NEDO水素・燃料電池成果報告会2024
発表No.P2-73

競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業／総合調査研究／酸素水素燃焼用マルチクラスタバーナの研究開発

団体名： 産業技術総合研究所、宇宙航空研究開発機構、東京工業大学、大阪大学、三浦工業、大陽日酸、カーボンフロンティア機構
発表日：2024年7月19日

1． 熱需要分野における酸素水素燃焼技術開発の必要性

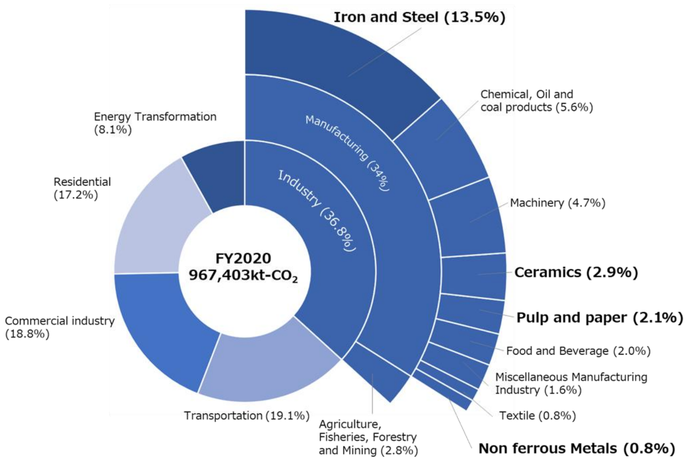
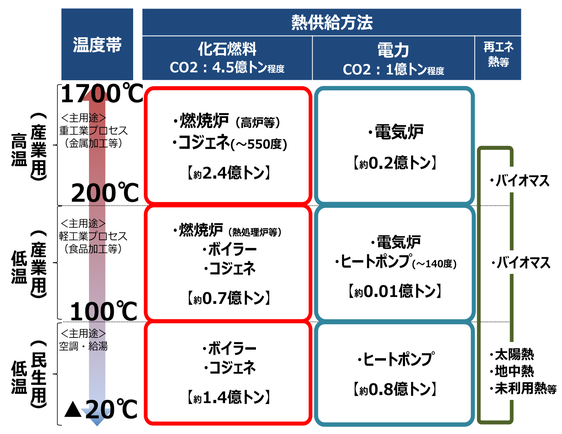


図　2020年度日本国内のCO_2排出量の内訳



出所： 資源エネルギー庁 第23回基本政策分科会資料

図　熱供給の温度とCO_2排出量の関係

【水素燃焼の特徴と課題】
- CO_2排出ゼロ
- 燃焼速度が早く逆火対策が必要
- 空気燃焼の場合、火炎温度が高くサーマルNO_xが上昇

【酸素燃焼の特徴】
- 高温火炎の形成：輻射伝熱性能の向上
- 高速火炎の形成：火炎の安定性及び対流伝熱性能の向上
- 支燃性ガス中の窒素が無くなる事で、酸素燃焼では熱損失が75-80%削減(熱効率が向上)

加えて

【酸素水素燃焼のメリット】
- NO_x排出ゼロ
- 燃焼生成ガスが水蒸気のみ、高温水蒸気の直接利用が可能

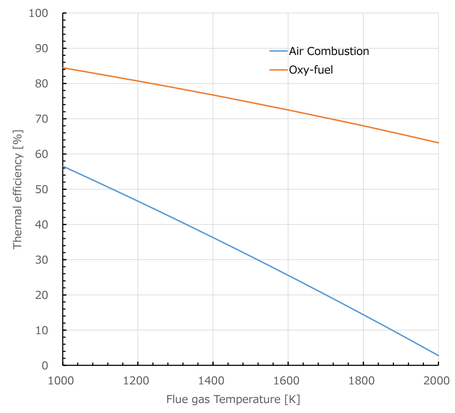


図 ガス温度と熱効率の関係

工業プロセスから排出されるCO_2は186百万ton(全体の約19%)である。このうち、化石燃料による熱供給が8割を占める。特に電化が難しい高温工業プロセスでのCO_2削減に水素燃焼が期待されている。

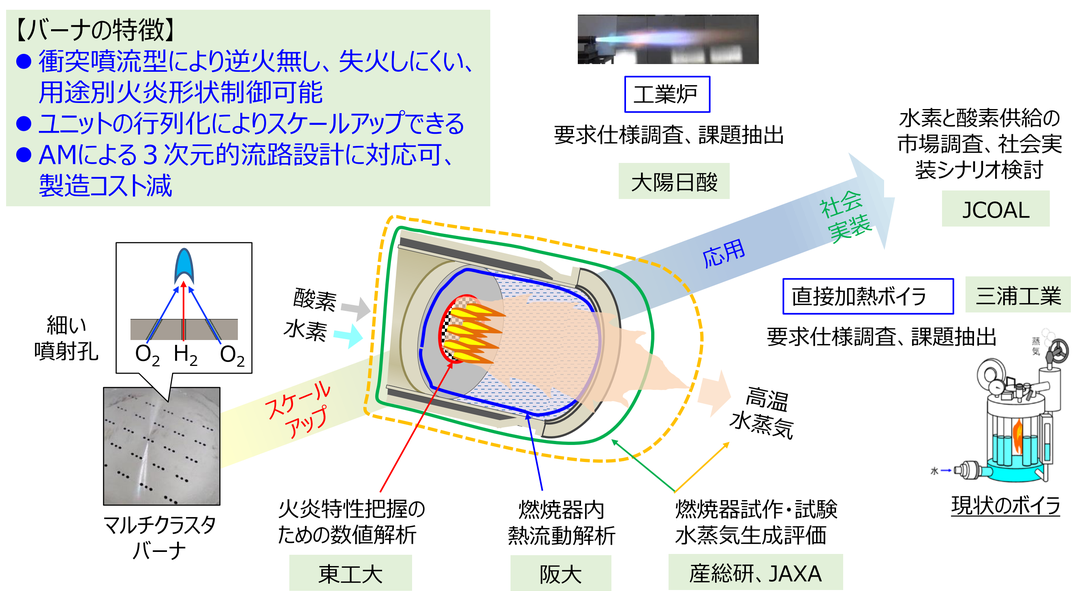
本調査事業では、水素社会の実現に向けて2030年代以降という長期的視点から、従来の空気による水素燃焼技術とは一線を画した酸素水素燃焼技術の実用化を図る。

2． 調査研究の概要

酸素水素燃焼の特性を活かした熱需要ニーズとして鉄鋼用工業炉および直接加熱ボイラに着目し、技術の成立性と社会実装課題について調査を行うと共に、必要に応じて基盤的研究も併せて実施することで要素技術開発における課題整理の充実を図る。

用途	メリット	技術課題	適用先	市場規模
工業炉	•CO_2＆NOxフリー •省エネ •高温が得やすい •用途別火炎制御	•保炎性、バーナ耐久性 •加熱能力（輻射強度） •被加熱物の品質	•鉄鋼用溶解炉など（酸素供給設備が既設）	•CO2削減規模1億t（鉄鋼用） •市場規模90億円（鉄鋼用ガス）
小型直接加熱ボイラ（新型蒸気発生器）	•CO_2＆NOxフリー •省エネ •熱交換器不要で小型化	•水（噴霧）中燃焼 •高い燃焼完結性 •水蒸気発生（燃焼ガスと水噴霧との熱交換） •湿り蒸気下の点火技術	•小型貫流ボイラ代替など	•CO2削減規模1.4億t（※国内市場20万t/h、2t/h水素ボイラのCO2削減量から推計） •市場規模1000億円（M社売り上げ600億円、国内シェア6割より推計）

【バーナの特徴】
- 衝突噴流型により逆火無し、失火しにくい、用途別火炎形状制御可能
- ユニットの行列化によりスケールアップできる
- AMによる３次元的流路設計に対応可、製造コスト減



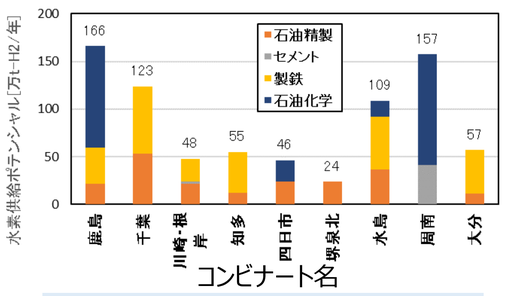
3． 調査研究の内容・成果

社会実装シナリオ検討

【水素】海外水素の輸入
【酸素】既設酸素製造設備の余剰利用、再エネ電力を利用した水電解装置の副生酸素の活用

売り込み先
コンビナート、カーボンニュートラルポート
【工業炉】製鉄産業加熱炉、ガラス産業溶解炉、セメント産業加熱炉
【ボイラ】石油化学産業ボイラ等

水素供給ポテンシャル



785万ton-H2/年、製鉄産業に大きなポテンシャル

酸素供給ポテンシャル

酸素供給設備能力Nm³/h

高炉	1,865,020
電炉	142,713
非鉄金属	136,100
ガラス製造	不明
パルプ漂白	31,557
工業ガスプラント	164,520
合計	2,339,910

酸素消費量92億m³に対して2.2倍の設備規模がある

市場調査

【工業炉】製鉄所を中心とした水素供給網が構築されると、下工程を含めた製鉄プロセス全体で水素-酸素燃焼導入の可能性がある。

【ボイラ】国内販売台数は～年10,000台である。直接加熱ボイラ（蒸気発生器）も同等の市場規模になると考えられる。

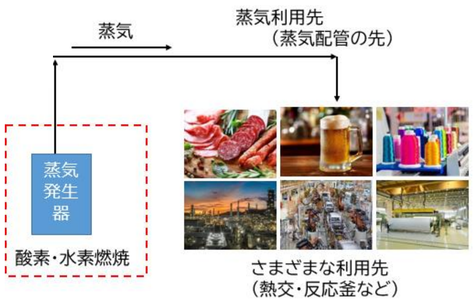
要求仕様の抽出

工業炉用バーナ　用途別に要求性能が異なる

対流伝熱型酸素バーナ
<特徴>　高速の燃焼火炎を形成し、被加熱物に対して酸素バーナ火炎からの対流伝熱で、直接加熱・伝熱する。
<対象用途>　EAF、電気誘導炉等の補助加熱等
輻射伝熱型酸素バーナ
<特徴>　酸素バーナ火炎からの輻射伝熱により、被加熱物に対して間接的に加熱・伝熱する。
<対象用途>　取鍋予熱、鉄鋼加熱炉等

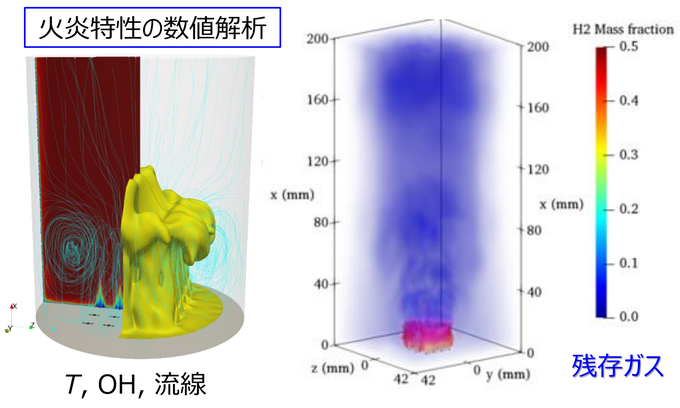
直接加熱ボイラ　熱交換器不要

項目	１次検討仕様
圧力	0.98MPa以下
酸素濃度	21ppm
水素濃度	0ppm
ターンダウン	1:5以上



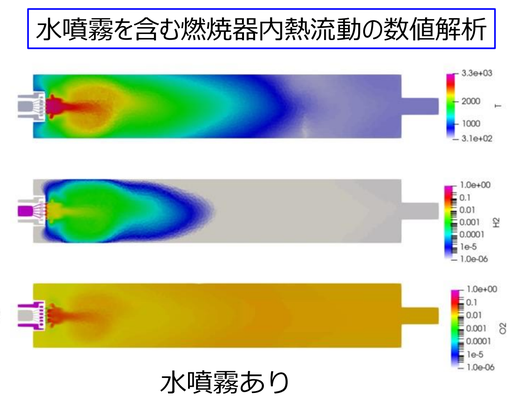
バーナの設計検討、性能予測

火炎特性の数値解析



T, OH, 流線

水噴霧を含む燃焼器内熱流動の数値解析

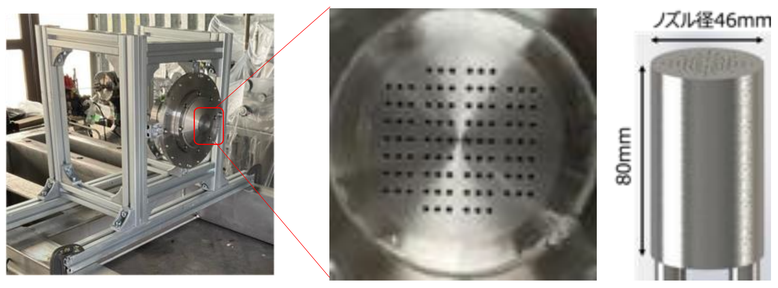


水噴霧あり

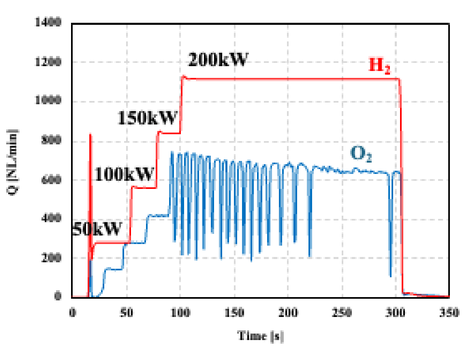
バーナ設計の最適化

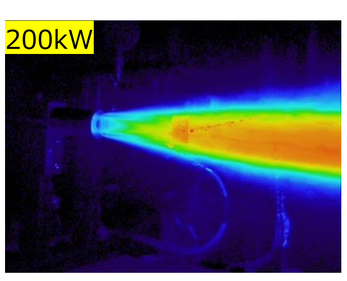
バーナの試作、燃焼試験

工業炉用バーナ　**目標仕様**　燃焼量200kW, ノズル径50mm程度、大気圧で貫通力のある長火炎



- ✓ 長火炎の要求仕様に合わせて設計
- ✓ 機械加工および3D造形で試作





赤外線カメラ撮影

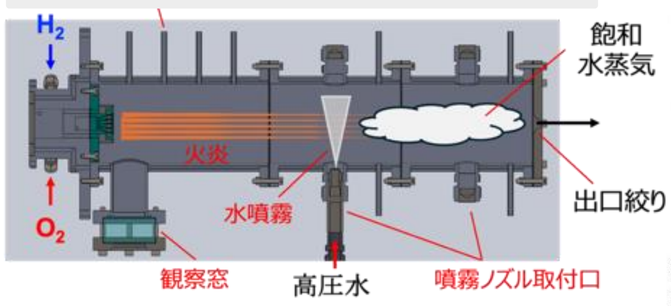
バーナからの距離～2m

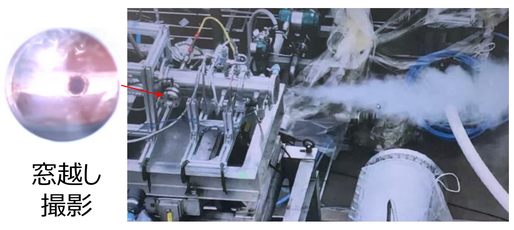
水蒸気の可視化

✓ 燃焼量200kWで火炎の高温水蒸気到達距離～2mに成功

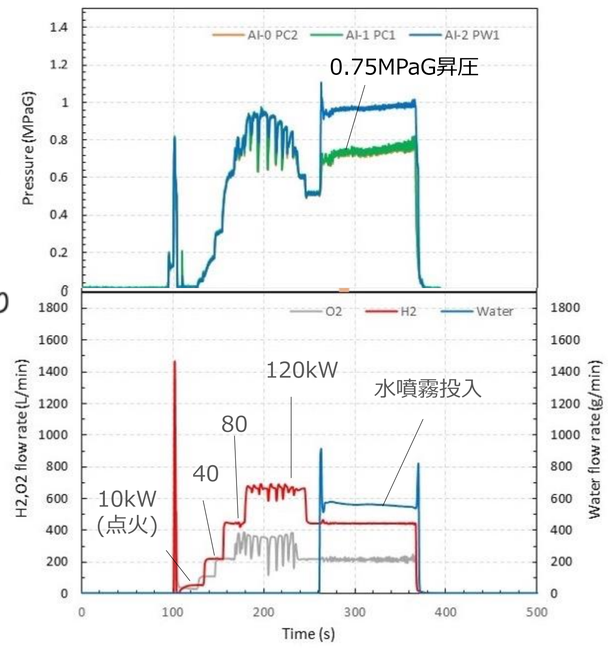
直接加熱ボイラ　**目標仕様**　燃焼量60kW、0.75MPaG程度、高圧で短火炎によりコンパクトな燃焼器

マルチクラスタバーナに水噴霧ランナーを組み合わせてコンパクトなボイラ（約 ϕ110×500mm）を試作





窓越し撮影　水蒸気の可視化



✓ 燃焼量80kWで0.75MPaG の昇圧を達成し、水蒸気の生成を確認

連絡先：范 勇
(国研)産業技術総合研究所　yong.fan@aist.go.jp