起因する事故</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・機器故障</li> <li>・機器故障の連鎖</li> <li>・設計不良、施工不良</li> <li>・ヒューマンエラー</li> <li>・その他</li> </ul>	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	○ (可能)	○ (可能)	○ (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
	<b>I a 機器故障の連鎖</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・遮断弁誤作動→圧力上昇→漏洩</li> </ul>	FMEA	機器故障率DB ETA	数値解析	○ (可能)	○ (可能)	○ (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
	<b>I b ヒューマンエラー</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・誤操作</li> <li>・その他</li> </ul>	作業HAZOP	ヒューマンエラー頻度DB ETA	数値解析	△ (精度低)	○ (可能)	△ (精度低)	頻度データの不確かさが大きいですが、リスクを相対評価可能なリスク
外的要因	<b>II 外的要因に起因する事故</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・近隣火災</li> <li>・内部火災</li> <li>・地震(外力の作用)</li> <li>・車両誤発進</li> <li>・車両飛込み 等</li> </ul>	HAZOP What-if	類似事象の頻度データ ETA	数値解析	△ (精度低)	○ (可能)	△ (精度低)	頻度データの不確かさが大きいですが、リスクを相対評価可能なリスク

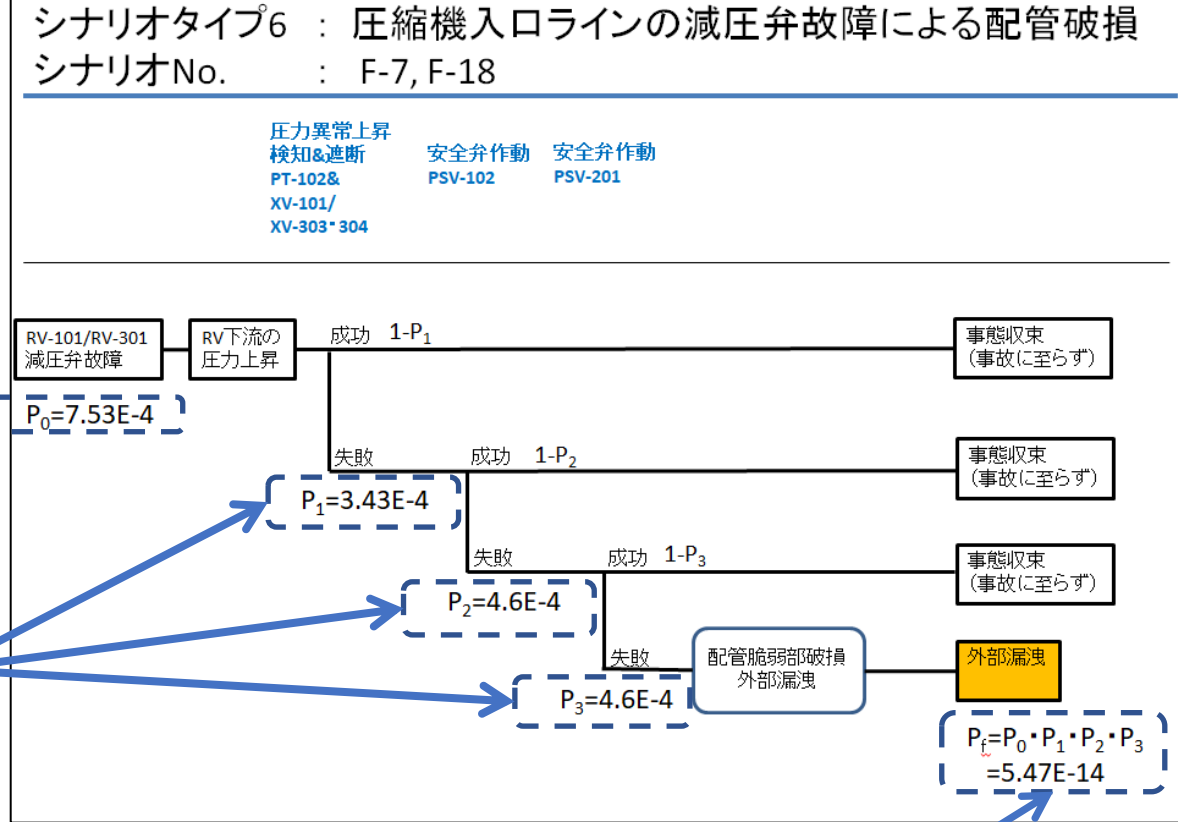
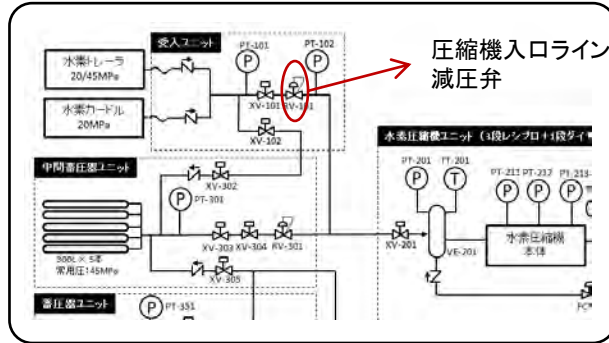
→ [赤背景部分] QRAを適用 (種々の事故原因のリスクの総括的評価)

→ [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（例）



トリガー事象の発生頻度  
 P<sub>0</sub> [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<sub>f</sub> = P<sub>0</sub>・P<sub>1</sub>・P<sub>2</sub>・P<sub>3</sub>

## 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  $10^{-6}$  /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なく簡素化が可能
  - 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
  - 圧力リーフ弁設置条件の見直し → 圧力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  
「超高压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