



## 脱炭素に向けた取組み



2024年10月10日  
中外炉工業株式会社  
プラント事業本部 サーモシステム事業部  
藤本 飛鳥

1. 中外炉工業およびサーモシステム事業部とは
2. 水素バーナ開発の変遷と最新動向
3. 水素バーナの納入実績
4. アンモニア燃焼のご紹介
5. ラムダアイマルチチャンネルのご紹介

1. 中外炉工業およびサーモシステム事業部とは
2. 水素バーナ開発の変遷と最新動向
3. 水素バーナの納入実績
4. アンモニア燃焼のご紹介
5. ラムダアイマルチチャンネルのご紹介



## 堺事業所

(敷地面積 : 51,960m<sup>2</sup>)

- ・ エンジニアリングセンター
- ・ 製作組立工場
- ・ 各種研究所



**本社所在地** : 大阪市中央区  
**資本金** : 6,176百万円  
**従業員数** : 424名  
**設立** : 1945年4月



経済産業省「ゼロエミ・チャレンジ企業」に選定

『サーモテックで未来をひらく』

## 脱炭素の新拠点「熱技術創造センター」2023年11月開設

研究開発施設を再編し、  
研究開発の体制をさらに強化

1. 開発拠点の集約、研究を効率よく加速

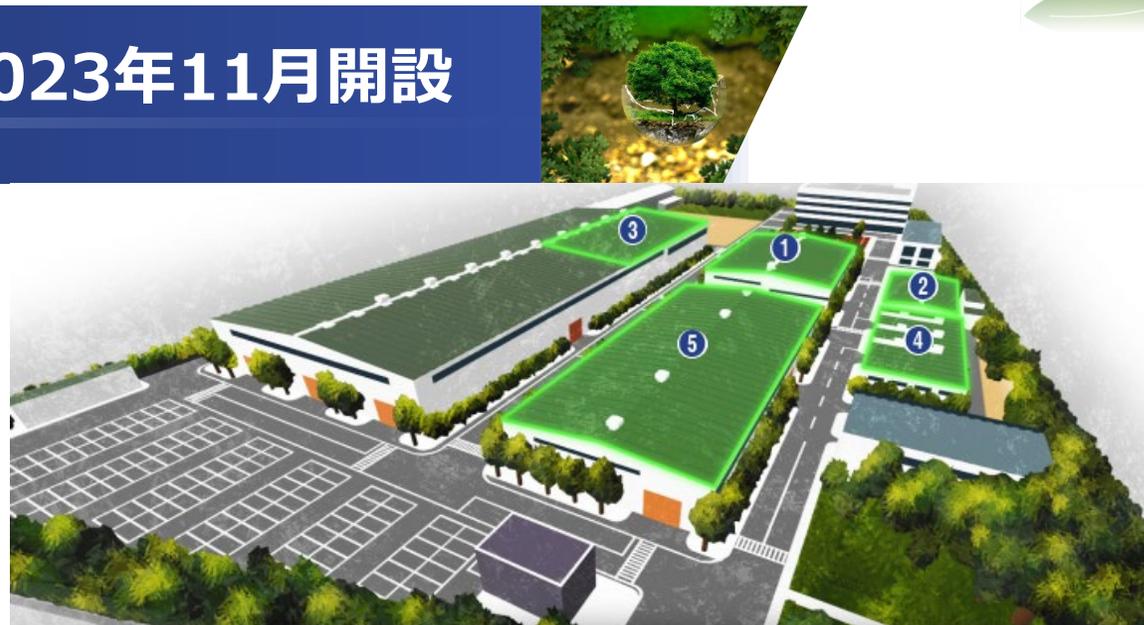
「効率的な研究施設」

2. カーボンニュートラルに貢献する

「最新鋭研究施設」

3. イノベーションを育む共創の起点

「見せる・学ぶ・集う研究施設」



① 熱技術創造センター  
Thermal Technology Creative Center



② ゼロエミッション研究所  
Zero Emission Technology Laboratory



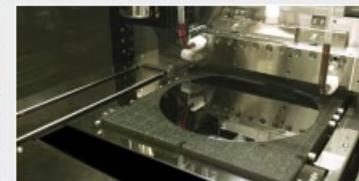
③ 真空浸炭研究所  
Vacuum Carburizing Technology Laboratory



④ 金属熱処理研究所  
Metal Heat Treatment Technology Laboratory



⑤ コンバーテック研究所  
Converting Technology Laboratory



# 中外炉工業の事業内容

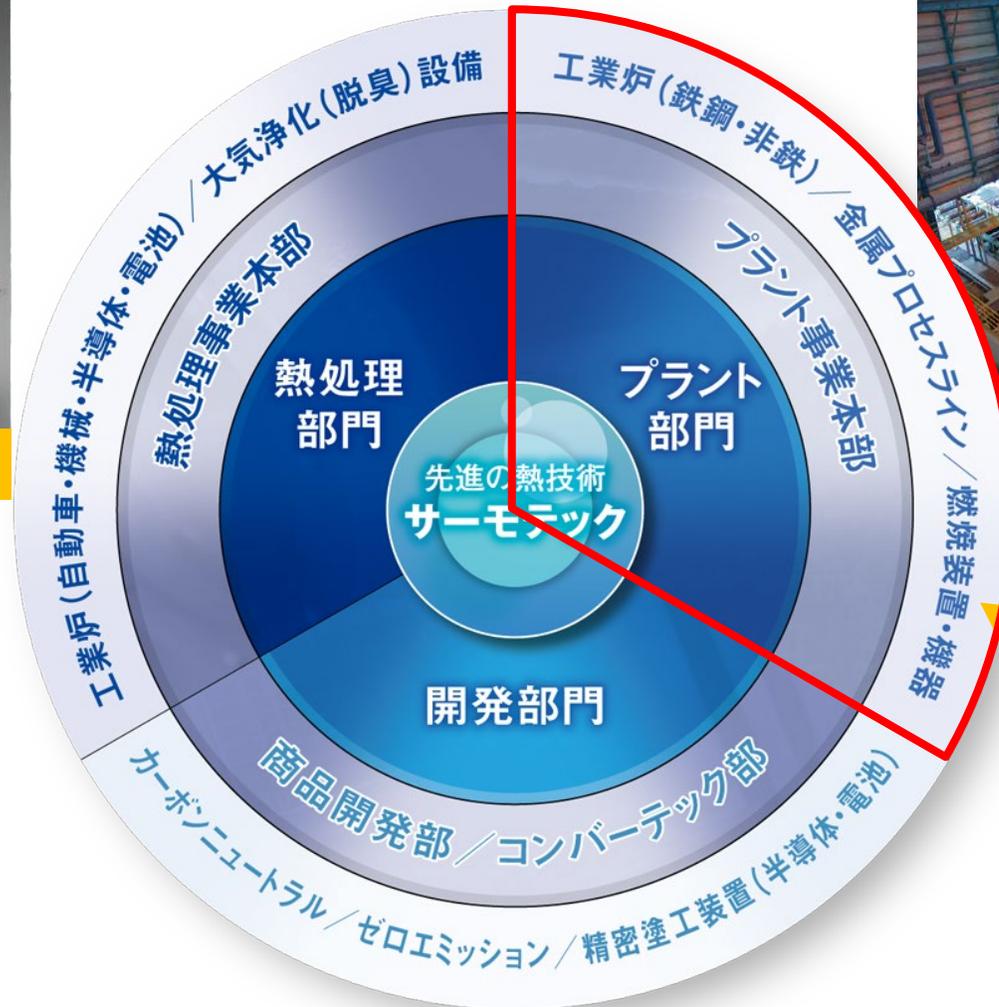
わたしたちは、次代の熱技術を結集し、人と地球の豊かな未来を創造する技術立社をめざします。



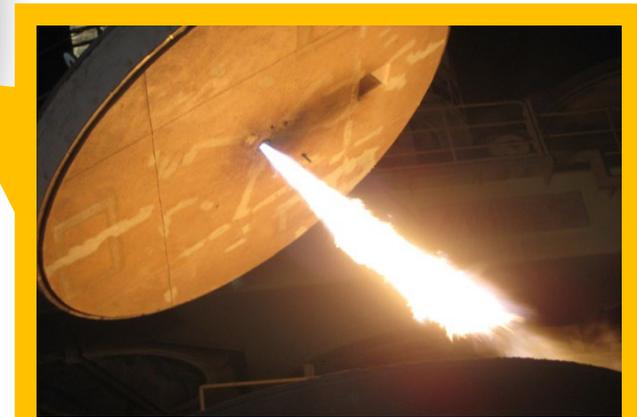
熱処理設備



精密塗工装置



鉄鋼用工業炉



サーモシステム事業部

# サーモシステム事業部の紹介



加熱炉向け代表機種  
FHCバーナ



リジェネレーティブバーナ



製鋼関連設備



HSGBバーナ



熱交換器



熱風発生炉

# サーモシステム事業部の紹介

## (イービーシーキューブ) 自動空気比制御装置 EBC<sup>3</sup>



燃焼量の変動に応じて空気比を自動制御

## (ラムダアイ) 空気比管理インターフェース Lamuda-i®



高性能酸素センサーで燃焼状態を常時監視

1. 中外炉工業およびサーモシステム事業部とは
2. 水素バーナ開発の変遷と最新動向
3. 水素バーナの納入実績
4. アンモニア燃焼のご紹介
5. ラムダアイマルチチャンネルのご紹介

# 水素バーナ 開発の変遷

2018年

## HSGBバーナ

常温空気 (20℃)



H2-HSGB-L型

トヨタ自動車 (株) 殿と  
共同開発

**世界初!** 汎用水素バーナ  
× **低NOx**を優先した結果  
長炎化

2022年

## 短炎HSGBバーナ

常温空気 (20℃)



H2-HSGB-H型

汎用バーナで高速**短炎化**

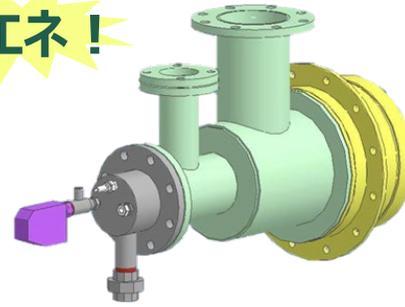
水素は火炎温度が高く  
NOxが出やすい  
→13A相当のNOxに  
するため構造を工夫

2023年

## SLNGバーナ

予熱空気 (500℃)

**省エネ!**



Super Low NOx Gas

水素/13A**混焼・専焼**

- ・水素/13A**兼用ノズル**
- ・予熱空気利用で**省エネ**
- ・**低NOx**

2024年

## リジエバーナ

高温予熱空気(1000℃)

**さらに  
省エネ!**

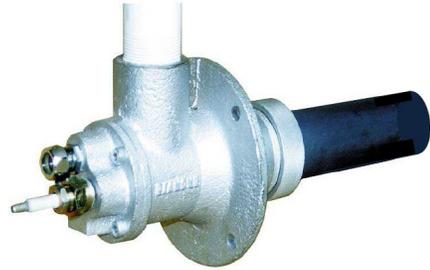


水素/13A**専焼**

- ・水素/13A**兼用ノズル**
- ・従来のリジエ相当の  
高い**温度効率**◎
- ・**最高性能の低NOx化**

# 汎用水素バーナ

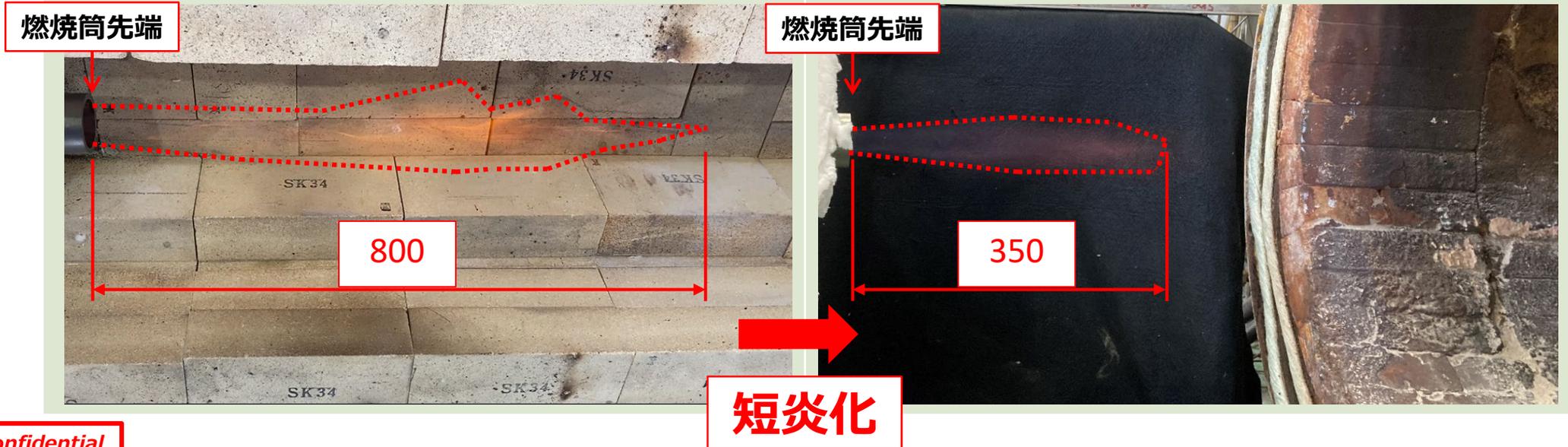
短炎化ニーズに向けた高速短炎水素バーナ（H2-HSGB-H）を開発  
ノズル構造の工夫により**大幅な短炎化を実現**



H2-HSGB-5-L

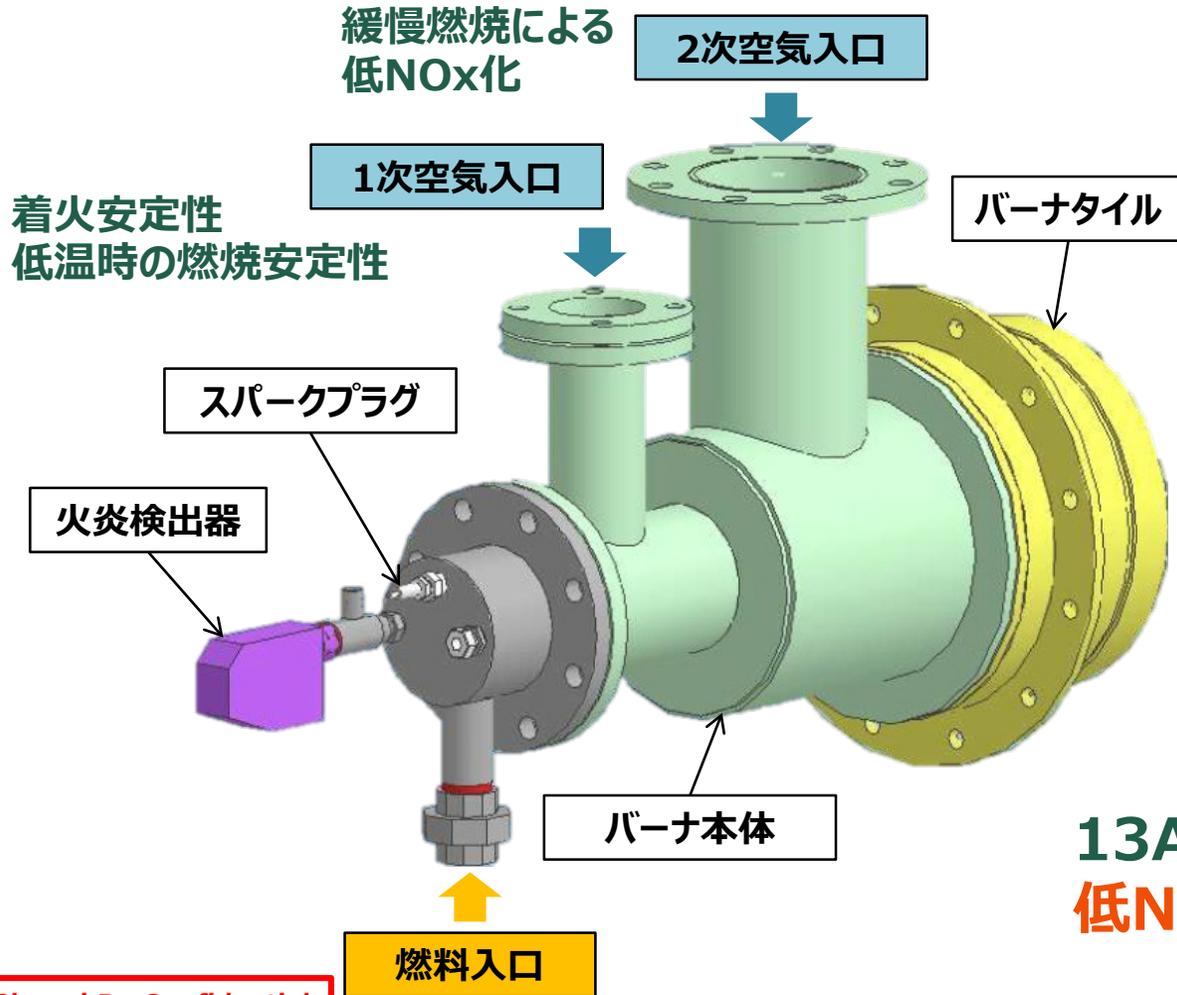


H2-HSGB-5-H



# 予熱空気バーナ (SLNGバーナ)

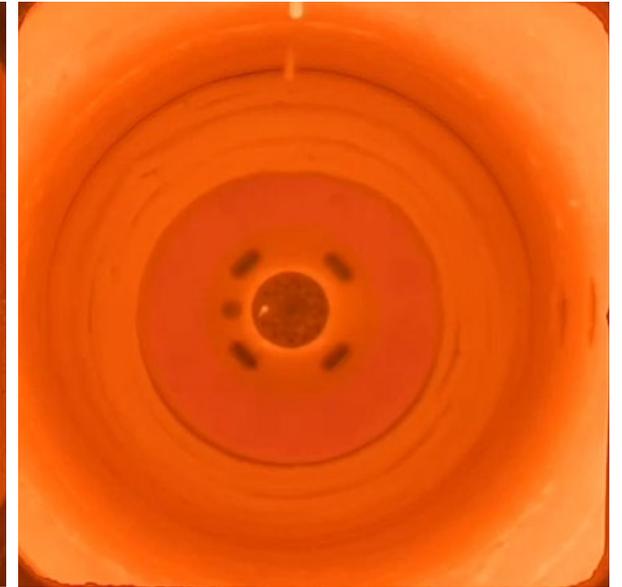
SLNGバーナ 13A仕様 → **水素兼用**を実現



炉尻側から見た燃焼火炎

13A専焼

水素専焼 (フレームレス)



↑再生中

13A相当の  
低NOx性能 +

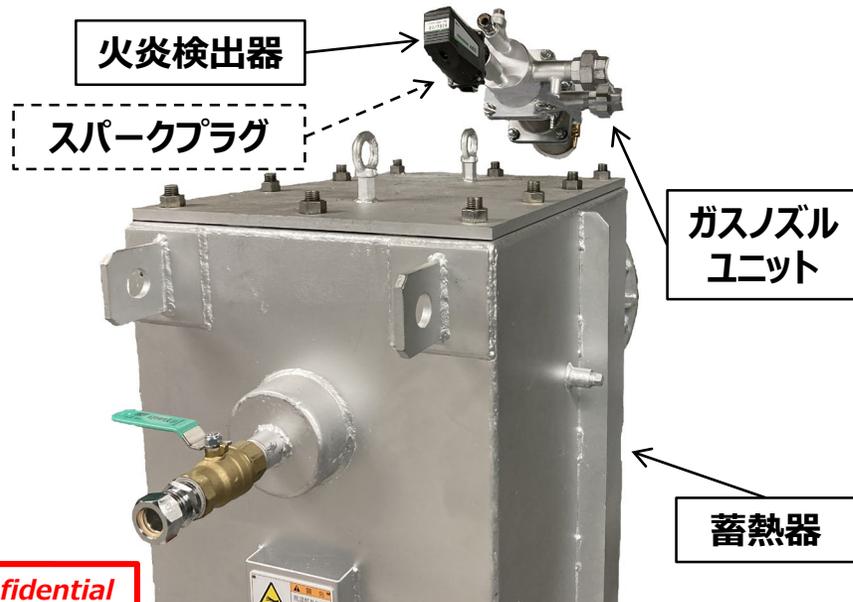
- ・水素/13A兼用ノズル
- ・スパークプラグでダイレクト点火
- ・UVによる火炎検知 → 失火時も安心

# 水素リジェネバーナ

高温空気燃焼で省エネ且つ低NOxを実現する水素リジェネバーナ開発完了

販売開始!

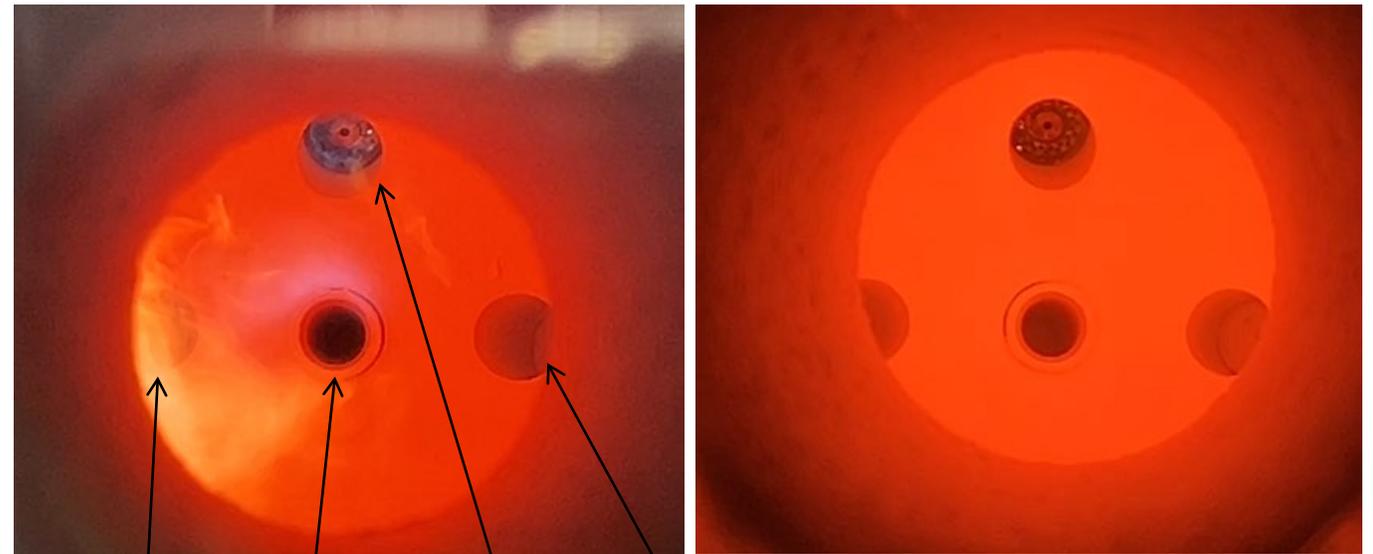
- ・水素/13A兼用ノズル
- ・スパークプラグによるダイレクト点火
- ・交番燃焼時の窒素パーシジ不要
- ・従来リジェネ相当の高い温度効率
- ・UVによる火炎検知→失火時も安心



炉尻側から見た燃焼火炎

13A専焼

水素専焼 (フレームレス)



サイトホール

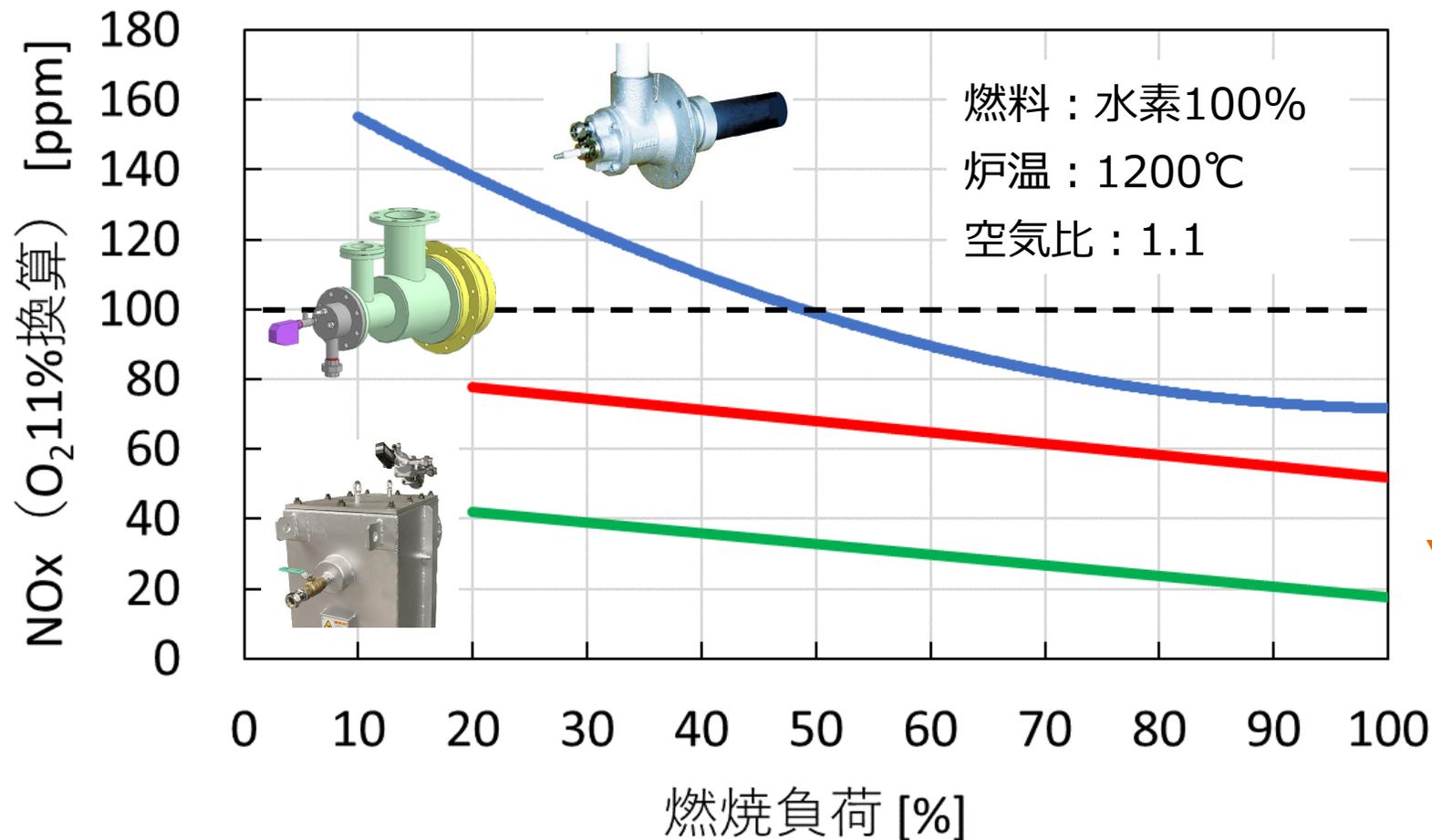
サイトホール

エアノズル

ガスノズル

↑再生中

## 各種水素バーナのO<sub>2</sub>11%換算NOx値



- HSGB-L 燃烧空気450°C
- SLNG 燃烧空気450°C
- リジエネ 燃烧空気1000°C

NOx値抑制  
&  
省エネ効果UP!

1. 中外炉工業およびサーモシステム事業部とは
2. 水素バーナ開発の変遷と最新動向
3. 水素バーナの納入実績
4. アンモニア燃焼のご紹介
5. ラムダアイマルチチャンネルのご紹介

# 納入実績：水素燃焼式アフターバーナー炉

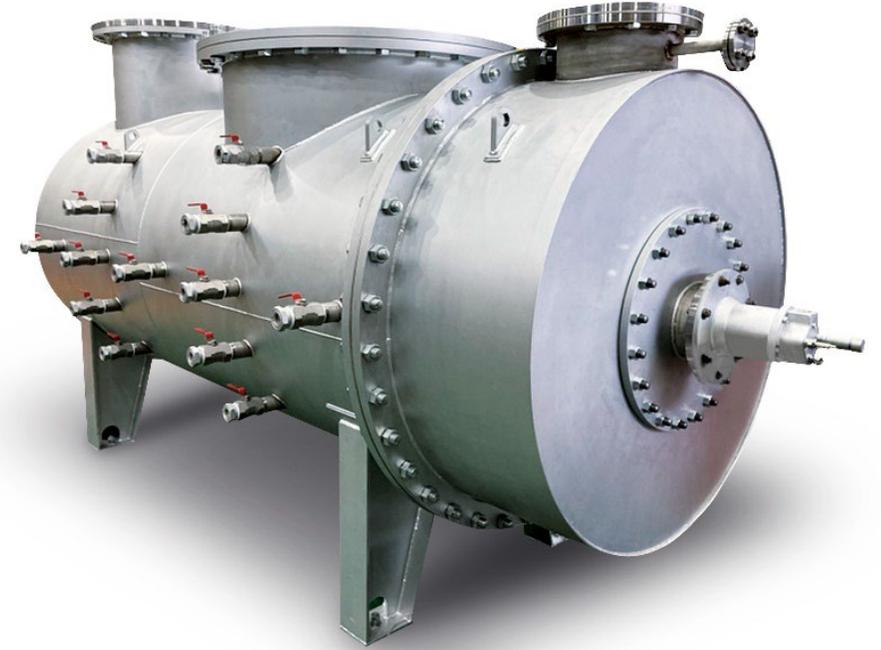
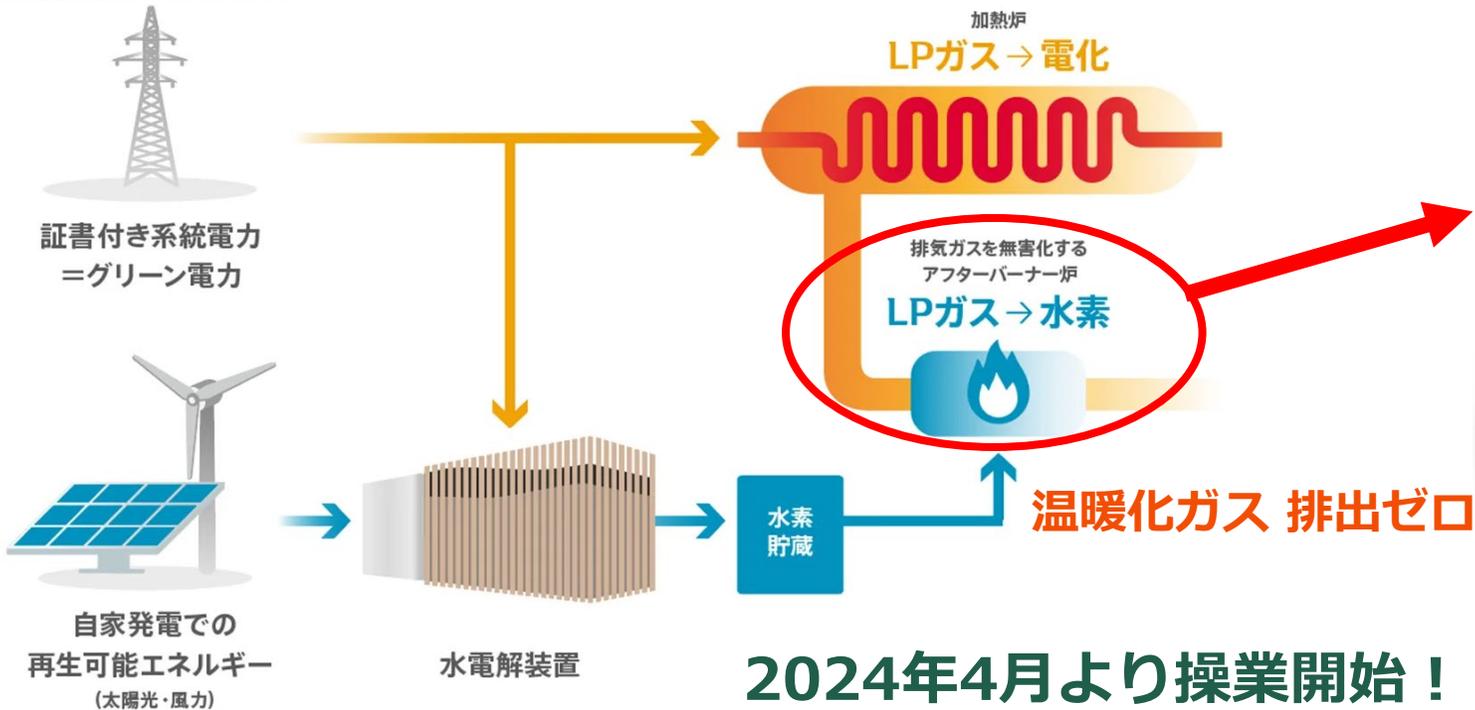
## デンソー福島様 水素を自家消費する地産地消モデル（NEDO案件）



### 水素燃焼式アフターバーナー炉を納入

ラジエータ製造  
脱脂工程の排ガス処理装置に利用

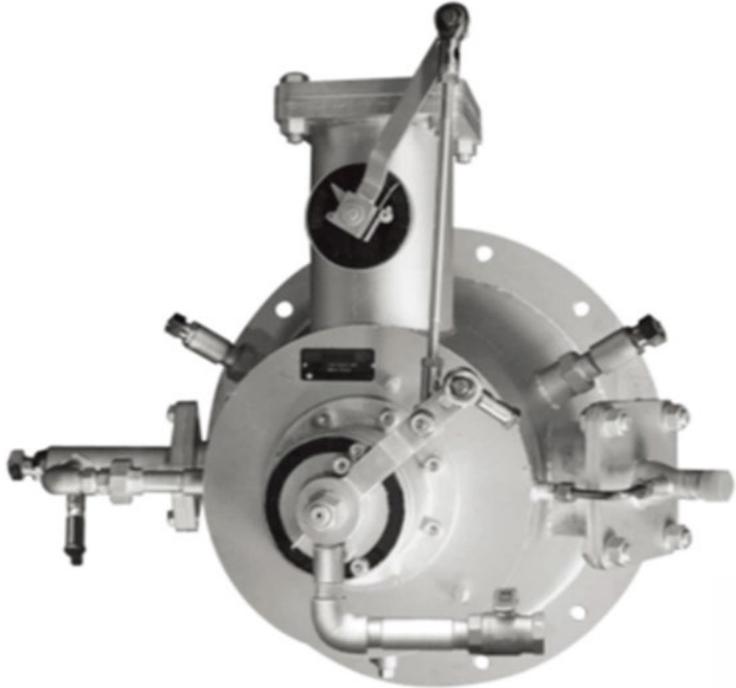
当社納入の  
水素燃焼式アフターバーナー炉



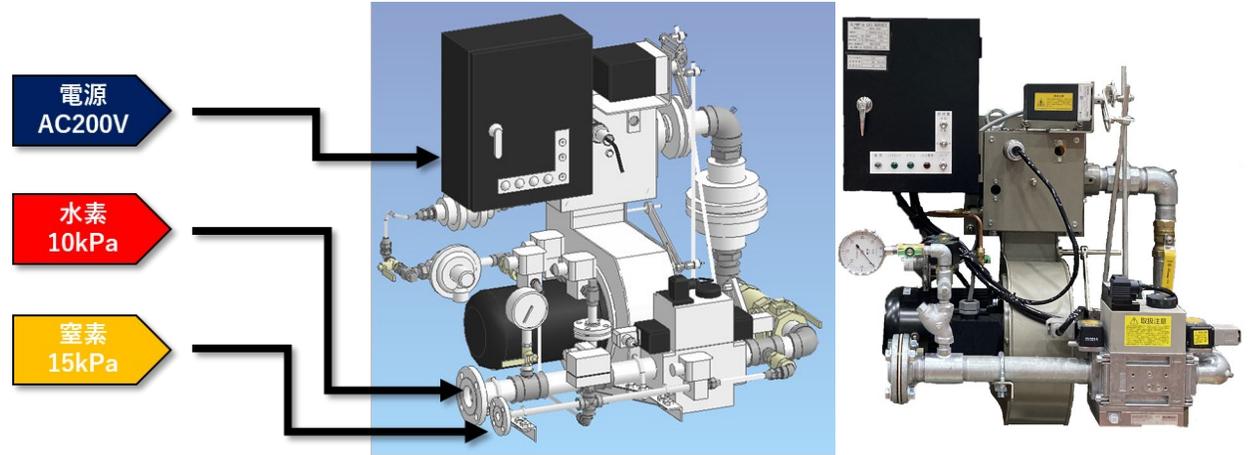
2024年4月より操業開始！

※資料出典：デンソー様ホームページ

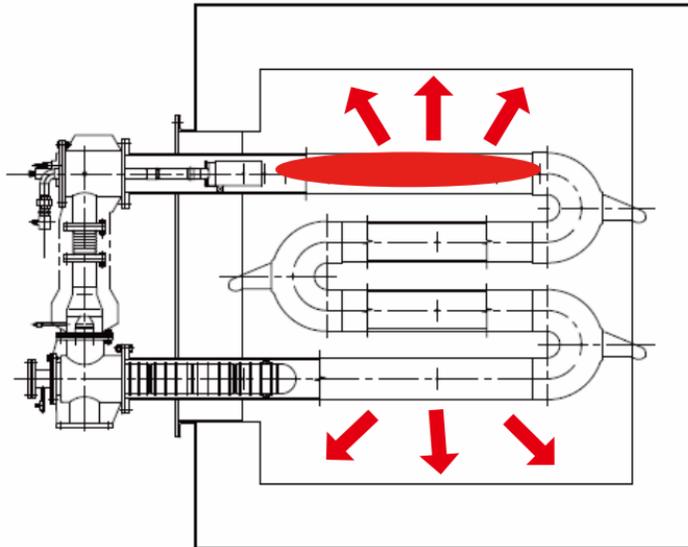
# その他の水素バーナラインナップ



塗装乾燥用 水素バーナ



パッケージ型水素バーナ



ラジアントチューブ  
水素バーナ

1. 中外炉工業およびサーモシステム事業部とは
2. 水素バーナ開発の変遷と最新動向
3. 水素バーナの納入実績
4. アンモニア燃焼のご紹介
5. ラムダアイマルチチャンネルのご紹介

# 燃料アンモニアの特徴

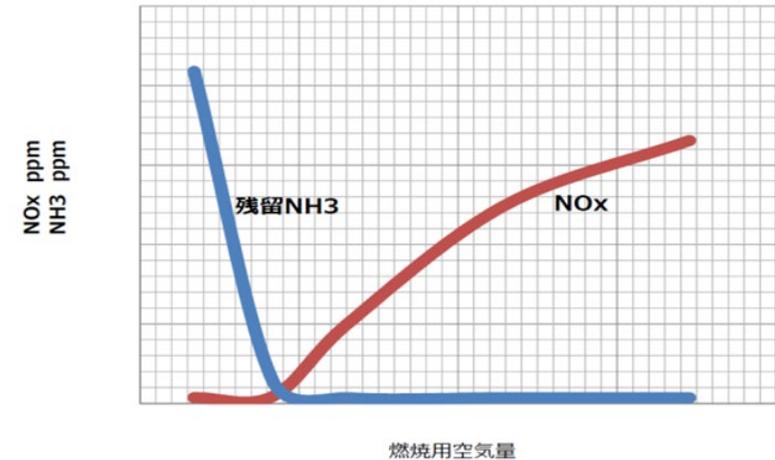


	水素		アンモニア	
大量生産技術	×	これから	○	確立済み (H.B.法)
輸送・貯蔵	×	大気圧沸点: -253℃ 20℃液化圧力: 常に気体	○	大気圧沸点: -33℃ 20℃液化圧力: 8.5atm LPGと同様の取り扱いが可能
1-ティリティ市場	×	これから	○	肥料・化成品原料、脱硝剤など
CO <sub>2</sub> 排出	○	CO <sub>2</sub> フリー	○	CO <sub>2</sub> フリー
毒性	○	無し、無臭	×	<b>可燃性劇物、特定悪臭物質</b> (しかし脱硝剤として発電・船舶・工業分野等で広く普及)

# 代表的燃料の熱物性と燃焼特性

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/kg)	18.6	46.6	50.2	120.4
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	← 1/5倍	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	← -220°C	1970	2120

### アンモニア燃焼に伴うNOxの発生



出典：カーボンフリーアンモニア燃焼、日本燃焼学会誌 第58巻183号 (2016年) 41-48

## アンモニアの特徴

## 課題

## 技術開発ポイント

## 対応策

燃焼速度が遅い

アンモニアが燃え残りやすい



安定燃焼方法の確立し、  
未燃アンモニア排出抑制



アンモニア改質

火炎温度が低い

低温時の着火性が悪く、  
燃焼が安定しにくい



化石燃料との  
混焼技術開発

燃料中にN分を含む

フューエルNOxがある分、  
多量のNOxが排出される



完全燃焼と低NOxが両立  
できる燃焼条件



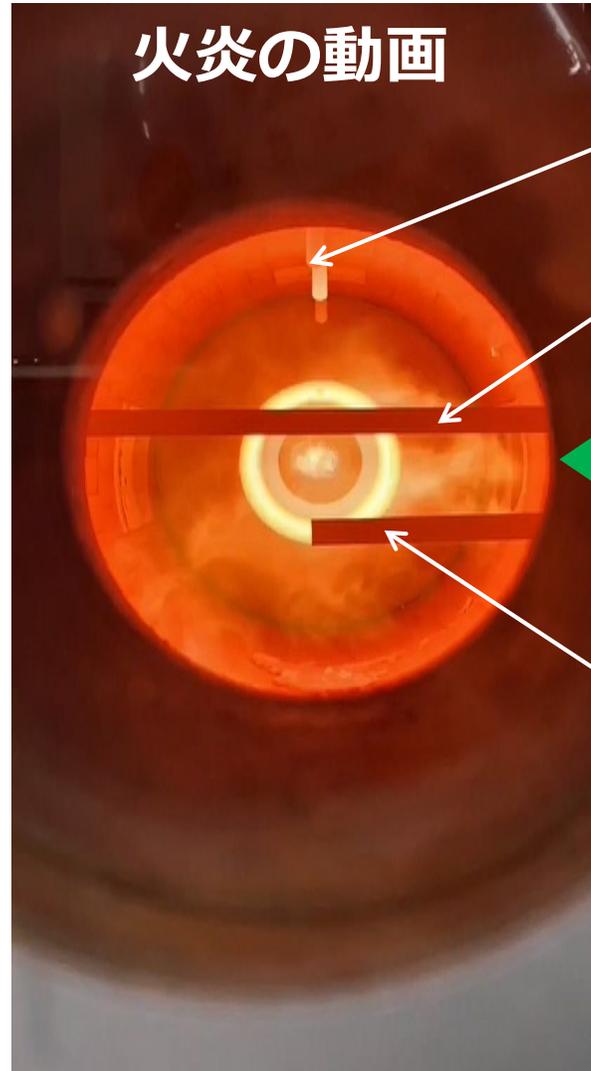
脱硝効果を活用した  
低NOx手法の確立

O<sub>2</sub>フィードバックを用いた  
高レスポンス空気比制御

# アンモニア燃焼の様子

## 試験条件

- ・ 炉温：900℃
- ・ 燃焼量：233kW
- ・ 空気温度：常温



火炎の動画

炉内温度測定用熱電対

排ガス  
サンプリングパイプ

アンモニアバーナ取付位置

排ガス  
サンプリングパイプ

1. 中外炉工業およびサーモシステム事業部とは
2. 水素バーナ開発の変遷と最新動向
3. 水素バーナの納入実績
4. アンモニア燃焼のご紹介
5. ラムダアイマルチチャンネルのご紹介

# ラムダアイとは？

## 1. ラムダアイのコンセプト

各バーナからの排ガス中の酸素濃度(O<sub>2</sub>%)を  
常時測定・監視→タッチパネルに表示

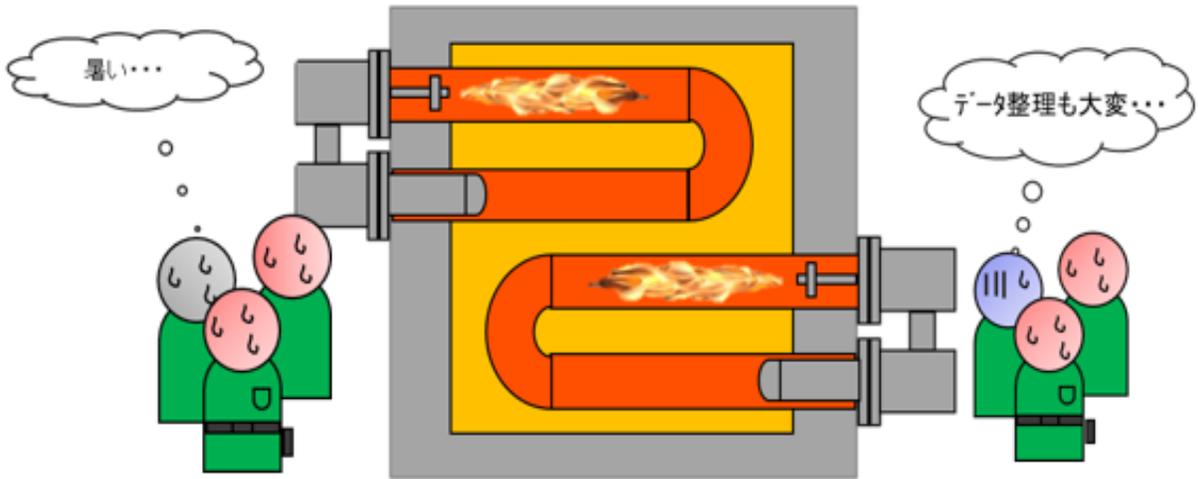
↓ 測定値を利用して…

集中管理室など現場以外の場所で燃焼状態を判断

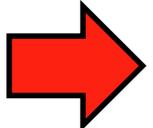
各燃焼制御計器へのフィードバックによる自動制御



※仕様は変更する可能性があります



- × 熱中症
- × 火傷
- × 重労働
- × 人手多数 / 日程調整困難
- × レキユ焼損
- × チューブ変形
- × 燃料の浪費
- × カーボン堆積
- × ダクト内燃焼



# ラムダアイマルチチャンネルとは??

## 2. 複数のRT式バーナを備える炉への適用

### 選択その 1 「O<sub>2</sub>%監視による異常アナウンス」

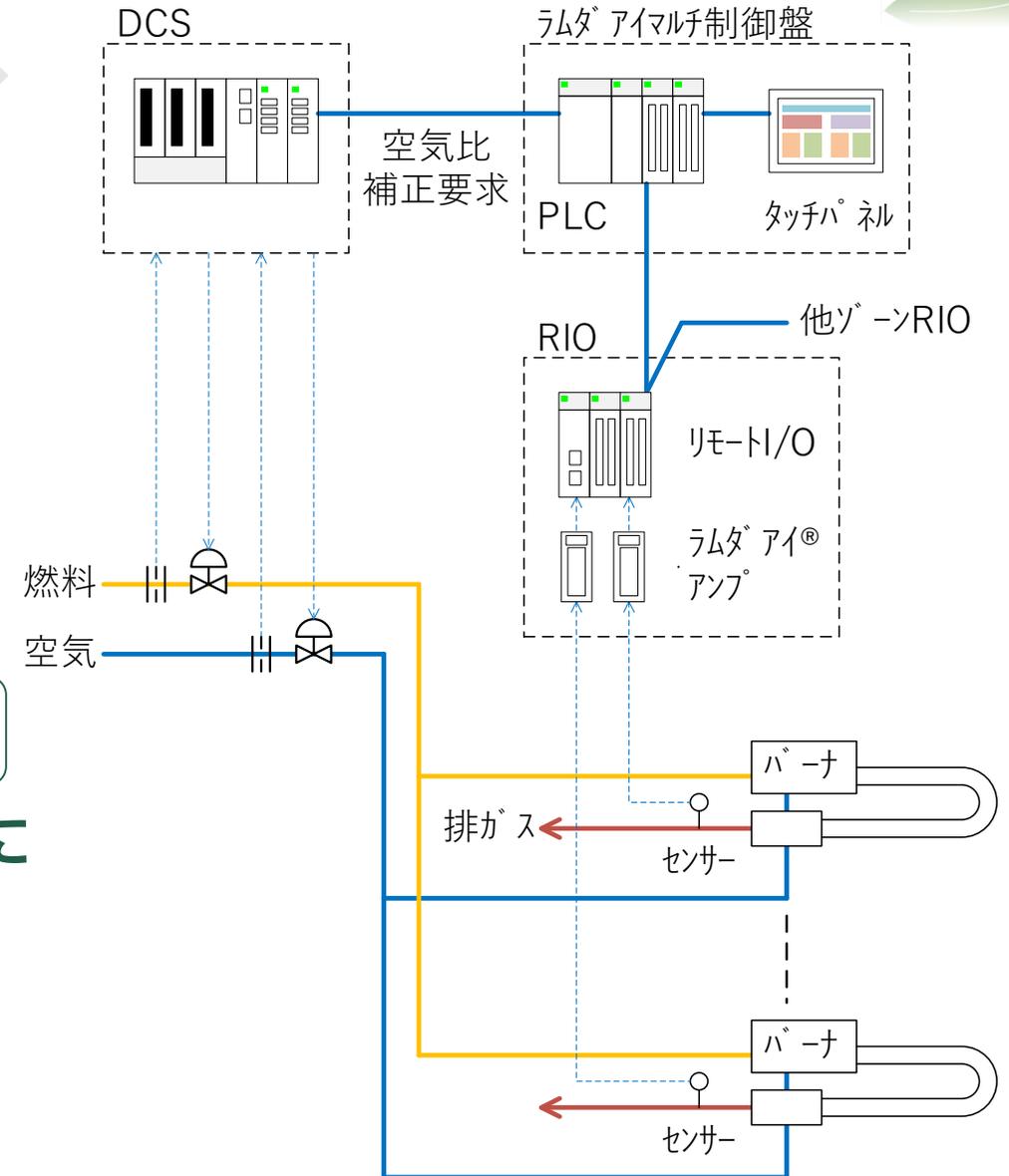
常時測定されるO<sub>2</sub>%が設定値から外れた  
→ラムダアイマルチ制御盤よりアラーム

➡ オペレータが不具合のあるバーナを  
遠隔から特定でき、  
タイムリーな燃焼調整が可能

### 選択その 2 「DCSと連携してゾーン空気比を自動制御」

燃焼ゾーン内で最もO<sub>2</sub>%の低いバーナを基準に  
ゾーンの空気比を制御

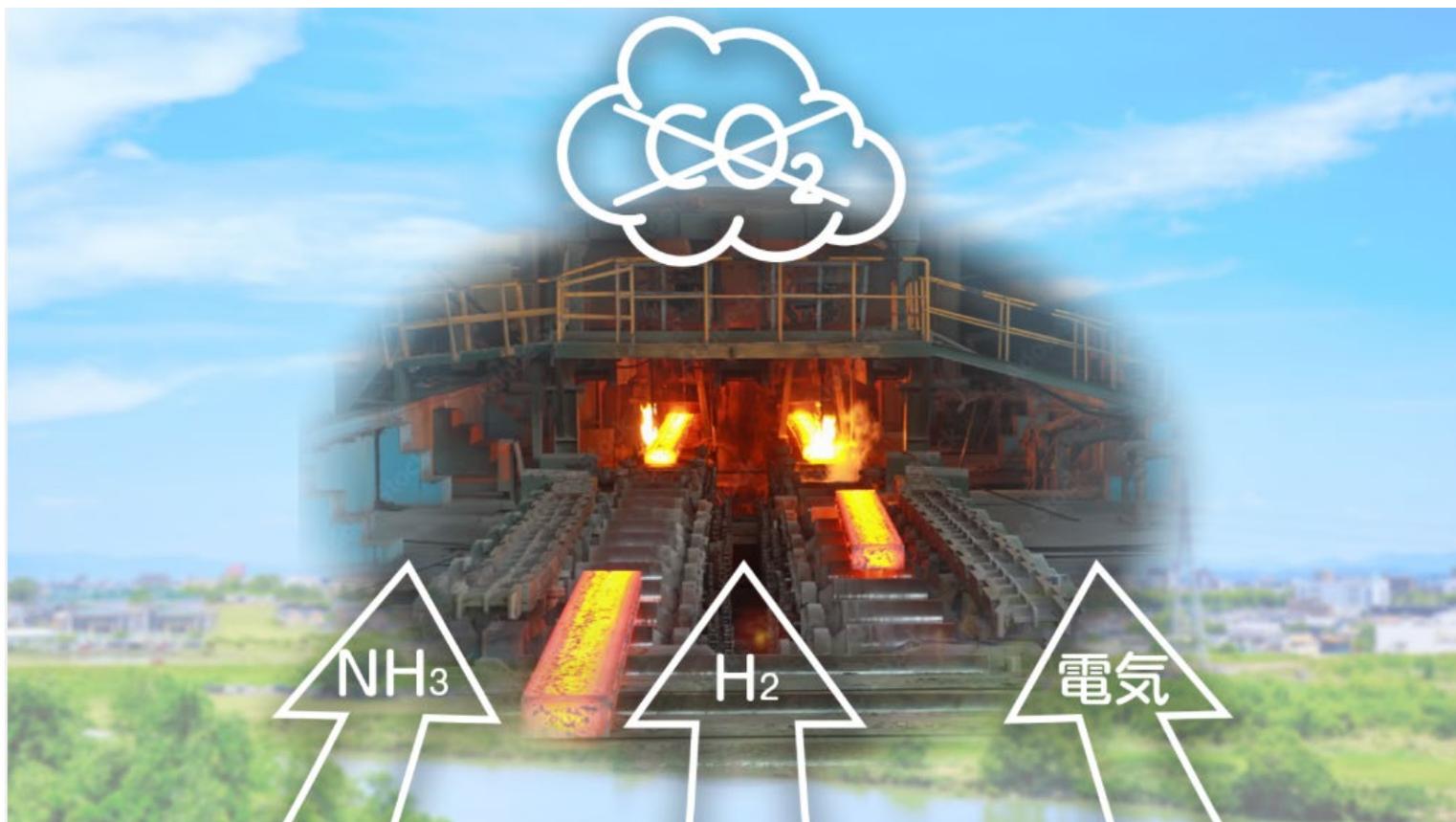
➡ 自動で設備の健全化、省エネ化が可能



終わりに

---

## 『製造分野における熱プロセスの脱炭素化』



出典：NEDOホームページ Green Japan Green Innovation  
<https://green-innovation.nedo.go.jp/project/thermal-processes-in-manufacturing/scheme/>



# ご清聴ありがとうございました



<https://chugai.co.jp/>



## 鉄鋼製造における加熱炉の 省エネ・燃焼機能改善技術



2024年10月10日  
中外炉工業株式会社  
プラント事業本部 プラント事業部  
横井 範之

# 中外炉工業の事業内容

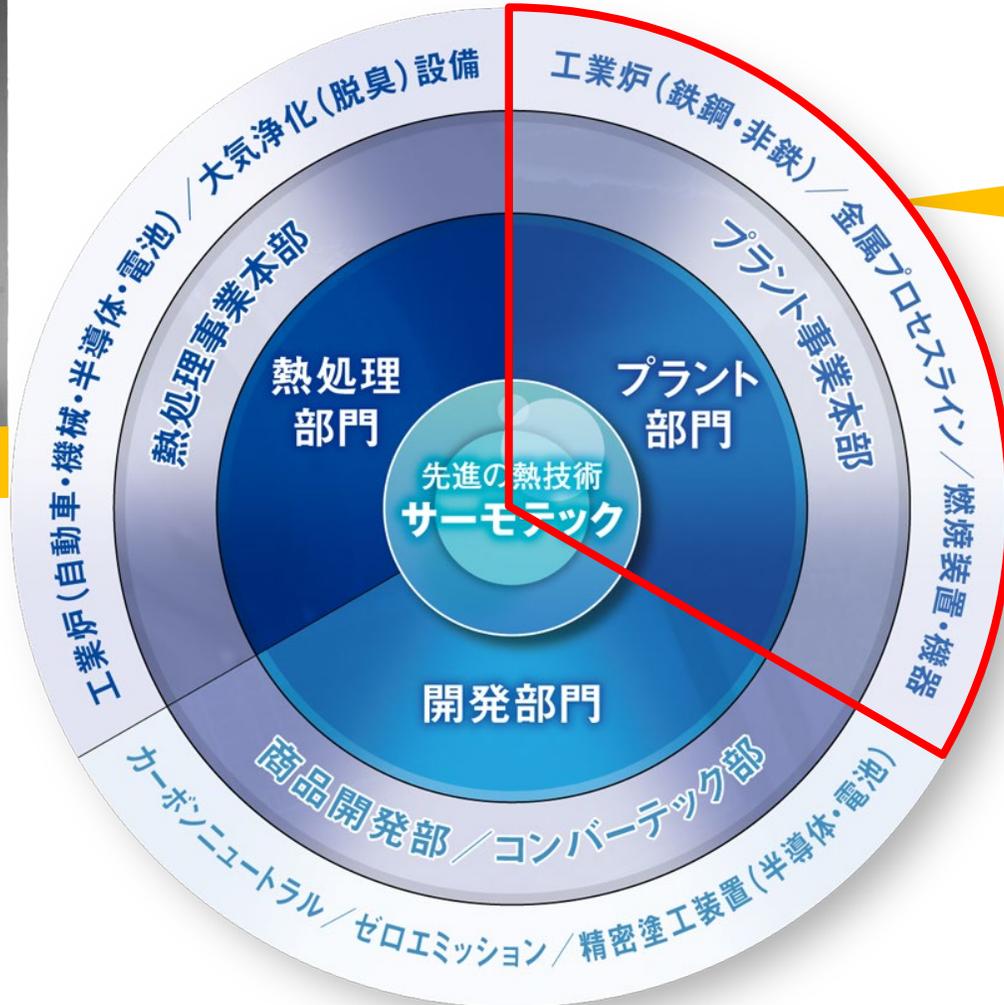
わたしたちは、次代の熱技術を結集し、人と地球の豊かな未来を創造する技術立社をめざします。



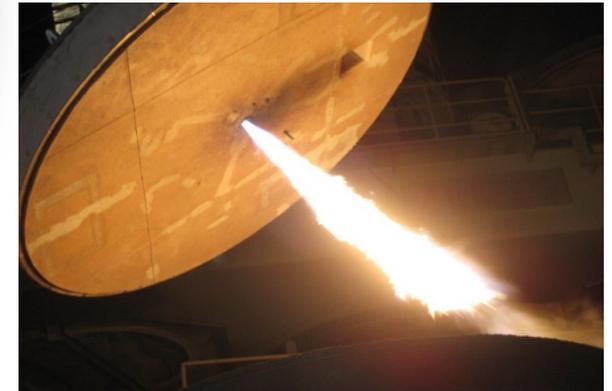
熱処理設備



精密塗工装置



**プラント事業部**  
鉄鋼・非鉄に関わる工業炉、  
金属プロセスラインetc.



サーモシステム事業部

鉄鋼・非鉄金属  
加熱炉、熱処理炉



ストリップ連続焼鈍ライン  
(BAL, CAL, APL)



連続亜鉛メッキライン  
(CGL)



ベル型コイル焼鈍炉



ストリップ連続塗装ライン  
(CCL)



## 1. 加熱炉の省エネ技術

- ・ 酸素富化燃焼

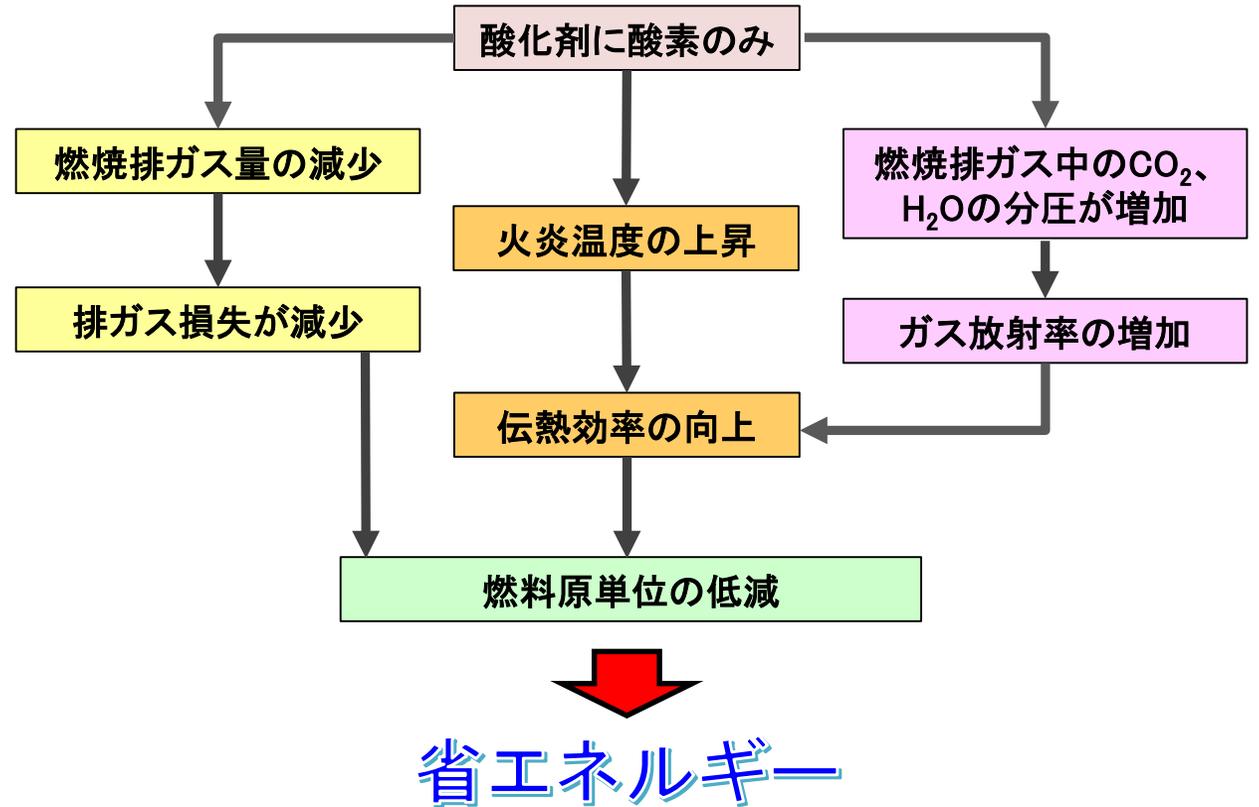
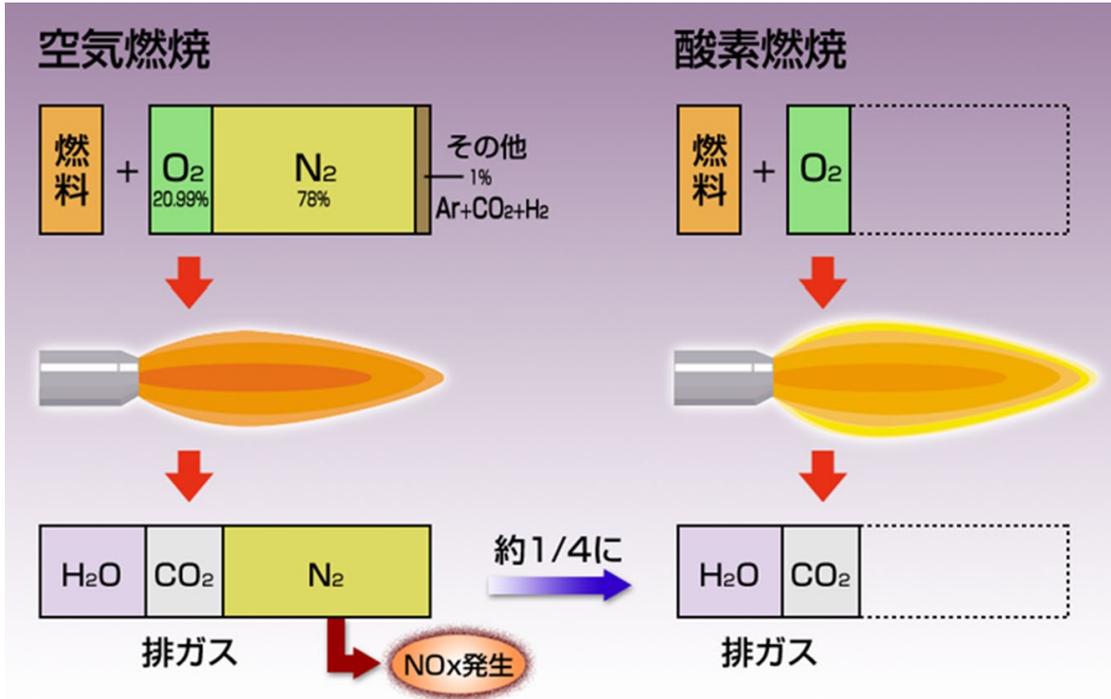
## 2. 加熱炉の燃焼機能改善技術

- ・ バーナ火炎長可変機構

# 1. 加熱炉の省エネ技術：酸素富化燃焼

# 加熱炉の省エネ技術：酸素富化燃焼

## 酸素富化燃焼の概要と特徴

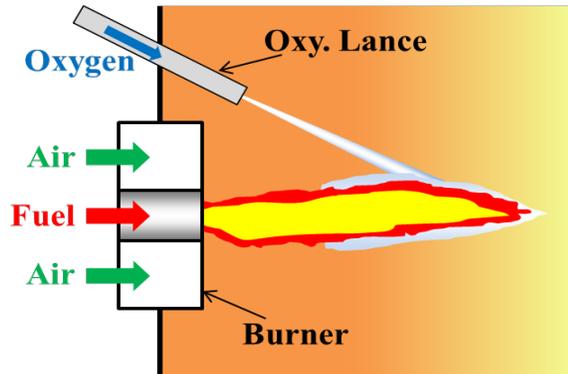


# 加熱炉の省エネ技術：酸素富化燃焼

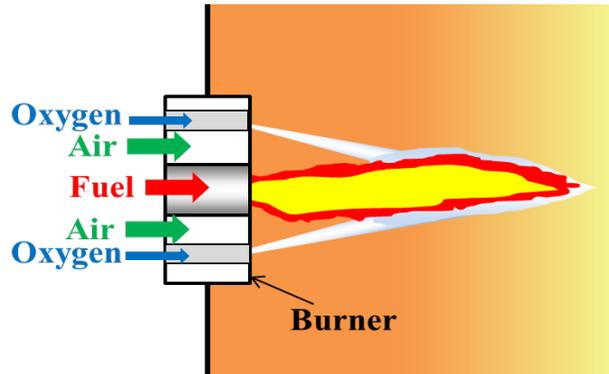
## 酸素富化燃焼方式

### ランス方式

- ・ 改造範囲が少なくイニシャルコストを抑えることができる
- ・ 既設燃焼システムに酸素システムを追加するだけで使用可能※
- ・ 酸素余剰時のみの使用が可能(使用、不使用の選択が可能)
- ・ 酸素富化率は21%(大気燃焼)~30%まで酸素使用量により設定可能
- ・ 低NO<sub>x</sub>(既設同等に抑えることができる)
- ・ 改造工期を抑えることができる



酸素ランス方式  
(燃焼酸素濃度:25~30%)



酸素バーナ方式  
(燃焼酸素濃度: 60~85%)

### 酸素バーナ方式

- ・ バーナ交換の必要がありイニシャルコスト増加
- ・ 酸素濃度を高くできるので省エネ効果は大きい
- ・ 酸素を常に供給する必要がある。

酸素ランス方式  
(燃焼酸素濃度: 30%)



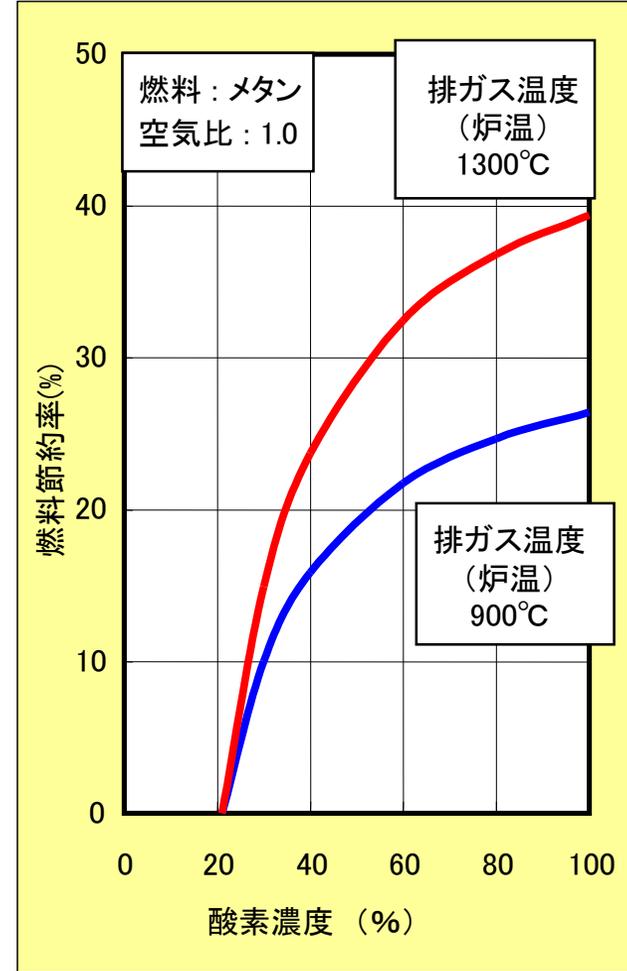
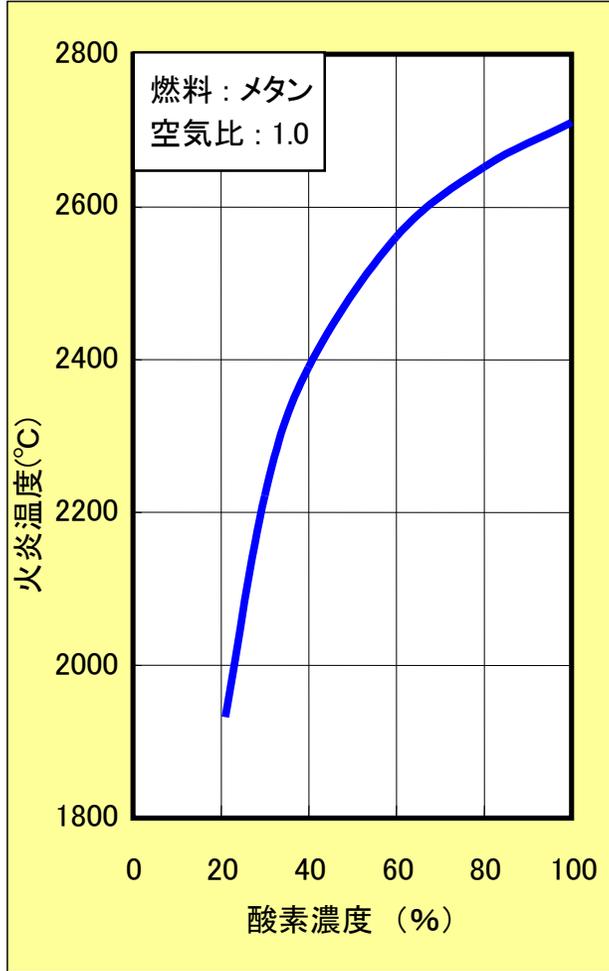
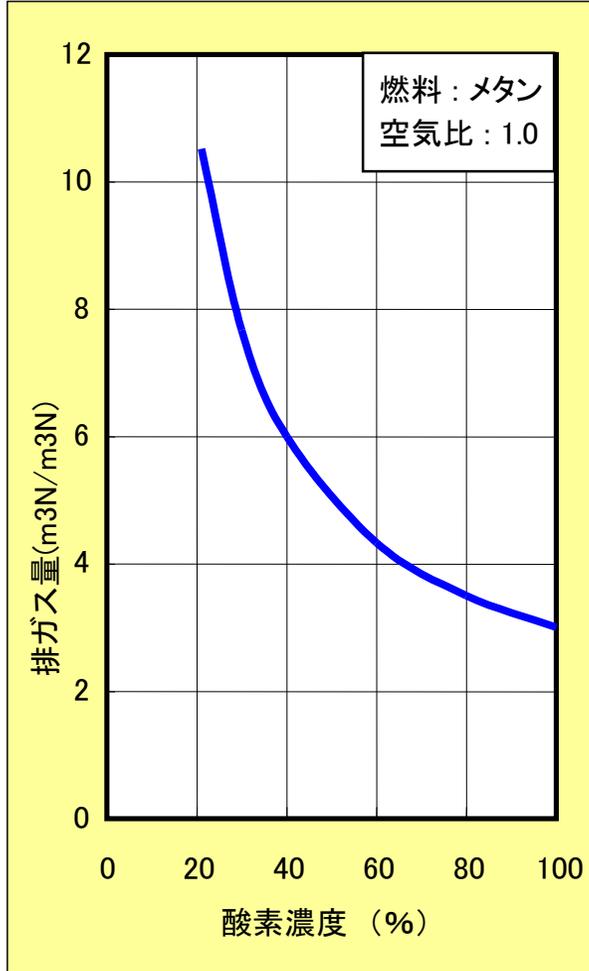
酸素バーナ方式  
(燃焼酸素濃度: 85%)



酸素ランス孔

# 加熱炉の省エネ技術：酸素富化燃焼

## 酸素濃度

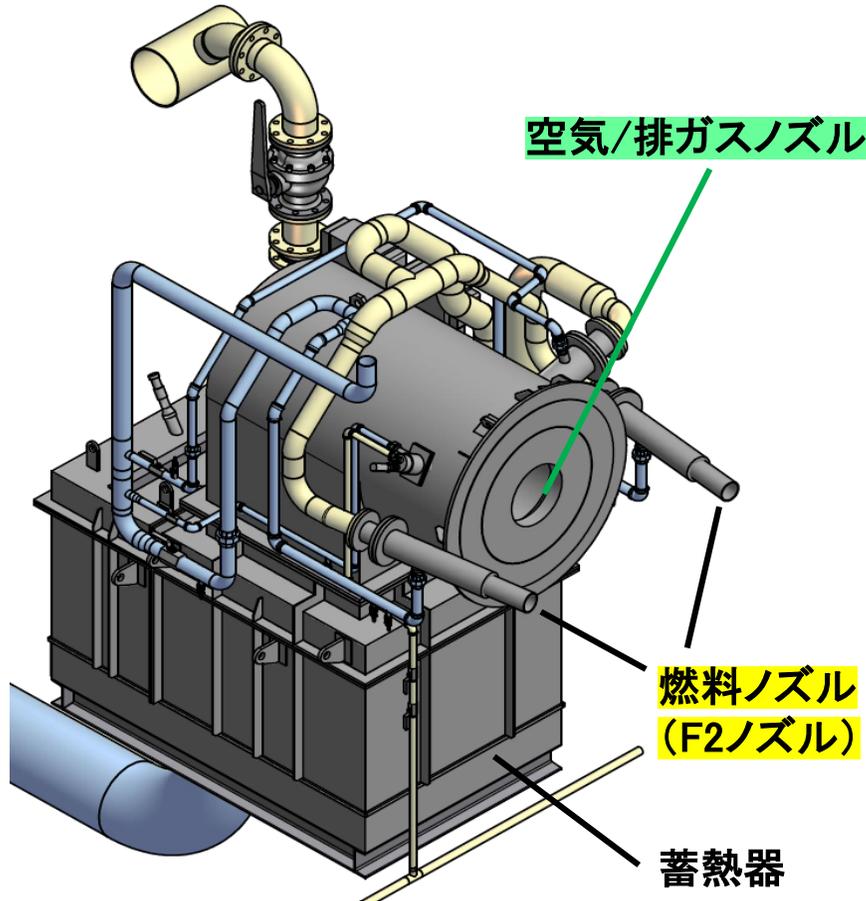


## 2. 加熱炉の燃焼機能改善技術：バーナ火炎長可変技術

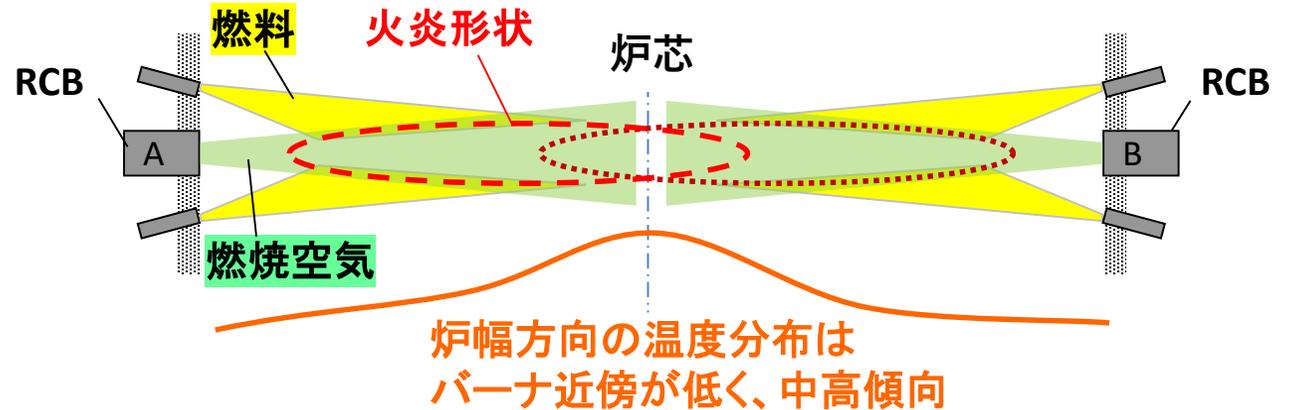
# 加熱炉の燃焼機能改善技術：バーナ火炎長可変技術

## 開発概要・経緯

リジェネバーナ(RCB)



## 従来のサイド焚きRCB加熱炉の課題



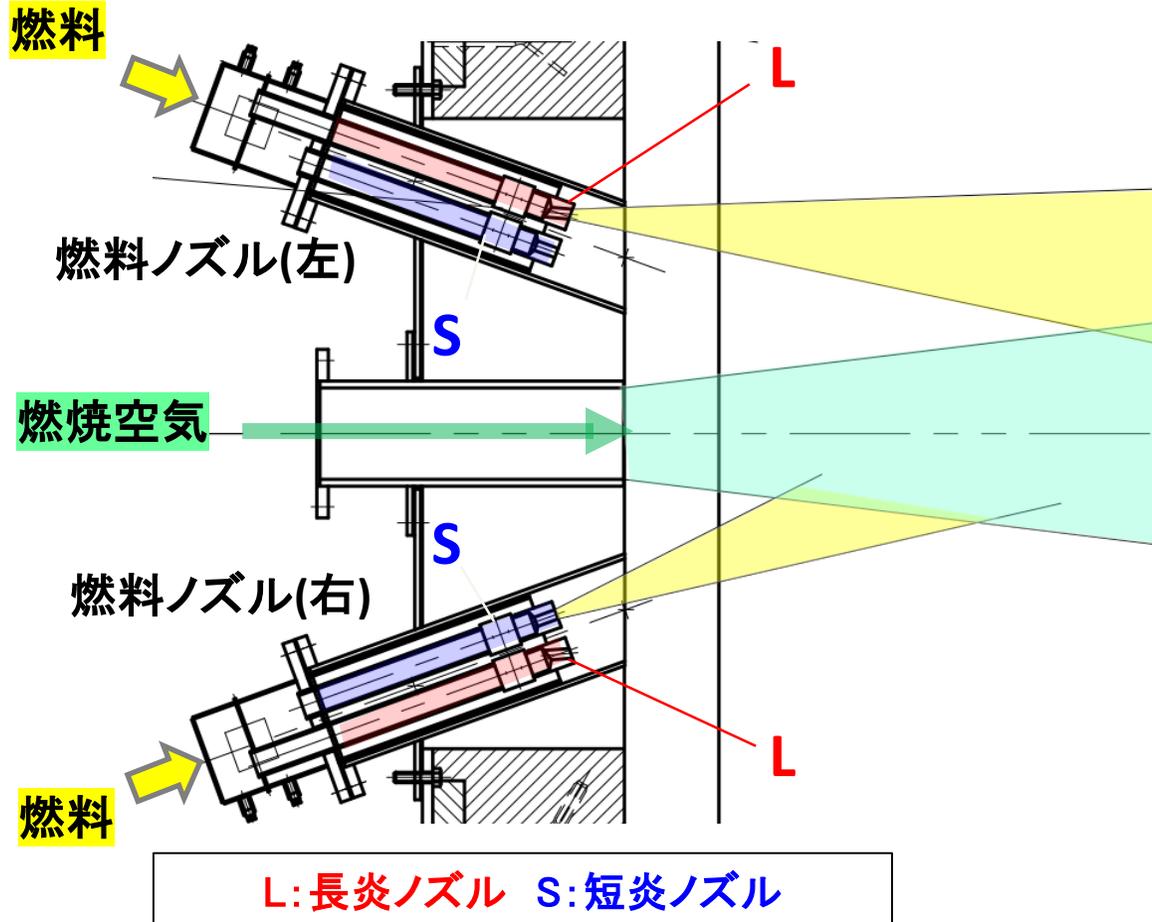
- ◆ バーナから離れた位置で火炎が形成されることでバーナ近傍温度が低く、中高傾向になりやすい
- ◆ 炉幅方向の温度分布調整には、バーナ燃焼量の調整や操業停止 & 燃料ノズル交換等の対応が必要

## 解決手段

- ◆ 火炎長可変機構の導入により、サイド焚きリジェネバーナにおいて、燃焼量を変えずに炉幅方向温度分布調整を容易にする
- ◆ 火炎長切替を制御に組み込むことで、操業に応じた炉幅方向温度分布調整を可能にする

# 加熱炉の燃焼機能改善技術：バーナ火炎長可変技術

## 火炎長可変機構



※上図は 右表“例③”適用時の燃料吐出イメージ  
(一方の燃料ノズルで長炎(L)、もう一方で短炎(S)使用)

## 特徴

- ◆ 火炎長切替時の作業停止によるノズル交換不要
- ◆ ガス側での切替により従来リジェネバーナと同等の温度効率を維持

## 機構

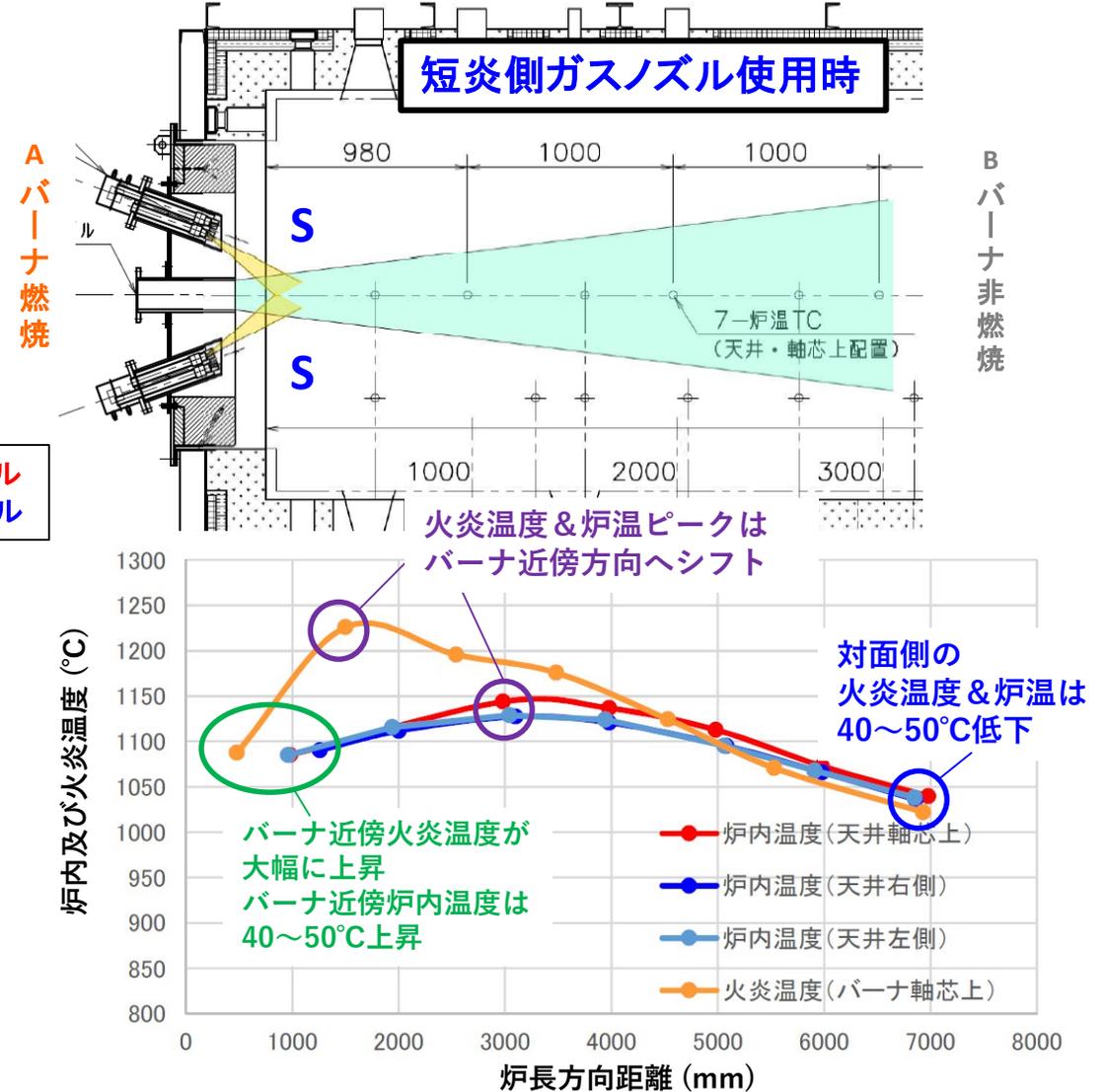
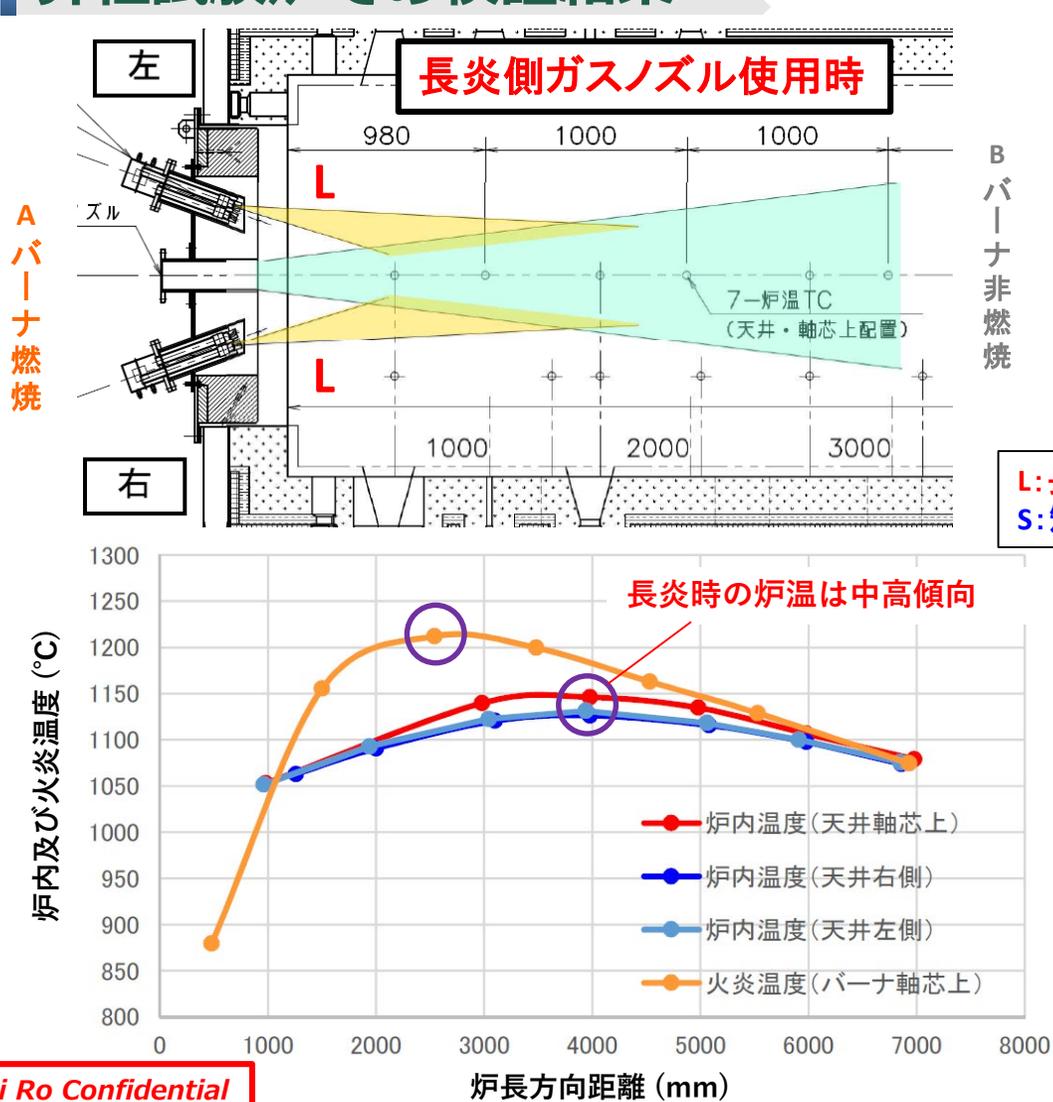
- ◆ 燃焼空気に対し両側にF2ノズルを装備
- ◆ F2ノズル内の流路は「長炎ノズル(L)」と「短炎ノズル(S)」に分かれる

## F2ノズル使用例

	F2(左)	F2(右)	火炎形状
例①	L	L	長炎
例②	S	S	短炎
例③	L	S	中炎
例④	S	L	中炎

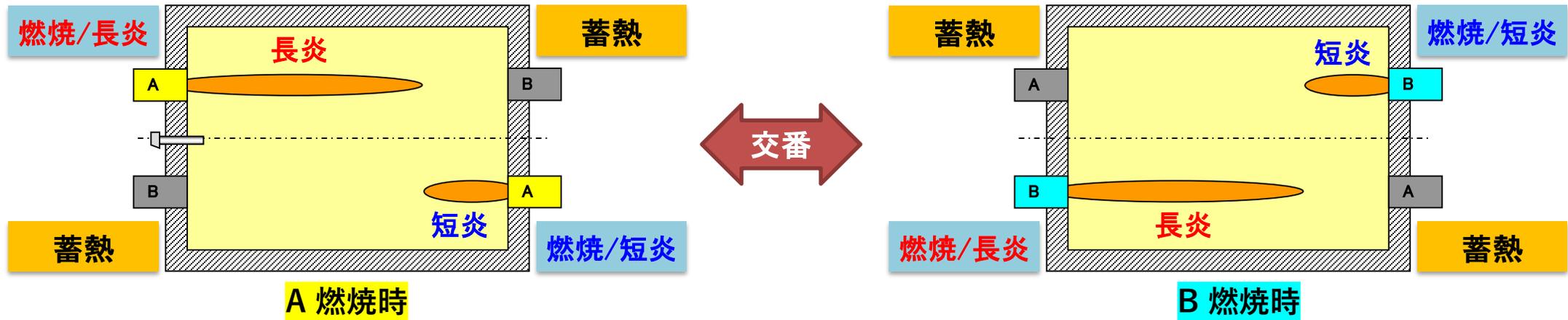
# 加熱炉の燃焼機能改善技術：バーナ火炎長可変技術

## 弊社試験炉での検証結果

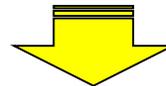


# 加熱炉の燃焼機能改善技術：バーナ火炎長可変技術

## 加熱炉での制御方法



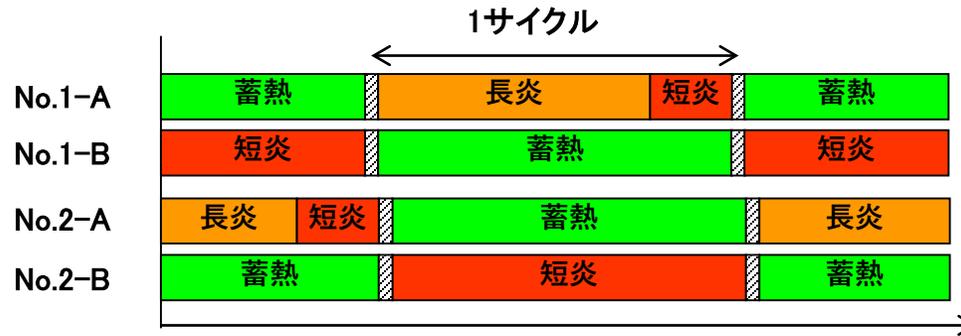
・単なる長炎/短炎の切替だけでは制御が粗くなるため、  
よりフレキシビリティを持たせるために、  
他の制御方式との組み合わせにより最適な制御を行う



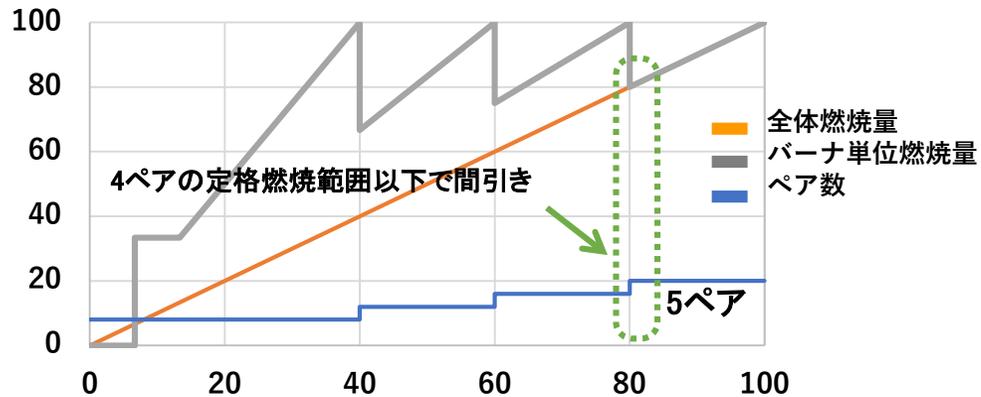
- 1) サイクル中に長炎/短炎を切り替えて、その時間配分により温度分布を制御
- 2) バーナ単体の燃焼量を優先した間引き制御
- 3) 片側一斉燃焼における燃焼時間に偏差を持たせた制御

# 加熱炉の燃焼機能改善技術：バーナ火炎長可変技術

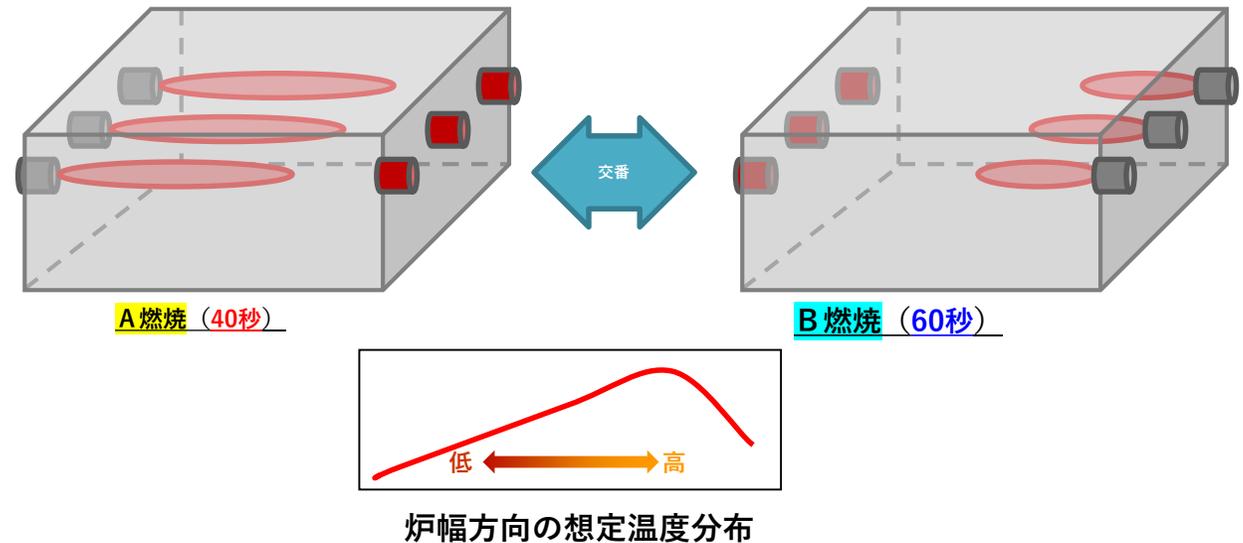
1) サイクル中に長炎/短炎を切り替えて、その時間配分により温度分布を制御



2) バーナ単体の燃焼量を優先した間引き制御



3) 片側一斉燃焼における燃焼時間に偏差を持たせた制御



# ご清聴ありがとうございました



<https://chugai.co.jp/>