

## 脱炭素社会に向けたエア・リキードの酸素予熱燃焼と水素燃焼

1 日本エア・リキード合同会社 NEAPac ROC ALTEC Combustion expert

2 Air Liquide, ALTEC Manager (Combustion)

3 Air Liquide, Global Market Director (Glass and Metal Markets)

木村 誓史<sup>1</sup>, Xavier Paubel<sup>2</sup>, Luc Jarry<sup>3</sup>

### Heat Oxy-combustion and Hydrogen for glass melting: the route toward CO<sub>2</sub> neutrality

Chikashi Kimura<sup>1</sup>, Xavier Paubel<sup>2</sup>, Luc Jarry<sup>3</sup>

*1 International Expert (Combustion), Air Liquide Japan*

*2 ALTEC Combustion Manager, Air Liquide*

*3 Global Market Director (Glass and Metal Markets), Air Liquide*

気候変動に対する取り組みとして、エア・リキードは持続可能な産業向けの低炭素ソリューションを開発しています。Heat Oxy-Combustion (HeatOx) は、燃焼排ガスエネルギーを再利用し酸素・燃料を予熱する技術で、CO<sub>2</sub> 排出量を低減します。また、クリーンな水素は化石燃料と置き換え、CO<sub>2</sub> 排出量を削減するための1つの有力なオプションです。さらに、LCA (ライフサイクルアセスメント) に基づく研究を通して、HeatOx と水素燃焼を合わせたハイブリッド燃焼を提案しています。今回は、脱炭素社会に向けたエア・リキードの酸素予熱燃焼と水素燃焼をご紹介します。

#### はじめに

「脱炭素化」または「低炭素」水素は、化石燃

料（特に天然ガスまたは燃料油）と置き換え、温暖化ガス排出量を大幅に削減するための1つの有望なオプションです。産業分野はすでに年間約7.7EJの水素が使用されています。

水素燃焼と電気熔融との組み合わせ、もしくは単独の水素燃焼、バイオガスと水素の同時燃焼、熱回収、そして炭素回収貯留及び使用及び貯留 (CCUS) など、様々なオプションが検討対象となります。これらすべてのエネルギーを酸素燃焼技術と組み合わせ、効果を高めることができます。その中で、水素燃焼は、脱炭素化に向けた実行可能で効率的なルートの1つと考えられます。

#### 実証済みの Heat-Oxy-combustion がより効率向上

酸素予熱燃焼の主な原理は、燃料と酸素を間接的に予熱することにより、煙道ガスによって失われる熱の大部分を回収することです。燃焼排ガスから得られた熱は、酸素と燃料を予熱するために使用され、通常の酸素燃焼と比較して

〒239-0847

神奈川県横浜須賀市光の丘2-2 日本エア・リキード合同会社

TEL 046-895-2989

FAX 046-849-4708

E-mail: chikashi.kimura@airliquide.com

燃料使用量が10%削減されます。空気燃焼と比較すると、酸素予熱技術は最大50%のエネルギー削減と最大50%のCO<sub>2</sub>排出量削減（酸素製造のために排出されるCO<sub>2</sub>を除く）を達成します。

HeatOx 2G技術のコアになる部分は、設置面積、設備初期投資、エネルギー回収率を改善するために、中間流体を使用せず、煙道ガスエネルギーを活用し酸素と燃料ガスを放射予熱している点です。今後、HeatOx 2Gのイノベーションは、ガラス溶解プロセスへの酸素燃焼導入のハードルを克服し、あらゆる面でより高い効率の燃焼技術として期待されています。

### ガラス熔融の潜在的な新しいエネルギー源としての水素

ガラス熔融のさまざまな脱炭素戦略の全体的な影響を評価するため、LCA（ライフサイクルアセスメント）アプローチに基づく技術の経済性試算を実施しました。基準となるシナリオとして、空気と天然ガスで熔融する典型的な中型蓄熱室熔融炉を設定しています。

次に、酸素燃焼への転換、煙道排ガスの熱回収した酸素予熱燃焼、天然ガスから水素への切り替え、最大50%の電気熔融の追加、CO<sub>2</sub>回収および貯留（CCS）など、いくつかの技術オプションが検討されました。さらに水素について、CCSユニットがある場合とない場合の水蒸気メタン改質（SMR）による製造、または水の電気分解による製造のオプションが比較されました。

LCA分析には、電気の二酸化炭素排出係数が全体的な排出レベルに強い影響を及ぼします。したがって、この影響について感度分析し、電力の二酸化炭素排出係数が多い地域から、洋上風力から得られる脱炭素電力のようなはるかに低いレベルまで、さまざまなケースが検討されました。

Fig 2. ケーススタディ結果の一部をまとめます。燃焼部分によるCO<sub>2</sub>排出量に注目すると、まず有力なオプションの1つは酸素予熱燃焼と電気熔融のハイブリッド燃焼になります。フランスの電力CO<sub>2</sub>排出係数(52g [CO<sub>2</sub> / kWh])を考慮すると、このハイブリッド炉ではガラス溶

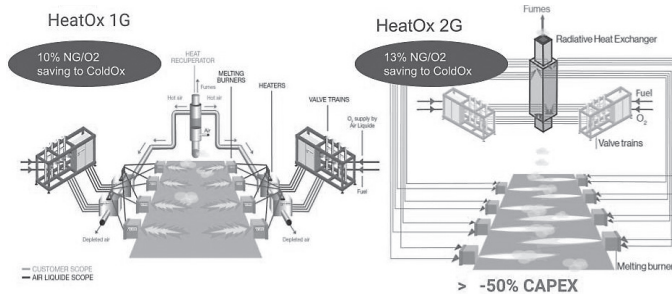


Figure 1. HeatOx 1G と HeatOx 2G について

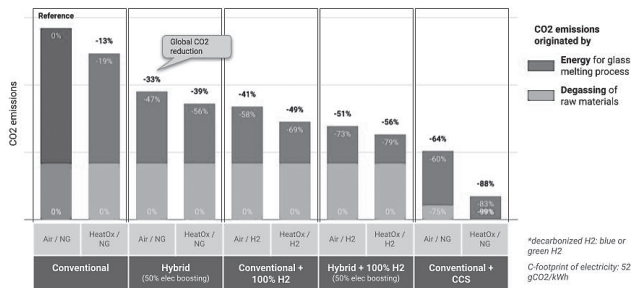


Figure 2. 脱炭素戦略のCO<sub>2</sub>排出量の比較

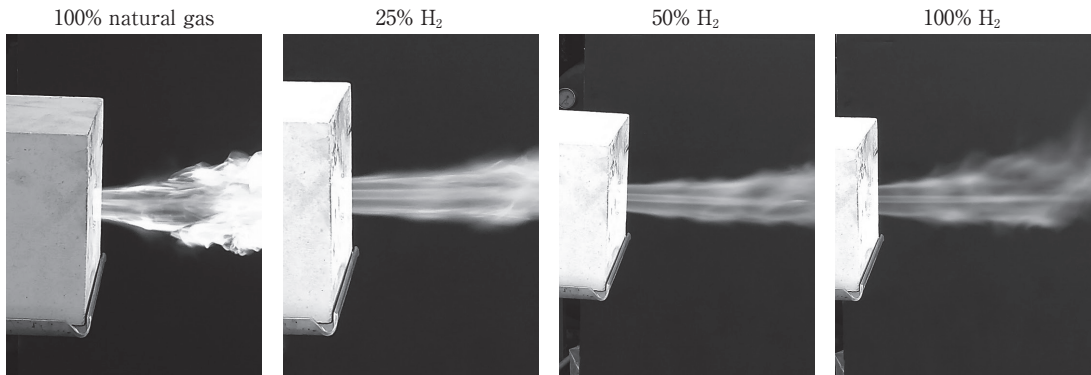


Figure 3. 様々な水素割合による酸素燃焼火炎

融による CO<sub>2</sub> 排出の 56 % 削減できます。さらに、この天然ガスを脱炭素水素に置き換えることで、CO<sub>2</sub> 排出量をさらに削減でき、最大 79 % の CO<sub>2</sub> 削減につながります。

### Air Liquide の水素燃焼開発

水素の安全活用はエア・リキードが何十年にもわたって取り組んできた重要な研究テーマです。水素の密度が非常に低く、反応性が高く、火炎温度が高い特徴は、工業プロセスでの水素の使用に直接影響を与えます。安全で信頼性が高く効率的な燃焼技術を開発する為に、水素燃焼の基礎研究から工業分野への展開まで幅広い研究開発を行っています。

### 日本における実証設備のご紹介

日本エア・リキードは、2019年に神奈川県横須賀市に「イノベーションキャンパス東京」を開設しました。「エネルギー転換・環境」「医療分野における変革」「デジタル化」といった現代社会が直面する課題に対してイノベーションの創造で応えることを目指すための研究施設です。CO<sub>2</sub> 排出量削減技術である HeatOx の実証設備もイノベーションキャンパス東京に設置し、実際に効果を実感して頂ける場所をご提供しています。



Figure 4. 東京イノベーションキャンパス

### おわりに

今後、世界中で低炭素社会の実現に向けた持続可能な取組が検討・採用されるにあたり、低炭素ガラスの需要はますます増えていくと予想されます。低炭素ガラス熔融技術例として、ハイブリッドガラス熔融炉（電気熔融 + 酸素予熱燃焼）は、ガラス容器の製造だけでなくテクニカルガラスやフロートガラスへのソリューションにもなり得ます。しかし、CO<sub>2</sub> 排出削減のメリットは発電時に排出される CO<sub>2</sub> やカレット比などの要因に依存するので、地域の特異性ごとに評価する必要があります。エア・リキードは、酸素予熱と水素燃焼を組み合わせることで、低炭素ガラス熔融技術へ貢献していきます。