

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026  
プログラムNo. 603-1-09

# グリーンイノベーション基金事業/ 製造分野における熱プロセスの脱炭素化/ 製造分野の熱プロセスの脱炭素化

発表：2026年7月21日（火）

発表者名：佐藤 順一

団体名：脱炭素産業熱システム技術研究組合

問い合わせ先 脱炭素産業熱システム技術研究組合 (<https://dits-center.jp/>)

# 事業概要

---

## ■ 期間

2023年9月～2032年3月

## ■ 本事業を実施する背景

工業炉は素材産業、機械産業、自動車産業などのさまざまな産業の熱プロセスに用いられ、CO<sub>2</sub>排出量は**1.5億トン**、我が国の全体の**13.5%**を占めている。

我が国のカーボンニュートラルの実現には、工業炉の脱炭素化の実現が必須。

## ■ 最終目標

カーボンニュートラル対応工業炉（燃焼炉・電気炉）の社会実装

## ■ 研究開発課題

【研究開発項目1】カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発

【研究開発項目2】金属製品を取り扱うアンモニア燃焼工業炉の技術開発

【研究開発項目3】金属製品を取り扱う水素燃焼工業炉の技術開発

【研究開発項目4】電気炉の受電設備容量の低減・高効率化に関する技術の開発

# 脱炭素産業熱システム技術研究組合について

---

■理事長 佐藤順一（元日本工学会会長、元機械学会会長、元燃焼学会会長）

■設立日 2023年5月11日（経済産業省認可）

## ■組合構成

- 工業炉のメーカー、ユーザー、燃料供給会社 20社

(株)中外炉工業、三建産業(株)、ロザイ工業(株)、(株)IHI機械システム、関東冶金工業(株)、富士電子工業(株)、(株)キャタラー、(株)T Y K、エア・ウォーター(株)、三井物産(株)、東京ガス(株)、(株)日本製鋼所、(株)U A C J、日本製鉄(株)、J F Eスチール(株)、富士電機(株)、東京製綱(株)、リョービ(株)、日産自動車(株)、富山住友電工(株)

- 国内大学 12大学

(国)北海道大学、(国)東北大学、(国)茨城大学、(国)東京大学、(国)名古屋工業大学、(国)京都大学、(国)大阪大学、(国)広島大学、(国)山口大学、(国)九州大学、(国)岐阜大学、(学)名城大学

- 国研 1 研究機関

(国研)産業技術総合研究所

# ターゲットとする工業炉

■

CO<sub>2</sub>の排出量の多い  
大型燃焼炉

|      | 鉄鋼加熱炉                                                                              | 鉄鋼プロセス炉                                                                             | 鉄鋼鍛造炉                                                                               | アルミ溶解炉                                                                              |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 外観   |  |  |  |  |
| 炉内温度 | 最高 1400℃                                                                           | 最高 950℃                                                                             | 最高 1400℃                                                                            | 最高 1200℃                                                                            |
| 設備容量 | 最大 180MW                                                                           | 最大 18MW                                                                             | 最大 9MW                                                                              | 最大 19MW                                                                             |
| 炉内寸法 | 11mW x 56mL x 5mH                                                                  | 2.4mW x 16mL x 25mH                                                                 | 8mW x 13mL x 8mH                                                                    | Φ10m x 5mH                                                                          |

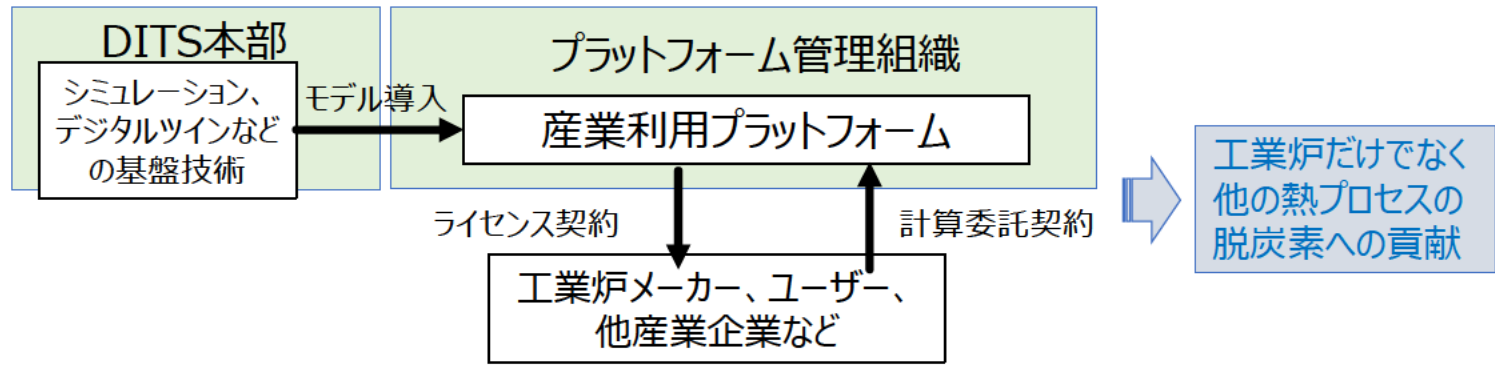
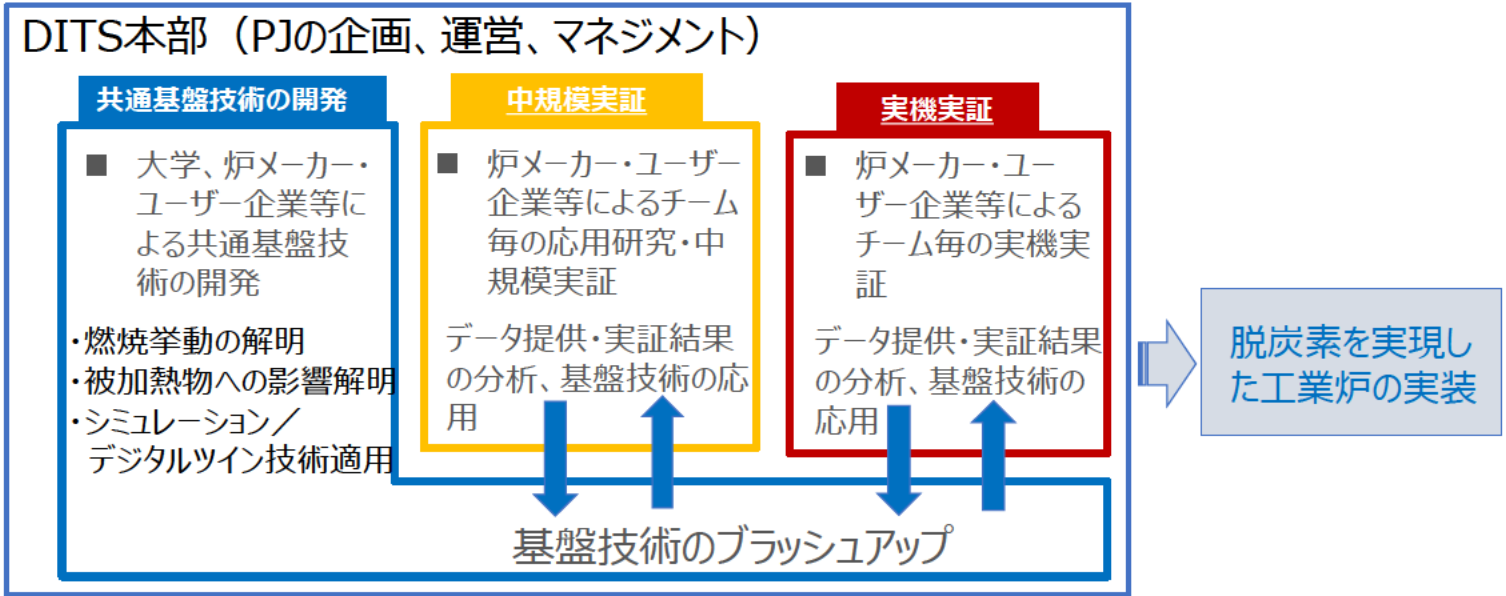
■

設置数の多い中小型  
燃焼炉/電気炉、  
およびその付帯装置

| (例)           | アンモニアを燃料とする<br>ラジアントチューブバーナ                                                         | 誘導と抵抗のハイブリッド                                                                         | アンモニア改質装置                                                                                    |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 外観            |  |  | イメージ<br> |
| 加熱温度、<br>寸法など | 加熱温度：最大1000℃<br>容量：①150kW、600℃<br>②300kW、1000℃                                      | 加熱温度：600℃程度<br>寸法： 1～2mW× L 1.8～2.3mL×<br>高さ1.5×2.0mH                                | 容量：50～400kW級<br>寸法：Φ0.3m×1m以下                                                                |

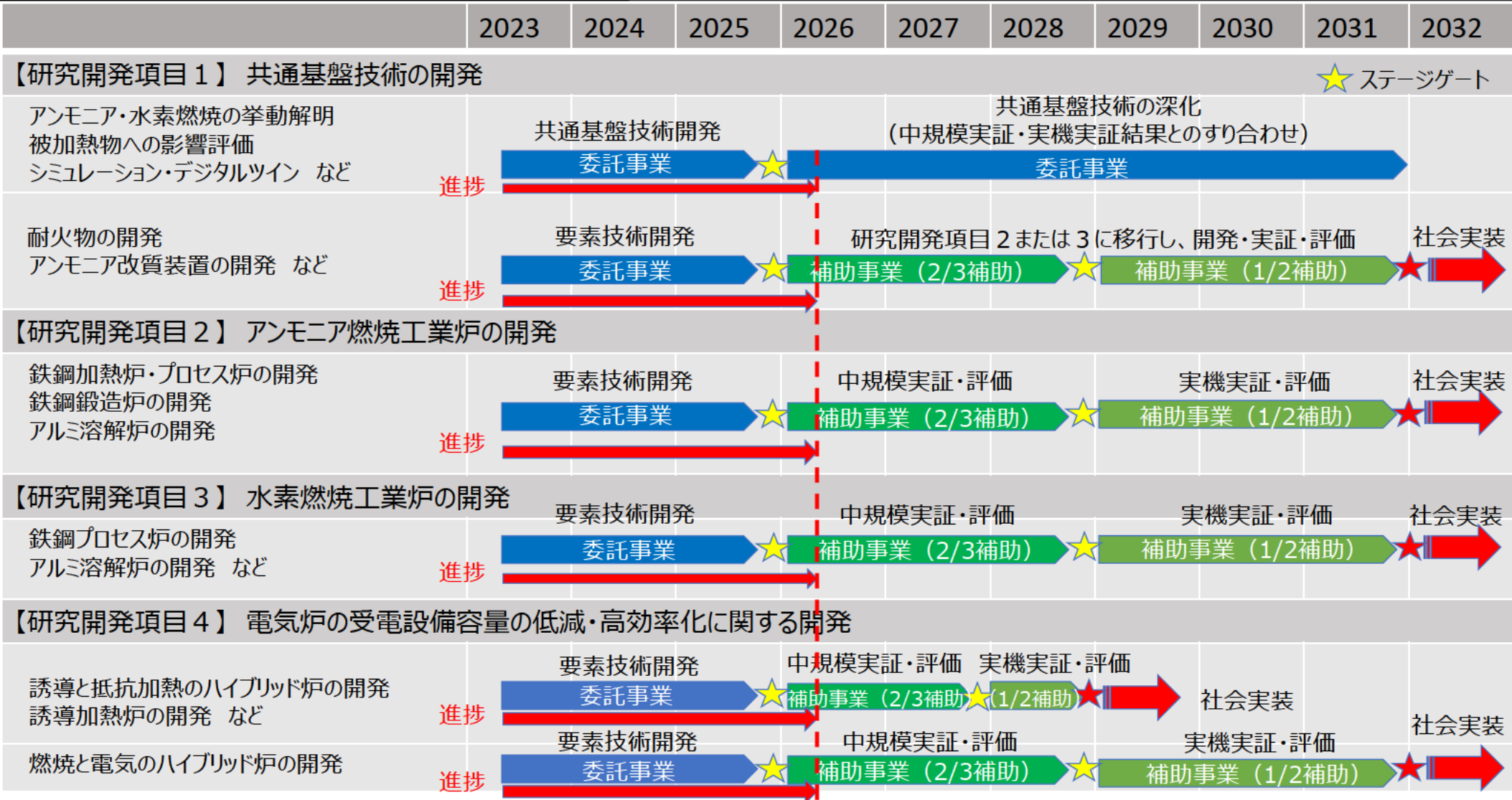


# 共通基盤技術の活用



# 研究開発スケジュール

アンモニア・水素燃焼炉は2032年から、電気炉は2029年度からの社会実装を目指す



# CN工業炉成立の要件

要件 1 : 排ガスが環境基準 (NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>Oなど) を満たしていること

要件 2 : 被加熱物に対して窒化や水素脆化など有害な影響がないこと

→ 2025年度成果を後述

要件 3 : 要求された熱プロセス (温度履歴、温度分布) を実現すること

要件 4 : 安全な運用ができること

要件 5 : 燃料供給が安定かつ適正価格であること

→ 検討状況を後述

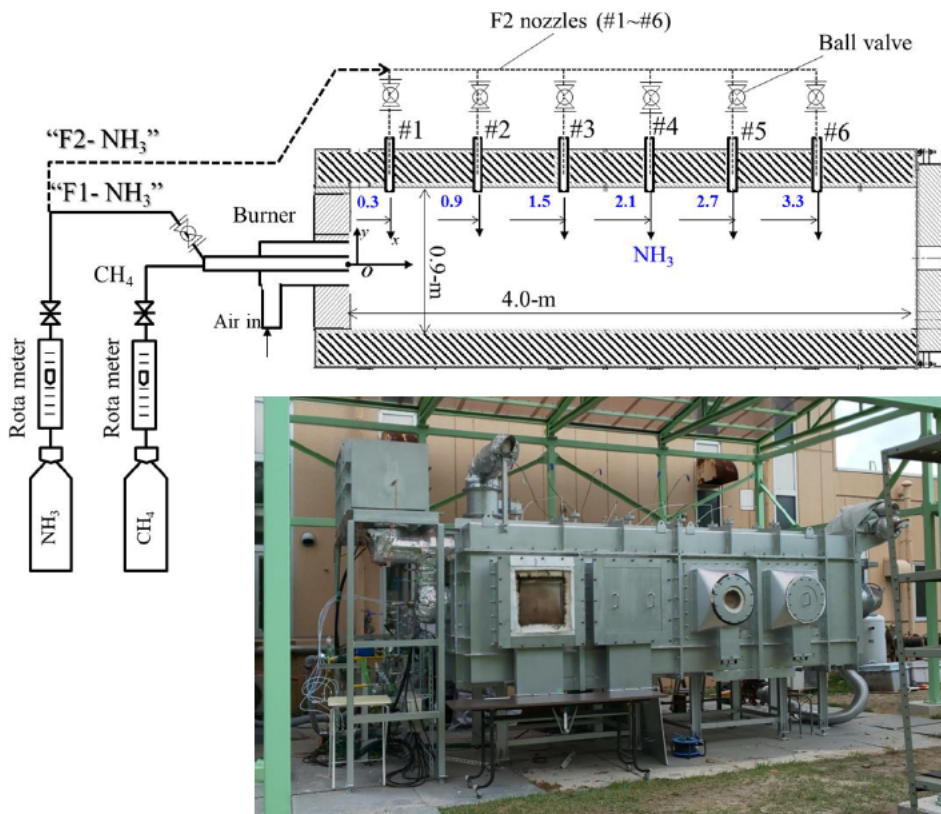
要件 6 : 設備コストが大幅に上昇しないこと

2023～2025年度の基盤技術開発は順調に進捗し、CN工業炉開発の目途が立った。

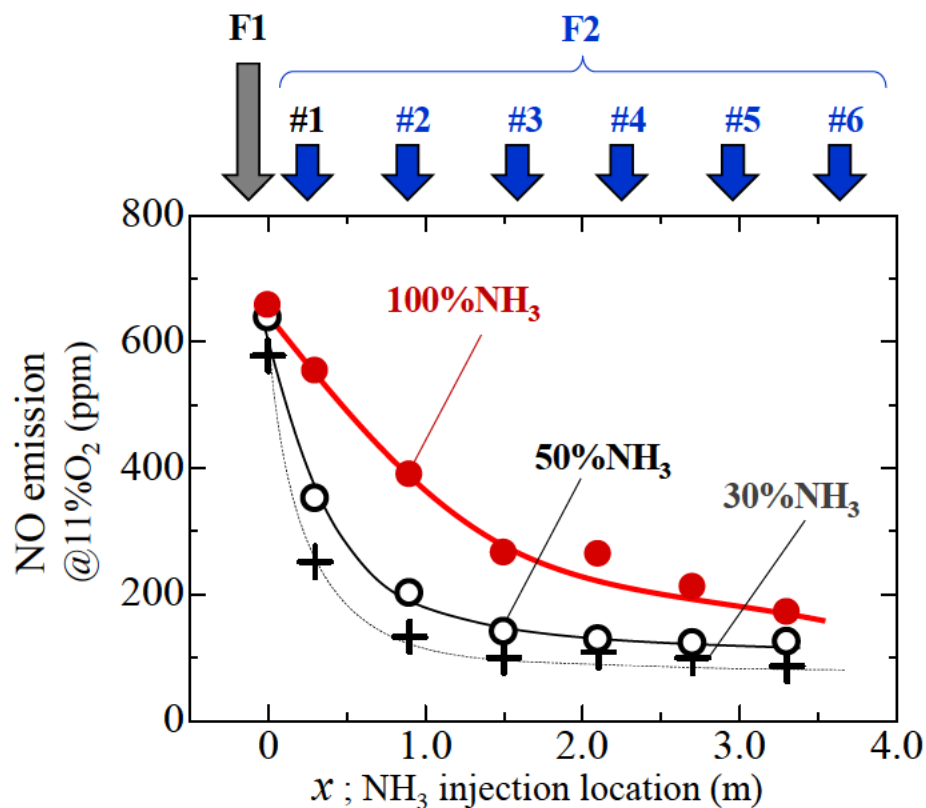
一方、「燃料供給」や「工業炉の安全運用」など、当初想定していなかった課題が浮き彫りになり、社会実装に向けてこれらの課題に対する対応を進めている。

(要件 1) 排ガスに関する成果 (1)

◆ **高温空気燃焼**  $\text{NH}_3$ の高温空気からの  
分離供給 (F2)  
 $\text{NH}_3$ を高温・且つ低 $\text{O}_2$ 濃度場へ供給



NH<sub>3</sub>分離距離の増加によるNH<sub>3</sub>/airの炉内ガスによる希釈  
→ NO<sub>x</sub>を規制値以下に抑制（最低72ppm）  
（NH<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>O検出されず）



アンモニア燃焼のNO<sub>x</sub>低減効果が高温空気燃焼の原理によって説明可能

## (要件 1) 排ガスに関する成果 (2)

### ◆ 二段燃焼

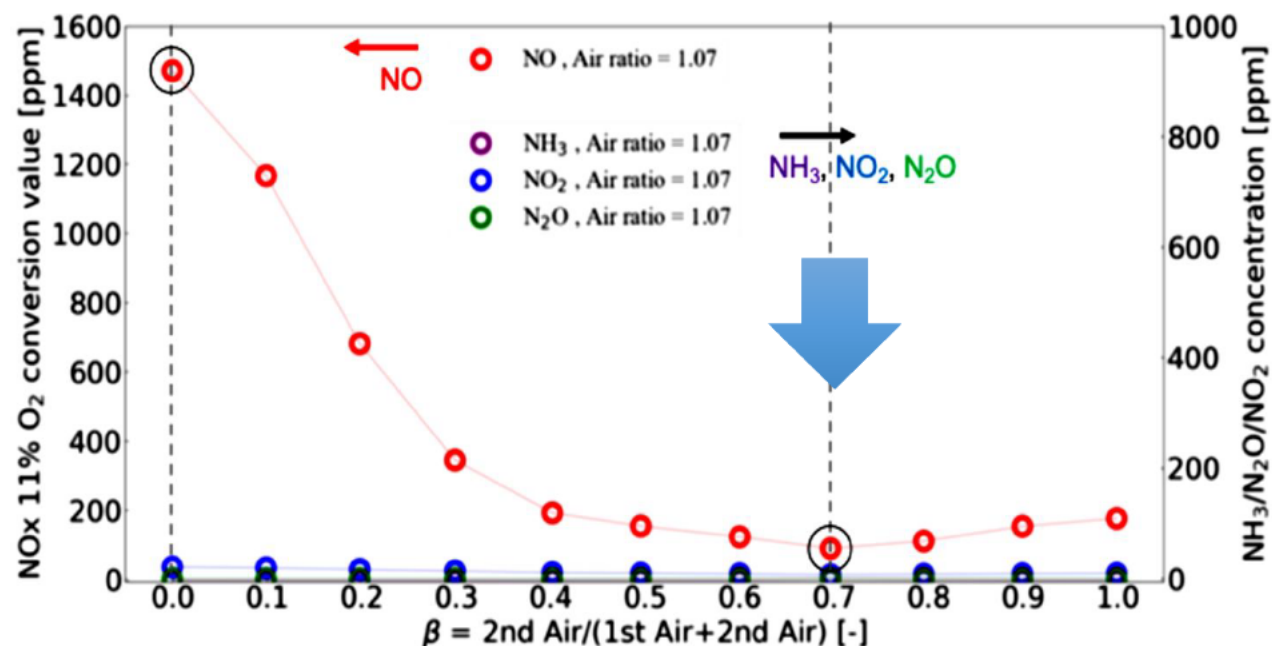
- 100 kW級燃焼試験炉
- 二段燃焼バーナー

メインバーナーから300 mm離れた 水平位置  
に二次酸化剤ノズル2本を配置



LHV比 50%NH<sub>3</sub>-50%CH<sub>4</sub>

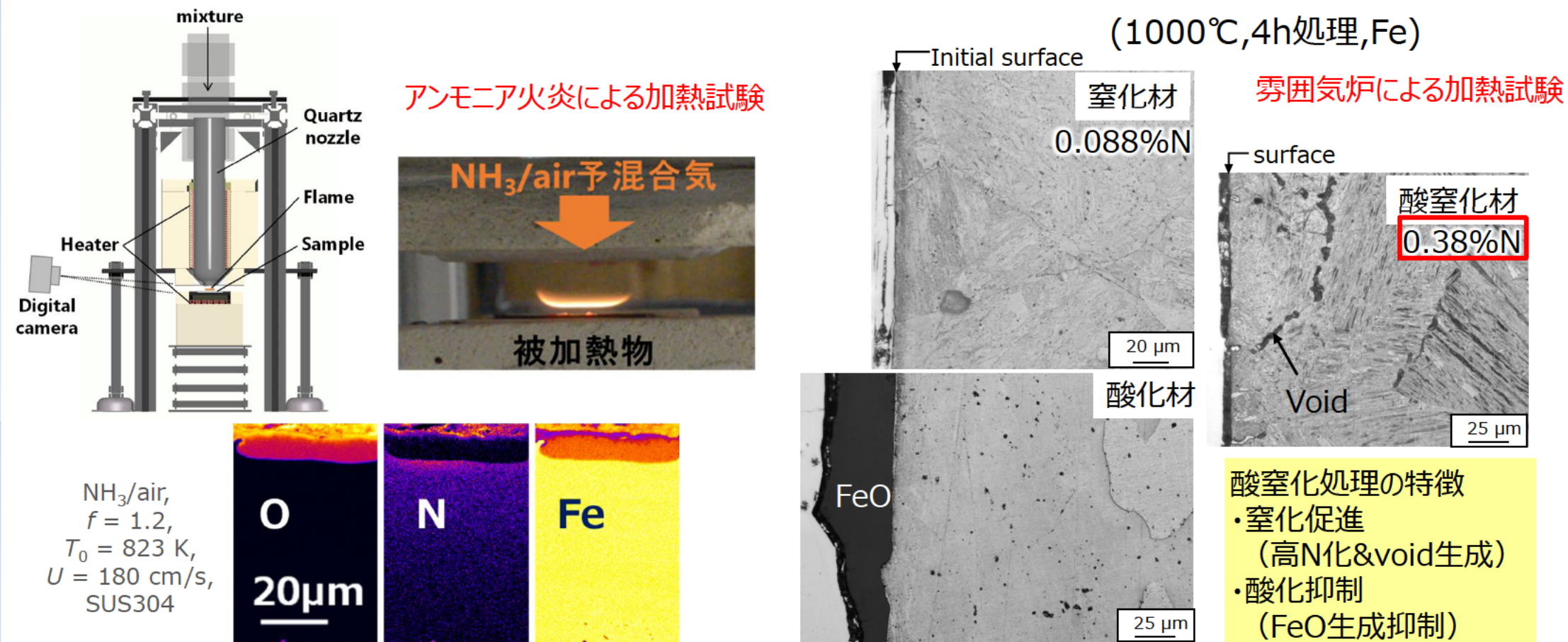
一次：二次 酸化剤比率 = 3 : 7 においてNO濃度170ppm以下 (11%O<sub>2</sub>)  
→ 一次燃焼で生じた余剰NH<sub>3</sub>で下流においてNO<sub>x</sub>を還元するメカニズム。



アンモニア燃焼のNO<sub>x</sub>低減効果が二段燃焼の原理でも説明可能



## (要件2) 被加熱物への影響に関する成果 (1)



事業実施前：アンモニア燃焼ガスが材料を窒化させるかどうか、どのように窒化するかどうか、知見無し。  
 → アンモニア燃焼ガスは酸化と窒化を同時進行させる（酸窒化）、窒素は酸化層の下方に濃化する、  
 酸窒化は窒化のみと比べて酸化を抑制し窒化を促進する。



## (要件2) 被加熱物への影響に関する成果 (2)

### ● 鍛造材への影響

アンモニア専焼、1200℃×4hr加熱後の鍛造材外観



### ● アルミ溶解用耐火材への影響

アンモニアと13A混焼、1000～1200℃×51hr曝露後  
外観および断面



アンモニア、水素燃焼ガスによる損傷はなし

大きな割れの発生なく、品質にも有害な影響なし

炉の種類、被加熱物の材質にかかわらず、アンモニア、水素燃焼の影響は軽微。  
今後、長期および多様な材料についても精査を行う。

# (要件4) 安全ガイドライン策定計画 (1)

## <課題>

### 【燃料特性】 (水素・アンモニア)

★腐食性・可燃性・毒性

課題：材料腐食、  
漏えい・拡散挙動の把握、  
解析手法整備

### 【法令・規則遵守】

(高圧ガス保安法、消防法、労働安全衛生法等)

★設備距離・火気距離の確保等(仕様規程)  
★燃料漏えい・ばく露防止・防爆等の対策(性能規程)

課題：距離の確保、性能規定に対する具体的な  
保安・防護措置の安全性立証

### 【工業炉特有の特徴】

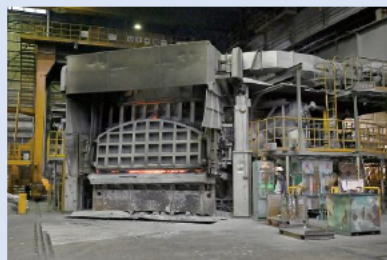
★炉体構造・配置の特徴

高温・大気開放系、屋内設置、作業員近接作業

課題：燃料ガス漏えい・拡散・滞留の影響と対応策

★事業所立地の特徴：中小規模事業所多数  
敷地面積や周辺施設間距離などに制約

課題：保安距離確保・代替措置等



## <実施内容>

### 【研究開発項目】

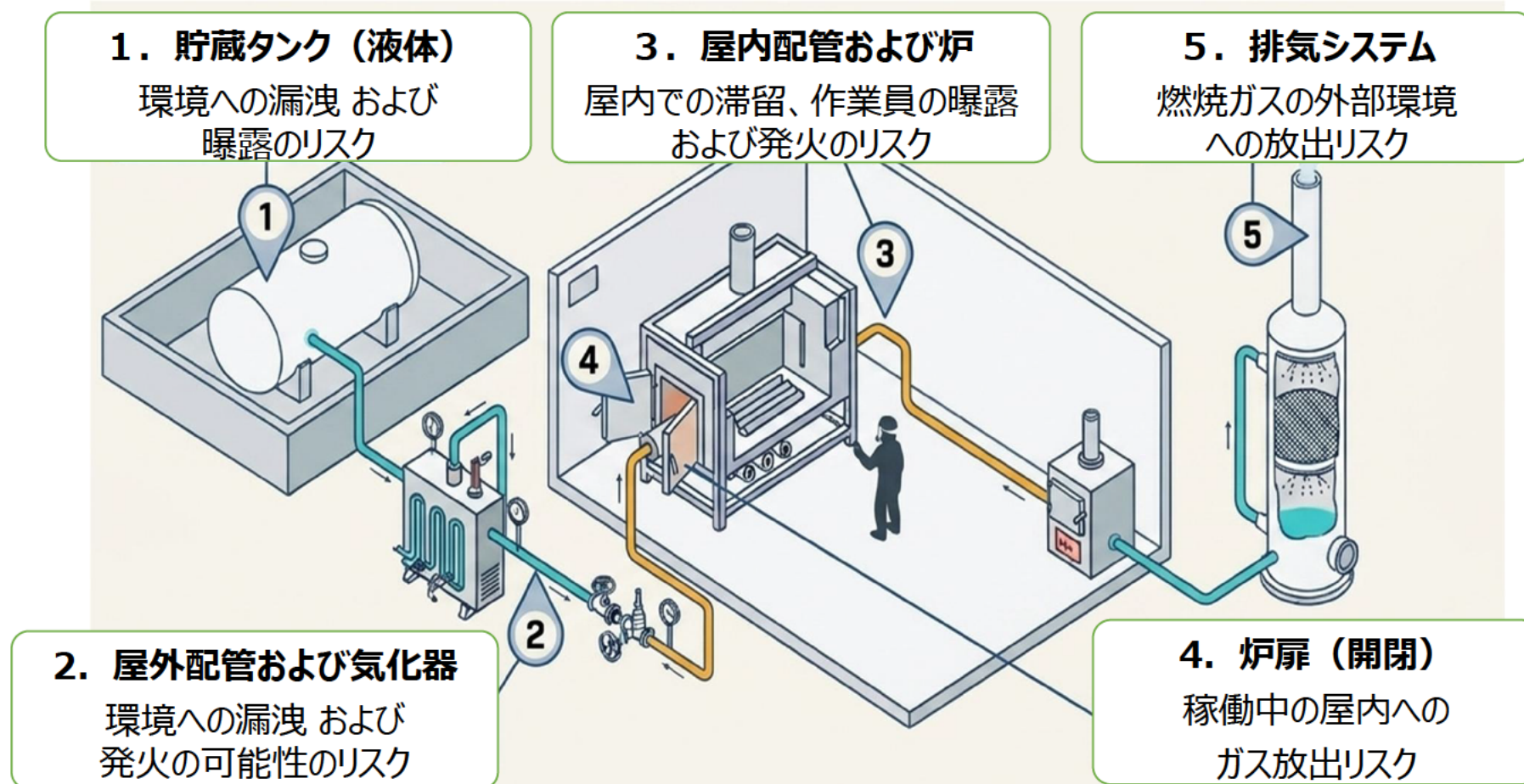
1. 材料・施工法と保全技術確立
2. 漏えい・拡散シナリオと解析手法の整備
3. 保安・防護措置の整理と実証
4. 安全ガイドライン作成と検証

安全性の確保／立証  
手法の確立

脱炭素を実現した工業炉の社会実装  
の拡大・促進

CN工業炉における安全性の確保および立証に資する安全ガイドラインを策定を計画中

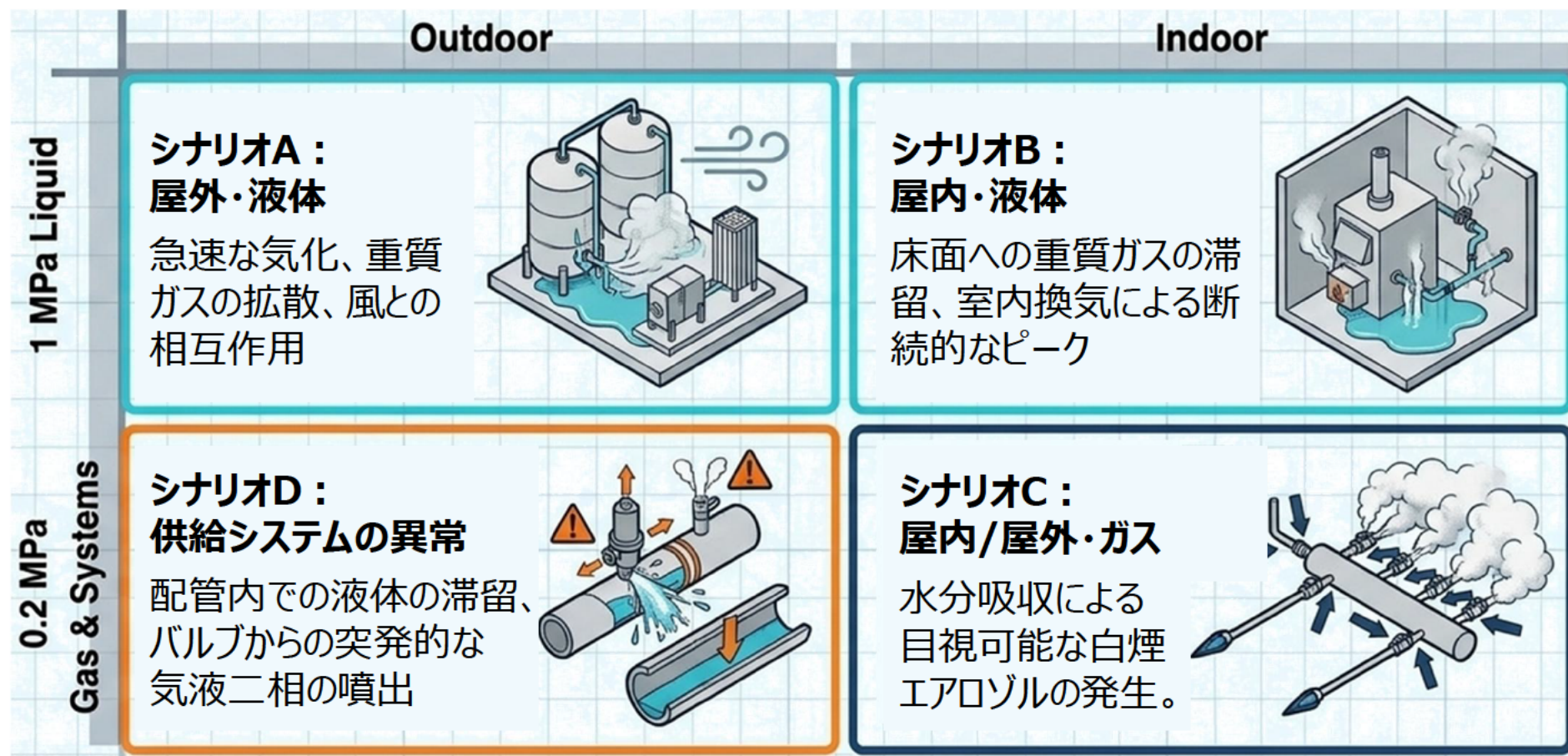
## (要件4) 安全ガイドライン策定計画 (2)



標準的な工業炉設備における高リスクエリアは、主に5つの部位に大別される。



## (要件 4) 安全ガイドライン策定計画 (3)



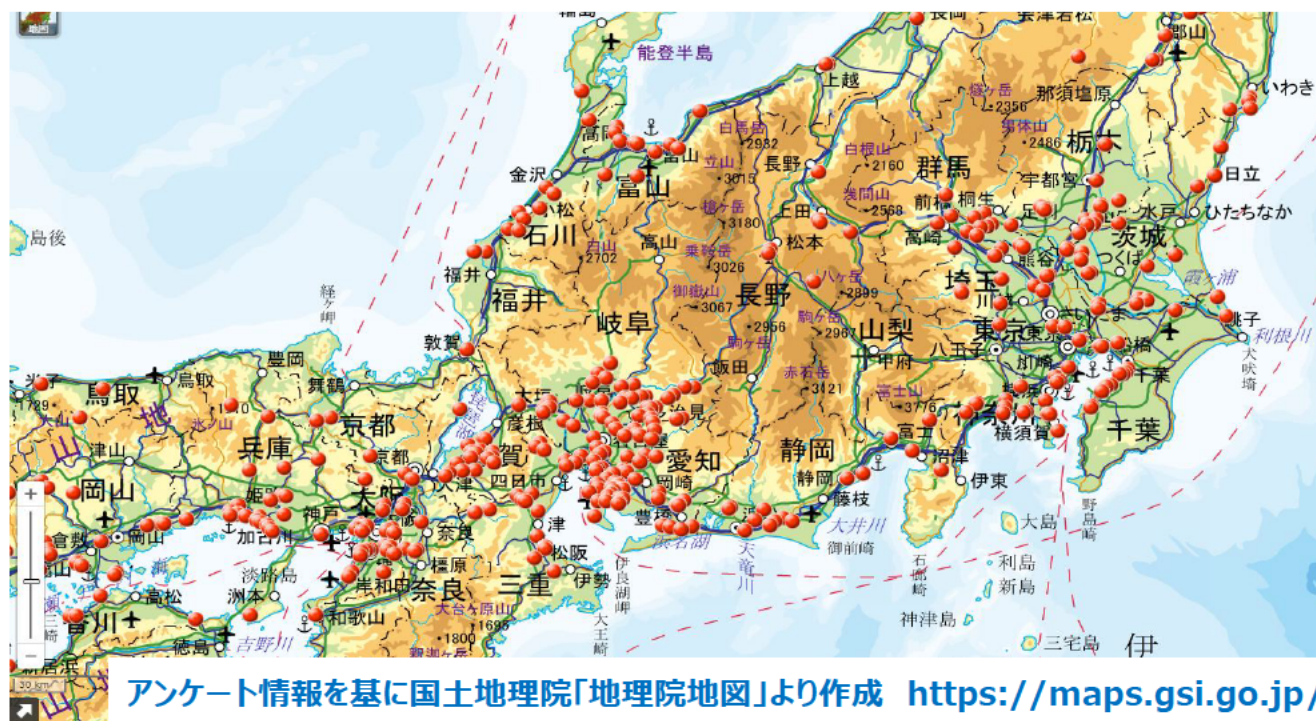
漏洩源は主に4つのシナリオに分類される。

## (要件 5) 燃料供給に関する検討 (1)

### ①工業炉ユーザーの実態調査 (ユーザーへのアンケート調査から)

- 調査対象9業種の国内工業炉保有数は約**39,100基**と推定される。このうち、金属製造用工業炉は36,702基。

#### 工業炉 (燃烧炉) マップ (関東、中京、関西地区)

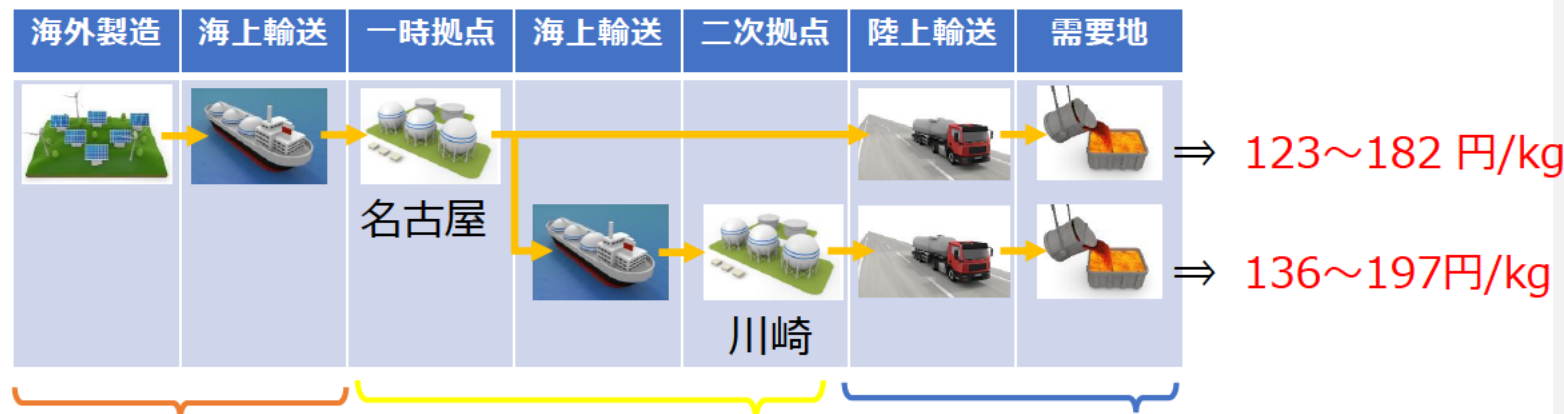


国内工業炉総数は約3.9万基と推定される。  
沿岸部のみならず内陸部にも分布している。



## (要件 5) 燃料供給に関する検討 (2)

### ②アンモニア供給網のシナリオ検討 (アンモニア供給コスト等の試算結果)



#### 試算対象

- ▶ 海外輸入を想定し、名古屋港までのCIF価格を試算。
- ▶ 関東へは内航船で名古屋港～川崎港へ二次転送想定で試算。
- ▶ 陸送については港からユーザーまで、走行距離を5条件(50km毎、250kmまで)、アンモニア年間使用量を3条件(30,000トン、3000トン、600トン)で試算。

#### CIF価格 (現状)

|         |         |
|---------|---------|
| グリーンNH3 | 102円/kg |
| ブルーNH3  | 147円/kg |
| グレーNH3  | 77円/kg  |

※政府目標 : 約35円/kg  
(10円台後半/Nm3-H2)

#### 海上輸送費用・設備使用料

|            |           |
|------------|-----------|
| タンク使用料(一次) | 15~27円/kg |
| 海上輸送費用     | 5.5円/kg   |
| タンク使用料(二次) | 8~10円/kg  |

#### 必要なインフラ

内航船 : 47隻 (船員役280名)

#### 陸上輸送費用

|        |         |
|--------|---------|
| 陸上輸送費用 | 6~8円/kg |
|--------|---------|

#### 必要なインフラ

| 想定ユーザー              | 必要車両数 | 運転手数  |
|---------------------|-------|-------|
|                     | 車     | 人     |
| 対象すべて               | 1,600 | 1,921 |
| 3,000トン、600<br>トンのみ | 159   | 191   |

- ・内陸部への燃料供給は、CIF価格に加え、21~50円/kg程度のコストが想定される。
- ・燃料供給には、相当数の輸送インフラ、人員確保が必要となり、ボトルネックとなる恐れがある。

ご清聴、有難うございました。



**脱炭素産業熱システム 技術研究組合**  
Decarbonized Industrial Thermo-System Center