

脱炭素・カーボンニュートラルを切り口とした  
BtoB製造業×熱処理技術の動向

**最先端の熱処理技術動向と脱炭素への取組み**



2022年11月01日  
中外炉工業株式会社  
商品開発部  
友澤 健一

# 目 次

1. 会社案内
2. 省エネ技術とその深化
3. 水素バーナについて
4. アンモニアバーナについて
5. ガス焚き炉の電熱化

# 中外炉工業とは、

熱技術を核として新しい価値を創造し、

社会に貢献するとともに、企業の繁栄と社員の幸福を実現する。



堺事業所

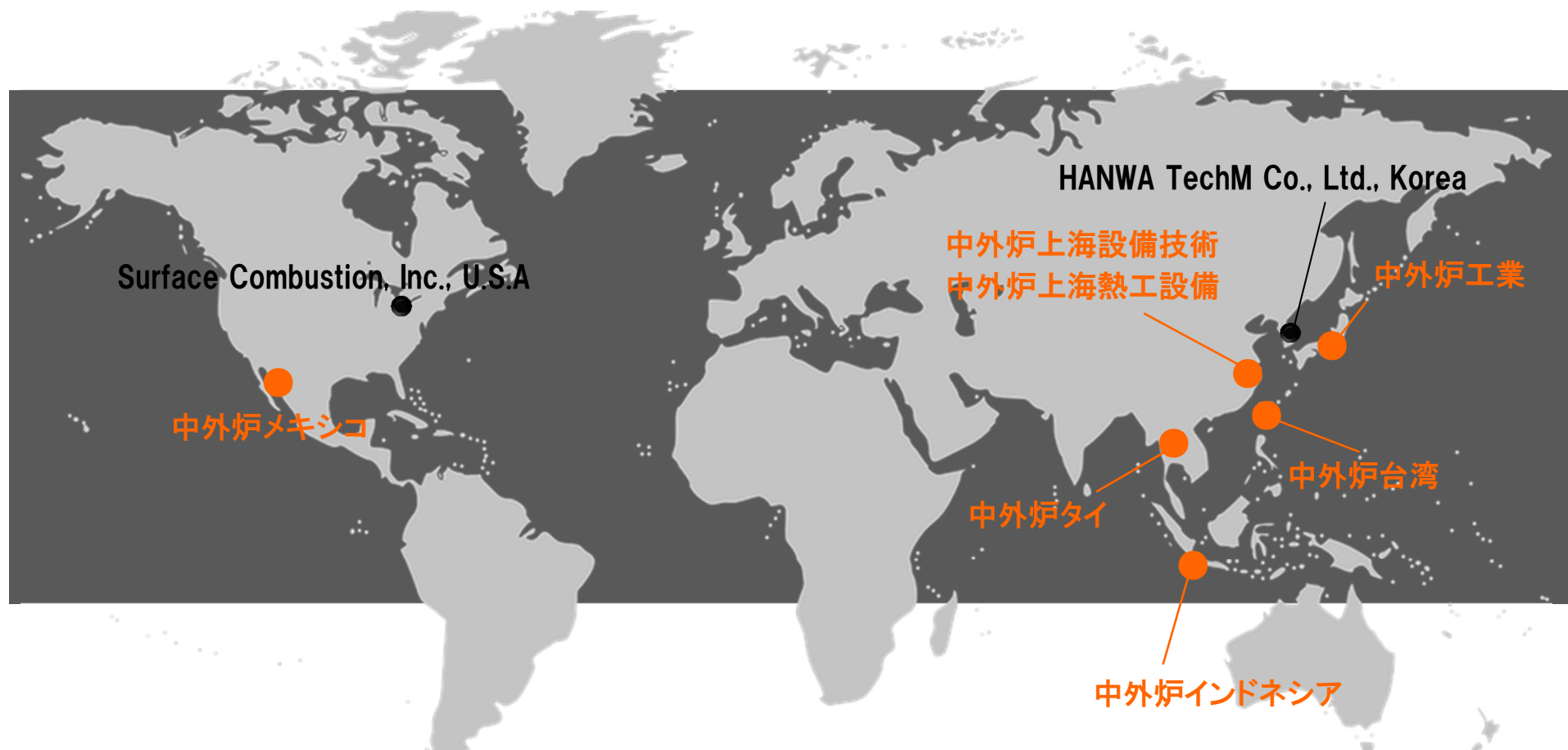


エンジニアリングセンター

- 設立：1945年4月
- 資本金：61億円
- 従業員：449名（単独）715名（連結）
- 国内事業所：  
本社（大阪）、堺事業所、東京支社、  
名古屋営業所、燃焼研究所、小倉工場
- 海外拠点  
上海、台湾、タイ、インドネシア  
メキシコ



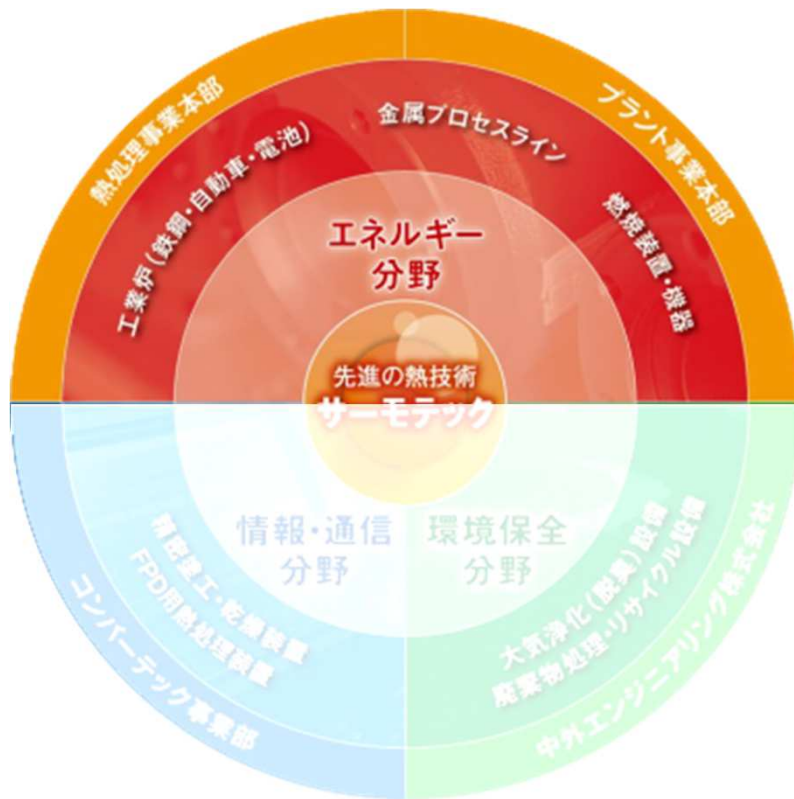
# 海外拠点とグローバル展開



- 中外炉及び関係会社事業所
- 海外パートナー

海外**56**カ国以上への納入実績！

# 事業のご紹介



鉄鋼/非鉄金属プラント



部品/素材熱処理炉



バーナ燃焼制御機器

# エネルギー分野：熱延加熱炉、冷延ライン、熱処理炉



ウォーキングビーム型鋼片加熱炉



冷延鋼板連続焼鈍設備  
(CAL)



連続式ガス浸炭炉



連続亜鉛メッキライン (CGL)

# エネルギー分野：燃焼機器



リジェネバーナ



レキュバーナ



ガスバーナ



セルフリジェネバーナ



ハイスピードバーナ



制御機器

# 事業のご紹介



基盤塗工/乾燥装置



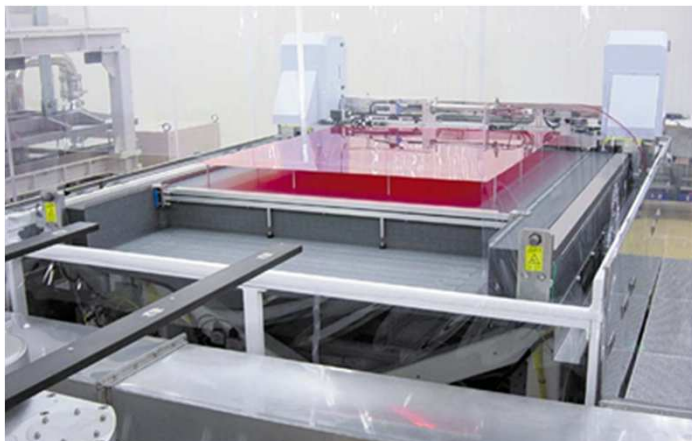
大気浄化設備



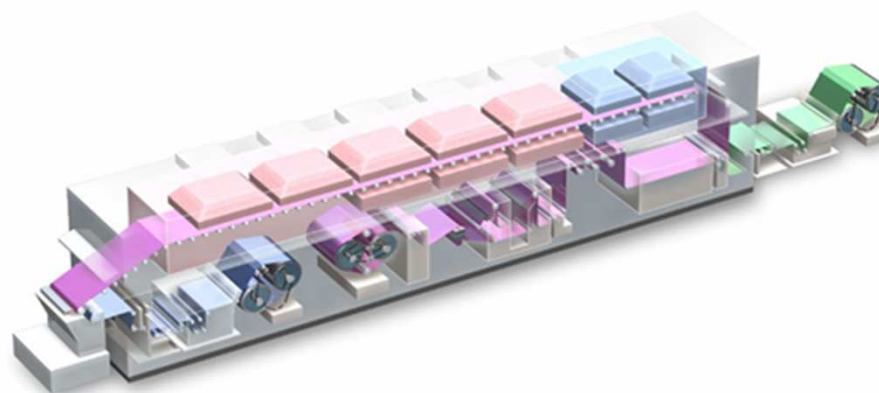
ロータリーキルン設備



# 情報通信分野：精密塗工装置、乾燥装置



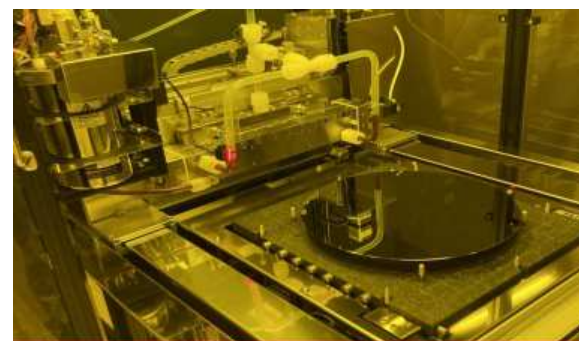
タッチパネル用コーターシステム



精密塗工装置



RSコーターシステム



# 環境保全分野：資源循環リサイクル、大気浄化

納入実績430基以上！



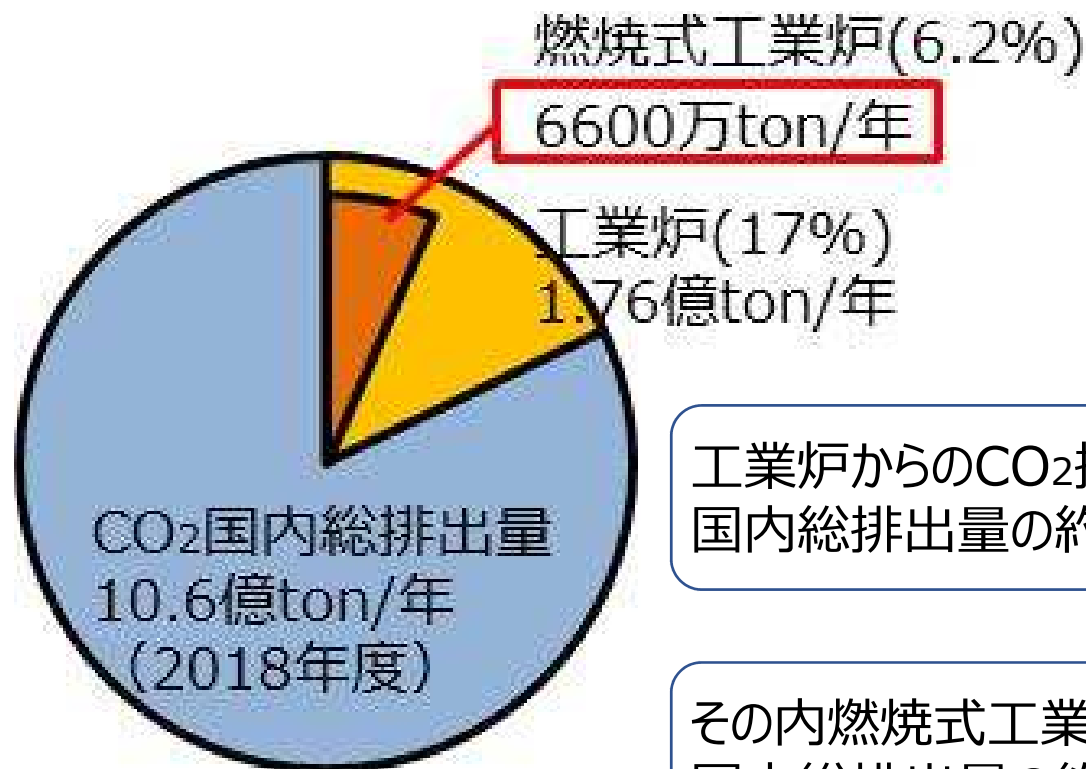
大気浄化設備（排ガス処理設備）

納入実績60基以上！



多筒式ロータリーキルン

## 工業炉から排出されるCO<sub>2</sub>



工業炉からのCO<sub>2</sub>排出量は  
国内総排出量の約**17%**を占める

その内燃焼式工業炉からのCO<sub>2</sub>排出量は  
国内総排出量の約**6.2%**を占める

2050年の**カーボンニュートラル**実現に向けて、燃焼式  
工業炉の**脱炭素化**が課題

# 今後、CNへの追い風とともに、GX時代に突入する

- ✓ ユーザはCO<sub>2</sub>削減目標前倒しも**エネルギーコスト**の障壁大きく、動きは限定的
- ✓ 省エネ法改正(2023.4.1施行)、政府のコスト支援対策など**環境変化**が起きつつある

## 各業界はCN目標の前倒しを発表

### <政府指針>

46%削減 @2030 , CN達成 @2050

### <自動車関連>

トヨタ : 工場のCN達成 @2035  
アイシン : 50%削減 @2030

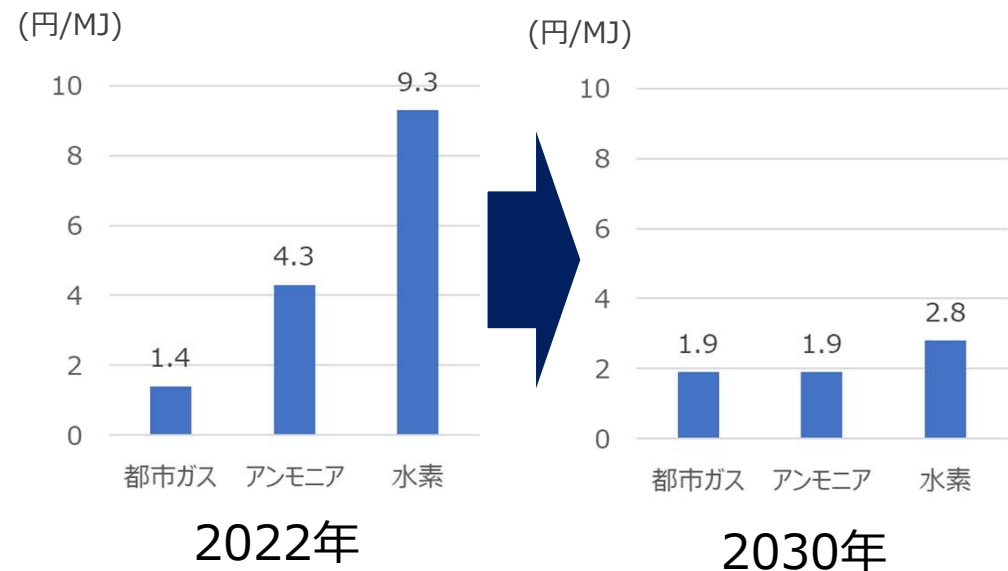
### <鉄鋼、非鉄>

日本製鉄 : 30%削減 @2030  
JFE : 20→30%削減 @2030  
東京製鉄 : 60%削減 @2030

### <電力関連>

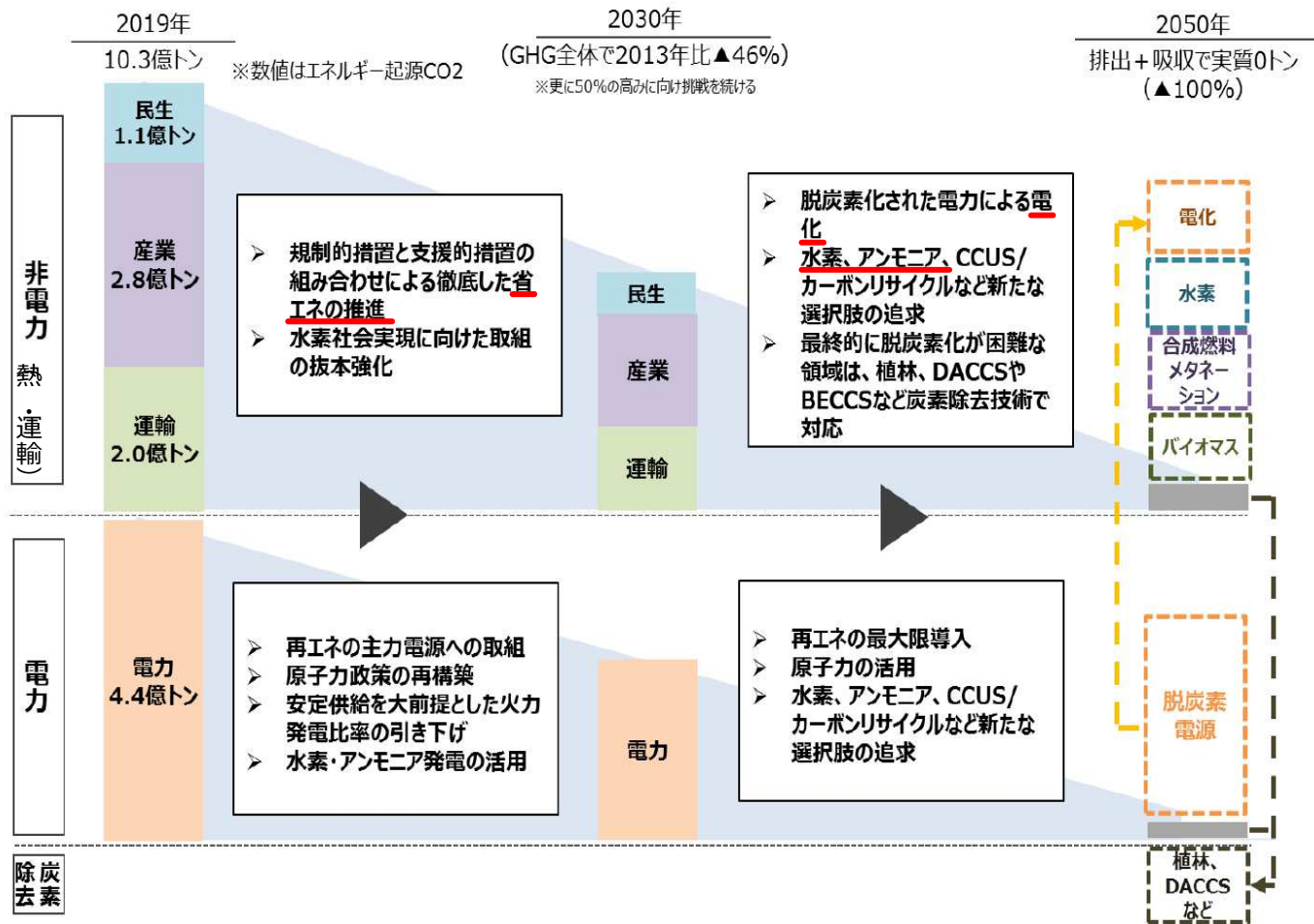
電源開発 : 40%削減 @2030  
JERA : 60%削減 @2035

## 化石燃料との価格差は解消すると予測



ただし、CN貢献技術の確立に向けては、各メーカー研究開発段階で社会実装までの課題は多い

# CO<sub>2</sub>排出量削減イメージ



## 省エネから脱炭素へ



注記) 投資期間は炭素税額、補助金活用により変動します。

出典：2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略\_経産省HP

## カーボンニュートラルに向けた当社の取り組み

- ✓ 変化の著しい「**CNの潮流**」を俯瞰し、タイムリーな市場投入と研究開発
- ✓ **省エネ技術**の深化により、**段階的脱炭素化**を推進
- ✓ 非化石エネルギー（**水素・アンモニア、電熱**）技術はユーザとの協業で実装に繋がる開発

省エネ技術の深化



アンモニア

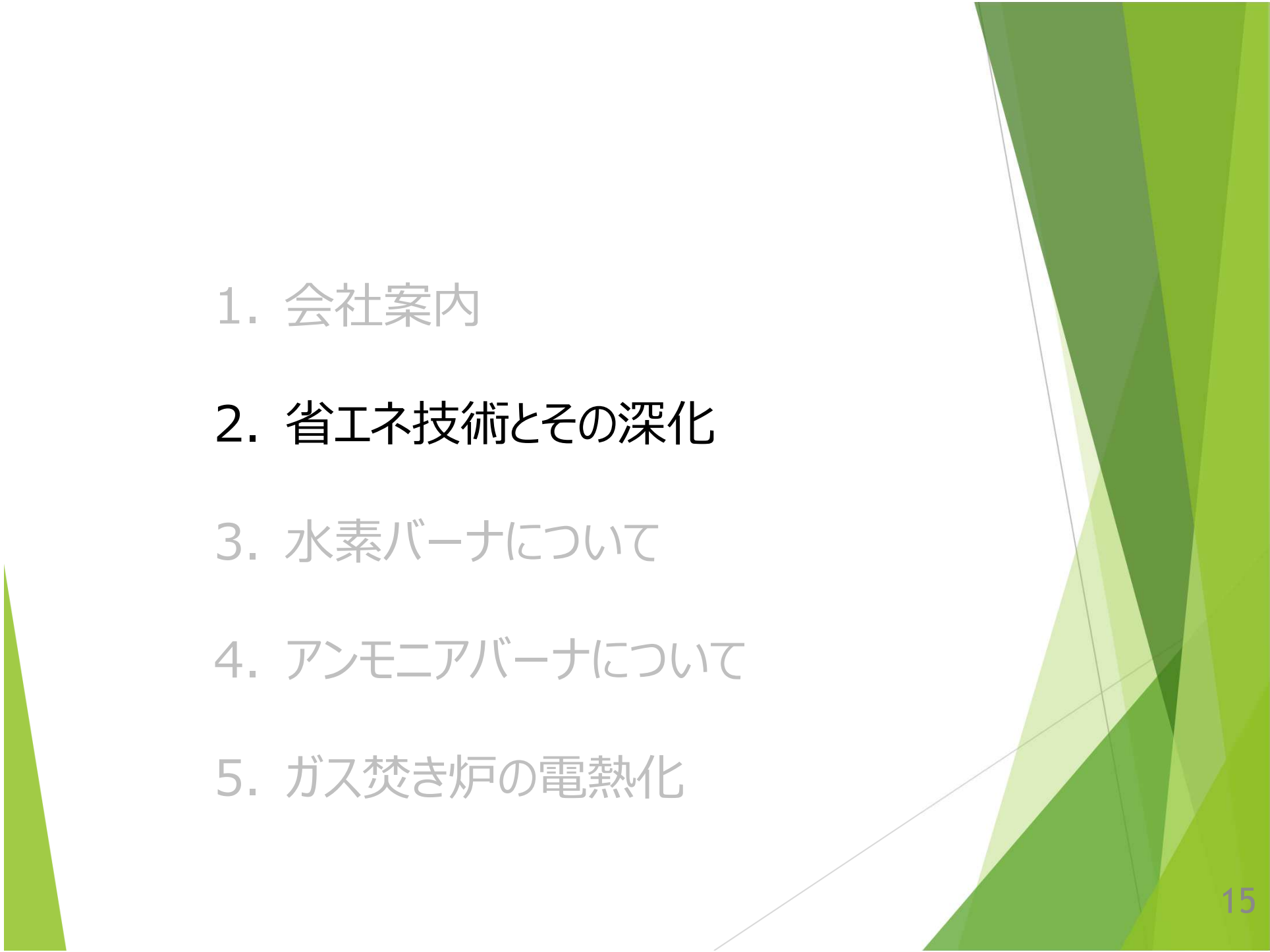
工業炉  
火力発電  
石油化学  
etc.

水素

工業炉  
製鉄(製鉄)  
etc.

電化

工業炉  
etc.

- 
1. 会社案内
  2. 省エネ技術とその深化
  3. 水素バーナについて
  4. アンモニアバーナについて
  5. ガス焚き炉の電熱化

## 工業炉の省エネ対策

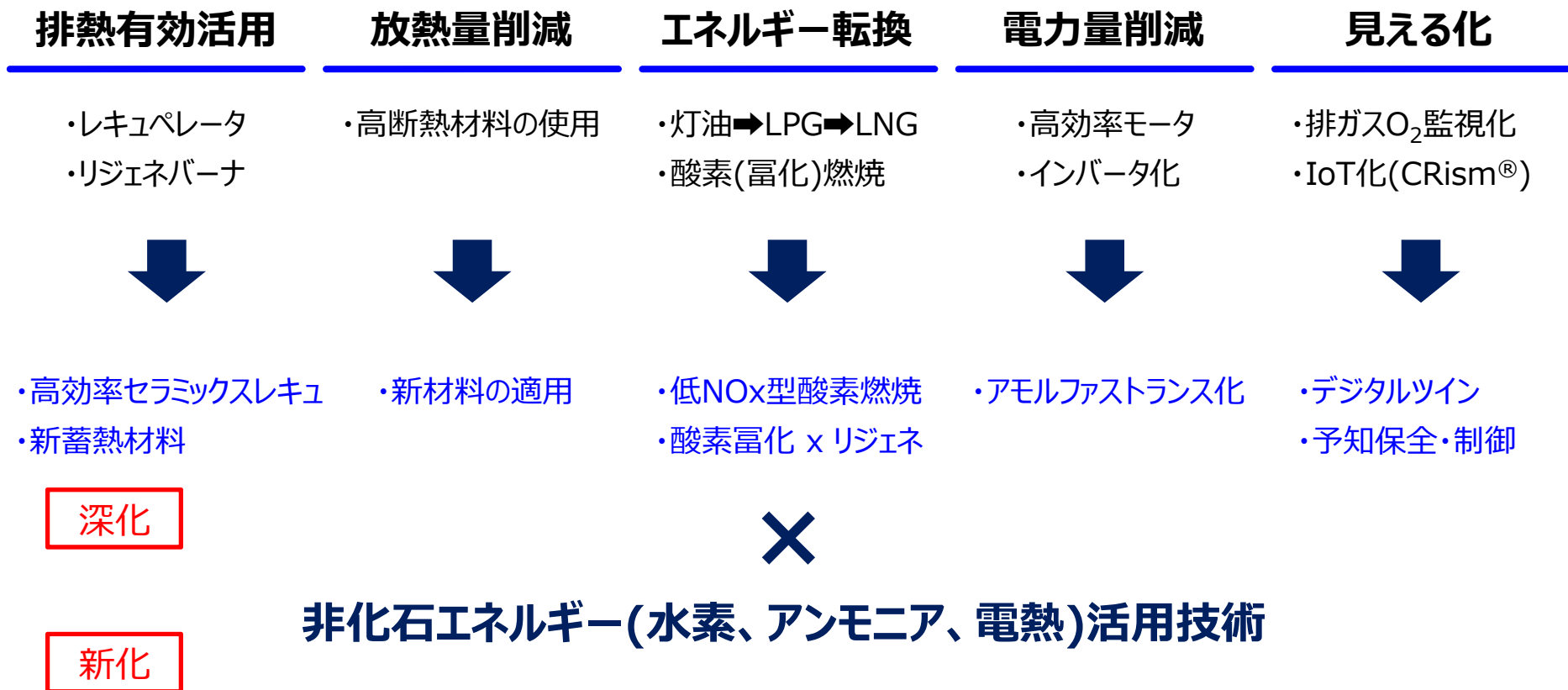
### 省エネルギー対策の基本は、 投入したエネルギーを有効に使うこと！

- 燃焼の合理化、最適化** 省エネバーナおよび安全燃焼制御システムへの改善  
 (高効率燃焼) 純酸素燃焼、**酸素富化燃焼**  
 (適正空気比での運転) 流量制御 (FIC)、自動空気比制御 (EBC-i)、**炉圧管理**  
 (操炉の自動化) **エネルギーの可視化(DX、AI、IoT)**、送風機のインバータ化
- 廃熱の効率的回収** 燃焼排ガスの持ち去る熱エネルギーを有効に回収する  
 (空気予熱、ガス予熱) **レキュペレータ、リジェネバーナ**、ガスクーラーなど  
 燃焼、乾燥、材料予熱などに利用
- 炉形状、バーナ配置、材料配置の最適化** 数値解析、シミュレーションの活用  
 (高精度な**炉内温度分布**) 高速噴流バーナとON-OFF制御の組み合わせ
- 放散熱量の低減** **炉壁の断熱構造の最適化** (セラミックファイバー化)  
 (耐火物改善、補修) 開口部の**シール性向上** (扉や台車周囲の侵入空気防止)  
 炉内圧力制御、排ガスO<sub>2</sub>制御
- 総合エネルギー対策** 燃料、電力、蒸気、水、酸素を含めた総合対策



# 省エネは深化と新化で低炭素/脱炭素に貢献

- ✓ 「省エネ技術」を**深化**させ低炭素化に貢献
- ✓ 省エネ×非化石エネルギーの組み合わせによる**新化**で脱炭素化に貢献

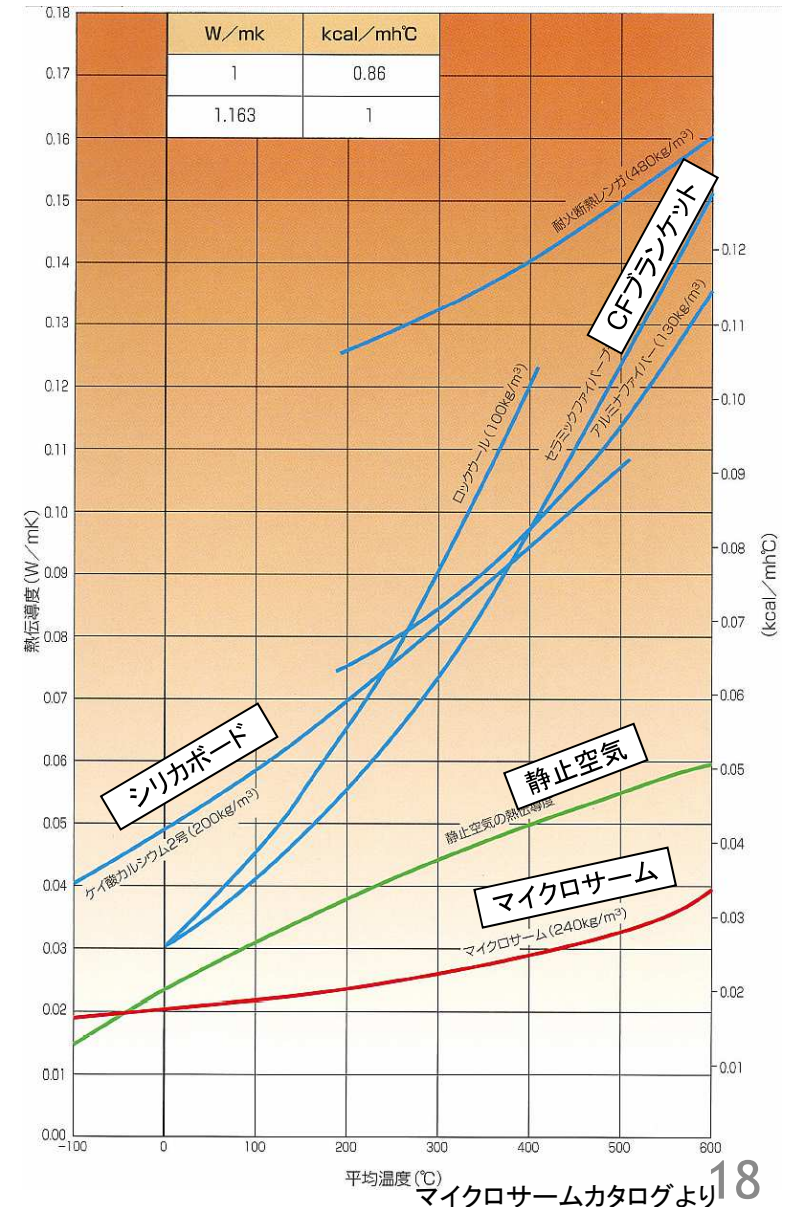


# 高効率断熱材の利用

- 高断熱性材料(マイクロサームなど)をシリカボードやブランケットの代わりに炉壁に貼り付け、断熱性をUP。

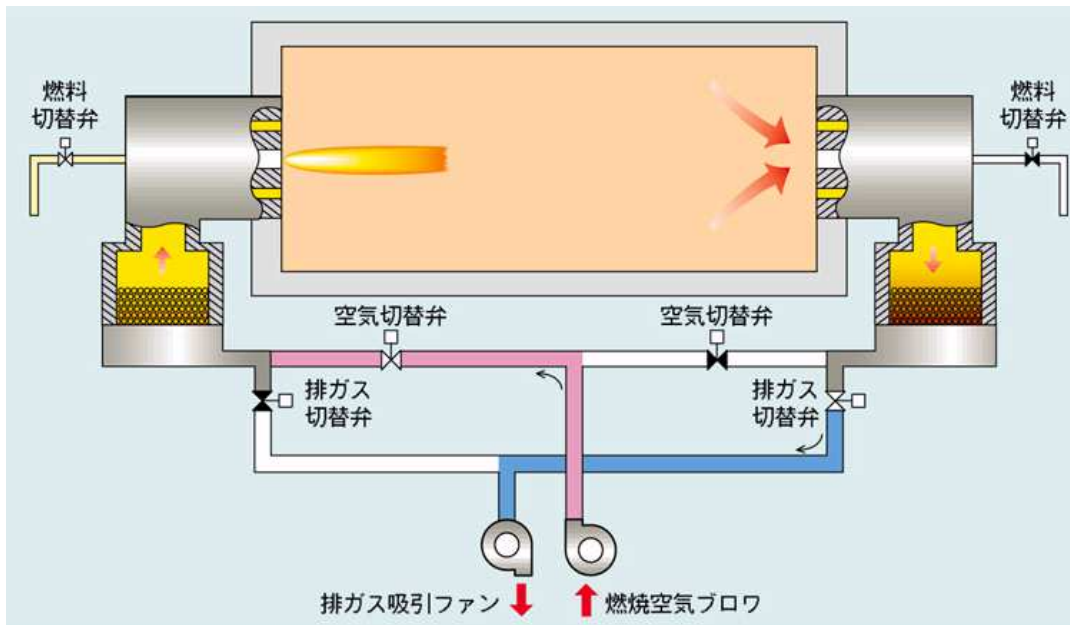
- <メリット>
- 炉外への放熱量低減  
→省エネ
  - 炉壁外面温度の低下  
→作業環境改善
  - 断熱材層を薄くできる  
→小型化or炉内サイズ増

- <デメリット>
- 材料が高価  
→オーバーホール時の採用でコスト減
  - 高温部に使用できない  
→最外層付近に使用
  - 冷却機構がないバッチ炉では降温時間が長くなる  
→最適な断熱材構成の選定

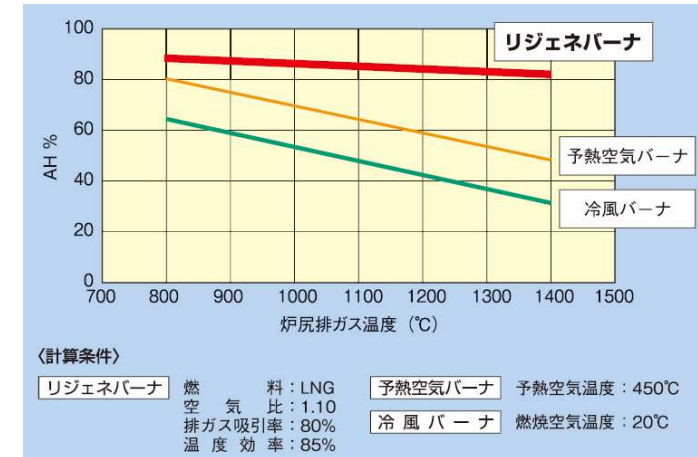


# リジェネレイティブバーナシステム

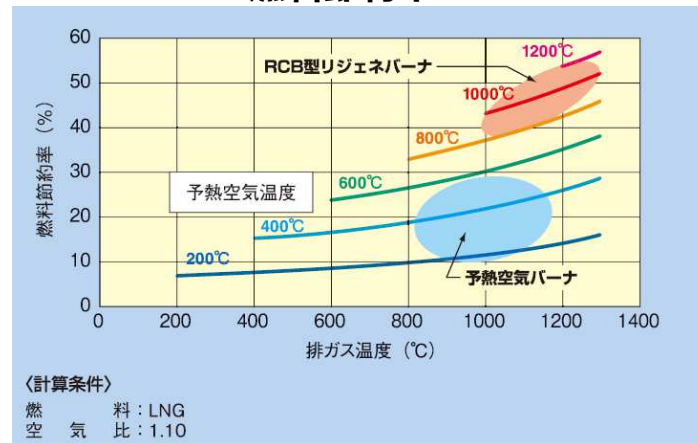
- ◆ 一方のバーナが蓄熱器で熱交換した高温予熱空気で燃烧している間、他方のバーナは排気口の役割をし、廃熱を蓄熱器に蓄える。
- ◆ 設定時間が経過すると、流路切替弁を切替えることにより燃烧と排気を切り替える。
- ◆ この切替えを繰り返すことにより、それぞれの蓄熱器の空気出口温度は炉温に近い高温にまで予熱される。
- ◆ 一方、蓄熱器出口の排ガス温度は200℃程度になる。



## 有効熱効率 (AH) の比較



## 燃料節約率



# セルフリジェネバーナ（RCB-ES型）

## 特長

### ■ 超小型・コンパクト

世界最小・最軽量\*当社調べ

### ■ 1300℃対応

アルミナ製蓄熱ボールを採用

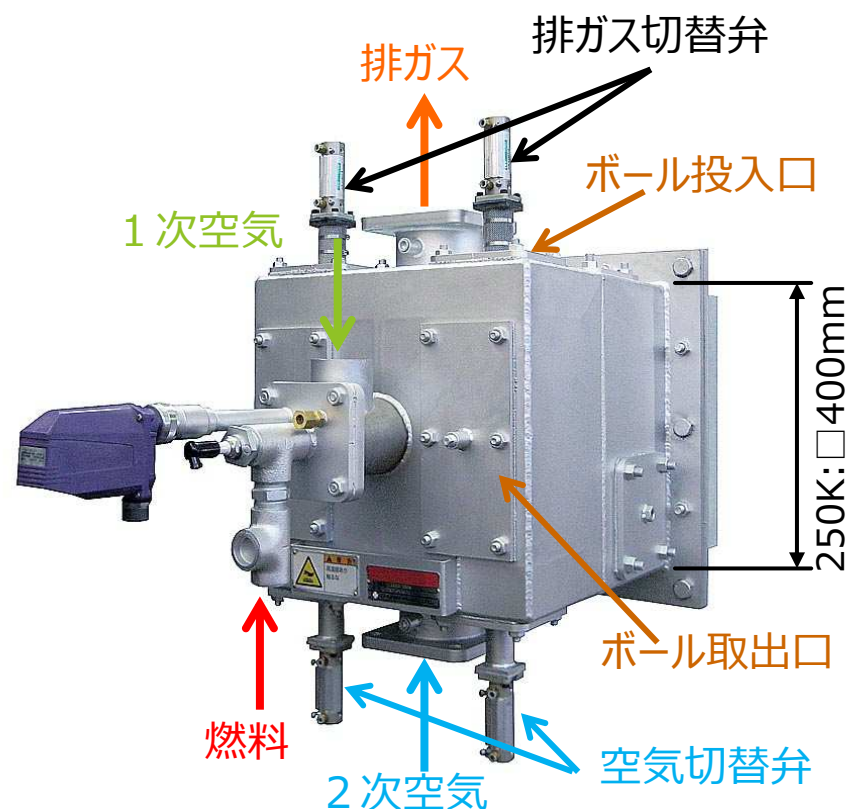
### ■ 低NOx

拡散燃焼技術の採用

### ■ 高速・短炎火炎

高速火炎で炉内雰囲気気を拡散し、  
炉内温度分布の均一性向上

1次空気の増減で火炎形状を変更

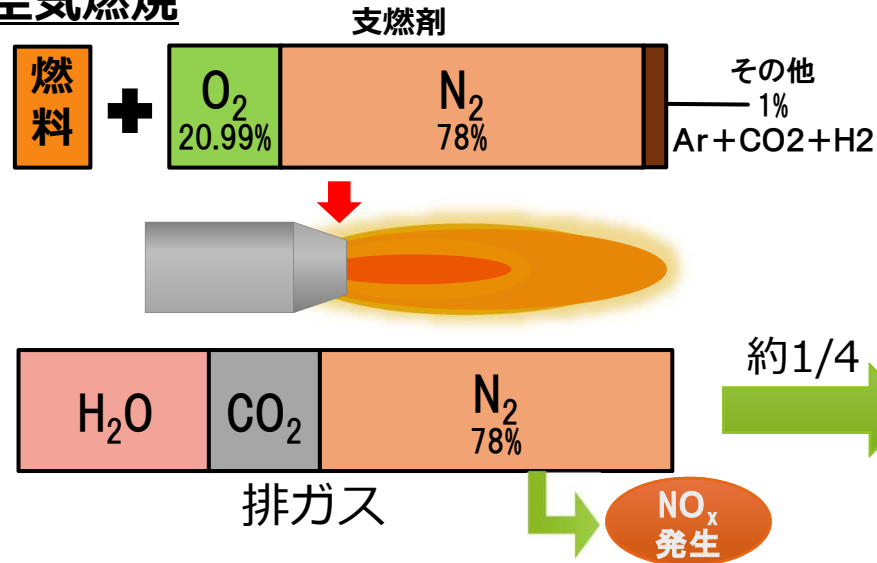


## バーナ仕様

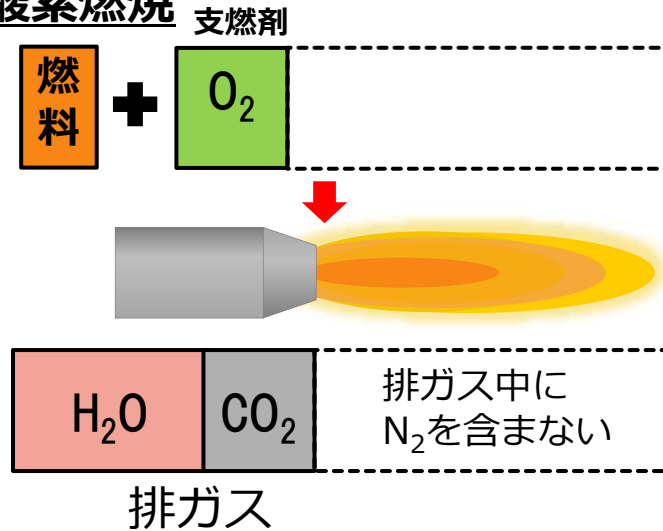
バーナ型式 Burner model	燃焼容量 Firing rate	空気比 Excess air ratio	燃料ガス圧力 Gas Pressure	燃焼空気圧力 Air pressure	炉内温度 Furnace temperature
RCB-ES-125K	145kW	1.1	1.5kPa	7.0kPa	1,300℃
RCB-ES-250K	290kW				
RCB-ES-500K	580kW				

# 酸素燃焼技術

## 空気燃焼



## 酸素燃焼



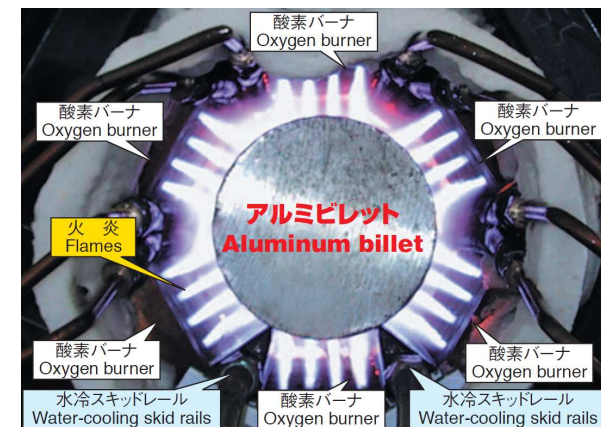
## 特長

- 高温の火炎が得られる (max2700℃)
- 排ガス熱損失の減少
- ガス放射率の増加 (伝熱効率の向上)
- NO<sub>x</sub>の発生量が大幅に減少



省エネ・環境に優しい燃焼技術

## ビレット加熱



<テスト装置仕様> ※HPでお問合せ下さい

- ・ 処理材寸法：Φ156×490L
- ・ 加熱能力：20→500℃まで1分

# 熱処理炉のIoT化 (CRism™) のご提案

## 予防保全・安定稼働により省エネ・省人化

### 【特長】

- 数値の"見える化"  
炉温、サイクルタイム、積算電力etc
- しきい値設定  
しきい値を超えるとお知らせします。
- データ分析  
グループ化、しきい値到達予測etc

炉停したが原因がわからない

リアルタイムの設備データを当社でも確認、スマートグラスを通じた現場支援で、トラブルに早期対応。



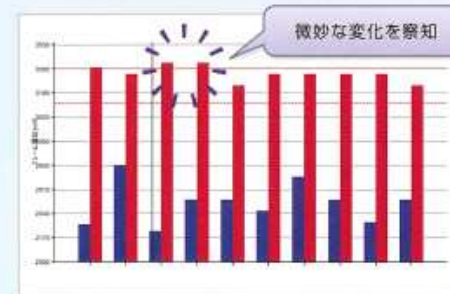
どこにいても設備状況を確認したい

お持ちのタブレットやスマートフォンなどのタッチパネルモニタによる確認が可能。一般的なコミュニケーションアプリへの警報通知機能もあります。



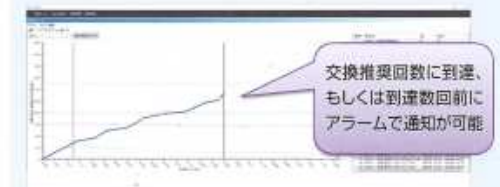
炉のトラブルを防ぎたい

CRism™なら、日々の些細な変化も見逃しません。



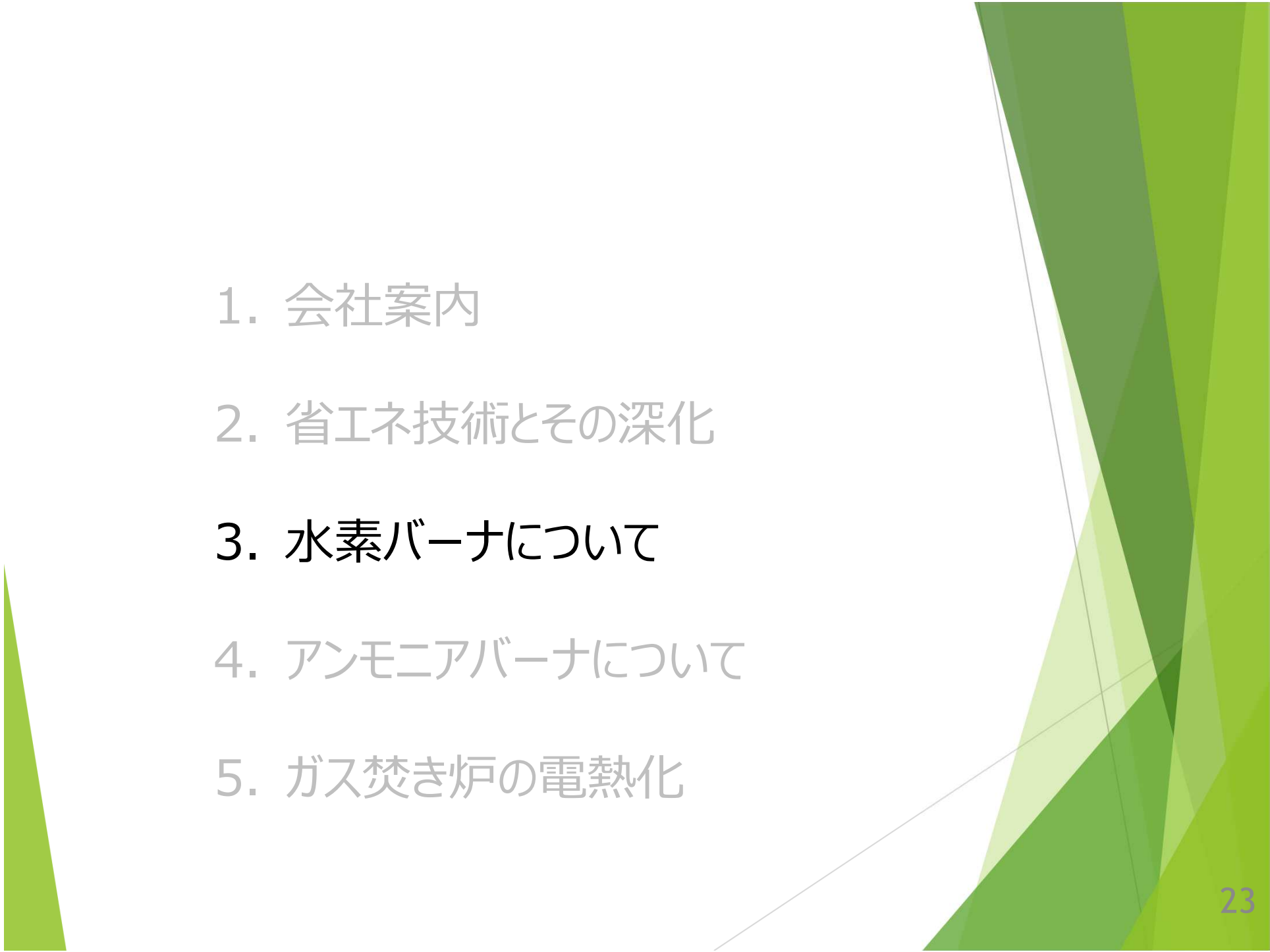
部品交換時期を管理したい

例えば、電磁弁の開閉回数を管理し、交換推奨時期を確認することができます。



CRism™イメージ



- 
1. 会社案内
  2. 省エネ技術とその深化
  3. 水素バーナについて
  4. アンモニアバーナについて
  5. ガス焚き炉の電熱化

# 水素燃烧技術の普及拡大に向けて

- ✓ お客様との**製品品質への影響**検証からの新商品開発
- ✓ 水素燃烧×省エネとの組み合わせによる**省エネ型CN燃烧技術**の開発
- ✓ **脱炭素 + αメリット**技術の開発で普及促進

## 製品品質への影響

- ・短炎化
- ・残留O<sub>2</sub>精密制御



- ・窯業・セラミックス関係
- ・アルミ溶解関係

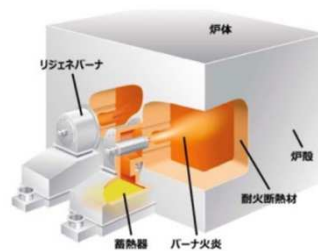


## 省エネ型CN燃烧技術

- ・水素リジエバーナ
- ・水素酸素(富化)バーナ



- ・アルミ溶解関係
- ・製鋼・圧延プロセス

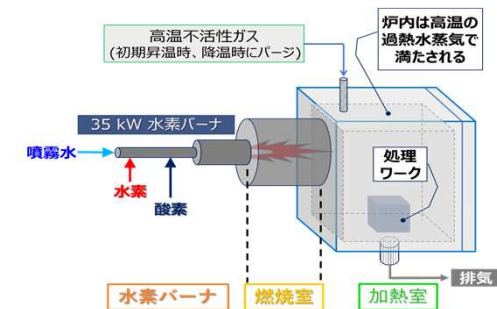


## 脱炭素 + αメリット

- ・カーボン(すす)ゼロ
- ・超高温過熱水蒸気

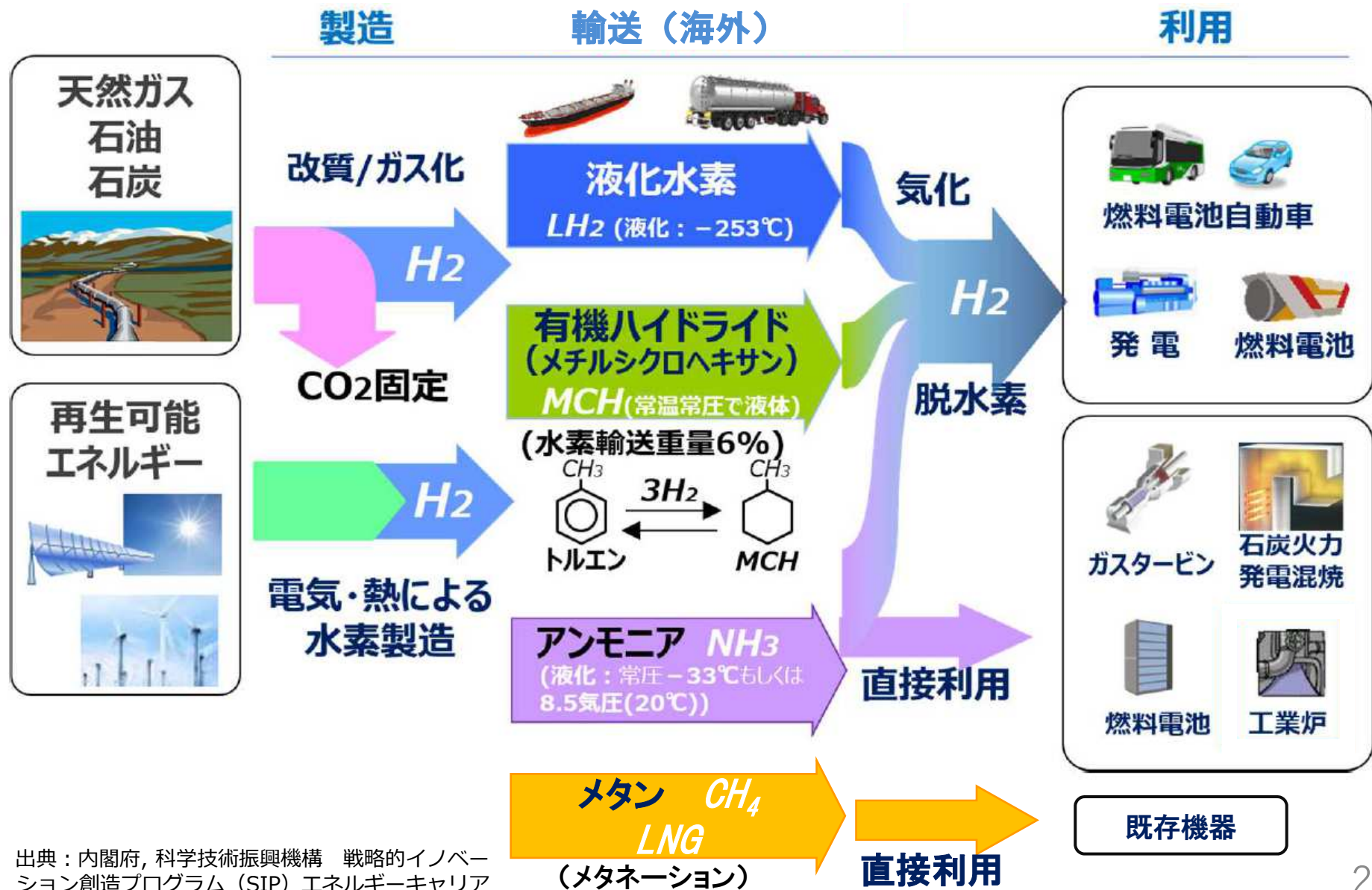


- ・火炎内球状化プロセス
- ・脱脂 + 焼結プロセス





# 水素の製造・輸送・利用について



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

# 水素バーナーについての取組み

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

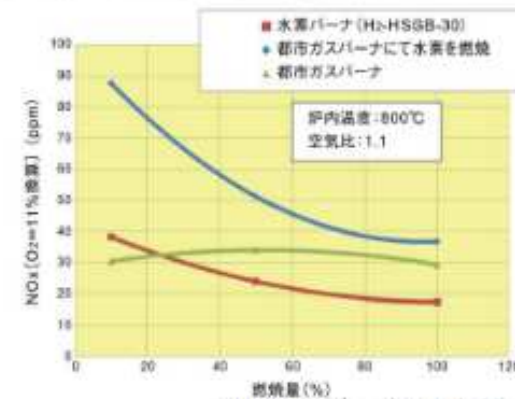
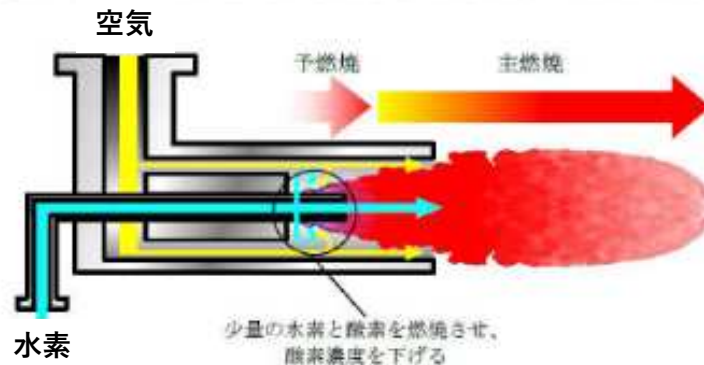
— 燃焼時のCO<sub>2</sub>ゼロに加え、新開発の機構によってNOx排出を都市ガスバーナー以下に低減 —

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<sup>\*1</sup>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NOx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NOx排出を大幅に低減<sup>\*2</sup>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

26

# 中外炉製水素バーナーの特徴

## 二酸化炭素排出量ゼロ

水素には炭素分が含まれていないため二酸化炭素を排出しません

## 優れた低NOx性能

独自の燃焼技術により火炎温度を下げることで低NOx性能を実現しています

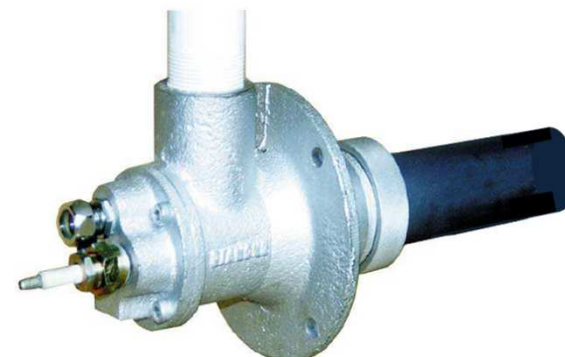
## 高い安全性

燃料をノズルから噴出させた後に空気と混合させるバーナ構造としています。空気と燃料が別々に供給されるので、燃焼中に逆火が起こりにくく、安全に燃焼させることが可能です



## 商品化済の水素バーナ仕様（その他仕様も対応可）

バーナ型番 Burner model	燃焼量 Firing rate	空気比 Air ratio	ガス圧力 Gas Pressure	空気圧力 Air Pressure
HSGB-5-H2	58 kW	1.1	4.0 kPa	4.0 kPa
HSGB-10-H2	116 kW			
HSGB-15-H2	175 kW			
HSGB-20-H2	233 kW			
HSGB-30-H2	348 kW			



H2-HSGB型ハイスピードガスバーナ

# 汎用バーナによる水素燃焼

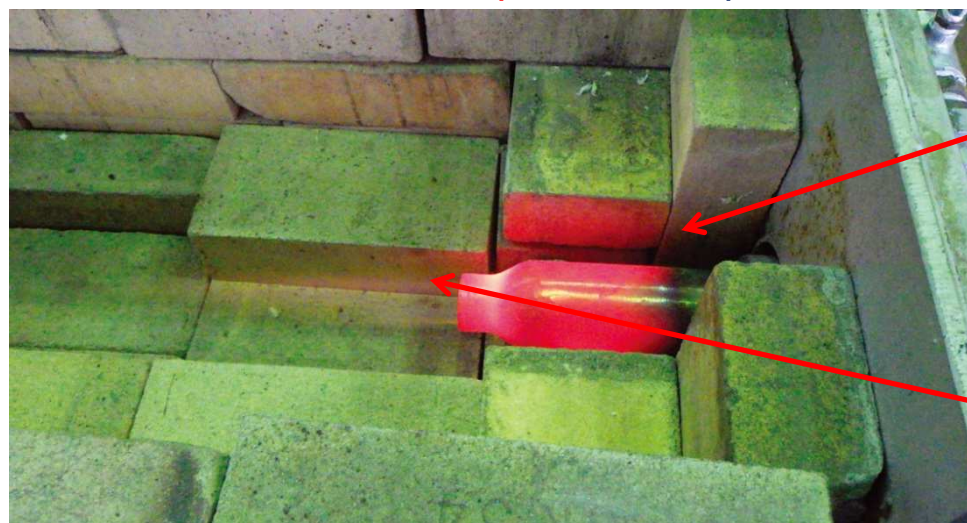
<従来構造における都市ガス13A 燃焼時の様子>



都市ガスでは燃焼筒は赤熱しない

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

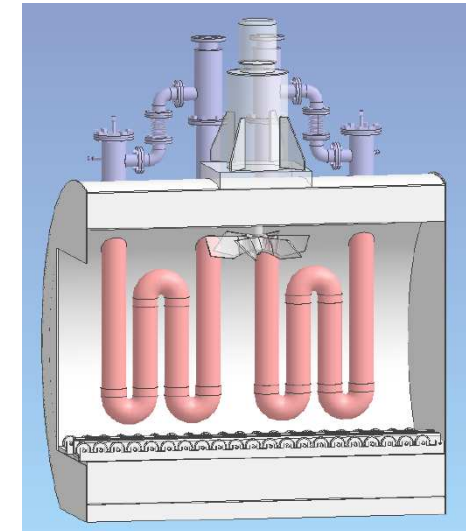
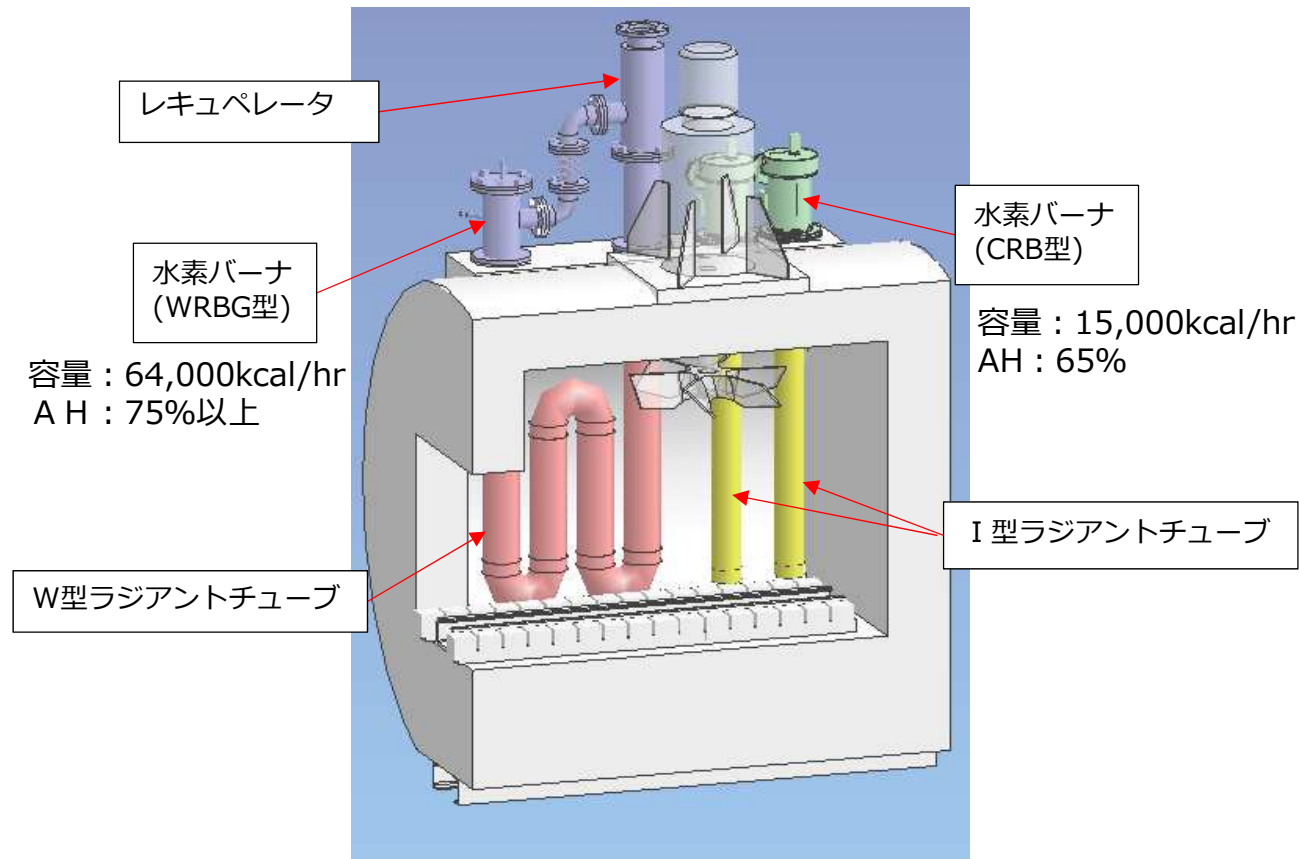
<従来構造における水素燃焼時の様子>



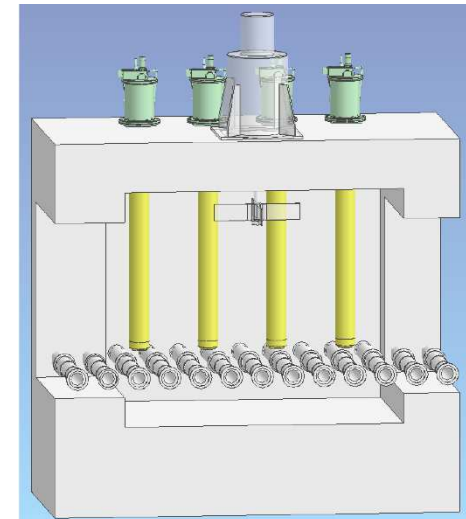
水素は燃焼速度が速いため、従来の構造では燃焼筒が赤熱している

水素は炭素が含まれないため輝度が弱く淡い火炎

# 水素バーナ搭載バッチ型浸炭炉 デモ機



スーパー型H/S 設置イメージ



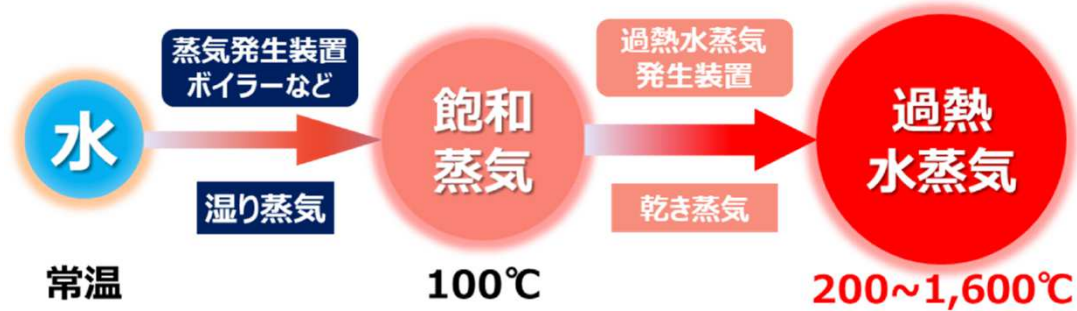
連続炉均熱帯 設置イメージ

2022年4月より堺事業所にて展示中

# 水嶼燃焼技術の応用展開：超高温過熱水蒸気

## ■ 過熱水蒸気とは、

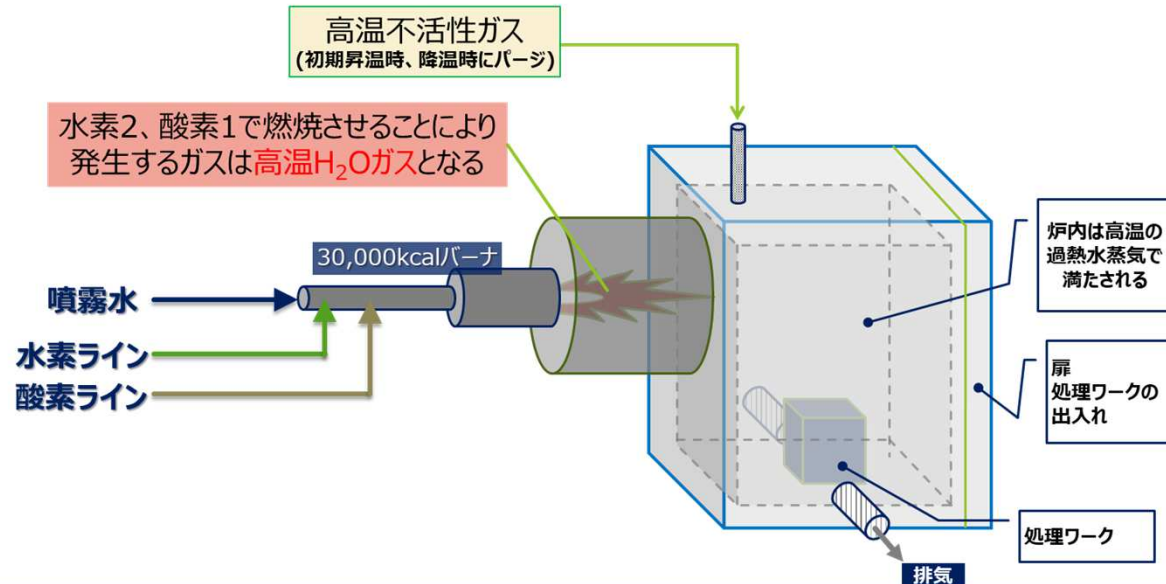
100℃で蒸発した飽和蒸気を常圧のままさらに高温に加熱した、沸点を超えた状態の水蒸気。無色透明のH<sub>2</sub>Oガスとなる。



## ■ 水素燃焼式 過熱水蒸気とは、

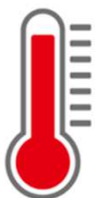
特許出願中

水素と酸素の燃焼によって発生した水蒸気を利用することで電熱式水蒸気発生装置では対応できない温度域にも対応可能



# 水素燃焼式過熱水蒸気発生装置の特徴

1



低温200℃～  
超高温1580℃の処理可能

2



高い熱伝達特性により  
短時間で均一に加熱

3



酸化/還元  
自由自在

水素還元/酸素酸化/  
無酸素雰囲気加熱可能

4



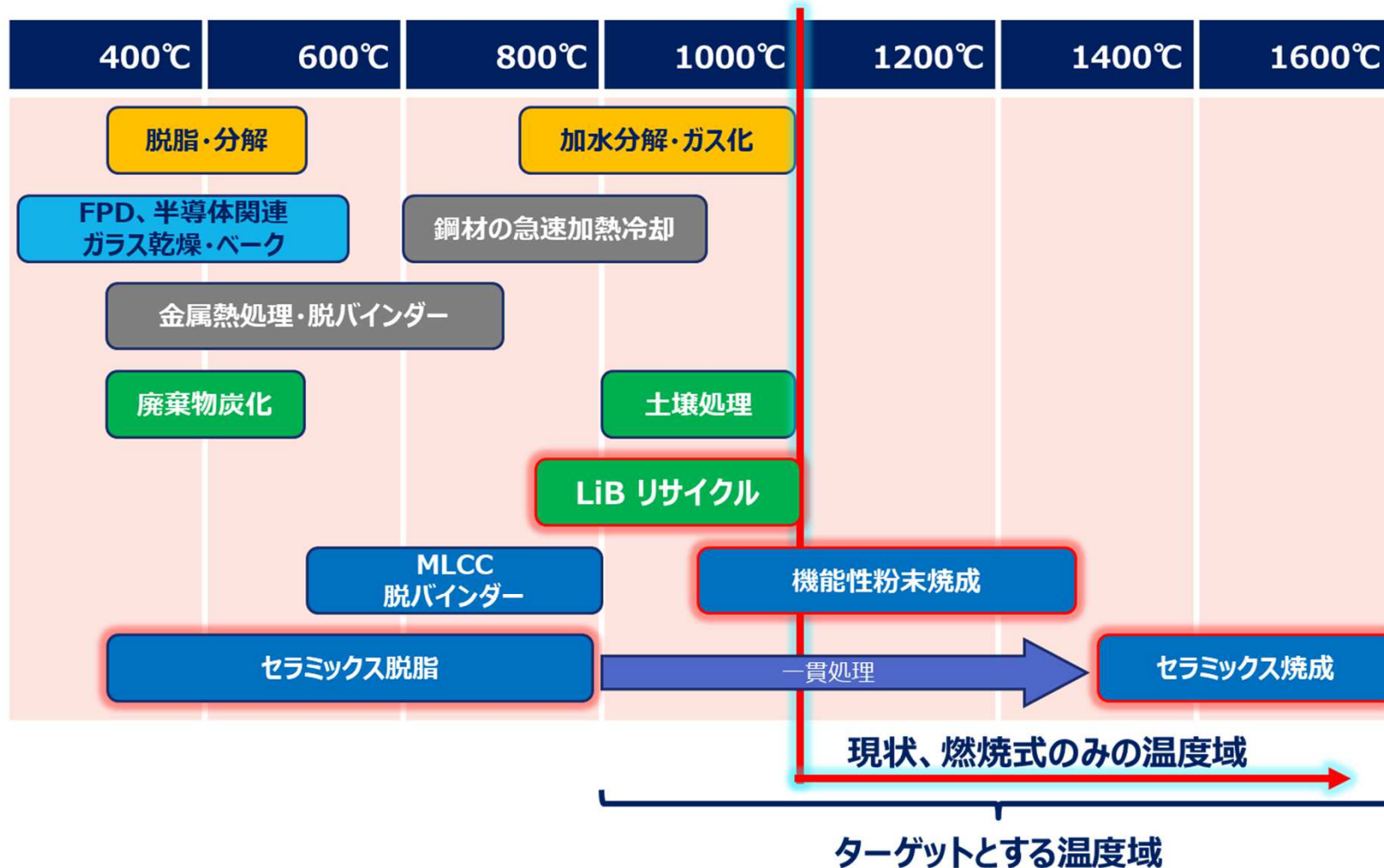
800℃以上で水蒸気による  
炭素のガス化反応

5



材料の燃焼を伴わずに  
酸化反応を起こすことが可能

# 水素燃焼式過熱水蒸気の展開、適用分野



上記適用分野に加え、13A(都市ガス)→水素へ燃料転換するに当たり  
**水素燃焼排ガスの水蒸気による処理材料影響の確認に利用可能**

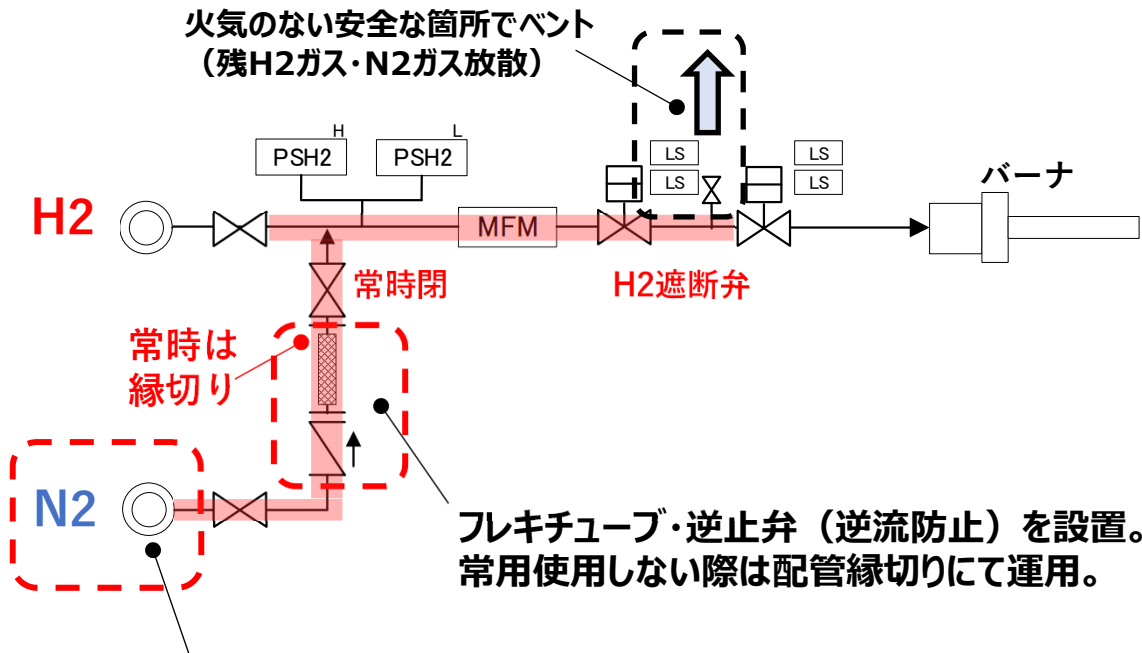


# 水素燃焼安全対策①

必要安全対策

## ① 非常用N2ラインの準備

- ✓ 初期工事や長期メンテ前後にH2ガス配管内をN2ガスに置換。
- ✓ 燃料ガス配管内が大気が混入していると、初期点火時に逆火の危険性。



注記)

1. 不活性ガスへ置換せずに、配管内に大気が残留した状態でH2ガス通しすると大気中の酸素とH2ガスが予混合してしまい、立上げ・点火時に逆火する危険性がある。

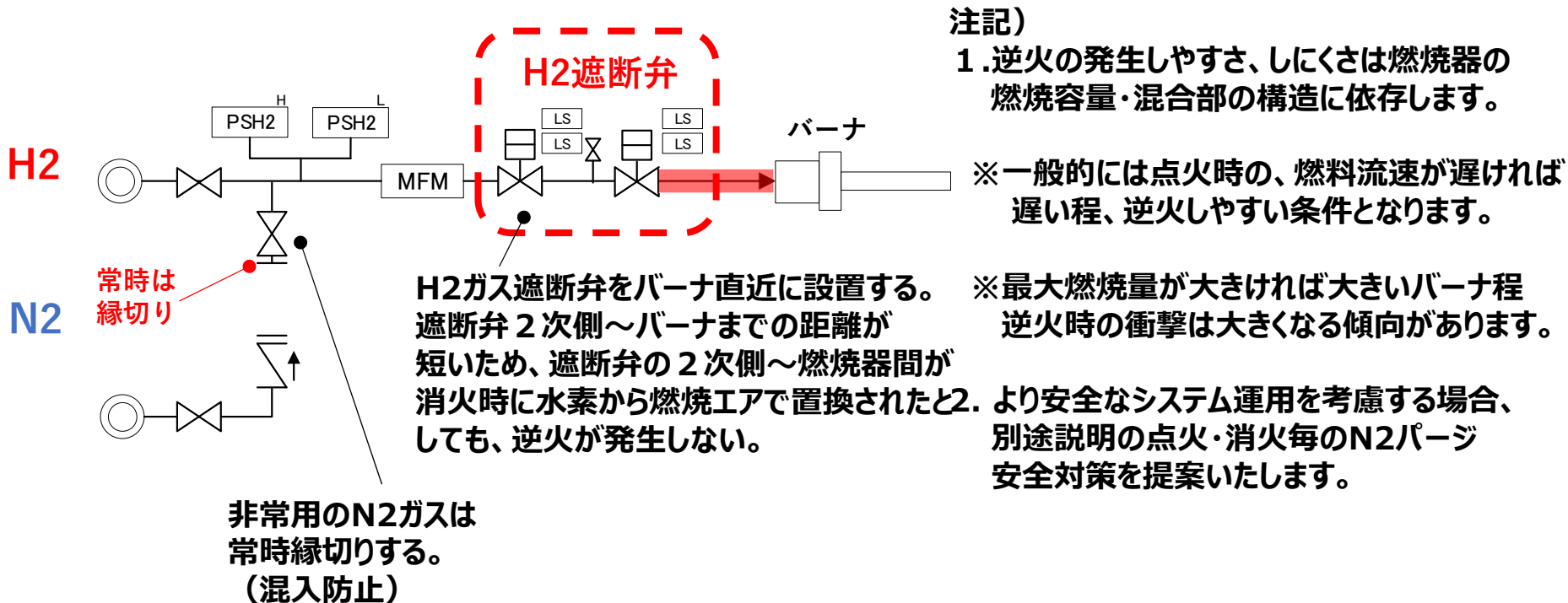
初期配管施工・配管更新工事の直後や、メンテナンス時の長期停止前後に配管内のH2ガスをN2ガスに置換する。  
N2ガスは常用使用しない。

## 水素燃焼安全対策②

必要安全対策

### ② H2ガス遮断弁をバーナ直近に設置・施工

- ✓ 燃料・H2ガス遮断弁を各バーナ直近に設置することで、逆火を防止する。
- ✓ ガス遮断弁は透過性の高い燃料（H2）のため2重遮断・開閉LS付推奨。

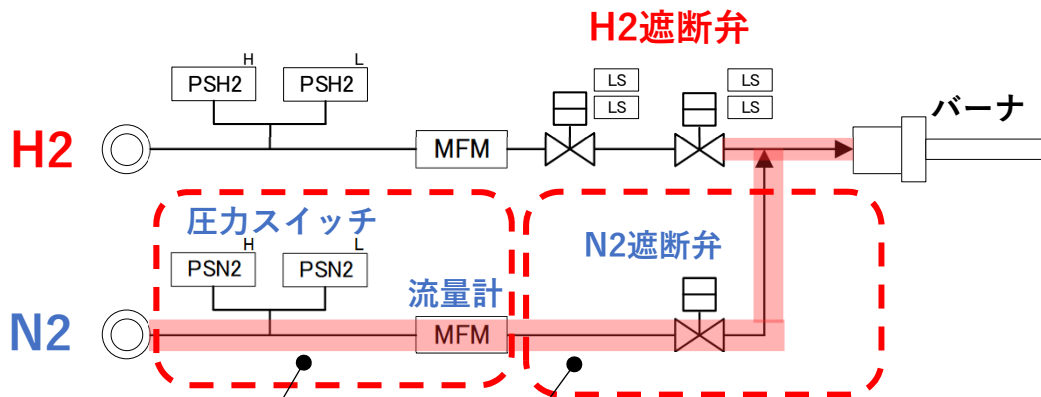


# 水素燃焼安全対策③

提案推奨対策

## ③ 点火前・消火後・失火時のN2パージ（燃料配管）

- ✓ 燃焼反応前後に配管内を不活性ガス雰囲気とすることで逆火・残火を防止する。
- ✓ N2ガスラインの圧力 or 流量監視（確実にパージが行われているか。）推奨。



N2ガスの監視目的

点火前・消火後・失火時に  
N2パージ。  
電磁弁はバーナ近傍に設置。  
(N2消費量削減)

参考)

2022/1月現在、水素ガス燃焼設備の安全に関する法規・指標は整備されていません。日本ガス協会よりの安全技術指標（緑本）や燃焼安全規格JISB8415をはじめとし、整備される方向性です。

注記)

1. 特殊な構造での燃焼方式や燃焼容量の大きさによっては、本対策はH2燃焼時に必要な安全対策となる場合があります。
2. 時間比例制御採用時は実装非推奨。  
N2パージによる応答性悪化、冷却効果が生じるため、省エネ性や温度分布性能が悪化します。



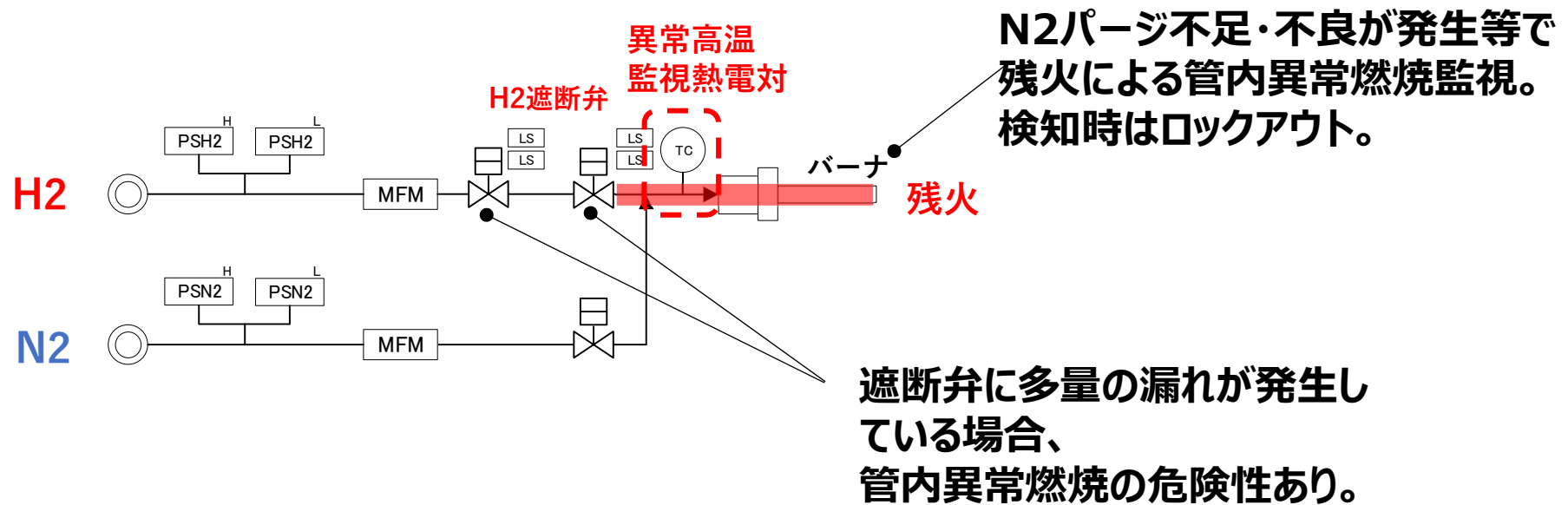
日本ガス協会  
工業用ガス燃焼設備の  
安全技術指標  
(※都市ガス他)

# 水素燃焼安全対策④

提案推奨対策

## ④ 異常高温用熱電対の設置

- ✓ バーナ直近配管内部の異常高温検知・監視。
- ✓ N2パージと併用することで、2重安全対策。



# 水素を工業炉用燃料として利用するための課題と現状

- ① 燃焼速度が速く火炎温度が高い  
→バーナ形状の工夫や安全装置・制御で対応可能、  
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なるも更なる低NOx化への対応
- ③ 火炎輻射の弱さ（主に直火バーナ）  
→工業炉は炉温高いため炉壁からの輻射が大きく影響は少
- ④ 製品への水素燃焼排ガスの影響評価  
→今後、お客様とともに解決
- ⑤ 水素燃料の消費削減（省エネ対応）  
→今後の開発課題
- ⑥ 安全に使用するためのガイドライン整備  
→今後、協会、同業、お客先とともに解決
- ⑦ 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（外部要因）

1. 会社案内
2. 省エネ技術とその深化
3. 水素バーナについて
4. アンモニアバーナについて
5. ガス焚き炉の電熱化

# 何故アンモニア燃料なのか？



	水素		アンモニア	
大量生産技術	○	アンモニアの原材料	○	年間約108万ton生産
輸送・貯蔵	△	液体水素 (-253℃) NH3、有機ハイドライド	○	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
CO2排出	○	CO2フリー	○	CO2フリー
コスト（輸入）	×	輸送コスト大	○	水素より安価
毒性	○	特に無し	×	可燃性劇物(許容濃度25ppm以下)、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)

## 水素・アンモニア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が、発熱量は低い

→アンモニアは燃焼速度が遅く、火炎温度・発熱量は低い

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	← 912/5 →	35.8	10.8 → 1/3
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	← 0.1/5 →	0.37	2.91 → 8倍
最低自着火温度 (°C)	651	432	537	500
最高断熱火炎温度 (°C)	1750	← 200-220°C →	1970	2120 → 150°C



## 都市ガス、水素、アンモニアのコスト比較

都市ガスと比較してアンモニアの熱量単価は現状割高も、将来的には同等になる可能性が高い

	都市ガス	水素	アンモニア
2021年 (参考値)	60円/Nm <sup>3</sup> (一般的な価格)	100円/Nm <sup>3</sup> (水素ステーションの価格)	62円/Nm <sup>3</sup> (ガスサプライヤ情報) ※1)
	1.4円/MJ	9.3円/MJ	4.3円/MJ
2030年 (予測・目標)	78円/Nm <sup>3</sup> (日本エネルギー経済研究所/予測値)	30円/Nm <sup>3</sup> (経産省/目標値)	27円/Nm <sup>3</sup> (SIP/経産省/目標値) ※2)
	1.9円/MJ	2.8円/MJ	1.9円/MJ

※1) 国内アンモニアメーカーがHaber-Bosch法で製造したアンモニアの客先購入価格参考値。消費量によって価格設定は大きく変わる。  
(天然ガス改質由来水素 + 空気中窒素からアンモニアを合成。Cフリー-NH3ではない、いわゆるグレー-NH3)

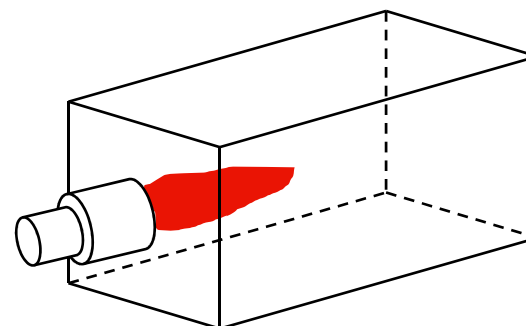
※2) 海外の安価な再エネを利用してアンモニアを製造し、タンカーにて輸入時のCIF価格。SIPの日本エネルギー経済研究所の最終報告書にて提示。  
(再エネを電源とした水電解にて水素を精製 + 空気中窒素からアンモニアを合成。  
合成過程で発生したCO2は、CCSでカーボンオフセット。Cフリー-NH3の一種でブルー-NH3と呼ばれる)

## アンモニアを工業炉用燃料として利用するための課題と現状

燃焼量100万kcal/hの工業炉用バーナ（用途：アルミ溶解炉、熱風炉、ボイラなど）を想定し、非化石燃料消費量、CO<sub>2</sub>削減効果、年間燃料コストを算出

### 諸条件（仮定）

稼働時間	24時間/日 330日/y（連続運転）	
燃料単価	都市ガス	60円/m <sup>3</sup> N(2022年) 78円/m <sup>3</sup> N(2030年予測)
	水素	100円/m <sup>3</sup> N(2022年) 30円/m <sup>3</sup> N(2030年予測)
	アンモニア	62円/m <sup>3</sup> N(2022年) 27円/m <sup>3</sup> N(2030年予測)



炉の内容積：2×2×8m

### 都市ガスと水素/アンモニアによる比較

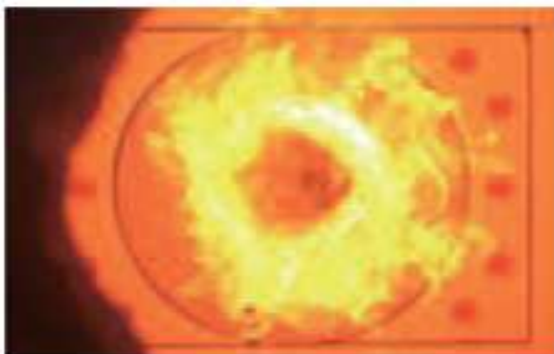
燃料	燃料消費量		CO <sub>2</sub> 排出量 (ton/y)	'22 燃料コスト (万円/y)	'30 燃料コスト (万円/y)
	(m <sup>3</sup> N/y)	(ton/y)			
都市ガス	0.82x10 <sup>6</sup>	—	1,870	4,900	6,400
水素	3.07x10 <sup>6</sup>	280	0	30,700	9,200
アンモニア	2.35x10 <sup>6</sup>	1,800	0	14,600	6,400

2030年にはアンモニアと都市ガスの燃料コストはほぼ等しくなる

## 工業用アンモニアバーナ開発に向けての取り組み

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
- ・ NO<sub>x</sub>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)



100kW級燃焼試験炉における  
都市ガス火炎 (左) とアンモニア火炎 (右)



# NEDOエネルギー・環境先導研究

## RTおよびリジェネBr.におけるトリプルゼロ燃焼技術の確立

NOx  
ゼロ

CO<sub>2</sub>  
ゼロ

未燃アンモニア  
ゼロ

トリプルゼロの実現

中外炉工業

NEDO先導研究での目標

東京大学

改質

・改質技術、改質ガス燃焼技術の確立

炉内脱硝およびアンモニア分解

・拡散燃焼による脱硝・分解技術確立

バーナ開発

・RT、リジェネバーナ開発

影響調査

・アンモニア燃焼による金属、耐火材などへの影響調査

モデル構築

・アンモニア分解反応調査

・アンモニア火炎による金属への影響調査

大阪大学

燃焼解析

・RTおよびリジェネバーナにおけるNOx、未燃アンモニアの挙動調査

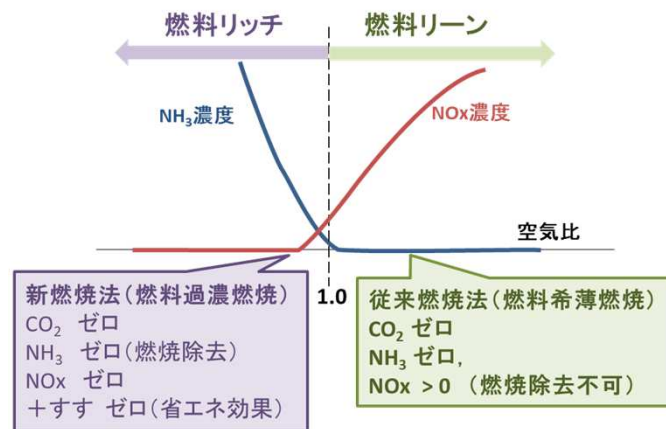
燃焼試験

・NOx、未燃アンモニアのin site測定

# アンモニア燃烧技術の開発コンセプト

- ✓ 環境適応型×専焼技術の実証開発での確立
- ✓ 積極的な社外との連携によるバリューチェーンの確立

## 基盤開発から更なる実装に向けた開発が必要

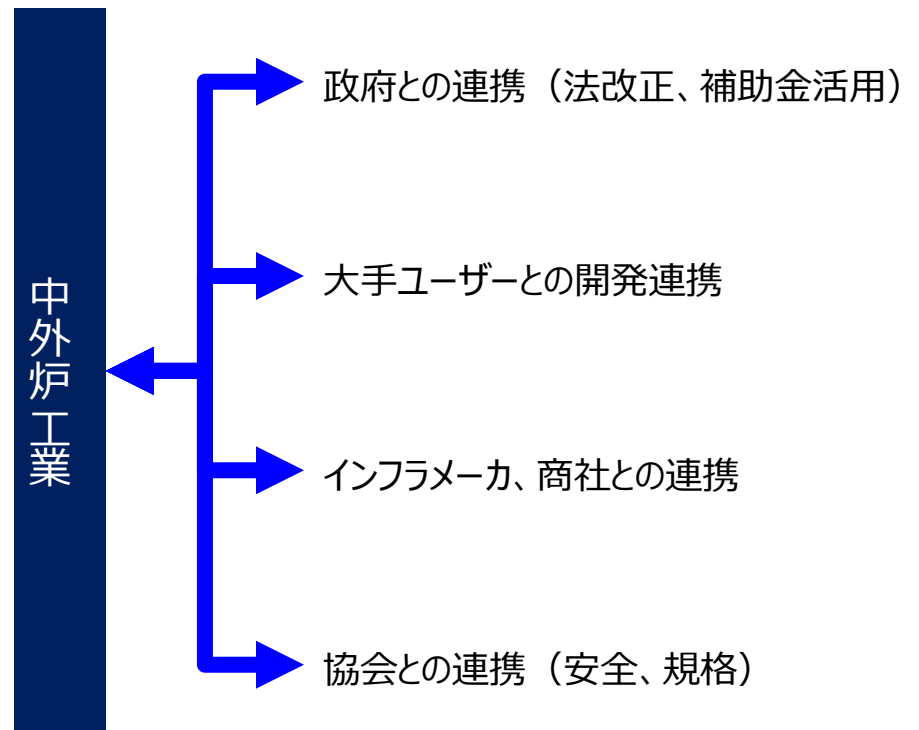


燃料過濃燃焼による『トリプルゼロ』

更なる差別化に向けては、

- ・トリプルゼロ燃焼技術の完成
- ・排熱利用型アンモニア改質技術の確立
- ・制御、炉構造も含めた実証開発

## 産学官でのバリューチェーンの確立



# アンモニアを工業炉用燃料として利用するための課題と現状

① 燃焼速度が遅く火炎温度が低い

→バーナ形状工夫で直接点火、直接燃焼可能

② NOx排出量の増加 (Fuel NOx) →バーナ形状工夫でメカニズム解明中

③ 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

④ 空気でアンモニア専焼可能なこと→バーナ形状工夫で安定化確認中

⑤ 製品品質の確保→今後、お客様とともに解決

⑥ 未燃アンモニア処理方法確立→今後の開発課題

⑦ 安全に使用するためのガイドライン整備

→今後、協会、同業、お客先とともに解決

⑧ 燃料コストの低減と供給体制の構築→今後の課題 (外部要因)

1. 会社案内
2. 省エネ技術とその深化
3. 水素バーナについて
4. アンモニアバーナについて
5. **ガス焚き炉の電熱化**

# 電熱技術の更なる普及拡大に向けて

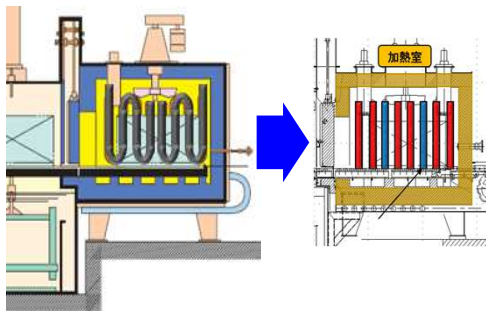
- ✓ 脱炭素 +  $\alpha$  メリットで入替需要を後押し
- ✓ 新電熱技術の確立に向けて自社開発、他社との開発協業を推進
- ✓ 鉄鋼電炉の増加ニーズに対応する新商品開発に注力

## 脱炭素 + $\alpha$ メリット

- ・省スペース
- ・安全操業
- ・易制御性



- ・高出力ヒータによる  
オール電熱型熱処理炉

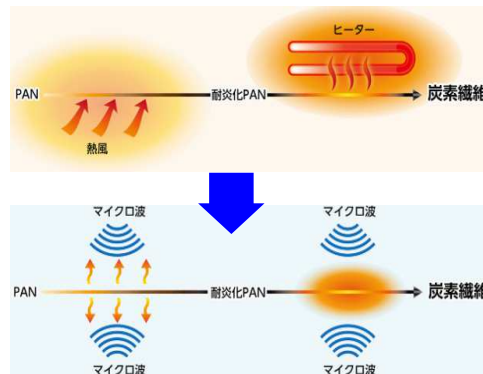


## 新しい電熱技術の獲得

- ・誘導加熱技術
- ・マイクロ波加熱技術



- ・燃烧型焼鈍炉の電化対応
- ・マイクロ波式炭素繊維加熱装置

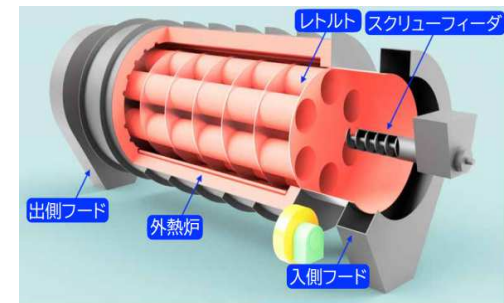


## 鉄鋼電炉の需要増対応

- ・ダスト、スケールリサイクル
- ・コークス吹込効率改善



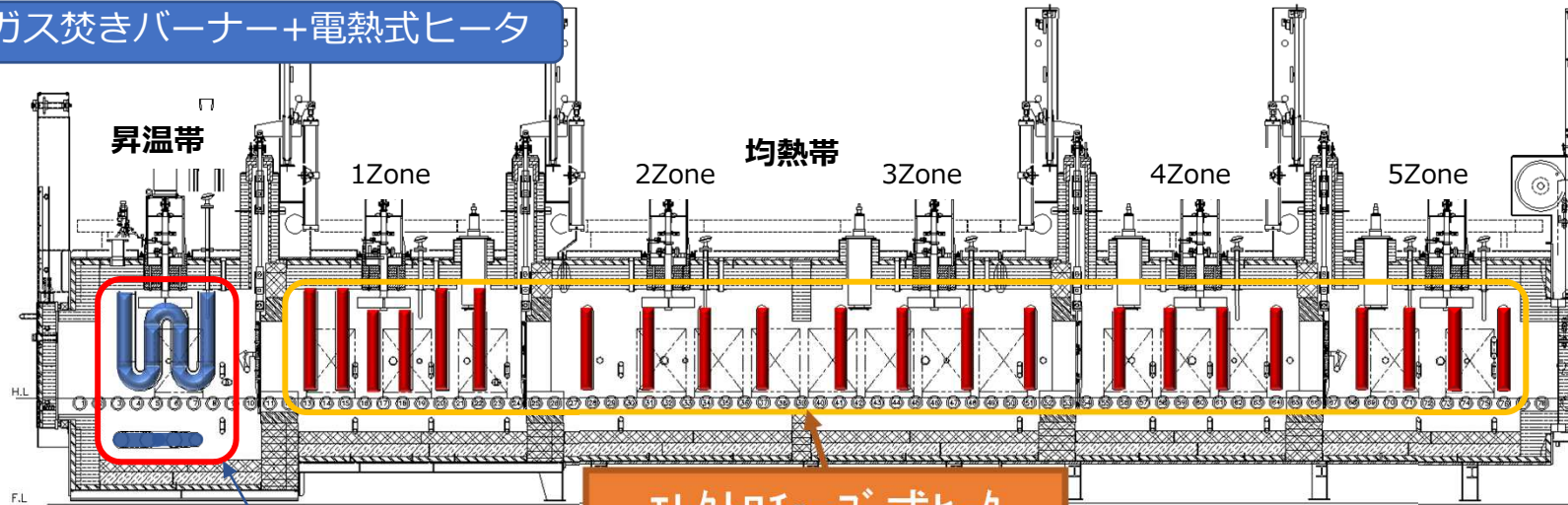
- ・ダスト脱亜鉛、還元
- ・カーボンインジェクションバーナ





# 連続ガス浸炭炉の電熱化～改造例

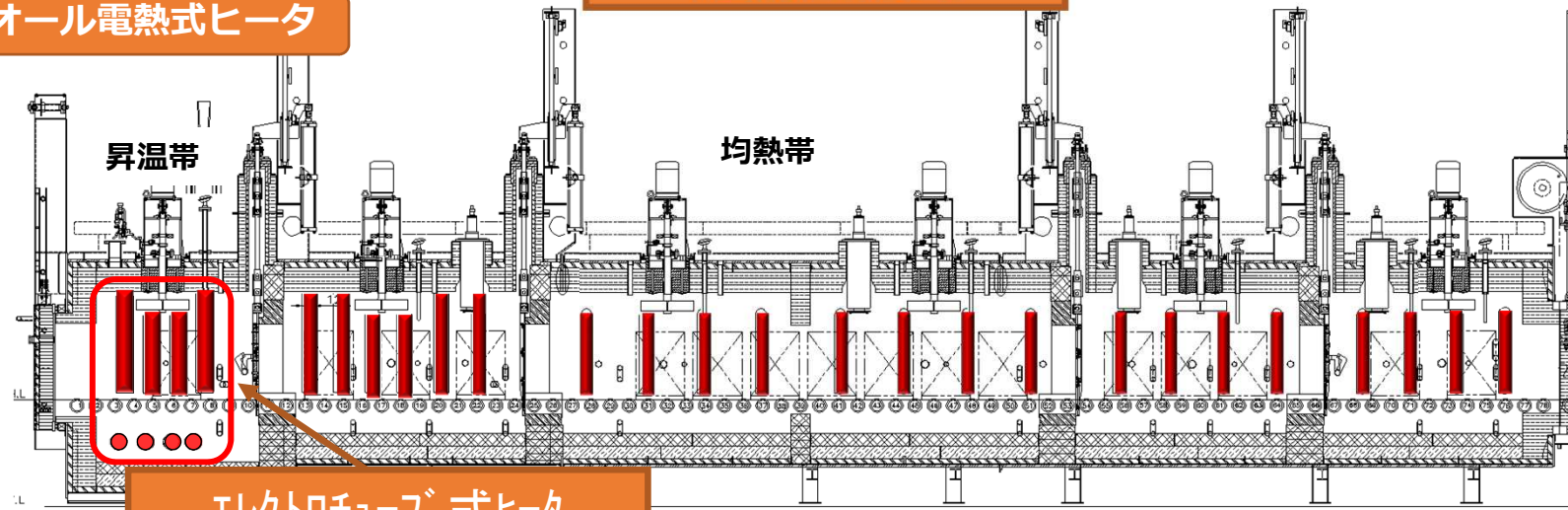
ガス焼きバーナー+電熱式ヒータ



W型RTバーナ

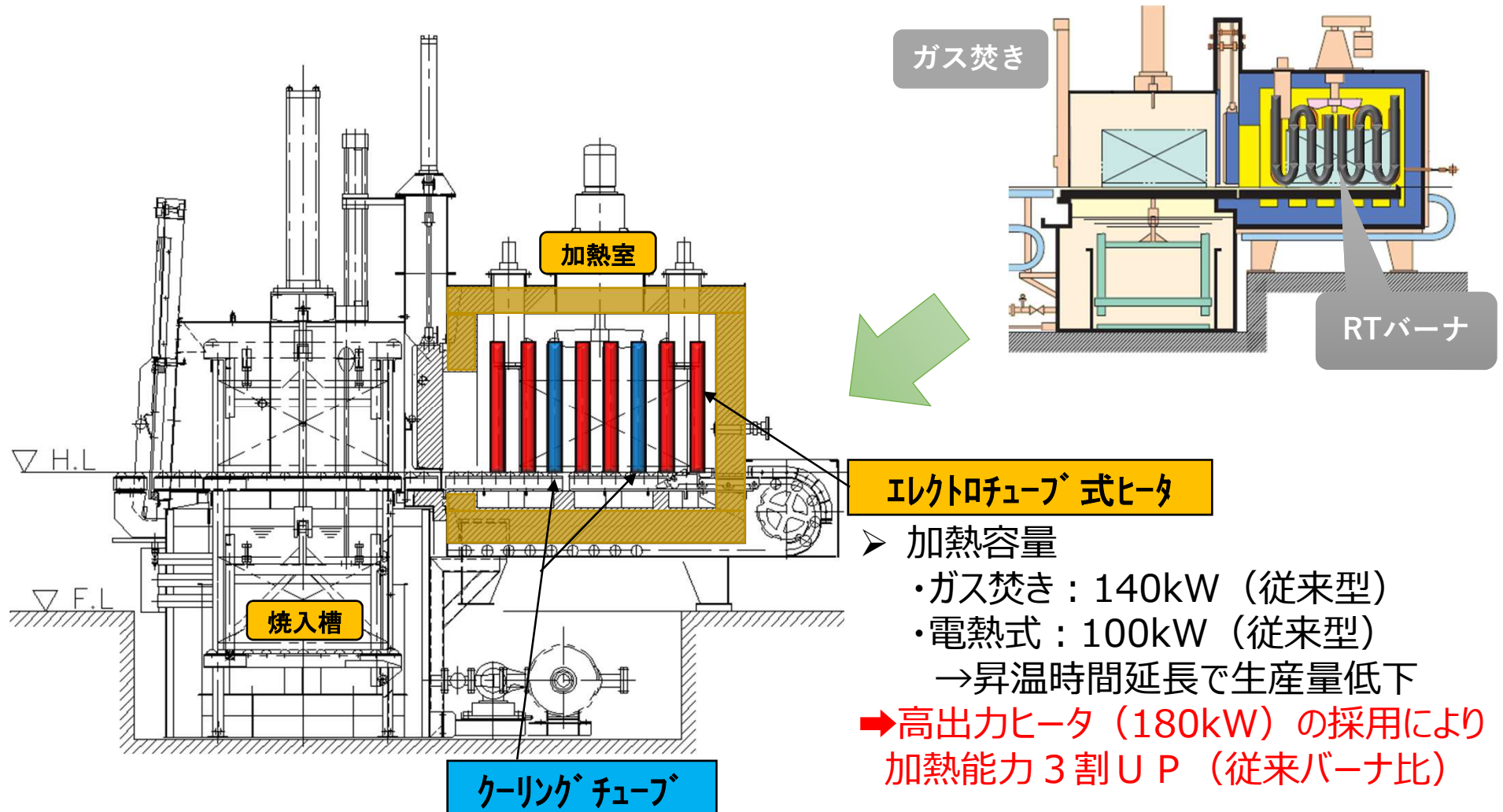
エレクトロチューブ式ヒータ  
(通常出力型)

オール電熱式ヒータ



エレクトロチューブ式ヒータ  
(新開発 高出力型)

# 高出力型電熱式バッチ炉概要

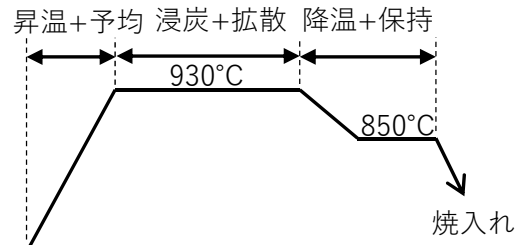


- 加熱容量
  - ・ガス焚き：140kW（従来型）
  - ・電熱式：100kW（従来型）
  - 昇温時間延長で生産量低下
  - ➔高出力ヒータ（180kW）の採用により加熱能力3割UP（従来バーナ比）

- ガス焚き仕様の場合、冷却エアにより降温時間短縮（従来型電熱式は冷却機能なし）
- ➔クーリングチューブの設置によりガス焚き同等の冷却能力

# 高出力型電熱式バッチ炉～ランニングコスト/CO2排出量～

## 1. ヒートパターン



## 2. 算出条件

- ・積載重量：900kg/バッチ・ゲル (500kg/バッチ・ネット)
- ・ユーティリティ単価：電気16円/kWh  
都市ガス65円/m<sup>3</sup>N  
プロパンガス165円/m<sup>3</sup>N
- ・カーテンバーナ：都市ガス
- ・エンリッチ：プロパン
- ・断熱厚み：従来型 (200mm)

## 3. ランニングコスト (浸炭深さ0.8mmの場合)

加熱源	昇温 + 予均	浸炭 + 拡散	降温 + 保持	処理時間	ガス消費量	電力量	ランニングコスト	
ガス焼きバーナ	119min	170min	95min	384min	69.4m <sup>3</sup> N/ch	139kW/ch	6656円/ch	13.3円/kg・net
通常ヒータ	135min	170min	115min	420min	27.8m <sup>3</sup> N/ch	486kW/ch	9548円/ch	19.1円/kg・net
高出力ヒータ	100min	170min	95min	365min	24.5m <sup>3</sup> N/ch	445kW/ch	8698円/ch	17.4円/kg・net

注1) 上記数値は計算値であり保証値ではありません。

注2) 上記数値は炉内Rガスを含みます。

5%生産性向上

1.3倍増

## 4. CO2排出量 (浸炭深さ0.8mmの場合)

加熱源	CO2排出量 (t-CO2/ch) ※3 ガスによる排出量+電気による排出量 (電力量×排出係数)	CO2排出量 (t-CO2/年) ※4
ガス焼きバーナ	0.158 + 139 × 0.000379 (排出係数※5) = 0.2107	217.0
通常電熱ヒータ	0.062 + 486 × 0.000379 (排出係数※5) = 0.2462	253.6
高出力電熱ヒータ	0.058 + 445 × 0.000379 (排出係数※5) = 0.2267	233.5

注3) CO2排出:(燃料、カーテンバーナ、ベントパイロット、炉内雰囲気ガス)+電力量×排出係数 (tonCO2/kWh)

注4) 年間排出量は処理数1030ch/年で算出

注5) CO2排出係数はR2年中部電力ミライズ調整後排出係数を使用

## 高出力ヒータ搭載バッチ式ガス浸炭炉デモ機

2022年5月より堺事業所内（大阪府堺市）にデモ機を設置  
実材料によるガス浸炭処理テストが可能です。



### 仕様

炉温：max.950℃

積載量：900kg

ヒータ出力：180kW

### <付属機能>

- ・ 揺動装置
- ・ 炉床ヒータ
- ・ 自動立上げ・立下げソフト
- ・ IoT管理システム（CRism™）
- ・ 炉内型Rガス発生機（13A）

焼入油：ホット油（ハイテンプA）

エンリッチガス：LPG

# 熱技術創造センターで共創による開発を推進

熱技術創造センター ※イメージ図



『熱技術創造センター』新設



工業炉 研究開発力を強化  
中外炉、脱炭素の新拠点

# 2023年11月より始動！皆さまとの開発共創にご活用ください

## 【新研究所設立の目的】

- ・“カーボンニュートラルへの貢献”を最重要目的とした「最新鋭研究施設」
- ・社内外の「共創」によるイノベーションの活性化を目的とした「見せる・学ぶ・集う研究施設」
- ・迅速かつ、効率的な開発活動の推進を目的とした 堺事業所への集約による「効率的な研究施設」



