

3.1.5 非素材系産業のエネルギー効率向上

製造部門が消費する二次エネルギーは日本全体の43%（2016年度）で、非素材系産業はそのうちの19.1%を占めています（全体では約8.2%）。本稿では非素材系の製造業で広く使用されている工業炉と、同様に広く使われている揮発性炭化水素の燃焼処理装置について概説します。揮発性炭化水素は塗料や接着剤の溶剤として、また印刷に広く使われています。

1. 工業炉のエネルギー効率向上

工業炉は日本全国で約4万基が稼働していますが、いくつかの種類があります。多いのは金属を加工する前段階で加熱する「加熱炉」、原材料を溶かす「溶解炉」、金属やセラミックスに強度と耐腐食性を与える「熱処理炉」、焼き付け塗装に使われる「乾燥炉」です。構造が最も単純で安価な工業炉は、図1に示す排熱回収のない炉で、小規模な場合は現在も使われています。中規模炉では金属製の熱交換器で排熱を回収し、燃焼用空気の前熱に使う図2の排熱回収炉です。この事例では1350°Cの排熱を800°Cまで空気で冷却し、それから燃焼用空気を600°Cに高めるのに利用しています。排熱回収炉の熱回収率は、概ね35%が限界です。800°C以上の排熱の高温領域を利用できないのは、伝熱管の耐熱性と構造上の熱応力に限界があるか



図1. 非熱回収型工業炉（引用：末尾参照）

らです。そこで金属製の伝熱管の代わりに、高温耐熱性のあるセラミックの蓄熱体で排熱を回収し、その熱を燃焼用空気が回収するリジェネレイティブバーナー（以降はリジェネバーナー）が1980年代に考案されました。

図3にリジェネバーナーを利用する工業炉を示します。排熱の蓄熱と燃焼用空気がその熱を回収するタイミングには一定の時間差が必要なので、2本のバーナーを

1セットで組み込み、30秒から60秒の間隔で切り替え運転します。リジェネバーナーを採用した工業炉の熱回収率は概ね70%に達しましたが、窒素酸化物の発生量が非常に多く、期待したほど普及しませんでした。窒素酸化物の発生は火炎の温度が高いほど顕著で、1500°Cになると急激に増大するからです。そこで、多くの工業炉メーカーが参加する高性能工業炉開発プロジェクト（1993年度～1999年度）が発足し、窒素酸化物の発生を抑制する技術開発が推進されました。成果は続くフィールドテスト（1998年度～2000年度）を経て、窒素酸化物の濃度が排出規制値を遵守できることが確認されました。具体的には1000°C以上の予熱

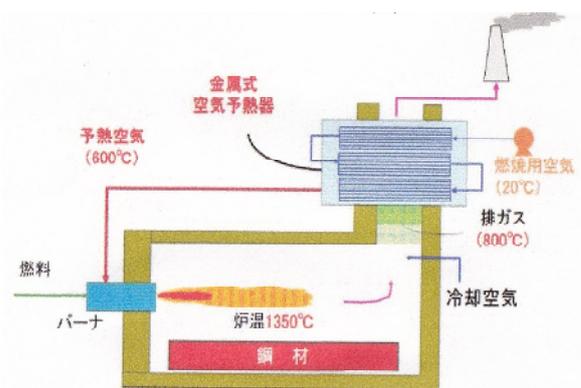


図2. 排熱回収炉事例（引用：末尾参照）

空気に、燃料を少し離れた2か所から噴射し、炉内温度を平滑化して局所的な火炎の高温スポット発生を防いだのです。予熱空気の一部が低酸素状態になることも、窒素酸化物の発生抑制に寄与しています。2011年には、国内で約1300基の工業炉がこの方式を採用しています。

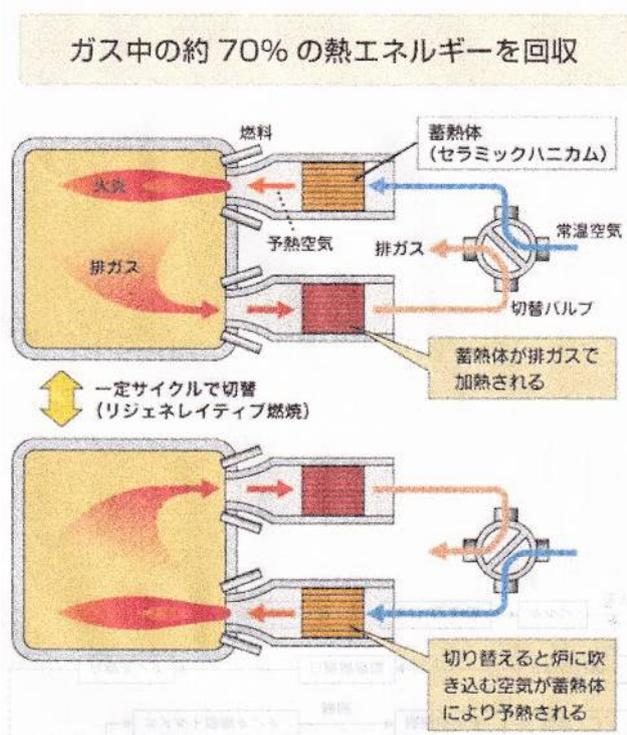


図3. リジェネバーナー工業炉 (引用: 末尾参照)

2. 揮発性炭化水素焼却装置のエネルギー効率向上

2017年度の揮発性炭化水素 (VOC) 発生量は、工場など固定発生源が約140万トンです。このうち燃料の蒸発が約12%ありますが、残りは塗料、印刷インキ、洗浄剤、接着剤、各種の溶剤によるものです。使用後は多くが大気に放出されますが、塗装、乾燥、洗浄設備には排出規制があるので大部分が焼却処理されています。主流は図4に示す

触媒燃焼型の焼却処理で、約350°Cの低温でVOCを焼却します。低温燃焼と排ガスからの熱回収の組み合わせで、燃料の使用量を抑制しています。処理量が多い場合は、図5に示すロータリーバルブ式蓄熱焼却炉(RRTOと称す)が使用されています。セラミックの蓄熱体に排ガスの熱を蓄え、燃焼用の空気の予熱に使うのですが、区分した蓄熱体を順次回転させながら使うので熱回収率が高く耐熱性に優れています。このため、トルエン換算で400ppm程度の含有量で自然し、補助燃料が不要とされています。(おわり)

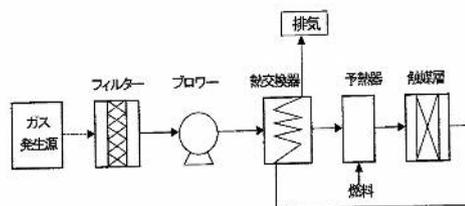


図4. 触媒燃焼型VOC焼却処理設備

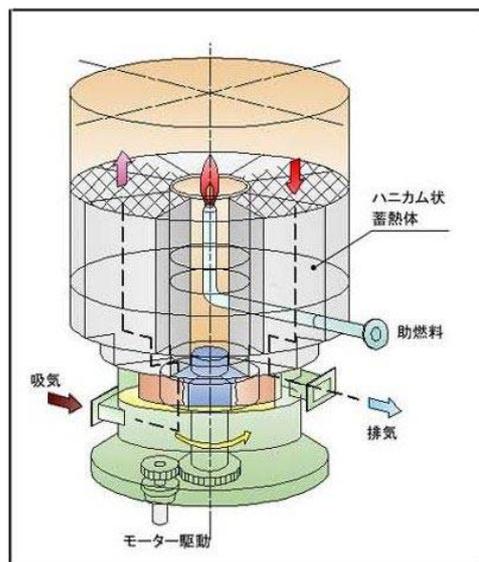


図5. ロータリーバルブ式蓄熱焼却炉
(出典: 株式会社カルモア HP)

引用: 図2. 省エネルギーセンター発表資料

図3. NEDO: 日本工業炉協会資料