

第4回 2050年に向けたガス事業の在り方研究会

# 工業炉における脱炭素燃焼技術

2020年12月16日

中外炉工業株式会社  
プラント事業本部 サーマシステム事業部

## 本日の発表内容

---

1. 中外炉工業のご紹介
2. 脱炭素エネルギーについて
3. 水素燃焼技術開発について
4. アンモニア燃焼技術開発について

# 中外炉工業のご紹介

---

# 中外炉のご紹介（会社概要）

2020年3月31日現在

果てなき創意と工夫、グローバル品質への挑戦  
「モノづくり」の進化で、社会と地球に新たな価値を

会社名：中外炉工業株式会社

本社所在地：大阪府中央区平野町3丁目6番1号

設立：1945年4月

資本金：61億7,672万円

従業員：473名

国内事業所：本社、堺事業所

堺センター、燃焼研究所

東京支社、名古屋営業所

小倉工場

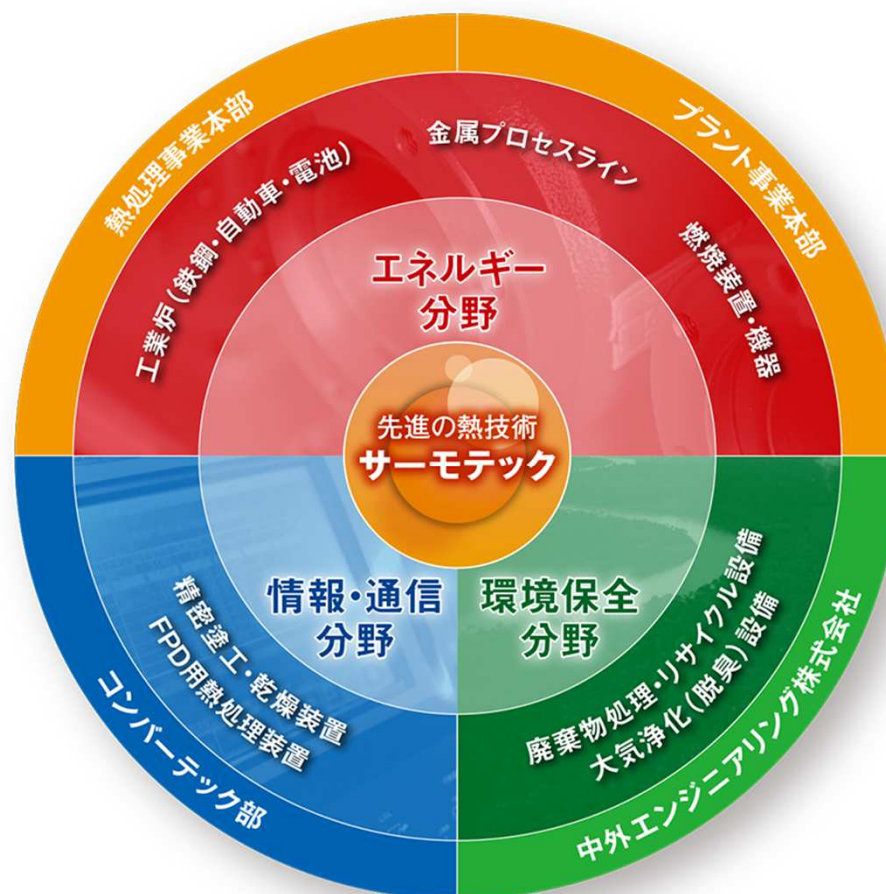
海外拠点：中国、台湾、タイ、インドネシア、  
メキシコ



堺事業所

## 中外炉のご紹介（事業内容）

エネルギー、情報・通信、そして環境保全  
わたしたちは、この3つの事業領域に次代の熱技術を結集し、  
人と地球の豊かな未来を創造する技術立社をめざします





中外炉のご紹介 (I礼ギ-分野 : 加熱炉、熱処理炉、金属°ロライン)



冷延鋼板連続焼鈍設備  
(CAL)



ウォーキングビーム型鋼片加熱炉



連続式ガス浸炭炉



連続亜鉛メッキライン  
(CGL)

# 中外炉のご紹介（エネルギー分野：燃烧装置・機器）



リジェネバーナ



レキュバーナ



ガスバーナ

ハイスピードバーナ



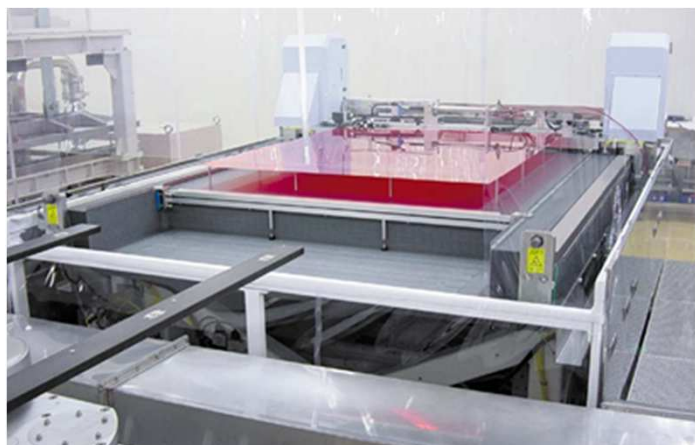
セルフリジェネバーナ



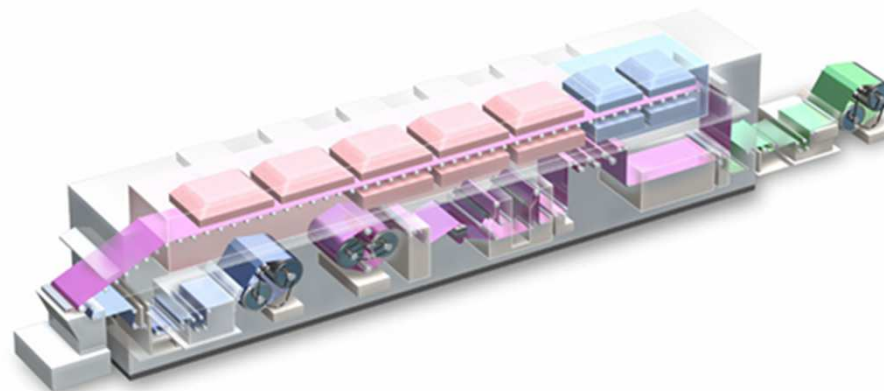
制御機器



# 中外炉のご紹介 (情報通信分野・環境保全分野)



タッチパネル用コーターシステム



精密塗工装置



大気浄化設備 (排ガス処理設備)



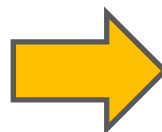
バイオマス設備



## 工業炉とは

工業炉とは、主として鉄鋼、自動車、電気、電子、窯業、化学工業及び環境関連の産業分野で、材料や部品を加熱によって物理的・科学的・機械的性質を変化させるための加熱設備の総称

### 加熱処理をする目的



- やわらかい金属を硬くしたい
- 硬い金属をやわらかくしたい
- モロい金属を粘り強くしたい
- 金属表面に薄い酸化膜をつけたい
- 金属同士を引っ付けたい
- 金属表面を滑りやすくしたい
- 金属表面を磨耗しにくくしたい
- 高温でも強度が落ちにくいものにしたい
- 錆びにくくしたい

...

一般的に800～1300°C温度域の産業用需要が多くを占める

# 工業炉から生み出される製品

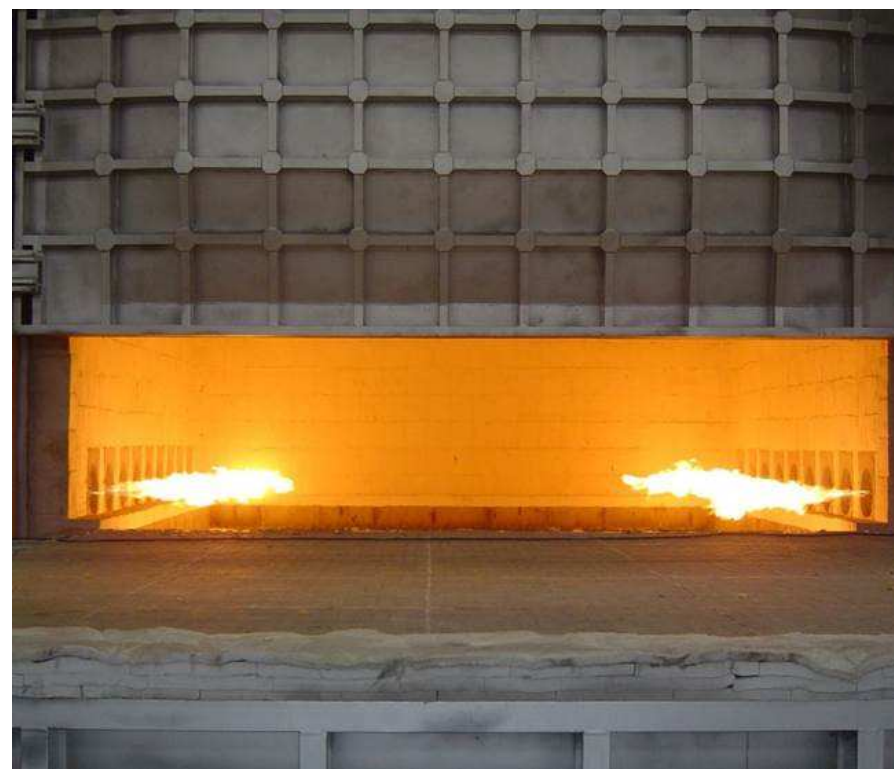


鉄鋼材料(鉄板、パイプなど)  
自動車部品  
ディスプレイパネル  
(テレビ、スマートフォンなど)  
太陽電池、リチウムイオン電池  
冷蔵庫、エアコンなどの家電製品  
テニスラケット、釣竿  
硬貨  
化粧品(ファンデーション) etc...

## 工業用バーナとは

工業用バーナとは、ガスや油などの燃料を燃焼して**熱エネルギー**を発生させる機器のこと

排気熱を空気予熱に利用するリジェネバーナや、酸素で燃焼させる酸素バーナは大幅な省エネルギーが可能

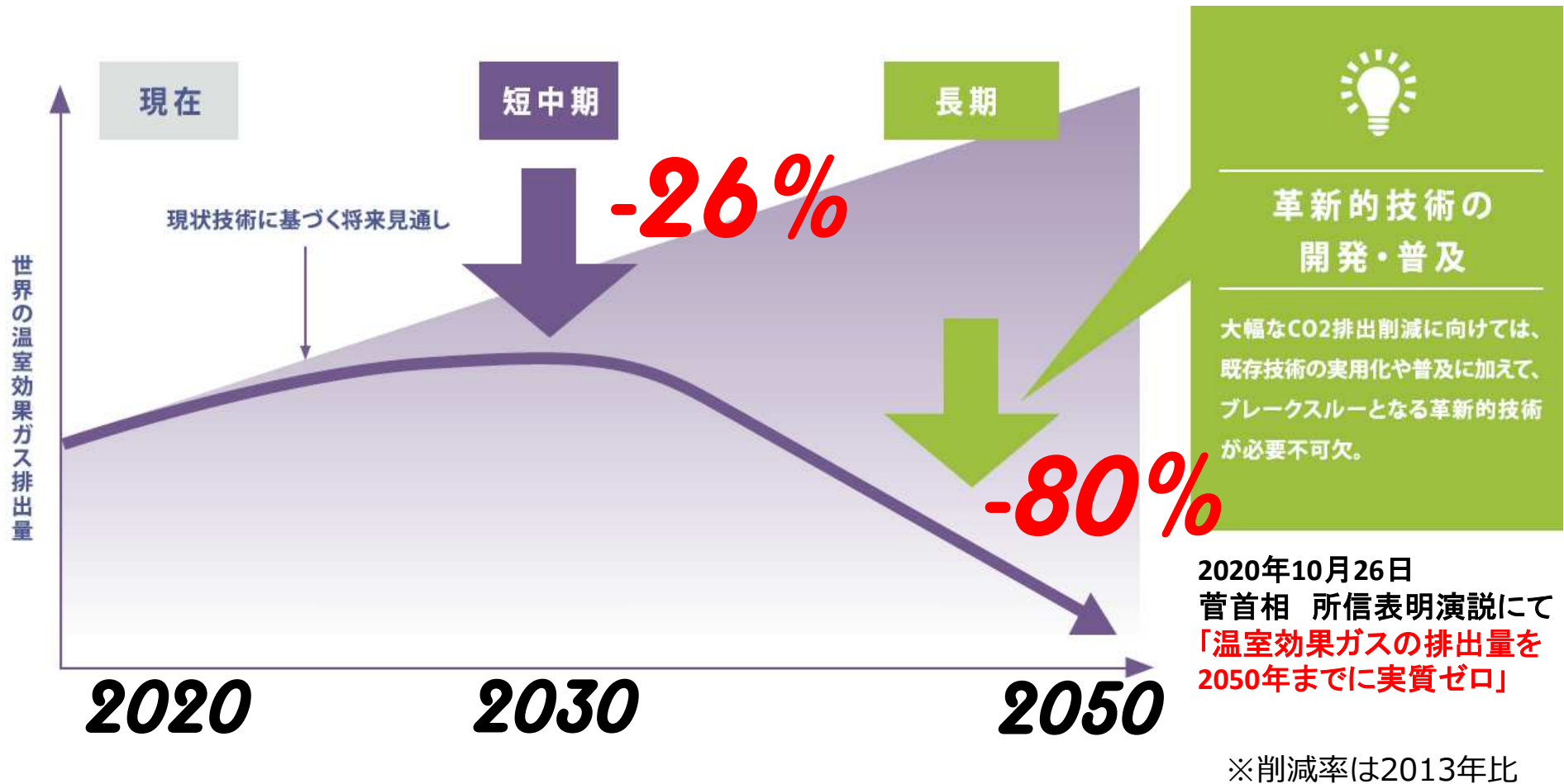


# 脱炭素エネルギーについて

---

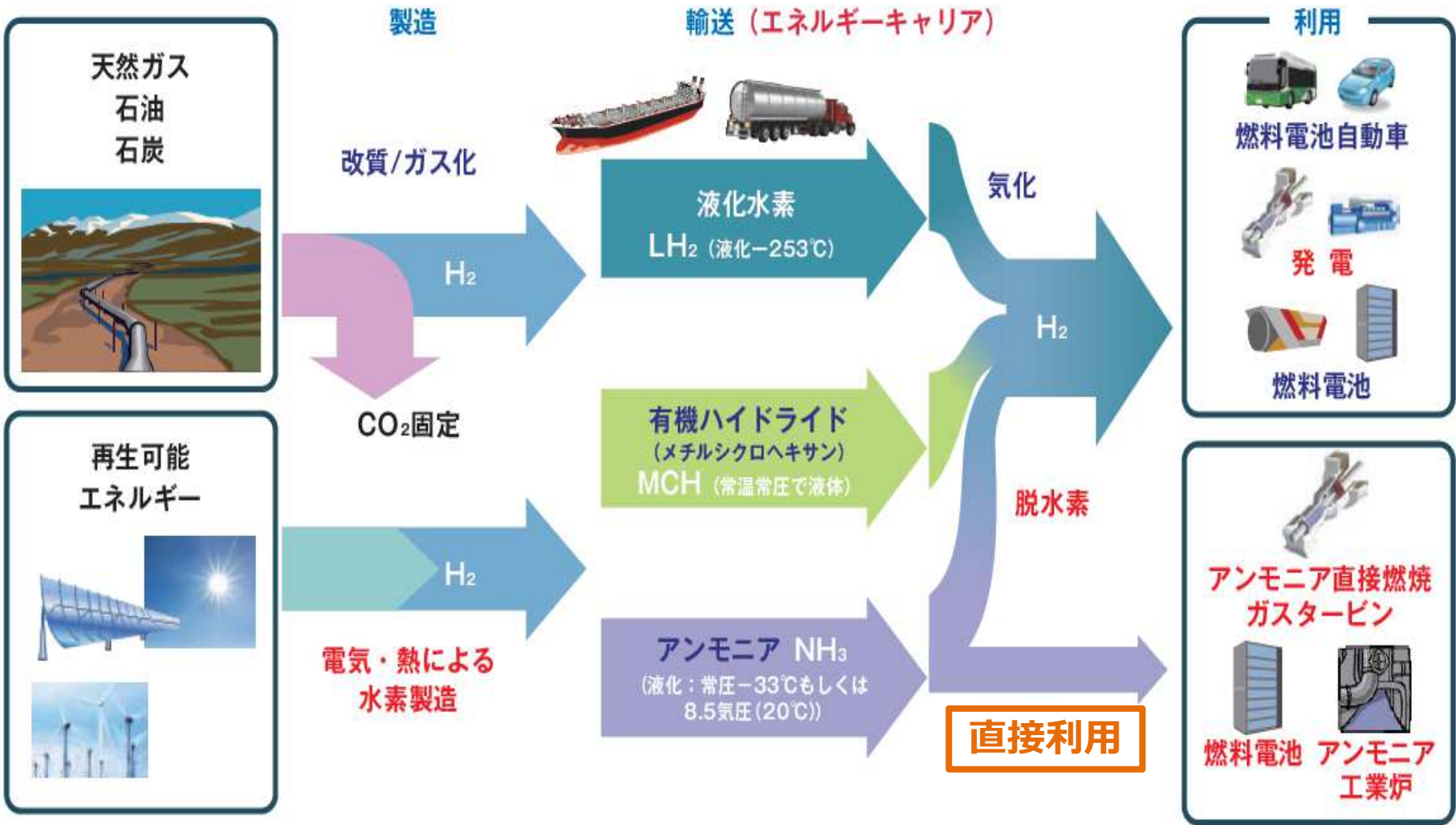


# 脱炭素エネルギーに対する社会ニーズは今後一層高まる



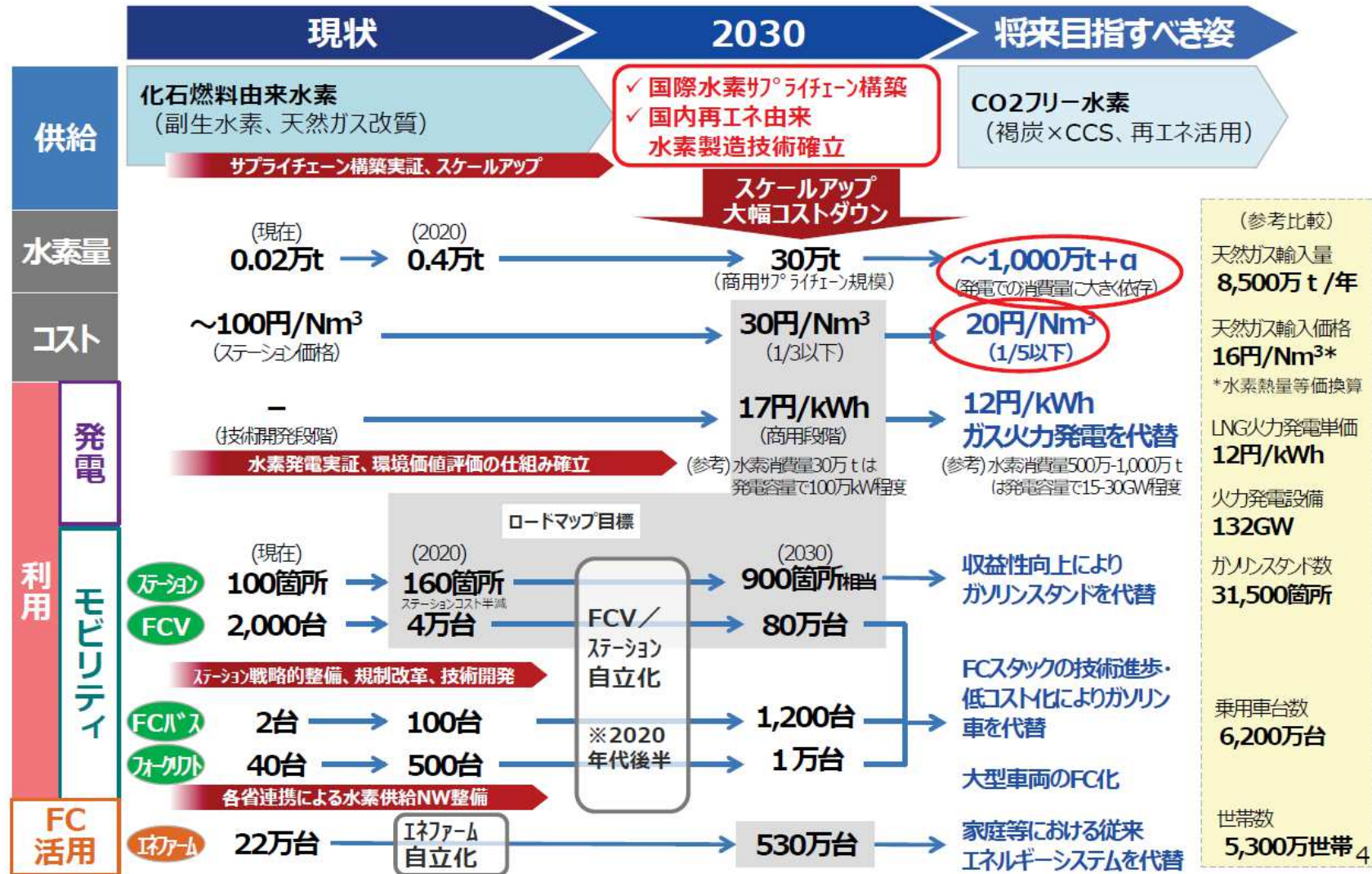
出典：経団連低炭素社会実行計画概要を一部加工

# 脱炭素エネルギー利用プロセス：製造、輸送、利用



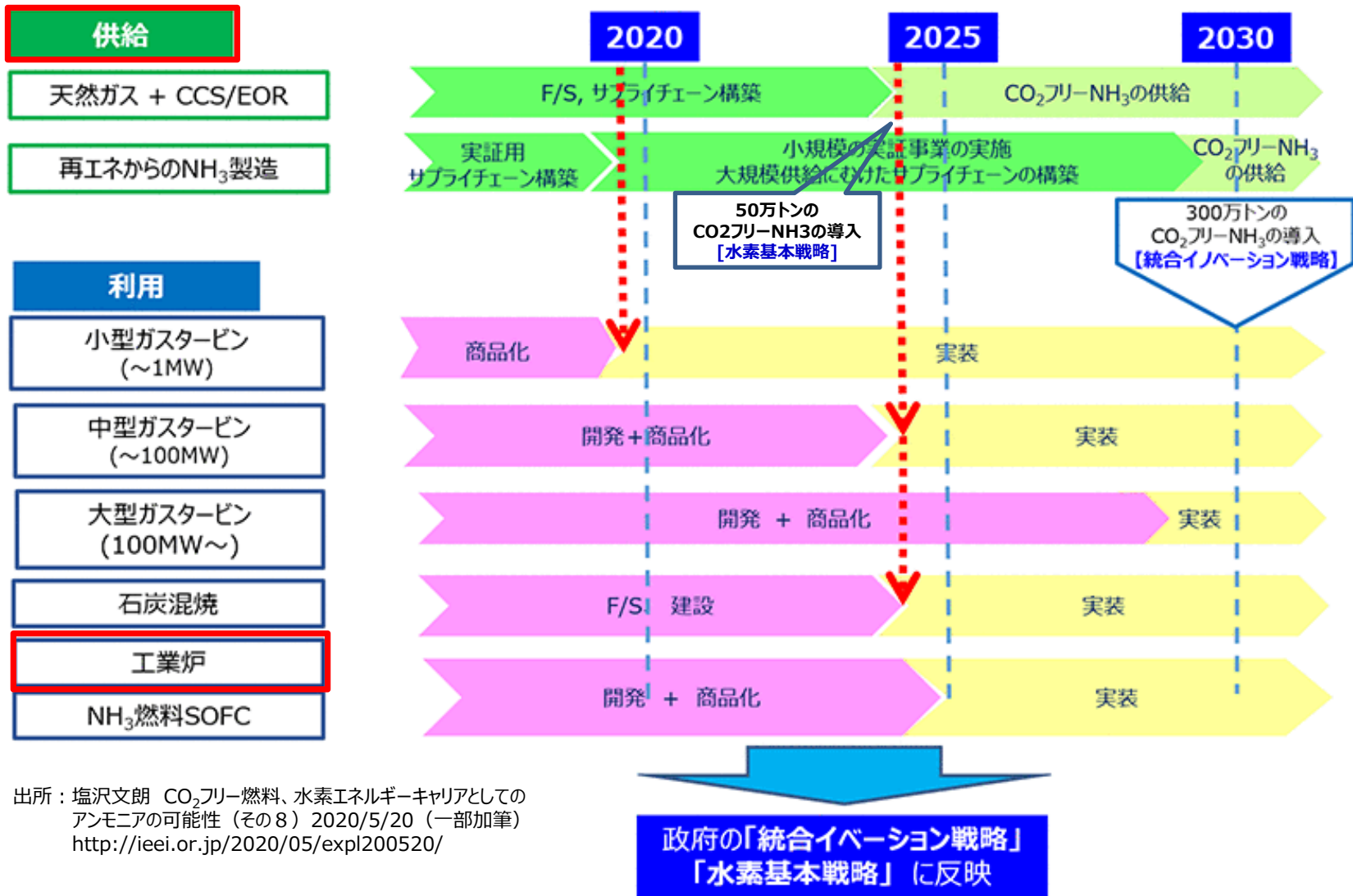
出典：内閣府, 科学技術振興機構 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) エネルギーキャリア 14

# 水素基本戦略のシナリオ



出典：経済産業省 「水素基本戦略（2017年12月26日：関係閣僚会議決定）（概要）」

# アンモニアバリューチェーンの構築タイムライン



出所：塩沢文朗 CO<sub>2</sub>フリー燃料、水素エネルギーキャリアとしてのアンモニアの可能性（その8）2020/5/20（一部加筆）  
<http://ieei.or.jp/2020/05/exp1200520/>

出典：塩沢文朗 CO<sub>2</sub>フリー燃料、水素エネルギーキャリアとしてのアンモニアの可能性（その8）（一部加筆）



## 代表的燃料の熱物性と燃焼特性

都市ガスの主成分であるメタンと比較して

**水素**は燃焼速度が速く火炎温度が高い

**アンモニア**は燃焼速度が遅く火炎温度が低い

燃料種	アンモニア NH <sub>3</sub>	プロパン C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	メタン CH <sub>4</sub>	水素 H <sub>2</sub>
大気圧における沸点 (°C)	-33.3	-42.1	-161.6	-252.9
20°Cにおける液化圧力 (atm)	8.5	8.5	常に気体	常に気体
低発熱量 (MJ/m <sup>3</sup> N)	14.1	91.3	35.8	10.8
可燃当量比範囲 (-)	0.63~1.40	0.51~2.51	0.50~1.69	0.10~7.17
最大燃焼速度 (m/s)	0.07	0.43	0.37	2.91
最低自着火温度 (°C)	651	432	537	500
最高断熱火炎温度 (°C)	1750	2020	1970	2120

最大燃焼速度 (m/s) の比較: アンモニア (0.07) はメタン (0.37) の約 1/5 倍、水素 (2.91) はメタン (0.37) の約 8 倍。

最高断熱火炎温度 (°C) の比較: アンモニア (1750) はメタン (1970) より約 220°C 低く、水素 (2120) はメタン (1970) より約 150°C 高い。

## 脱炭素バーナ開発の背景

化石燃料の大量消費による環境問題



CO<sub>2</sub>の排出量削減は重要な課題  
CO<sub>2</sub>を排出しない**水素・アンモニア**に注目が集まる



日本の**約17%**のエネルギーを消費する**工業炉**分野に  
適した脱炭素燃焼バーナの開発が必要

# 水素・アンモニアを工業炉用燃料として利用するための課題

## 水素特有の課題

- ① 燃焼速度が早く火炎温度が高い
- ② NOx排出量の増加 (Thermal NOx)

## アンモニア特有の課題

- ① 燃焼速度が遅く火炎温度が低い (燃え難く安定燃焼し難い)
- ② NOx排出量の増加 (Fuel NOx)
- ③ 未燃アンモニア処理方法確立 (可燃性劇物、特定悪臭物質)
- ④ 製品品質の確保 (被加熱物や炉内構成耐火物への影響調査)
- ⑤ 空気でアンモニア専焼可能なこと (社会実装を見据えた汎用性)

## 水素・アンモニア共通課題

- ① 火炎輻射の弱さ
- ② 安全に使用するためのガイドライン整備
- ③ 燃料コストの低減と供給体制の構築 (製造・貯蔵・運搬)
- ④ 社会への認知度向上

# 水素燃焼技術開発について

---



# ニュースリリース

2018年11月8日  
トヨタ自動車株式会社

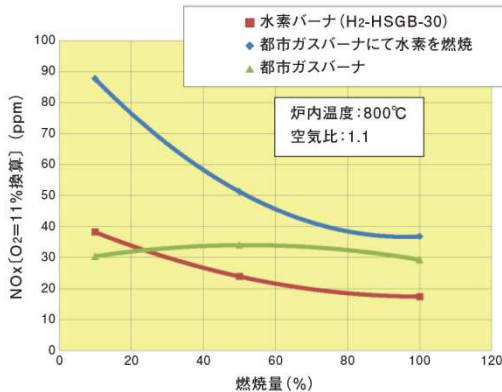
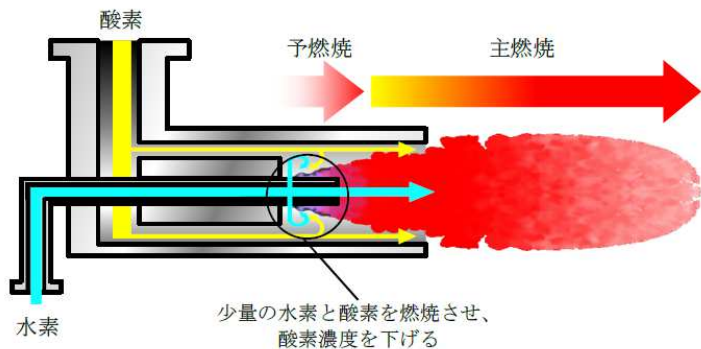
## トヨタ自動車、工業利用を目的とした世界初の汎用水素バーナーを開発 — 燃焼時のCO<sub>2</sub>ゼロに加え、新開発の機構によってNO<sub>x</sub>排出を都市ガスバーナー以下に低減—

トヨタ自動車(株) (以下、トヨタ) は、工業利用を目的とした汎用バーナーとしては世界初\*1となる、水素を燃料とするバーナー (以下、水素バーナー) を、中外炉工業株式会社の協力により新開発し、本日より愛知県豊田市の本社工場鍛造ラインに導入しました。

従来、水素バーナー内で水素が激しく燃焼することで (=酸素と急速に反応し)、火炎温度が高温になり、環境負荷物質であるNO<sub>x</sub>が多く生成されるために、水素バーナー実用化は困難でした。新開発した水素バーナーは、水素を緩やかに燃焼させる2つの新機構を導入し、CO<sub>2</sub>排出ゼロに加えてNO<sub>x</sub>排出を大幅に低減\*2させ、高い環境性能を両立しました。

### ①水素と酸素が混ざらないようにする機構

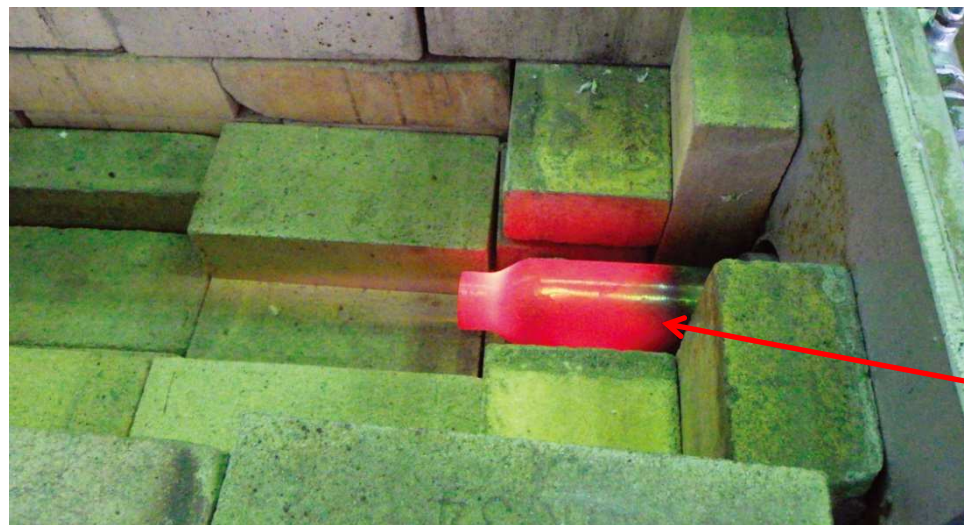
水素と酸素が完全に混合した状態で着火すると、激しく燃焼し火炎温度が高くなります。水素と酸素をバーナー内で並行に流し、完全に混合していない状態で緩慢に燃焼させ、火炎温度を下げています。



出典: TOYOTA ニュースリリース 2018年11月08日

出所: データは当社実験結果より

## 汎用バーナによる水素燃焼



<従来構造における水素燃焼時の様子>

水素は燃焼速度が速いため、従来の構造では燃焼筒が赤熱している



<従来構造における都市ガス13A 燃焼時の様子>

都市ガスでは燃焼筒は赤熱しない

## 汎用水素バーナの燃焼火炎

都市ガス主成分のメタンと酸素が反応して、青い輝度のある火炎となる



<都市ガス燃焼火炎>

水素は炭素が含まれないため輝度が弱く淡い火炎となる



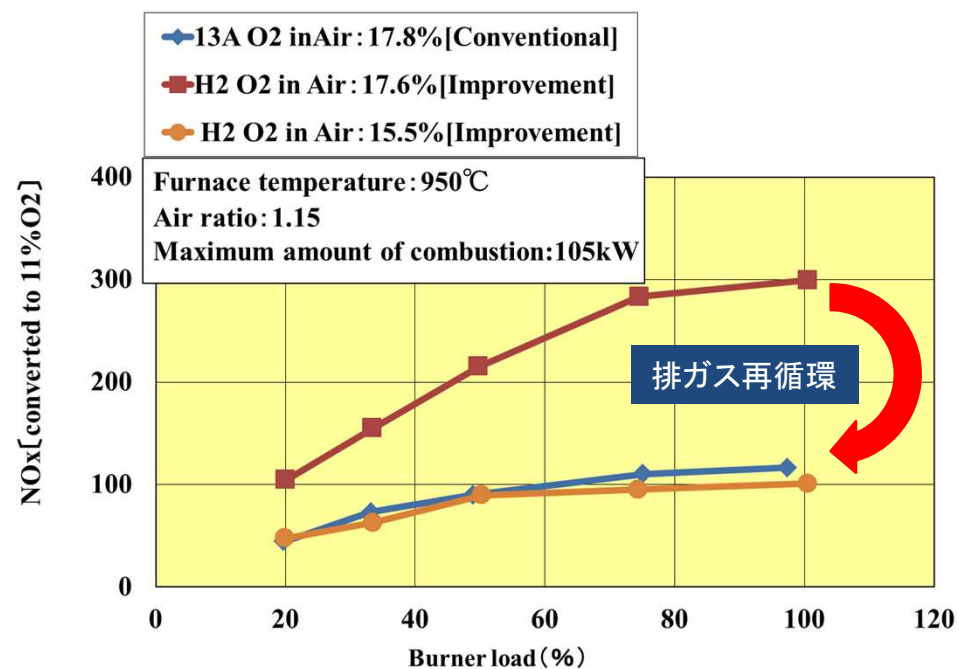
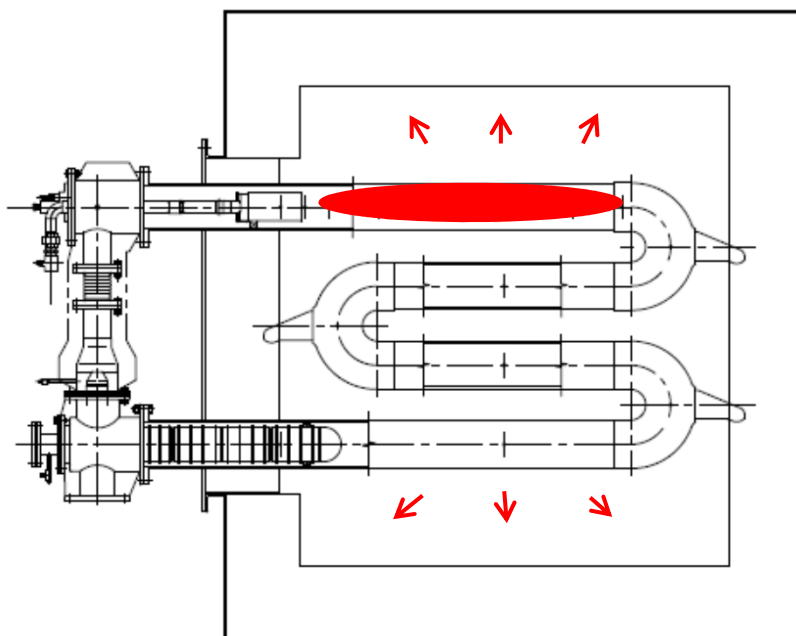
<水素燃焼火炎>



# ラジアントチューブバーナの水素燃焼

<ラジアントチューブバーナ>

- ・ 間接加熱のため炉内雰囲気ガスを自由に選択可能
- ・ 熱処理炉に多くの実績



出所：データは当社実験結果より

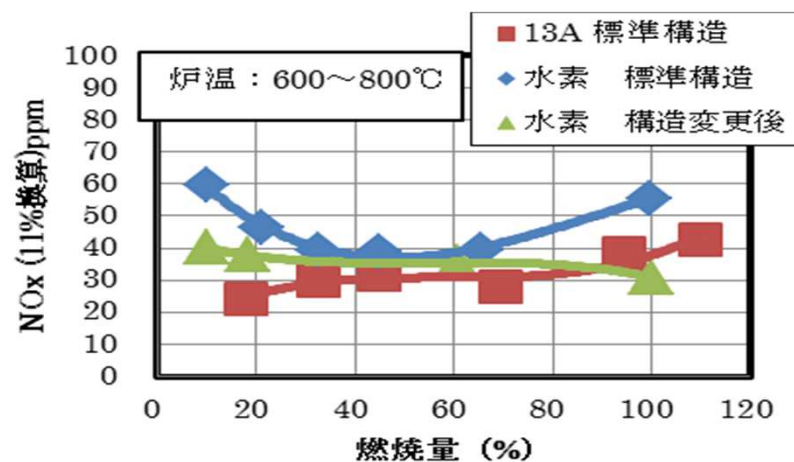
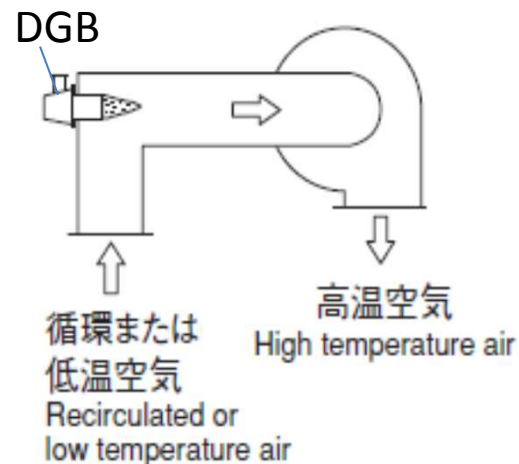
24



# 自動車塗装乾燥炉用バーナの水素燃烧

<DGB型ダブルコーンガスバーナ>

- ・低温オーブン向け多段燃烧式バーナ
- ・自動車用塗装乾燥炉に多くの実績

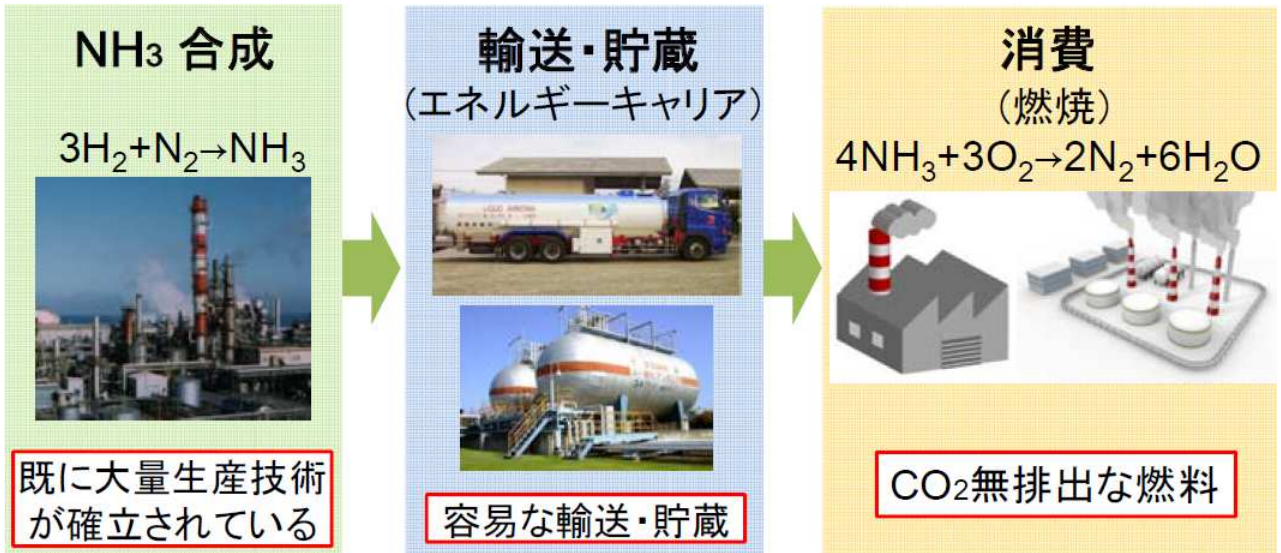


出所：データは当社実験結果より

# アンモニア燃焼技術開発について

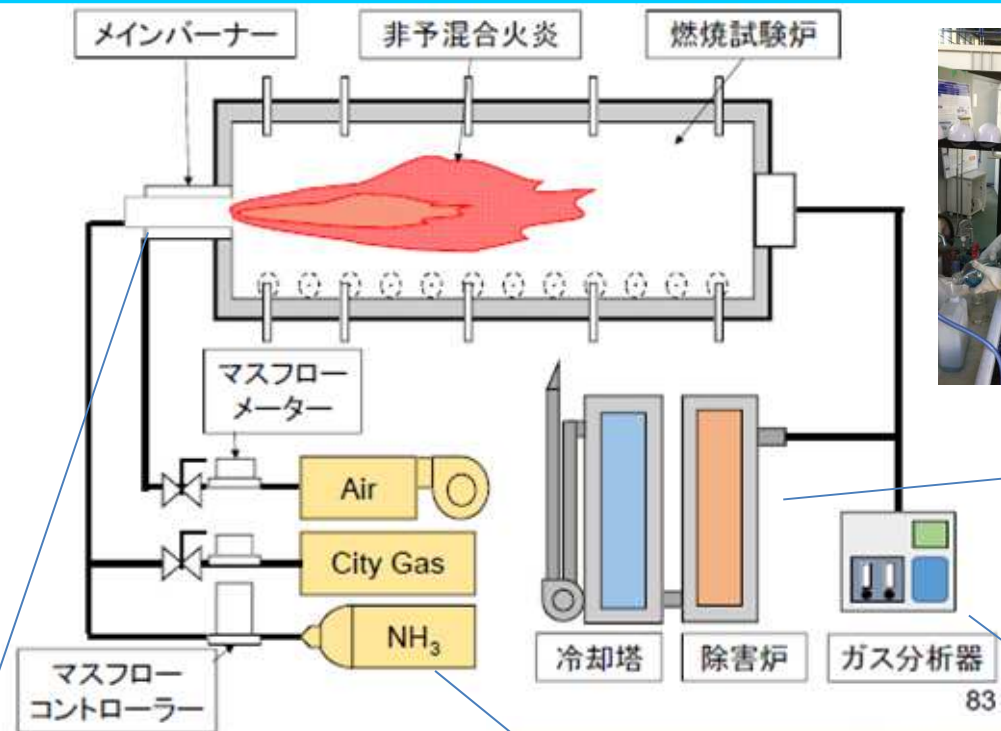
---

# 何故アンモニアなのか？



	水素		アンモニア	
大量生産技術	×	これから	○	確立済み
輸送・貯蔵	×	大気圧沸点：-253℃ 20℃液化圧力：常に気体	○	大気圧沸点：-33℃ 20℃液化圧力：8.5atm
1-ティリティ市場	×	これから	○	肥料・化成品原料、脱硝剤など
CO <sub>2</sub> 排出	○	CO <sub>2</sub> フリー	○	CO <sub>2</sub> フリー
毒性	○	特に無し	×	可燃性劇物、特定悪臭物質 (脱硝剤として発電・船舶・工業分野等で広く普及)

# 工業用アンモニアバーナを大阪大学・赤松研究室と共同開発中



除害炉 + 冷却塔



100kW試験炉



アンモニア供給設備



ガス分析器



# 工業用アンモニアバーナ開発に向けての当社の取り組み

当社では、アンモニアを脱炭素エネルギーとして普及させるために国立大学法人 大阪大学 大学院 工学研究科 赤松史光教授らの研究グループとともに、工業用アンモニアバーナの開発に取り組んでいます。現時点での当社の成果は以下の項目になります。

- 燃料:アンモニア単体  
支燃剤:常温の空気  
炉内温度:常温 の条件にてスパークプラグによるダイレクト点火および低炉温での安定燃焼性を達成
- アンモニア専焼で炉温1200℃までの昇温を達成
- NOx排出量を都市ガスと同水準に抑制することを達成(実験炉ベース)

今後は安定的に低NOxで燃焼させる技術やアンモニア燃焼時の排ガスに含まれる残留アンモニアの除去技術など実用化に向けた開発への取組みを加速させます。加えて、アンモニアの工業炉用燃焼安全ガイドラインの策定に向けた活動など、サプライチェーン全体での燃料アンモニア利用拡大に向けた技術開発を進めていく予定です。



実験用バーナ



# 水素・アンモニアを工業炉用燃料として利用 課題と現状

## 水素特有の課題

- ① 燃烧速度が早く火炎温度が高い→高温が必要とされる設備には最適
- ② NOx排出量の増加 (Thermal NOx) →バーナ形状工夫で対応可能

## アンモニア特有の課題

- ① 燃烧速度が遅く火炎温度が低い→バーナ形状工夫で直接点火、直接燃烧可能
- ② NOx排出量の増加 (Fuel NOx) →バーナ形状工夫で対応可能
- ③ 未燃アンモニア処理方法確立→今後の課題
- ④ 製品品質の確保→今後の課題
- ⑤ 空気でアンモニア専焼可能なこと→バーナ形状工夫で対応可能

## 水素・アンモニア共通課題

- ① 火炎輻射の弱さ→工業炉は炉温高いため炉壁からの輻射が大きく影響少
- ② 安全に使用するためのガイドライン整備→今後の課題
- ③ 燃料コストの低減と供給体制の構築 (製造・貯蔵・運搬) →今後の課題
- ④ 社会への認知度向上→今後の課題



**ご清聴ありがとうございました**  
**<http://www.chugai.co.jp>**