



# Thermal Technology 2024

## 製品・技術発表会

### 進化する熱処理装置の脱炭素技術

2024年10月11日<sup>1</sup>  
中外炉工業株式会社  
熱処理事業本部 開発部開発課  
田中 亮太郎

屋久島 白谷雲水峡

# 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。



- 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（大阪市）、堺事業所、東京支社、  
名古屋営業所、小倉工場
- 海外拠点  
上海、台湾、タイ、インドネシア  
メキシコ

# 事業のご紹介

～サーモテックで未来をひらく～



納入実績1300基以上  
バッチ式ガス浸炭炉  
【連続式、セミ連続炉もあり】

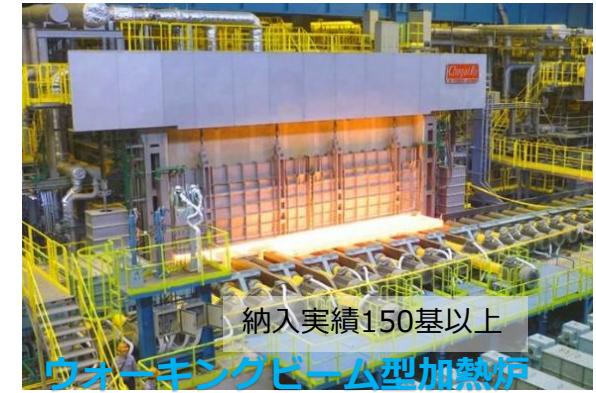


大型焼成炉  
高温炉  
【連続、加圧、HP】



納入実績430基以上  
蓄熱式排ガス処理装置(RTO)

工業炉を中心に  
熱技術（＝サーモテック）  
で社会に貢献



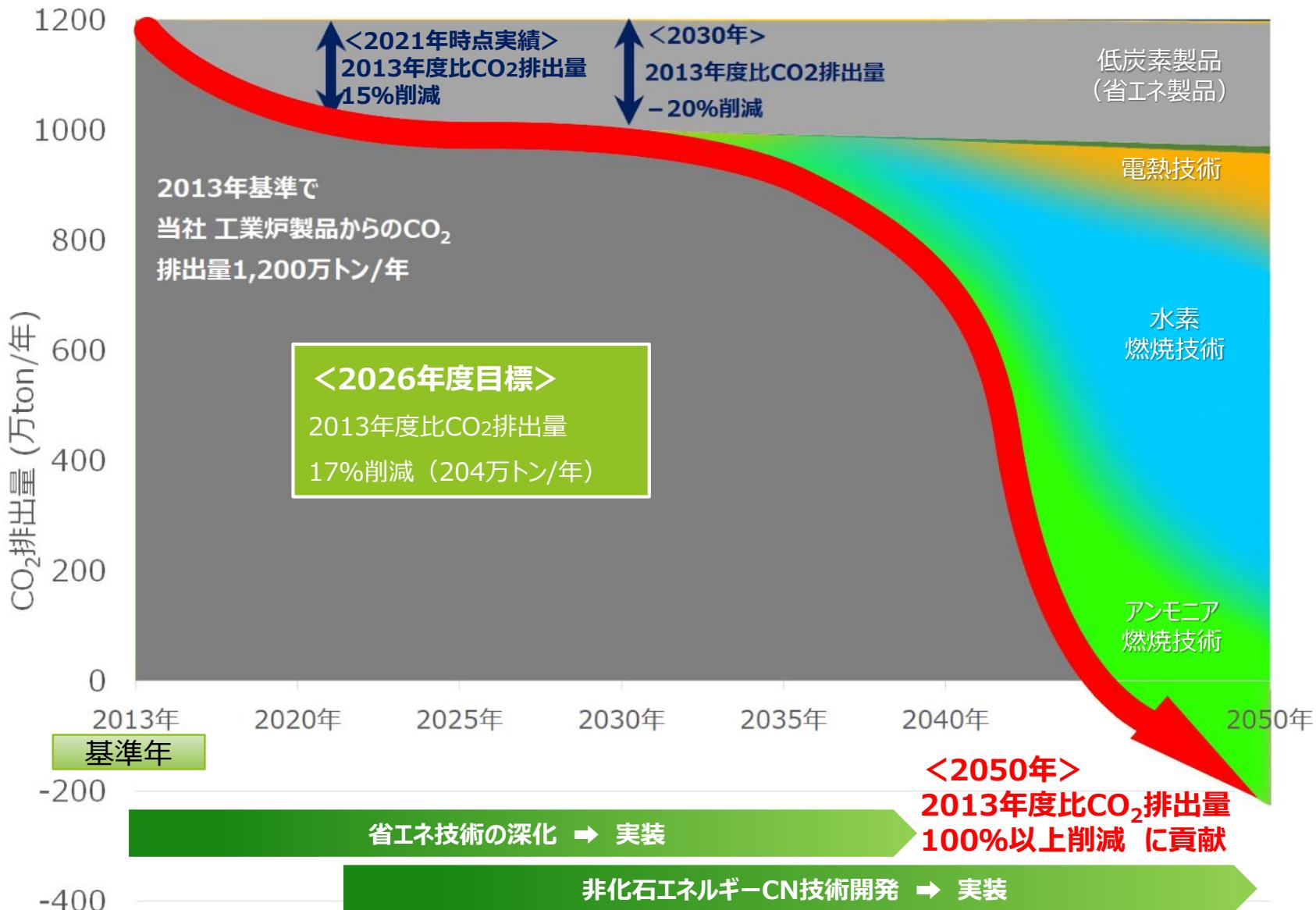
納入実績150基以上  
ウォーキングビーム型加熱炉



低NOxリジェネバーナ



# 脱炭素目標



# 熱技術創造センター (2023年11月OPEN)

研究・開発機能の統合により、イノベーション拠点へと進化。  
自らを確変し、カーボンニュートラル技術で未来をひらく！

## ■再編のポイント

1. 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」へ
2. 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「効率的研究施設」へ
3. 社内外の「共創」によるイノベーション活性化を目的とした「見せる・学ぶ・集う研究施設」へ

### ■ 堀事業所への研究所統合を実現し開発を加速



2023年11月に開所して以来、各業界団体のイベント会場としても活用



[https://chugai.co.jp/ttcl\\_intro/](https://chugai.co.jp/ttcl_intro/)

# 多目的窒化炉 (金属熱処理研究所)

多様な窒化ニーズに対応可能なテスト装置を、新しい研究所に設置しました！

対応処理：ガス窒化、ガス軟窒化、浸窒焼入、浸硫窒化、酸窒化、チタン窒化、、、etc

窒化ポテンシャル制御や炉内Aガス発生機などの新技術も搭載

特許申請中

## I テスト基の主な特徴

### 1. 多様な窒化処理

幅広い処理温度範囲によりガス窒化、ガス軟窒化をはじめ、浸窒焼入、チタン窒化、添加ガスを入れることで、浸硫窒化、酸窒化が可能です。(最高温度1000°C)

### 2. 高い省エネ性

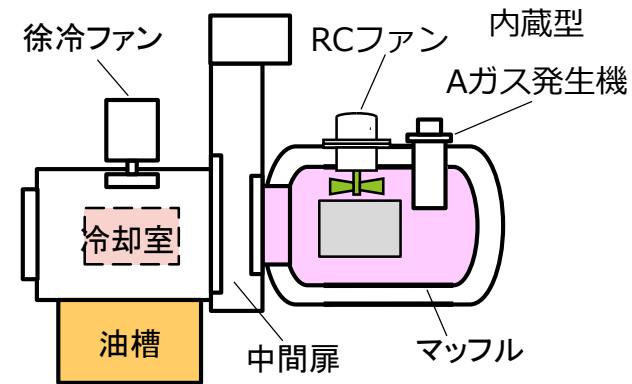
- ①炉内Aガス発生機および低温で変成可能な触媒を採用することで、ガス発生に伴うエネルギーを当社比で**40%**削減します。
- ②弊社独自のソフトを使用してガス量を制御(窒化ポテンシャル制御)することで、アンモニアガスの消費量を当社比で**30%**削減します。

### 3. 設置スペース削減

反応筒を炉内に内蔵し、制御装置は炉本体と一体化してコンパクトに収めました。  
(別置型Aガス発生機の設置が不要です。)

## I テスト設備仕様

型式	HFC-JEH
有効寸法	400W×400L×390H
積載重量	70 kgグロス/ch
使用温度	Max 1,000 °C
加熱方式	電熱(38kW)
冷却方式	炉冷、徐冷、油冷
油量	1,350L
油槽温度	60~180°C
油槽加熱方式	電熱(8.4kW)



# 目 次

## 1. 省エネ技術

- ・アモルファス変圧器
- ・新設時の炉形選択
- ・霧囲気再生装置

## 2. 水素バーナ（ラジアントチューブバーナ）

## 3. ガス焚き炉の電熱化

# 目 次

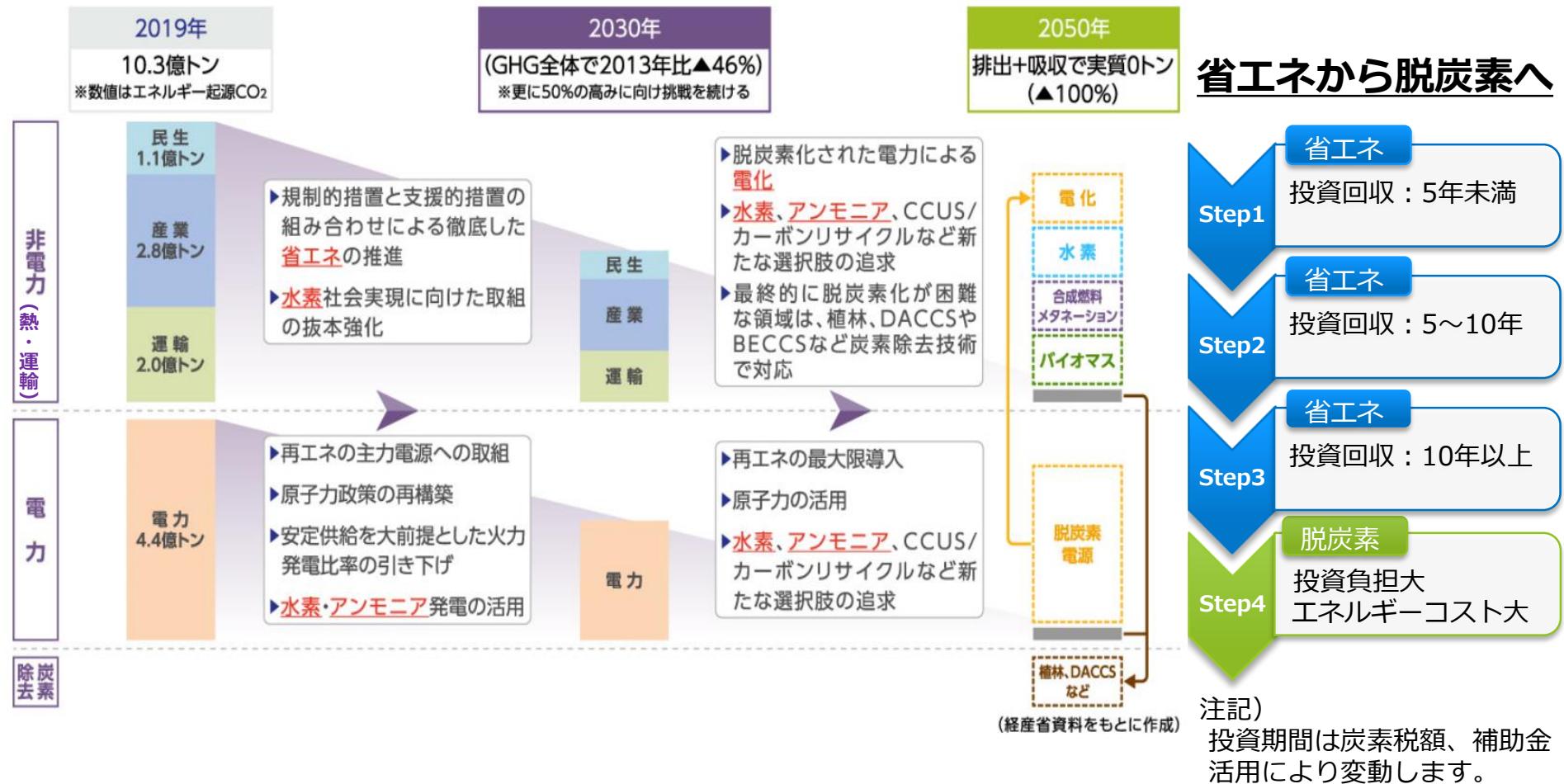
## 1. 省エネ技術

- ・アモルファス変圧器
- ・新設時の炉形選択
- ・炉内設置型ガス発生機
- ・雰囲気再生装置

## 2. 水素バーナ（ラジアントチューブバーナ）

## 3. ガス焚き炉の電熱化

# CO<sub>2</sub>排出量削減イメージ



# 熱処理炉の省エネ実施例

No.	目的	項目	内容	投資回収期間目安		
				5年未満	5~10年	10年~
1	放熱量削減	高効率断熱材使用	炉表面温度放熱量を低減で燃焼ガス量削減	○		
2		断熱塗料の塗布	炉壁外面に断熱塗料を塗布する。	○		
3		炉壁外面に保溫	炉壁に保溫材を施工し放熱を抑える	○		
4		RCファンの水冷レス化	必要以上放熱させない。		○	
5	バーナ効率UP	レキュペレータ使用	有効熱効率(AH) : 約65%	○		
6		高効率レキュバーナ化	有効熱効率(AH) : 約70%	○		
7		リジエネバーナ化	有効熱効率(AH) : 約80%		○	
8		排ガスO <sub>2</sub> 監視化	過剰空気比を適正に調整することで、ガス使用量削減	○		
9		PIDバーナ制御化	ON-OFF制御からPID制御	○		
10		ラジアントチューブ内に蓄熱体設置	排気熱の利用で熱効率向上	○		
11	1-ティイティの変更	酸素(富化)バーナ	支燃剤を酸素にすることでレキュバーナ、リジエネバーナと同等の省エネを実現			○
12		電熱化	トランスレス、サイリストア使用			○
13		灯油→LPG→都市ガス(都市ガス)	CO <sub>2</sub> 排出量 灯油→LPG : 14%減、LPG→都市ガス : 13%減			○
14	電力量削減	高効率モータ化	電力使用量の削減		○	
15		インバータ化	必要以上に大きなポンプを絞って運転している場合	○		
16		アモルファストランクス化	待機電力の低減		○	
17		トレー・治具の軽量化	材質を熱容量の小さいもの(C/Cなど)にする	○		
18	昇温時間短縮	昇温時のRCファン回転数UP化	温度域で可変させることで昇温時間短縮。	○		
19	排熱利用	バーナ排ガスの再利用	アルカリ洗浄液・焼戻炉等の予熱	○		
20	見える化	IoT化(CRism®)	運転状況を確認することでトラブル予防・安定稼働	-	-	-
21		サーモグラフィー	炉の表面温度を可視化し、熱損失防止対策実施	-	-	-
22	無駄削減	不要時のポンプ・機器運転停止	待機時にブロワー停止、冷却時以外の冷却水量削減	○		
23		コンプレッサーの設定見直し	設定圧を下げることで消費電力削減	○		
24		炉立上げ時間の調整	必要な装置から立ち上げて、待機時間を削減	○		
25		待機時間の削減	待機時間を減らすことで生産性向上	○		

# アモルファス変圧器

## 概要

鉄芯に従来のケイ素鋼板の代わりにアモルファス合金を採用することで、無負荷損（鉄損）が小さくなり省エネ効果が期待できます。

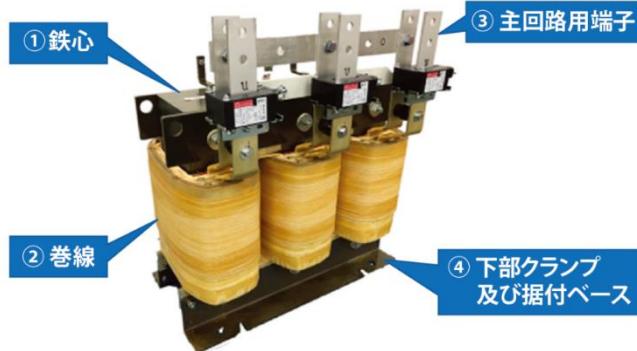


図2 変圧器を構成する主な部品

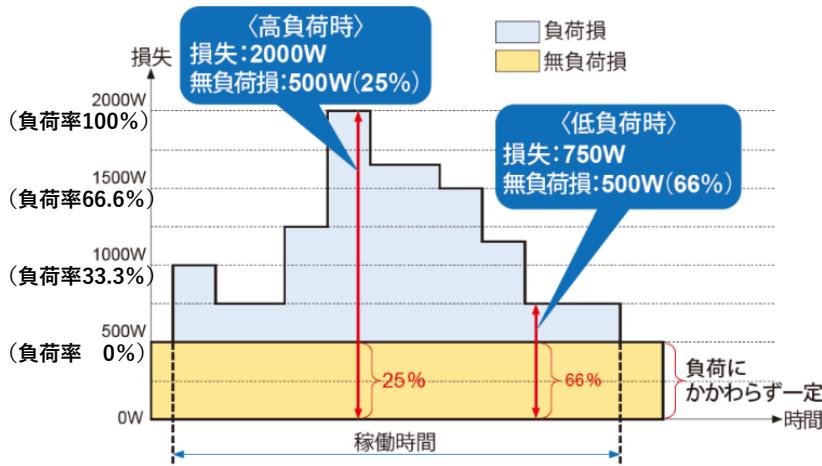
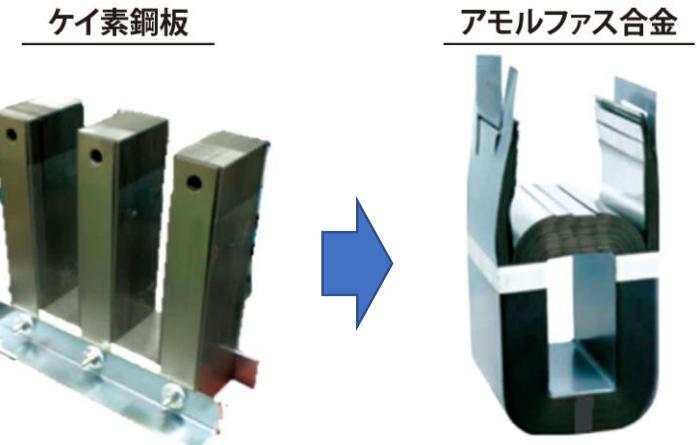


図6 負荷変動による発生損失の例

出典：工業加熱Vol56, No.6\_電気炉に対するアモルファス変圧器の適用（東洋電機（株））

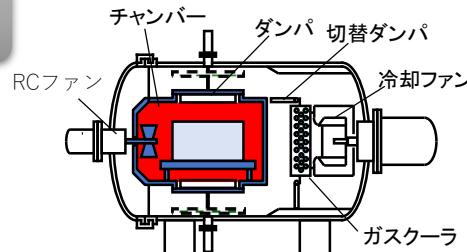


- 削減額は負荷率による変動は小さい  
→投資回収期間は稼働時間による
- 削減率は負荷率が小さい方が効果大  
→負荷変動が大きいバッч炉での削減効果が大きい

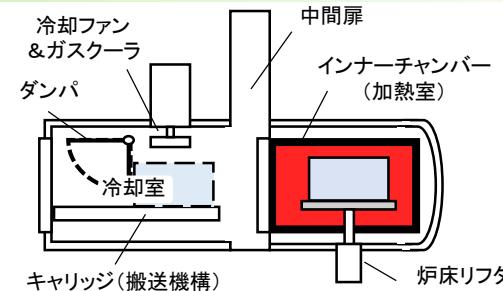
トランクの法定耐用年数15年、更新推奨時期は20年です。

# 炉形による省エネ（1室 ⇄ 2室の比較）

## 1室炉



## 2室炉



比較項目	1室炉	2室炉	2室型の特徴
冷却能力	×	○	冷却専用の部屋で冷却する為、ヒータ・断熱材等を冷却する必要なく、冷却能力が高い。
光輝性	△	○	加熱室は大気開放しないので水分等の混入が少ない。 バッチ炉でDPが必要でも、2室炉はDP無しで対応可の場合あり。
温度分布	○	○	温度分布性能は同等。
冷却時のN2消費量	×	○	冷却専用の部屋の為、コンパクトになり使用ガス量低減。(約2割減) 冷却時間が同一なら、冷却圧力を下げられる
加熱時の電力消費量	×	○	1室型は同じ部屋で冷却を行う為、毎バッチ温度を落とす必要あるが、2室型はその必要がない。 (約4割削減)
炉内の清浄度	×	○	1室型は断熱材等が粉化し冷却時に室内を舞う可能性あるが、別室としている為、炉内はクリーンな状態を保つ事が可能。
炉内部品寿命	×	○	加熱室は冷却不要で、常に真空(酸素混入小)なので炉内部材の損耗低減が可能。
炉設置スペース	○	△	設置面積は1室型に比べ1.2倍(次項参照)
設備コスト	○	△	設備コストは1室型に比べ高いが、トータルコストは低い

# 炉形による省エネ（1室 ⇄ 2室の比較）

条件) Size : 610×610×920、積載量 : Gross 520kg/charge

1室炉 型式 : VF-40



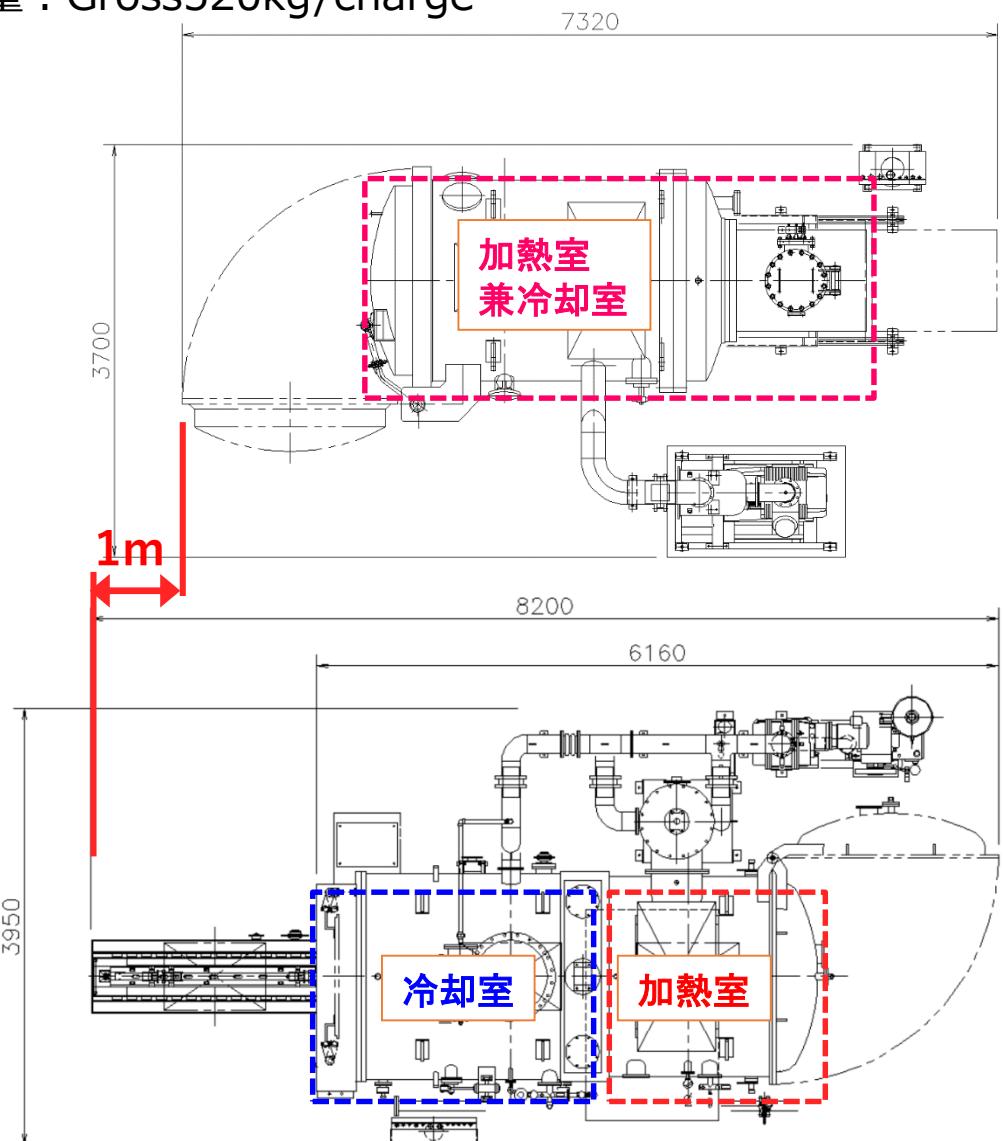
フットプリント : 27.1m<sup>2</sup>

2室炉 型式 : CF-40



フットプリント : 32.4m<sup>2</sup>

※1室炉の約1.2倍



# 炉形による省エネ（1室 ⇄ 2室の比較）

比較項目	1室炉	2室炉	備考
ランニングコスト			
N2使用量	21.6m <sup>3</sup> /ch 117万円/年	17.4m <sup>3</sup> /ch 94万円/年	単価：60円/m <sup>3</sup> (タンクローリー販売価格) 冷却圧力：290kPa abs
電力量	415kWh/ch 560万円/年	236kWh/ch 319万円/年	単価：15円/kW 2室炉はバッチ炉と比較して炉材加熱電力が半分
炉内更新費用	75万円/年	25万円/年	交換頻度 バッチ炉：6年毎(3回/20年) 2室炉：10年毎(1回/20年)
年間コスト合計	<b>752万円/年</b>	<b>438万円/年</b>	
CO <sub>2</sub> 排出量	0.129tCO <sub>2</sub> /ch	0.0734tCO <sub>2</sub> /ch	CO <sub>2</sub> 排出係数：0.000311tCO <sub>2</sub> /kWh (R3年関西電力調整後)
設備コスト	<b>1</b>	<b>1.15</b>	バッチ炉：VF-40Ⅱ (DP付なら+a) 2室炉：CF-40
20年間 総コスト	<b>1</b>	<b>0.73</b>	設備寿命を20年と仮定 人件費、定期メンテ費用は不含

条件) Size : 610×610×920、積載量 : Gross520kg/charge、処理数 : 900charge/年

2室炉にすると設備コスト差を約2.5年で回収でき、  
20年間のご使用で5,000万円以上節約できます。

2室炉で**43%CO<sub>2</sub>削減**

# 雰囲気ガス発生装置を炉内設置型へ変更

従来型

別置型Rガス発生機

 $\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ↓  
常温

常温

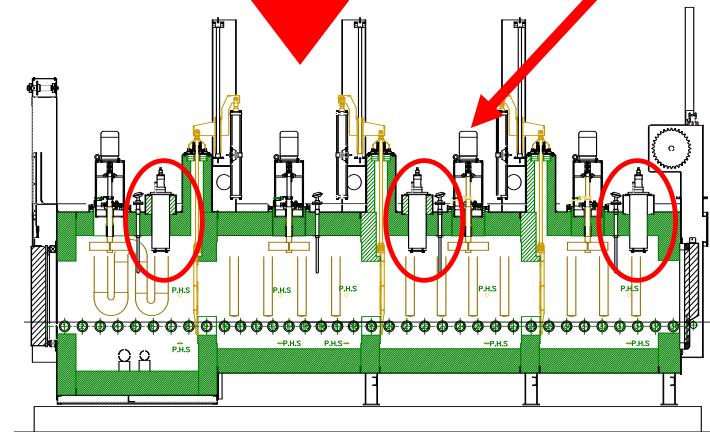
↓  
 $\sim 900^{\circ}\text{C}$ 

省エネ型

炉内設置型Rガス発生機



浸炭炉とは別置  
大容量のガス発生が可能  
発生ガスは、冷却し炉内で  
再加熱が必要となる



浸炭炉天井部に設置  
炉内でガスを発生させるため、  
①発生機の放熱量削減  
②ガスの再加熱が不要  
→CO2排出量：従来比1/5

NEW!!

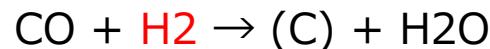
窒化プロセスで必要な  
AXガスにも対応しました！

※中外炉ブースで詳細掲示中

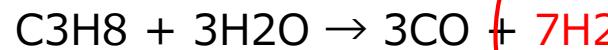
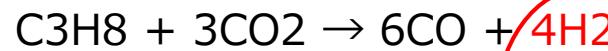
# ガス浸炭処理の現状

炉内雰囲気を安定させるため、多量のキャリアガス（Rガス）を炉に導入し燃焼廃棄している→エネルギー消費量&CO<sub>2</sub>の排出量大

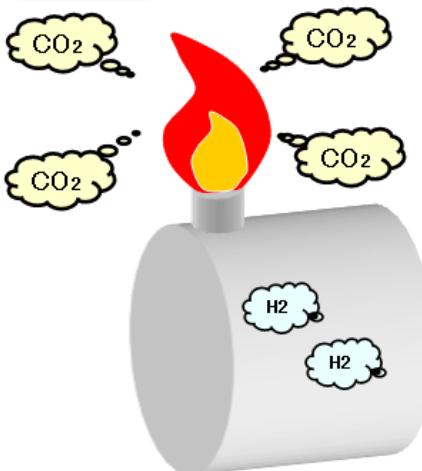
■処理材表面における浸炭反応式



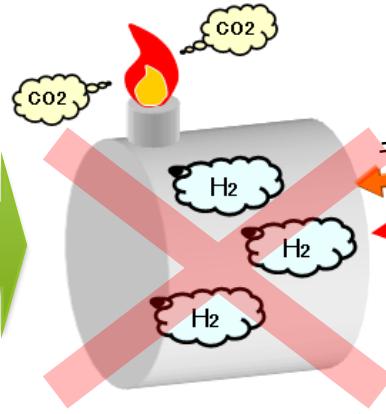
■C3H8をエンリッチガスとした場合



現状

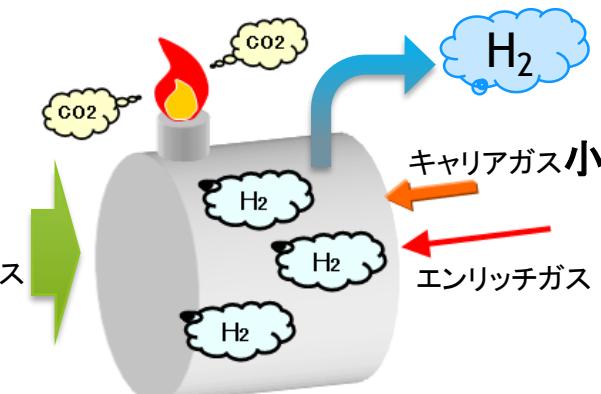


キャリアガス減少



キャリアガスを減らせばH<sub>2</sub>濃度が上昇  
⇒浸炭不良 NG

キャリアガス減少+H<sub>2</sub>除去



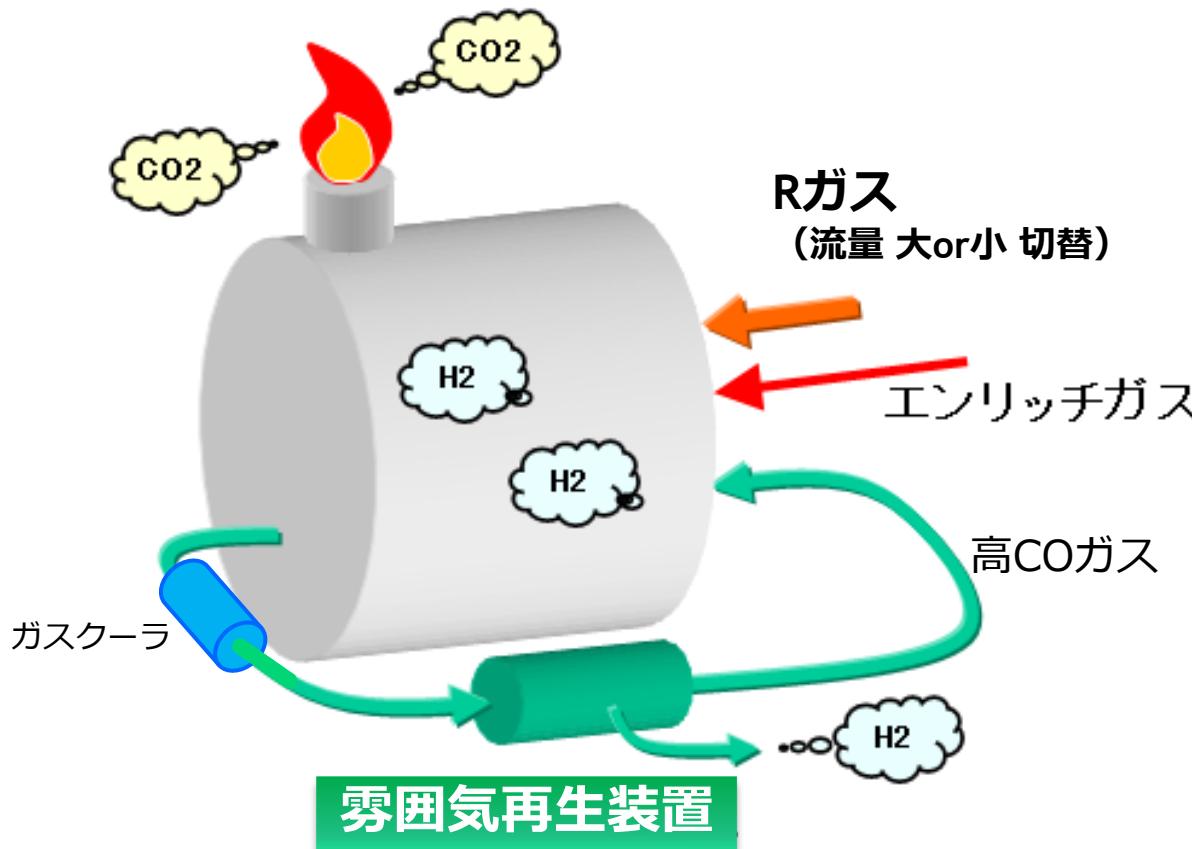
H<sub>2</sub>のみを除去  
⇒OK?

## 雰囲気再生装置の概要

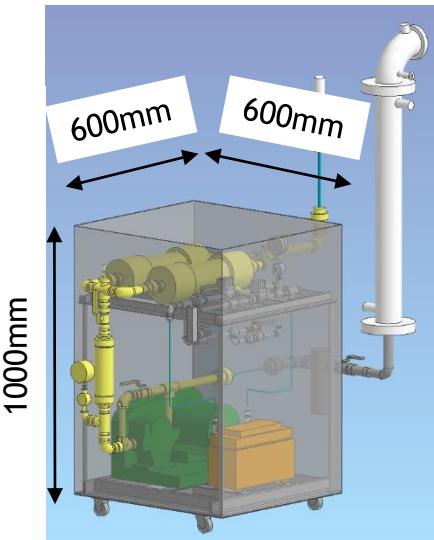
## ■ 使用方法

Rガス使用量を減少させても、増加したH<sub>2</sub>を除去することで、品質向上が期待できる。

特許番号：特許第5615212号



雰囲気再生装置



制御盤



## ■ 3条件で比較

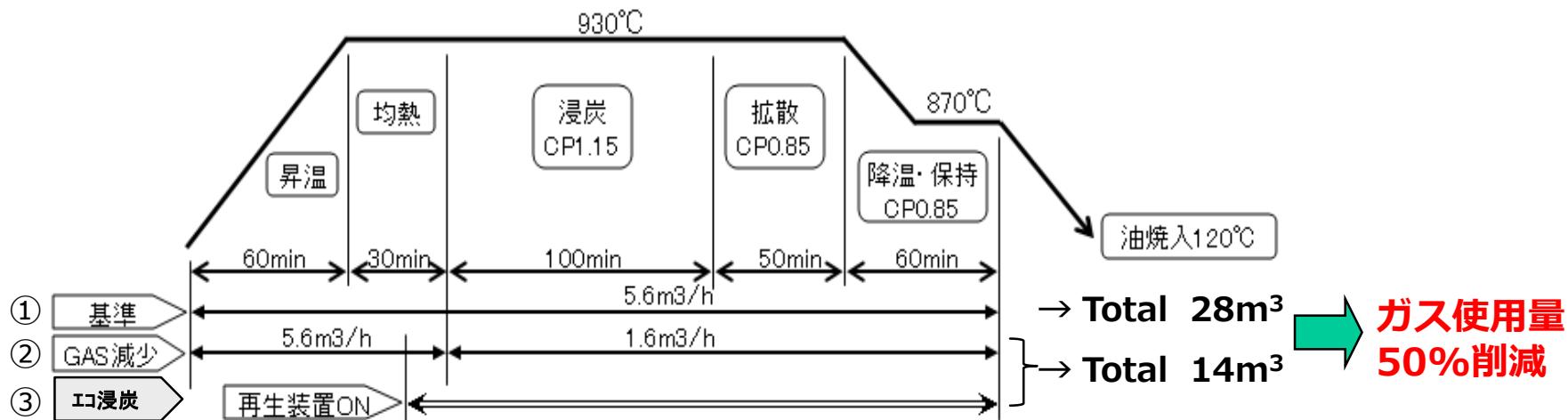
- ① 基準条件（通常Rガス量）
- ② Rガス減少のみ（③との比較用）
- ③ Rガス減少 + 再生装置作動（エコ浸炭）

■ 端と中央に丸棒TP ( $\varphi 20 \times 50L$  SC r 420)

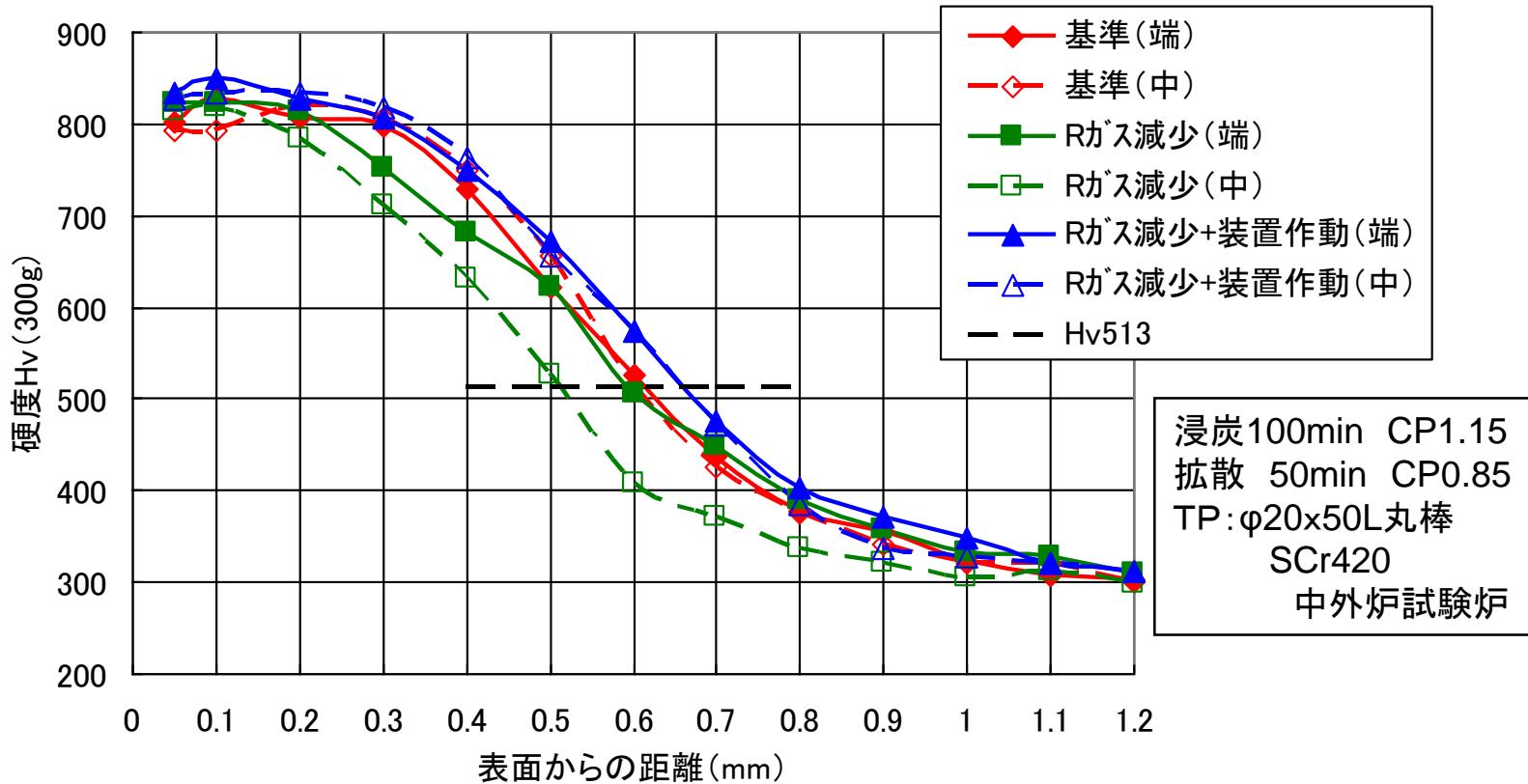
■ ダミー鋼板（約11m<sup>2</sup>）積載

■ CO濃度設定 23.5%（原料ガス：LPG）

## 積載状況



## ■ 浸炭焼入後の硬度分布比較（トレイ端と中央）



■ 有効硬化層深さは装置作動時が若干深い  
→同じ硬度なら処理時間短縮が可能

※条件を提示して頂ければ削減量を算出致します。（処理条件、材料表面積etc.）

# 目 次

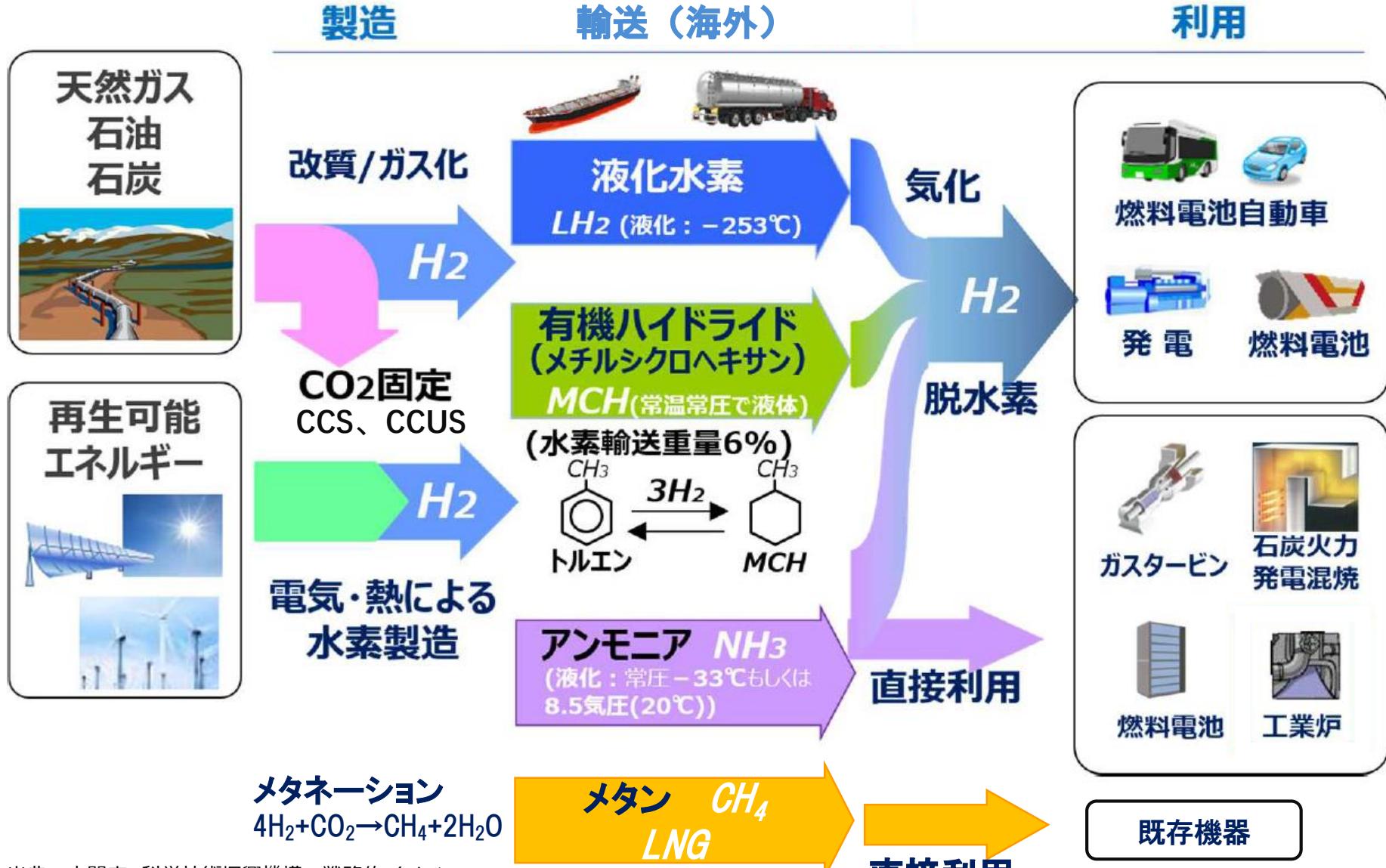
## 1. 省エネ技術

- ・アモルファス変圧器
- ・新設時の炉形選択
- ・炉内設置型ガス発生機
- ・雰囲気再生装置

## 2. 水素バーナ（ラジアントチューブバーナ）

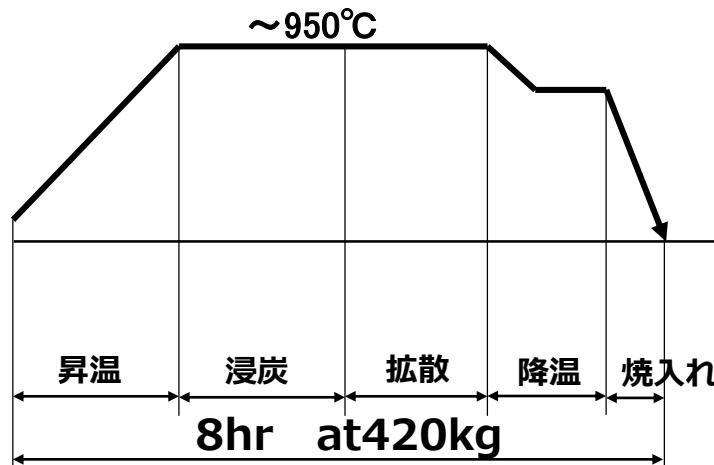
## 3. ガス焚き炉の電熱化

# 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 戰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

# バッチ炉のガス消費量（例）～水素バーナ化～



燃料	ガス消費量
都市ガス（都市ガス）	50m <sup>3</sup> /charge
水素ガス（換算）	200m <sup>3</sup> /charge

約4倍

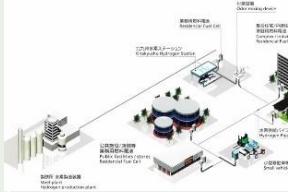


1バッチでカーボル1台分の水素が必要

液化水素なら250L

水素供給体制の構築が重要

# 現状の水素ガス供給方法

種類	圧縮水素	液体水素	パイプライン	水素発生機	
供給・運搬方法	ボンベ (カードル)	ローリー車	液化水素ローリー	パイプ	
外観	 容量 : 140m³	 容量 : 3,000m³	 容量 : 3万m³		
イニシャルコスト	◎	○ タンク必要なら△	△ 専用タンク・ベーパライザが必要	✗ 大規模なインフラ投資が必要	✗ 数億円/台 (オサト契約なら○)
ランニングコスト (概算)	300円/m³~	100円/m³~	100円/m³~	~50円/m³	50~100円/m³
入手難易度	◎	○	△製造工場は全国に3か所(千葉、大阪、山口)	✗コンビナート・化学工場の近傍のみ	○
メリット	イニシャルコスト小	イニシャルコスト小	貯蔵体積が小 (気体の1/800)	ランニングコスト小	ランニングコスト小
デメリット	ランニングコスト大 ガス使用量が多いとカーボル交換が煩雑	供給メーカーが少ない	<ul style="list-style-type: none"> <li>専用の貯蔵設備が必要</li> <li>液体水素取扱うメーカー・地域が限定される</li> </ul>	イニシャルコスト大、安全対策が必要	イニシャルコスト大 (オサト契約ならイニシャルコスト小)
供給メーカー	ガス供給会社	岩谷産業、エア・ウォーターなど	岩谷産業	製鉄所・化学工場	デンソー、大が入、神鋼環境、エアウォーター、住友精化、三菱化工、東芝、日立etc.

# 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-NH<sub>3</sub>ではない、いわゆるグレー-NH<sub>3</sub>)

※2) 海外の安い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CO<sub>2</sub>は、CCSでカーボンオフセット。Cフリー-NH<sub>3</sub>の一種でブルー-NH<sub>3</sub>と呼ばれる)

# 水素バーナについての取組み

2018年11月8日  
トヨタ自動車株式会社

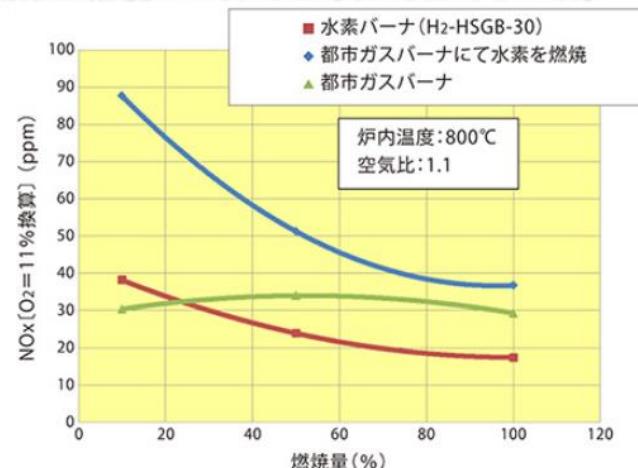
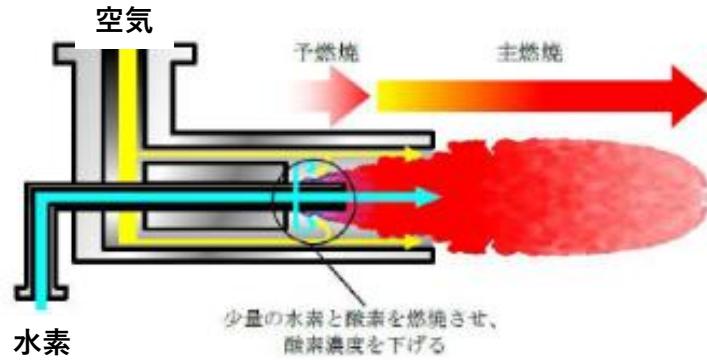
## トヨタ自動車、工業利用を目的とした世界初の汎用水素バーナーを開発 －燃焼時のCO<sub>2</sub>ゼロに加え、新開発の機構によってNOx排出を都市ガスバーナー以下に低減－

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

# 間接加熱式（RT）水素燃焼バーナのご紹介

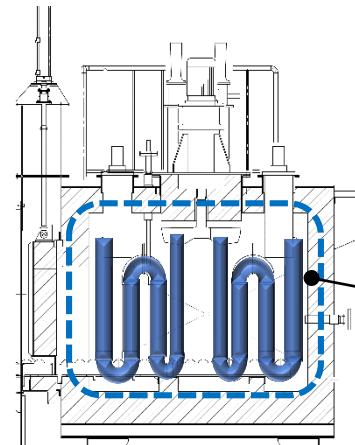
## 熱処理炉の熱源を水素燃焼化

- \* バッチ型ガス浸炭炉（ハイ・シフター）／連続式浸炭炉（CCF）の加熱源として  
多数実績のある大容量W型ラジアントチューブ燃焼器を水素燃焼化。
- \* その他の熱処理炉でも適用ケースあり。（焼鈍炉他）

ハイ・シフター

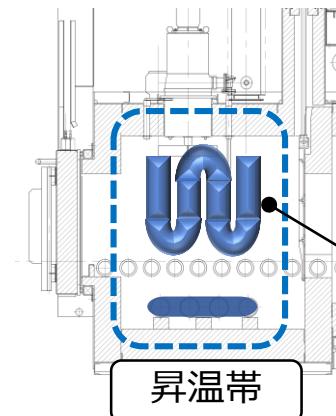


CCF



<スーパー型ハイ・シフターの場合>  
4.8万kcal/h×4本 = 19.2万kcal/h  
総出力 = 223kW

W型RTバーナ×4本



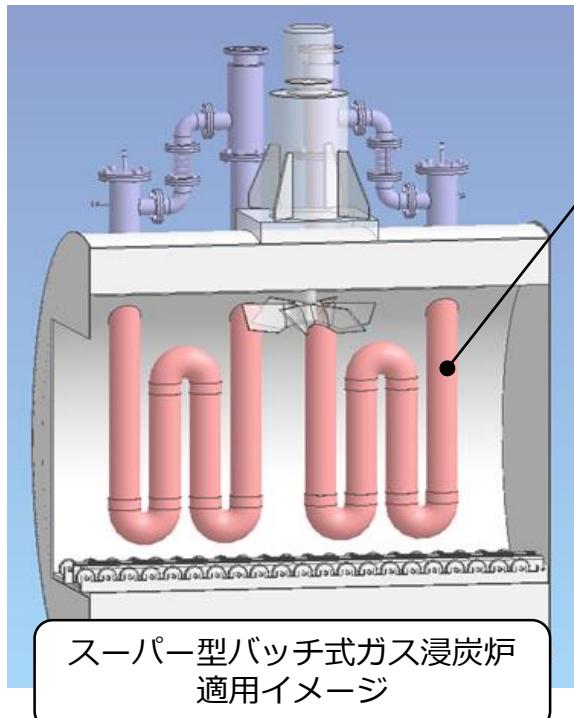
<CCF 昇温帯の場合>  
6.1万kcal/h×2本 + 5.1万kcal/h  
= 17.3万kcal/h  
総出力 = 201kW

W型RTバーナ×3本

# バーナ性能・特徴

## ①大容量

- ✓ W型ラジアントチューブ（RT）燃焼器（大容量）のH2燃焼対応器は**業界初！**
- ✓ バッチ式ガス浸炭炉や連続ガス浸炭炉等の昇温帯は、W型RT燃焼器を従来より採用。
- ✓ 最大容量3.5万kcal/h(40kW)～6.4万kcal/h(75kW)まで、幅広く対応可能。



### W型チューブ

: 狹い空間で高出力が必要な、バッチ炉・連続炉の昇温帯に多数採用。小容量の燃焼器は以下の理由で採用ケース少。  
 ①炉内・炉外スペースの制限上、設置が不可能なケースも。  
 ②燃焼器間隔がせまい=温度干渉=チューブ寿命短命化

容量×チューブサイズ

: 容量55,000kcal/hを間にチューブ径5Bサイズ, 6Bサイズに対応



# バーナ性能・特徴

## ②高効率

- ✓ 耐久性の高い耐熱鋳鋼製かつ高効率（熱交換性能が高い）レキュペレータを採用。
- ✓ @水素燃焼, 炉温950°C, AH = 75%以上。(@都市ガス燃焼時AH = 70%以上)

### 熱交換器部

：凹凸形状で伝熱面積が広い！ = 熱交換性能良  
回収後の予熱空気温度 = 約650°C～700°C超  
従来型より排ガス損失ベースで **AH5%向上**

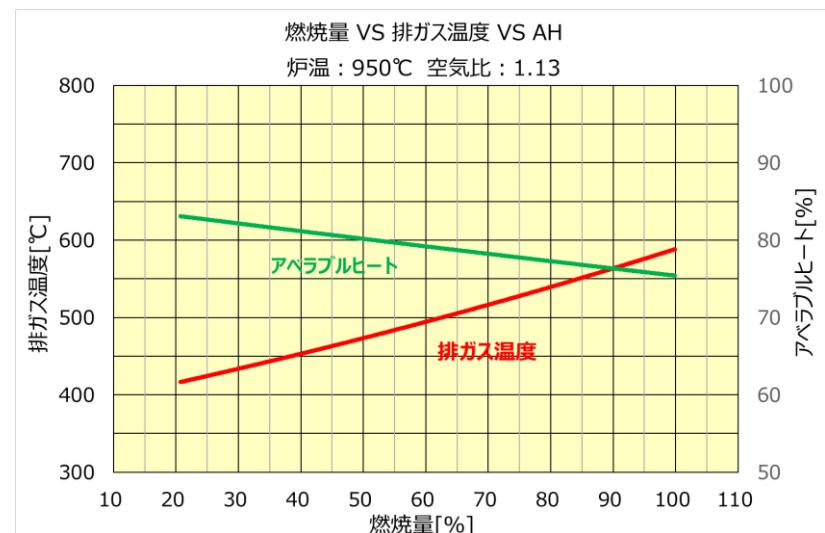


※ AH = アベラブルヒート（有効熱量）

**AH5%向上 ≒ 燃料節約率約7%**

例えばハイシフター/水素燃料ケースで  
年間約100万円のランニングコスト減

注) 年間24時間×300日操業  
水素単価 ¥ 100/m<sup>3</sup>Nとして



※100% = 64,000kcal/h  
残留O<sub>2</sub> ≒ 3%時

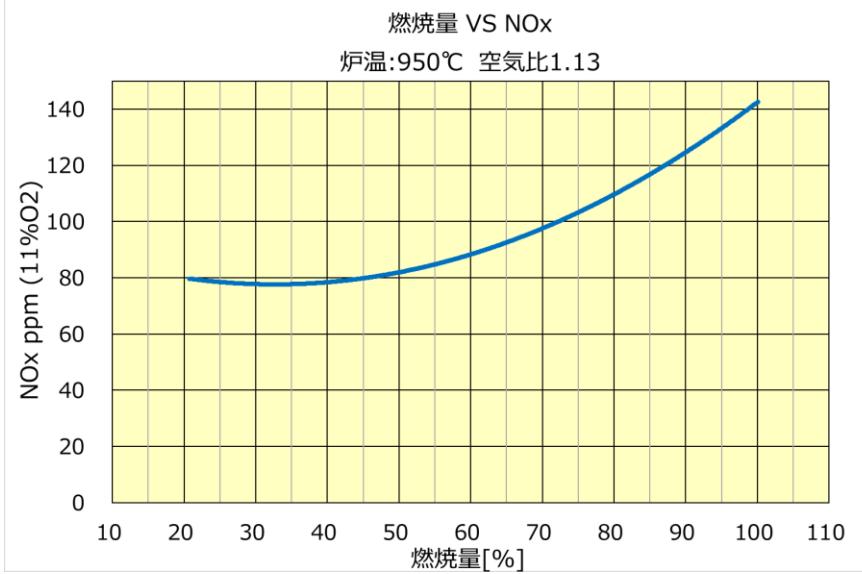
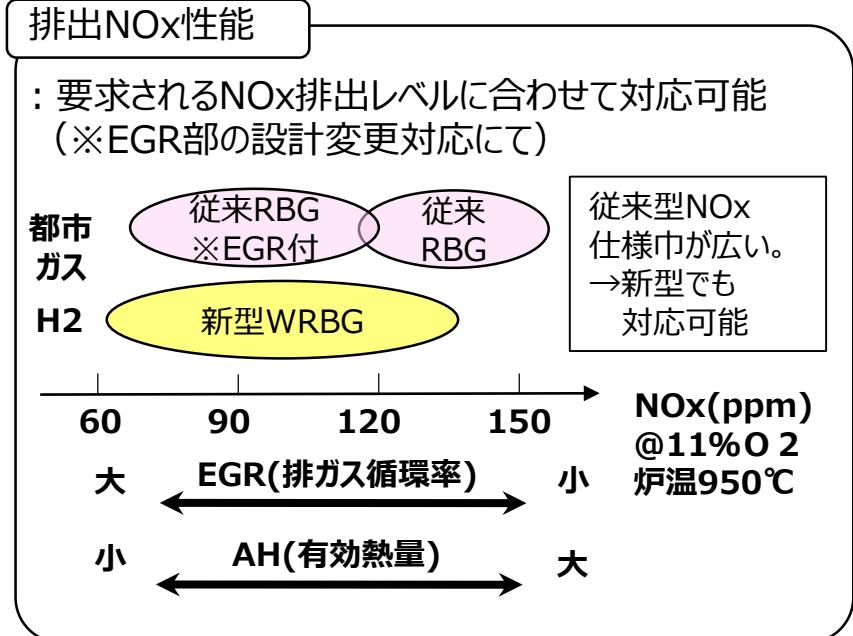
# バーナ性能・特徴

## ③低排出NOx

- ✓ 水素燃焼時でも都市ガス燃焼同等・以下の排出NOx性能。
- ✓ 排出NOx : 数十ppm~150ppm@11%換算値まで対応。



EGR : 排ガス循環部  
レキュペレータ先端に設置  
**高効率(AH) +  
高排ガス循環率(低NOx性)両立**



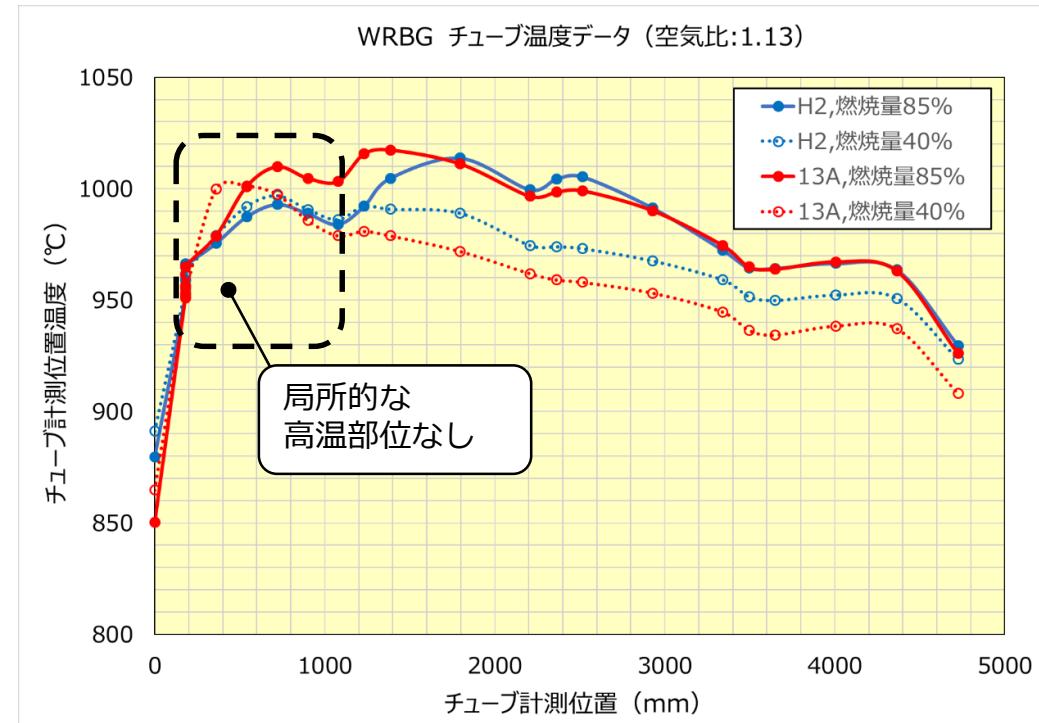
# バーナ性能・特徴

## ④ 温度分布性良

- ✓ 都市ガス燃焼時と同レベルのチューブ内温度分布 = EGR率と燃焼混合部の適正化。
- ✓ 火炎近傍部の局所的な高温化がない = チューブの長寿命化が期待できる。

### チューブ温度測定

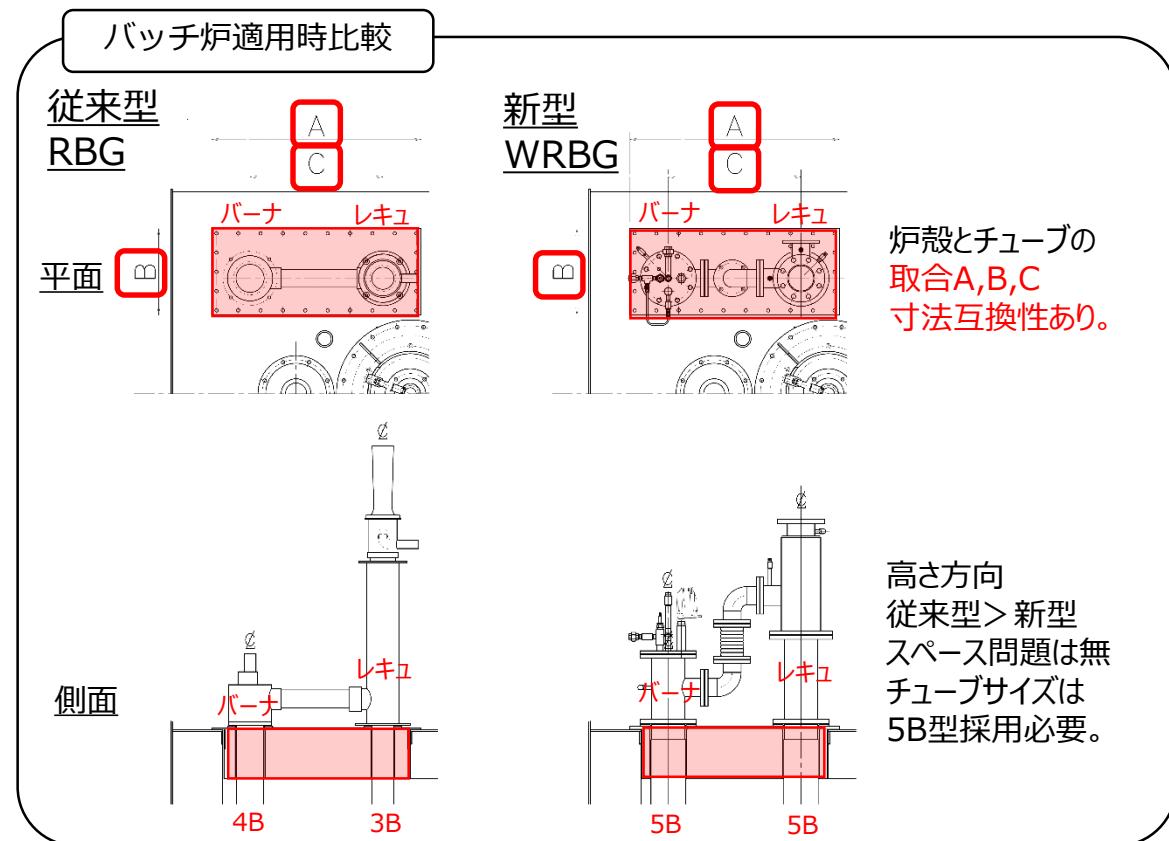
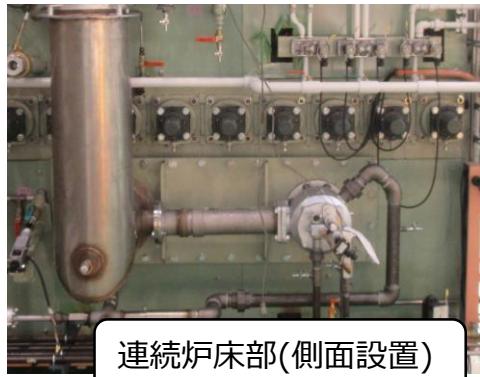
：新型WRBG-都市ガス燃焼（都市ガス専焼構造）と  
新型WRBG-H2燃焼時のチューブ内温度を  
測定評価。



# バーナ性能・特徴

## ⑤取合互換性あり

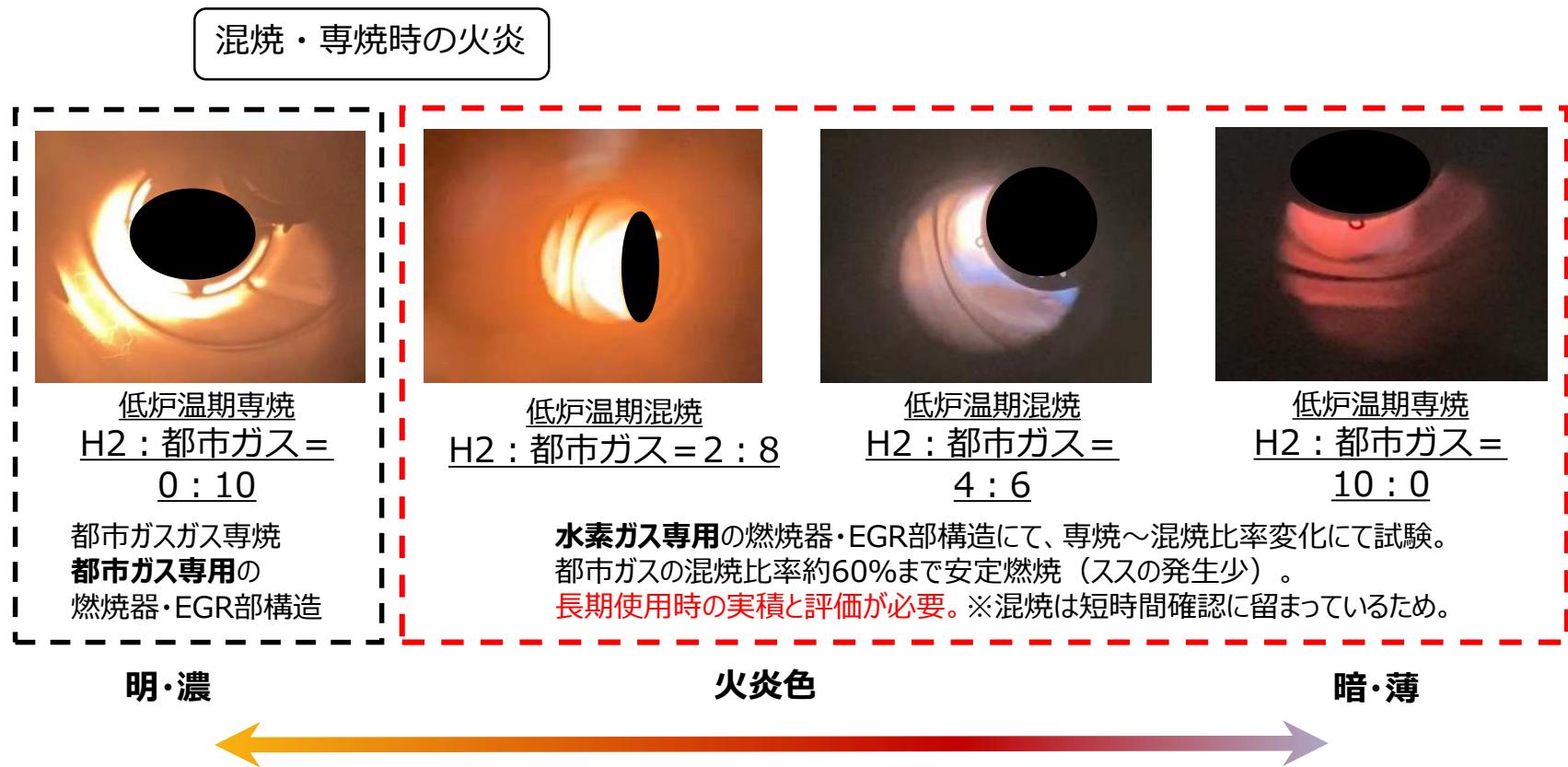
- ✓ バッチ式浸炭炉／連続浸炭炉殻・炉内側取合と互換性あり。
- ✓ 既設改造ベースでも取合互換性あり。（チューブサイズアップ・更新は必要。）



# バーナ性能・特徴

## ⑥混焼対応可能

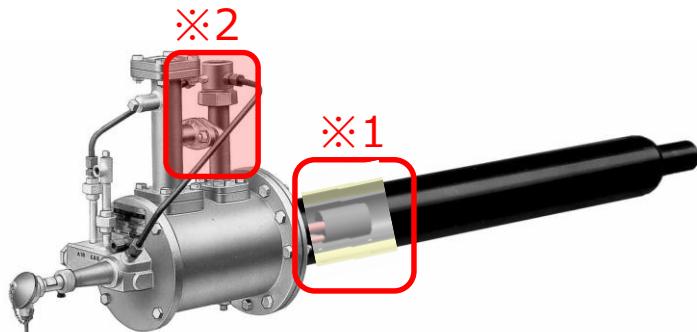
- ✓ H2ガス仕様の燃焼器部・EGR部の構成で混焼可能 (H2:都市ガス=4:6程度)
- ✓ 都市ガス専焼は燃転対応にて可能



# I型ラジアントチューブ 水素燃焼バーナ

## CRB-H2バーナの特徴

- ① 小型・コンパクト : 均熱性重視向け。12,000~16,000kcal/h
- ② 高効率 : 内臓レキュによりAH = 65-70%以上@H2燃焼時。
- ③ 低NOx排出 : EGR強化により都市ガス燃焼同等・以下の排出性能。
- ④ 温度分布性良 : 都市ガス燃料と同レベルのチューブ内温度分布。
- ⑤ 低コスト燃転 : 従来バーナ少数部品の更新で燃料転換可能。
- ⑥ 高い安全性 : ノズルミックス混合部の適正化で高い安全性。
- ⑦ 制御汎用性 : ON-OFF制御～FIC制御まで広い対応範囲。



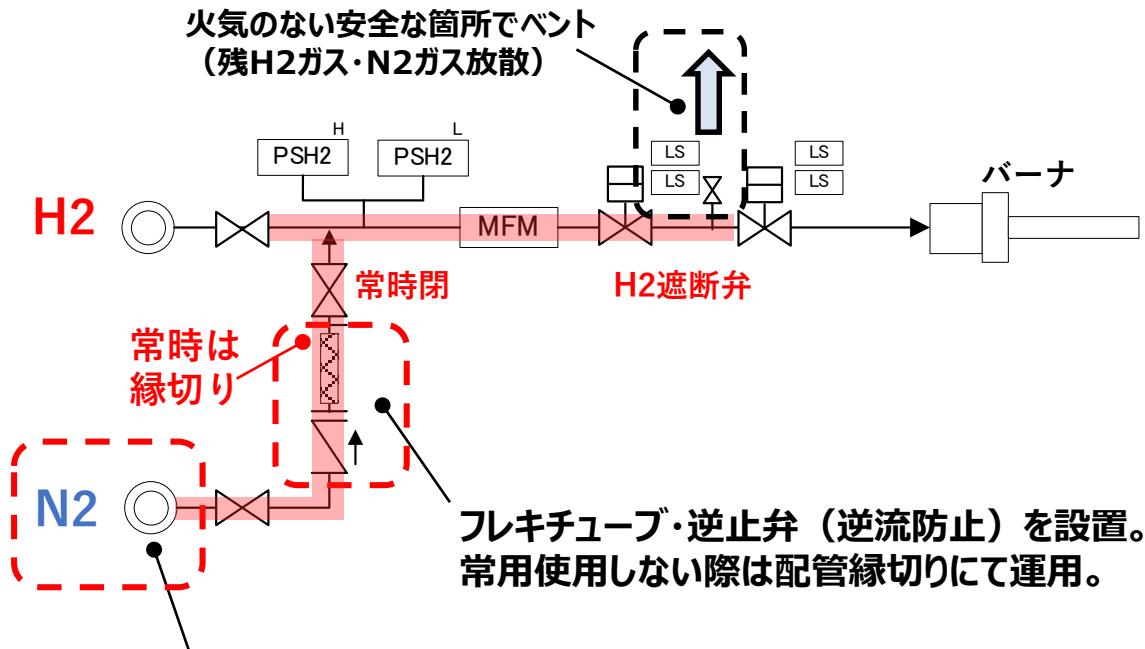
- ※1:点火・ガス/エア混合部  
ダイレクト点火・ノズルミックス構造採用。  
混合部の緩慢燃焼性と安定した点火性の両立
- ※2:EGR = 排ガス再循環  
燃焼排ガスの一部を燃焼空気ライン部に吸引させ  
燃焼空気中の酸素濃度を希釈し、燃焼反応を緩慢化  
→ 低NOx排出燃焼が可能。

CRBバーナ

# 水素燃焼安全対策（例①）

## 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N<sub>2</sub>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)

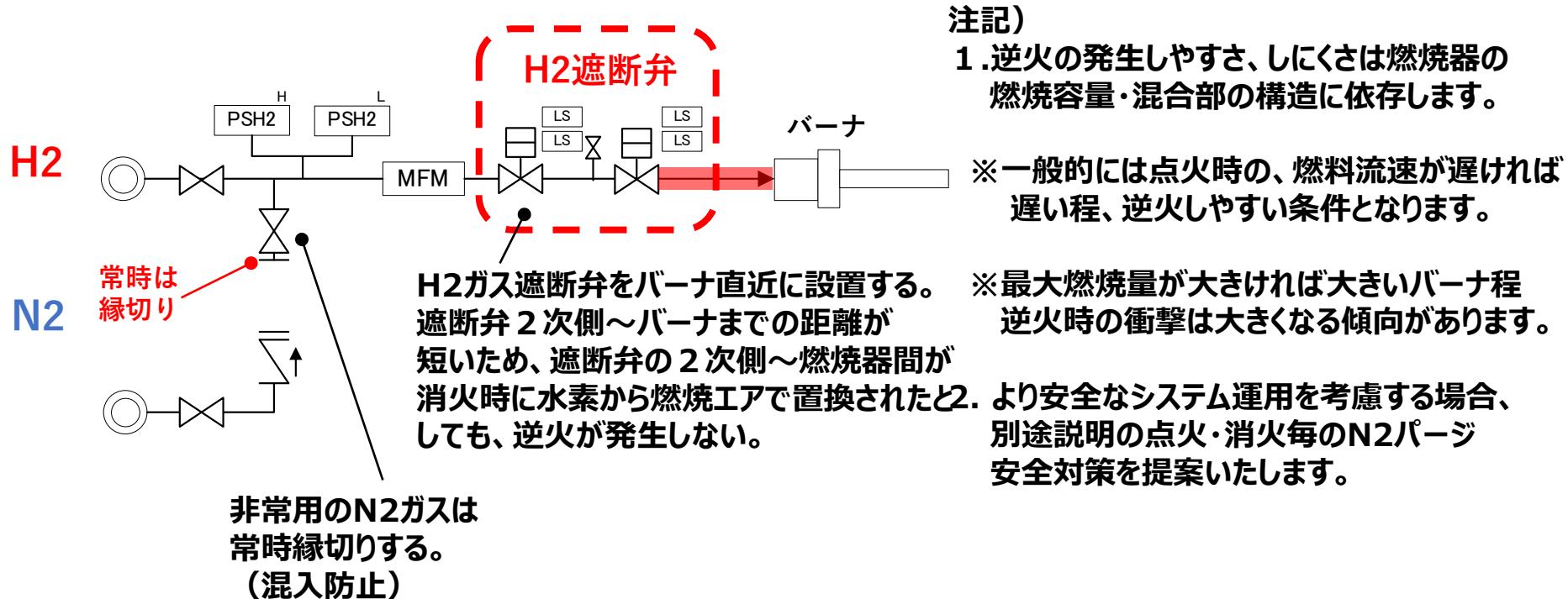
1. 不活性ガスへ置換せずに、配管内に  
大気が残留した状態でH2ガス通しすると  
大気中の酸素とH2ガスが予混合してしまい、  
立上げ・点火時に逆火する危険性がある。

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N<sub>2</sub>ガスに置換する。  
N<sub>2</sub>ガスは常用使用しない。

# 水素燃焼安全対策（例②）

## ② H<sub>2</sub>ガス遮断弁をバーナ直近に設置・施工

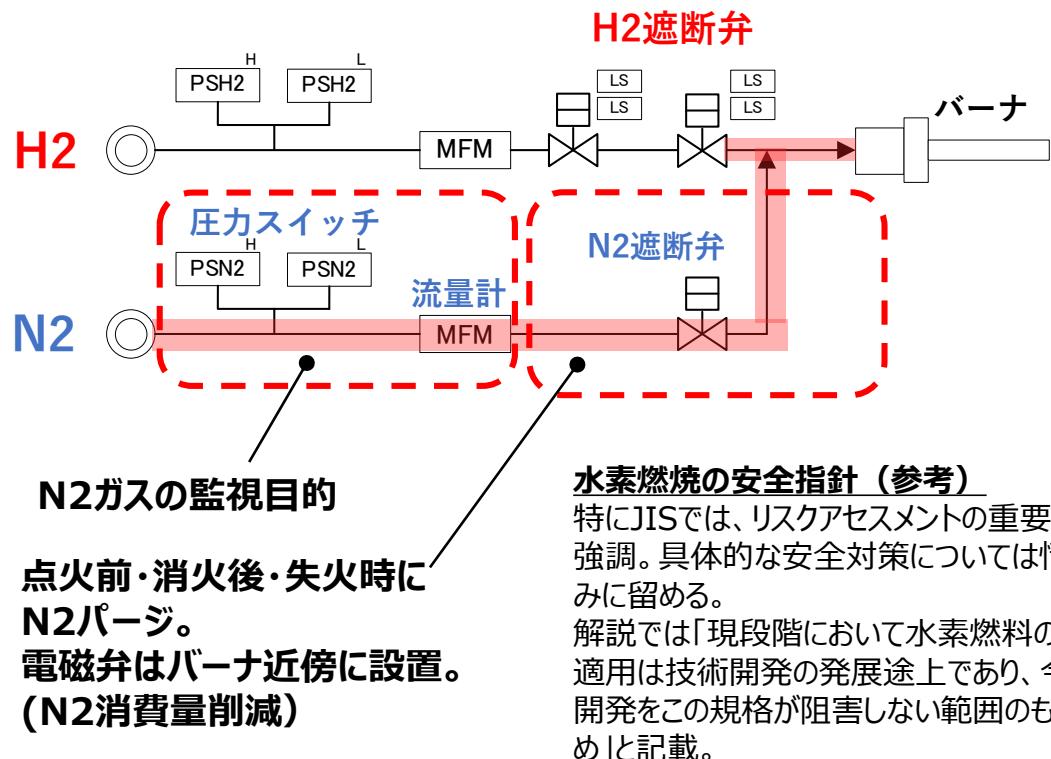
- ✓ 燃料・H<sub>2</sub>ガス遮断弁を各バーナ直近に設置することで、逆火を防止する。
- ✓ ガス遮断弁は透過性の高い燃料（H<sub>2</sub>）のため2重遮断・開閉LS付推奨。



# 水素燃焼安全対策（例③）

## ③ 点火前・消火後・失火時のN2ページ（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（確実にページが行われているか。）推奨。



### 水素燃焼の安全指針（参考）

特にJISでは、リスクアセスメントの重要性についてを強調。具体的な安全対策については情報提供のみに留める。解説では「現段階において水素燃料の燃焼炉への適用は技術開発の発展途上であり、今後の技術開発をこの規格が阻害しない範囲のものとするため」と記載。

### 注記）

- 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ケースがあります。
- 時間比例制御採用時は実装非推奨。  
N2ペ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。



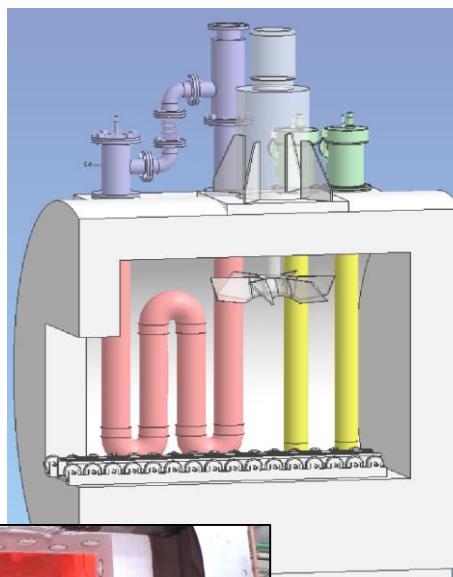
2023年9月  
日本ガス協会  
工業用ガス燃焼設備の  
安全技術指標



2024年6月  
JIS B 8415-2  
工業用燃焼炉の  
安全通則

# 水素燃焼式 RT バーナ搭載デモ機のご紹介

- W型RT水素バーナ・I型RT水素バーナを実装した水素燃焼式熱処理実証炉
- 本実証炉にて加熱能力・温度分布・耐久性・安全性の検証を行い、従来の化石燃料と同等の性能を有していることを確認



項目	仕様
機能	加熱機能
有効寸法	610×920×580H(STD-H/S)
装入重量	グロス440kg@炉温930℃
加熱方式	水素ガス燃焼器
燃焼量	最大：193kW(166,000kcal/h) 常用：147kW(127,000kcal/h)
温度制御	PID時間比例制御、ON-OFF制御 位置比例制御 (CRBのみ)
燃焼器構成	WRBG-H2-5B ×2pcs CRB-H2-4B ×4pcs
付帯設備	なし (搬送・油槽・ガス導入)

# 水素燃焼式カーテンバーナ (都市ガス比較)

都市ガス燃焼



水素燃焼



年間7tonのCO<sub>2</sub>削減効果あり

バッチ炉・1320ch/y

# 中外炉製水素バーナーのラインナップ



# アンモニアバーナの開発

## 性能・耐久性などを実証評価中

### アンモニアバーナ開発への取組

- 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着手。

### 現時点での弊社の成果

- 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温炉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）

### NEDO「エネルギー・環境新技術先導研究プログラム」採択

#### 社会実装に向けた課題の抽出と整理

- 各種燃焼シミュレーション、数値解析
- アンモニア燃焼炉における炉内構成部材（耐火材、断熱材）・被加熱物への燃焼排ガスによる影響調査
- 工業炉の代表的な燃焼装置であるラジアントチューブバーナおよびリジェネバーナのプロトタイプと試験炉を施策、燃焼試験による性能評価を実施



ラジアントチューブバーナ試験装置



リジェネバーナ試験装置

2025年までに実用化予定

# 目 次

## 1. 省エネ技術

- ・アモルファス変圧器
- ・新設時の炉形選択
- ・炉内設置型ガス発生機
- ・雰囲気再生装置

## 2. 水素バーナ（ラジアントチューブバーナ）

## 3. ガス焚き炉の電熱化

# 電熱化のコンセプト

## CO<sub>2</sub>排出量削減※1により脱炭素社会に貢献!!

### メリット

#### ✓ 安全操業

バーナ点火操作に比べて操作が容易（誤操作が少ない）  
異常燃焼の発生なし

#### ✓ 省力化

バーナの空燃比調整が不要

#### ✓ 省スペース

炉廻り配管が少なく、設備が簡素化される（電線施工のみ）  
炉外排ガスダクトが不要になり、排ガス装置不要、工事費削減

#### ✓ 制御性が良好

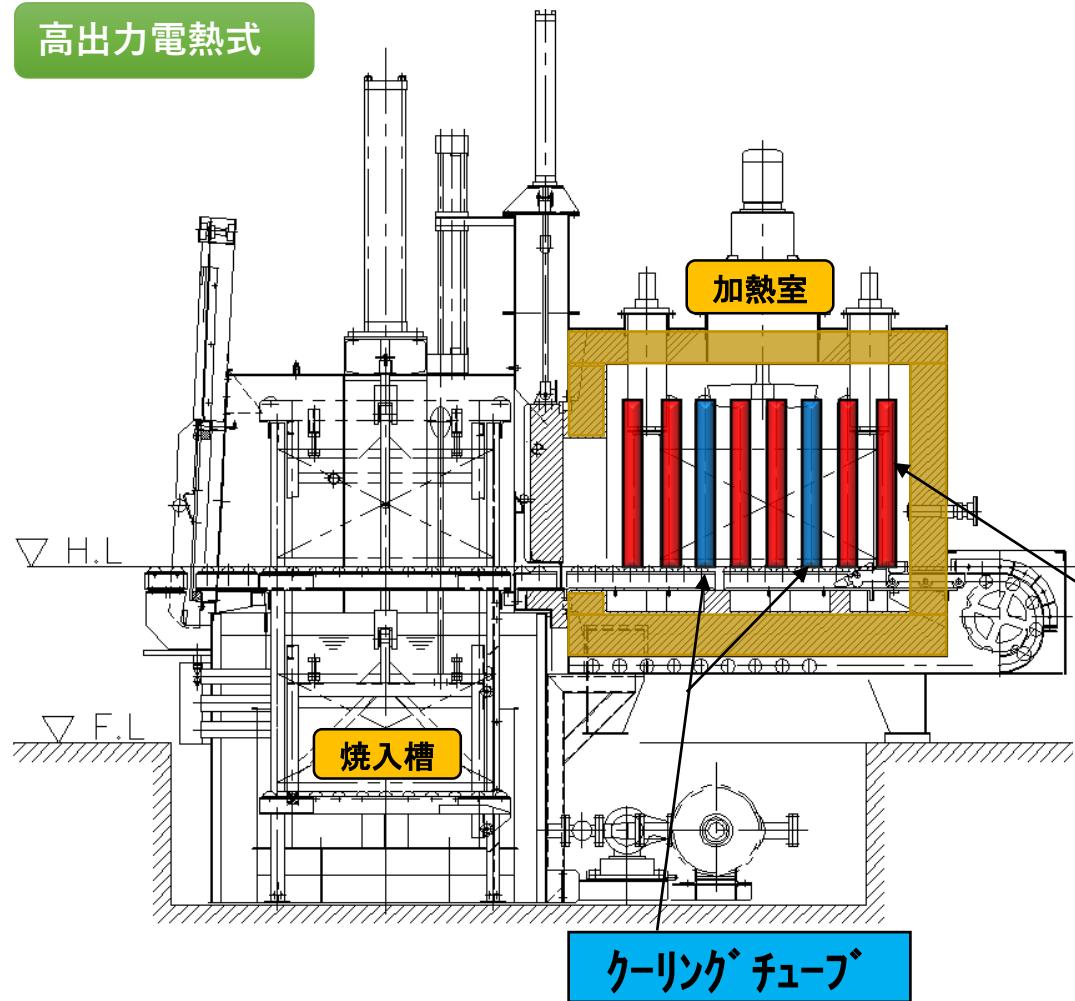
SCR制御などによりきめ細かな温度制御が可能

### 注記※1

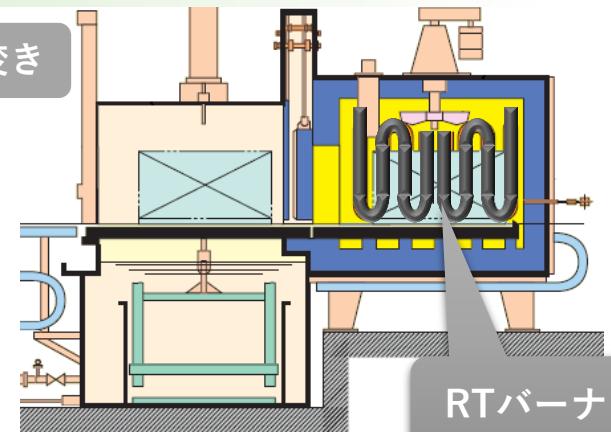
- ・電熱化により工場からのCO<sub>2</sub>排出量は100%削減します。
- ・電気を作る際に発生するCO<sub>2</sub>量を考慮する場合は、ご契約されている電気事業者によってCO<sub>2</sub>削減効果は変動します。
- ・各電力会社はCO<sub>2</sub>排出量を2030年に半減、2050年にゼロを目指しております。

# 高出力型電熱式バッチ炉概要

高出力電熱式



ガス焚き



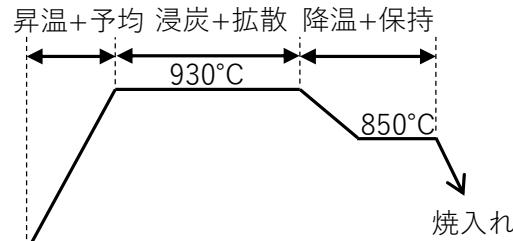
エレクトロチューブ 式ヒータ

- 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以上の冷却能力

# 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・ガス
- ・ユーティリティー単価：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
- ・エンリッヂ：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
ガス焚きバーナ	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	86min	356min	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。

7%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
ガス焚きバーナ	0.158 + 139 × 0.000311 (排出係数×5) = 0.2012	207.2
通常電熱ヒータ	0.062 + 486 × 0.000311 (排出係数×5) = 0.2131	219.5
高出力電熱ヒータ	0.058 + 445 × 0.000311 (排出係数×5) = 0.1964	202.3

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R3年関西電力調整後排出係数を使用



中外炉工業株式会社  
熱処理事業部 開発課 田中亮太郎  
E-mail : ryoutarou\_tanaka@n.chugai.co.jp