

高温廃熱回収器の開発

キーワード：廃熱，高温，回収，セラミックス，省エネルギー

はじめに

産業界においてCOP3の二酸化炭素排出量削減目標を達成するには、燃焼における熱エネルギー利用の高効率化が重要な技術課題となります。燃焼設備の熱効率の改善を図る場合には、炉内構造の改良、放熱損失の低減、完全燃焼の達成等の手段がありますが、最大の熱エネルギー損失である燃焼排ガス損失を低減するには、最終的な排ガス温度を低下させる高温廃熱回収を行う必要があります。燃料を大量に使用している工業炉において、高温廃熱回収を実施し、燃焼用空気の加熱用熱源として再利用すれば、燃料節減（省エネルギー化）によって排ガス量の低減が図られ、二酸化炭素の削減に大きく寄与することになります。

そこで、高温排ガスから 1000 以上の高温燃焼用空気を得ることを目的として、伝熱管にアルミナセラミックス管を採用し、同時に、輻射エネルギーを最大限に利用するため、伝熱管内外に伝熱促進管を挿入した高温廃熱回収器（シェルアンドチューブ方式）の開発を行いました。ここでは、試作した高温廃熱回収器の伝熱性能試験結果と、高温廃熱回収を行った場合の省エネルギー効果について報告します。

高温廃熱回収器による伝熱性能試験

図 1 に実験装置概略を示します。廃熱回収器のチューブ（伝熱管）および伝熱促進管の配置は図 2 に示します。チューブ内外に伝熱促進管を設置し、伝熱促進管の有無による伝熱性能比較試験を行いました。チューブ（外形 42mm，長さ 600mm、11 本）および伝熱促進管（外形 17mm，長さ 600mm、31 本）には

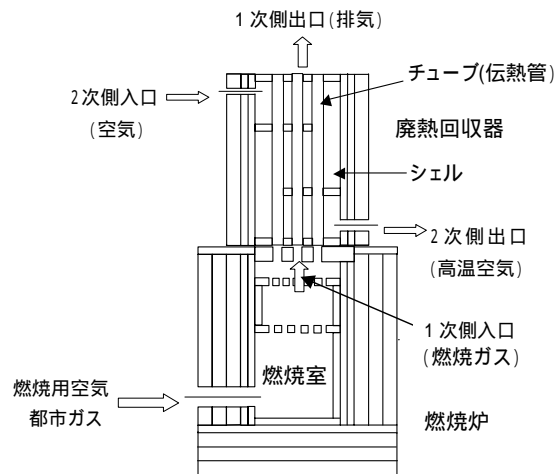


図 1 . 実験装置概略

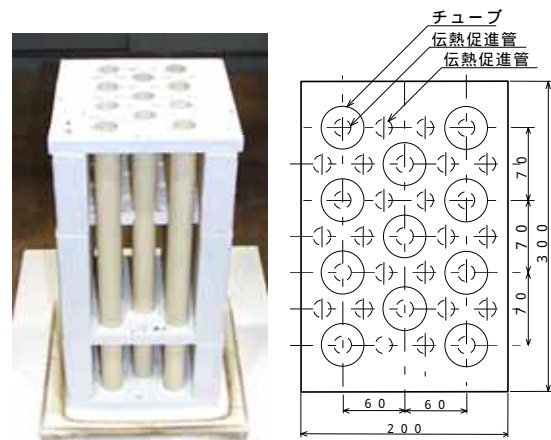


図 2 . 廃熱回収器チューブ
および伝熱促進管配置

アルミナセラミックス管を採用しています。廃熱回収した高温空気（2次側）を熱設備の燃焼用空気として利用し、燃料（都市ガス）使用量を削減することを目的としているため、2次側空気量は燃焼用空気量と同量とすることを前提とし、2次側空気量と燃焼用空気量は 10～20m³/h の範囲で変化させています。この時、1次側入口（炉出口）ガス温度を 1,300 でほぼ一定とするため、都市ガス量を 0.75～1.2m³/h の範囲で調節しています。

図3に伝熱促進管の有無による伝熱性能比較試験結果を示します。伝熱促進管をチューブ内外に挿入することで、熱交換器の性能指標である総括伝熱係数は向上しています。伝熱促進管をチューブ内外に挿入した場合、2次側空気量 15m³/hで総括伝熱係数は約15W/m²であり、チューブのみの場合と比較して30%程度改善しています。また、2次側空気量の増加に伴い、燃焼用空気量も増加しているため、チューブ側空気流速、シェル側ガス流速がともに上昇し、境界膜伝熱抵抗が改善され総括伝熱係数が向上しています。

以上の実験結果から、伝熱促進管を挿入することで、空気・ガス流速の上昇やふく射伝熱により、廃熱回収器の総括伝熱係数が向上することが確認できます。また、チューブにアルミナセラミックス管を採用することで、1500℃の排ガスから1000℃の予熱空気が得られ、目標とする高温廃熱回収ができることも確認できます。

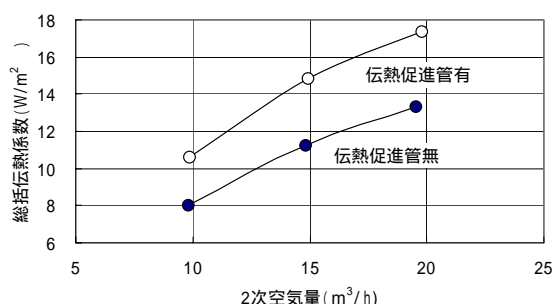


図3 . 2次側空気量と総括伝熱係数の関係

廃熱回収によるエネルギー - 削減効果

通常、セラミックス焼成炉において、従来の金属製熱交換器を用いて熱回収を行う場合、耐熱性・高温腐食の問題から、炉からの排ガスを空気で希釈し、温度を下げた熱交換するため、300℃程度の予熱空気として熱回収するのにとどまっています。しかし、本廃熱回収器は耐熱材料を使用しているため、炉からの高温排ガスを直接熱交換することが可能となり、1000℃以上の予熱空気として熱回収できることが予測されます。そこで、図4に示すようなモデル炉によって、炉内温度

(1700℃)、放熱量(12kW)、空気比(m=1)を一定とし、高温予熱空気燃焼を行った場合の熱収支計算を行い、エネルギー削減効果を検討しています。

図5より、予熱空気温度が高くなるほど都市ガス量および燃焼用空気量が少なくなることが判ります。廃熱を回収し、1000℃の燃焼用空気として利用した場合、廃熱回収を行わない場合と比較すると65%の燃料削減効果があります。一方、従来の300℃の予熱空気を使用する場合と比較しても、45%程度の燃料削減が可能となります。本計算結果は、高温排ガスを伴う熱設備において、従来不可能であった温度レベルで廃熱回収を行い、予熱空気温度を高温化することによって、大幅な省エネルギー効果が期待できることを示しています。さらに、燃焼用空気量、排ガス量が減少することから、炉の付帯設備(燃焼器、送風機、配管等)が小型化し、省資源化も図れることとなります。

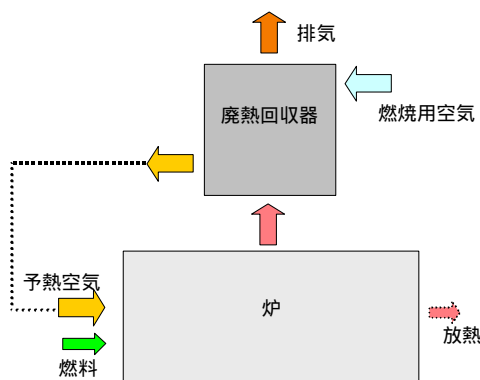


図4 . モデル炉

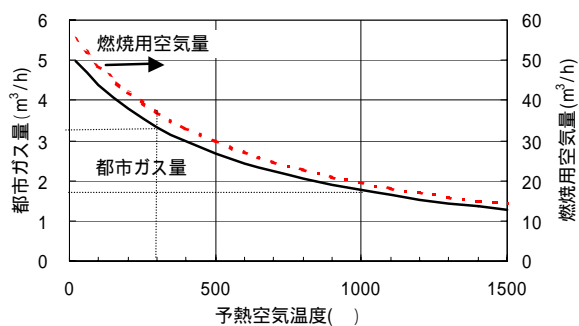


図5 . 予熱空気温度と都市ガス量ならびに燃焼用空気量の関係(燃焼計算結果)