

リジェネレーティブバーナ温度効率の測定及び計算方法

序文

この文書は、環境省 LD-Tech の「2022 年度環境省 LD-Tech リスト」¹に登録されている「リジェネレーティブバーナ」(No. L-000073) を「環境省 LD-Tech 水準表」²に掲載するために必要な、リジェネレーティブバーナ温度効率の測定及び計算に必要な技術的情報を提供するものである。この文書は、日本工業炉協会技術企画委員会及び LD テック WG により、2023 年 4 月から同 7 月にかけて作成された。

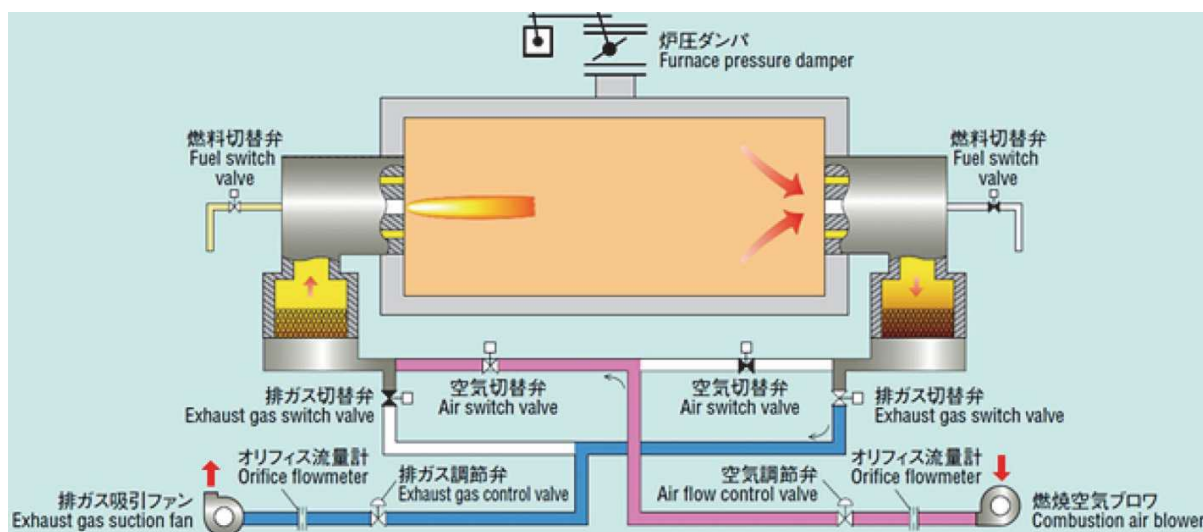
1. 適用範囲

この文書は、工業炉で用いられるリジェネレーティブバーナ（以下リジェネバーナという）の温度効率の測定及び計算方法に適用する。

2. リジェネバーナの種類

2.1 ツインリジェネバーナ

蓄熱部と燃焼部が一体化したバーナユニット 2 基 1 組で機能するバーナ。それぞれのバーナユニットを交互燃焼し排熱回収を行う。燃焼している方のバーナの排熱を他方のバーナの吸気経路にある蓄熱部に受熱させ予熱に用いる。ツインリジェネの構造例を図 1 に示す。



(中外炉工業 HP より)

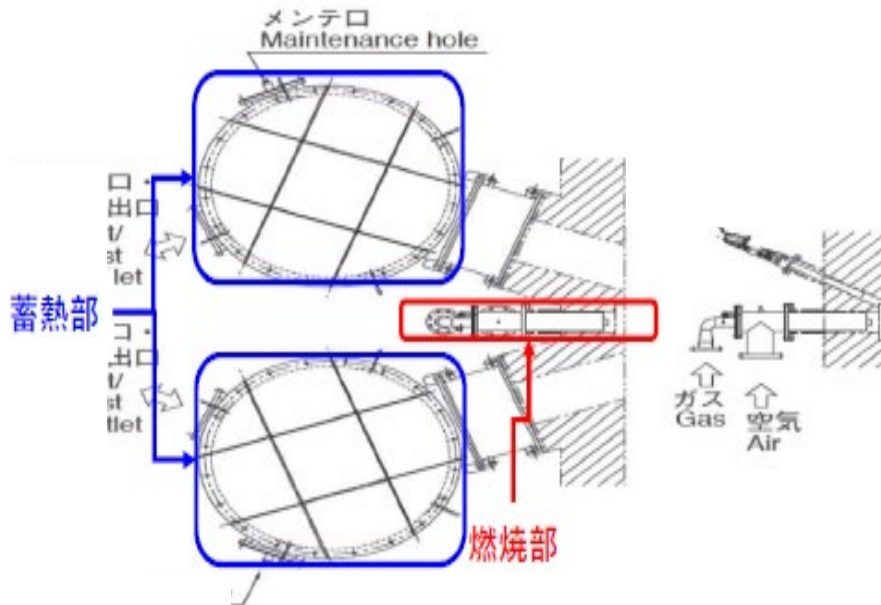
図 1 : ツインリジェネ構造例

¹ <https://www.env.go.jp/content/000149359.pdf>

² 2022 年度環境省 LD-Tech 水準表 : <https://www.env.go.jp/content/000149360.pdf>

2.2 (セミ) セルフリジェネバーナ

複数の蓄熱部と1つの燃焼部で構成されるリジェネバーナ。一部の蓄熱部を通過した燃焼空気で燃焼させ、同時にそれ以外の蓄熱部に排ガスを吸引させる排熱回収を行うシステム。(セミ)セルフリジェネバーナの構造例を図2に示す。

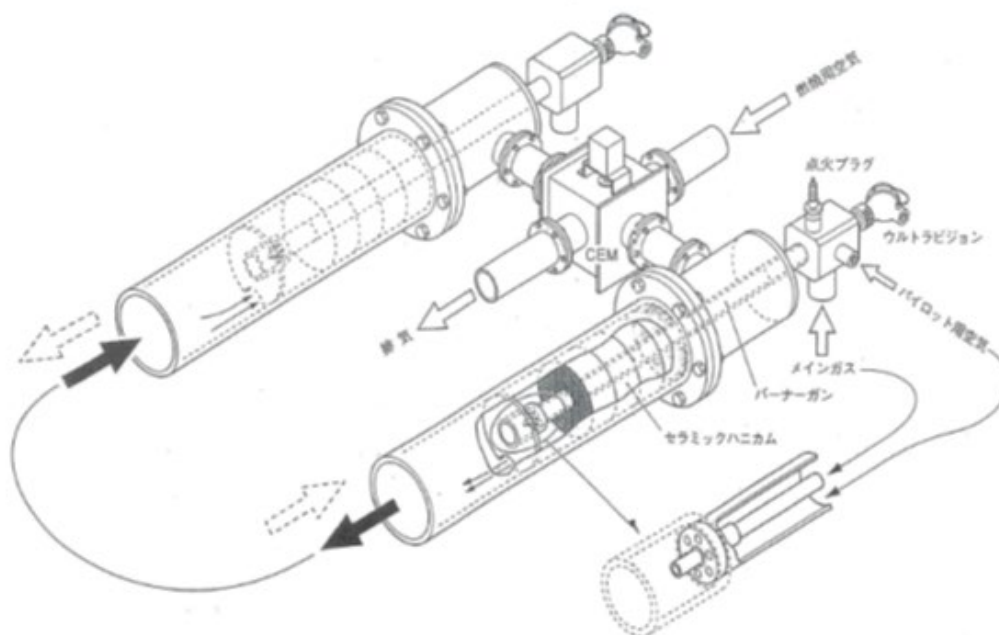


(中外炉工業 HP より)

図2：(セミ)セルフリジェネバーナの構造例

2.3 ラジアントチューブリジェネバーナ

ツインリジェネバーナの燃焼空間に、ラジアントチューブを用いて間接的な加熱を行うシステム。ラジアントチューブリジェネバーナの構造例を図3に示す。



(日本ファーネス資料より)

図3：ラジアントチューブリジェネバーナの構造例

2.4 その他のリジエネバーナ

上記に示さない構造を有するリジエネバーナ

3. 測定条件

温度効率を得るための計測を行うときのバーナ運転条件は以下とする。

1.燃料種	都市ガス（13A）
2.空気比	1.10 以上 （6.測定時間中の平均値を示す）
3.排ガス吸引率	80%以上 （6.測定時間中の平均値を示す）
4.予熱空気温度 T_a	800℃以上
5.蓄熱部出口排ガス温度 T_{ec}	300℃以下
6.その他	蓄熱帯の温度プロファイルが安定していること

注記）空気比及び排ガス吸引率の設定は各装置の設定により定める。

注記）予熱空気温度 T_a の決定は箇条 4.1 を蓄熱部出口排ガス温度 T_{ec} の決定は箇条 4.3 参照

注記） T_a : air, T_{ec} : exhaust cold

4. 予熱空気温度及び排ガス温度測定方法

4.1 一般事項

予熱空気温度 (T_a) 及び蓄熱部出口排ガス温度 (T_{ec}) の測定は熱電対にて行う。

熱電対は記録計に接続し記録する。

温度測定は対をなす蓄熱体のいずれか一方の蓄熱体で測定する。

4.2 測定位置

A) ツインリジエネバーナ

蓄熱器上部及び下部に熱電対を設置する（高温側 (T_a) …TC1, 低温側 (T_{ec}) …TC2）。挿入長さは蓄熱器上部及び下部空間内での最高温度のデータが採れるように調整する（バーナおよび蓄熱器形状を限定しない参考事例を図4に示す）。

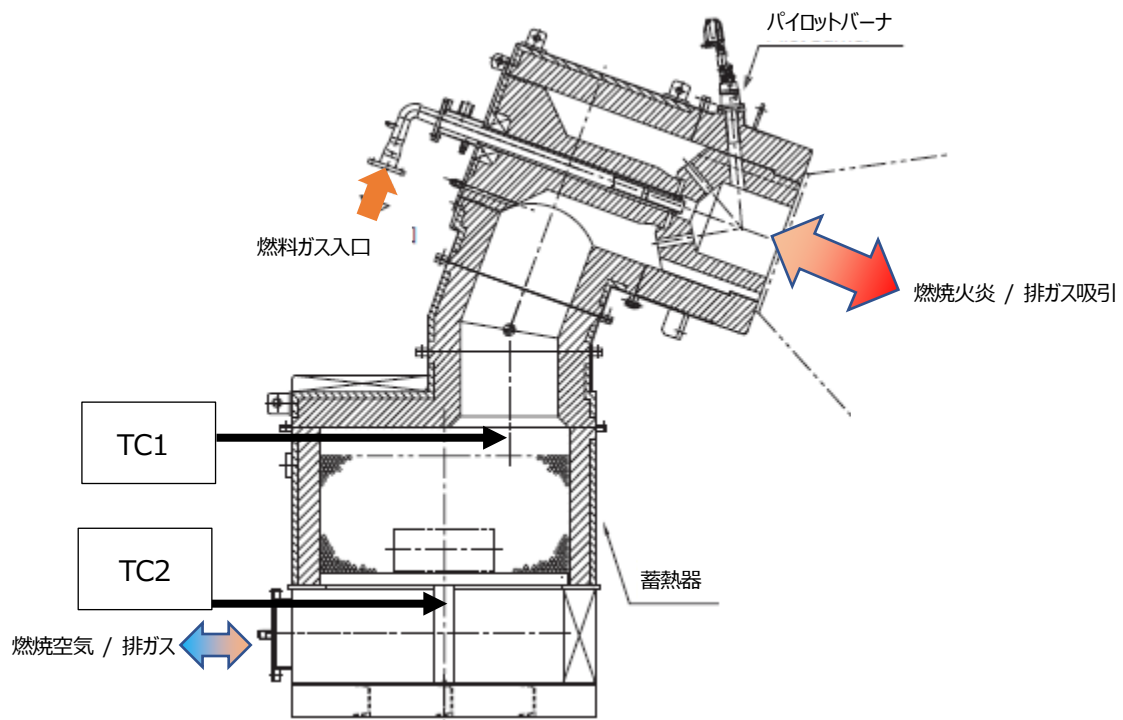


図4. ツインリジエネバーナ参考図

B) (セミ) セルフリジェネバーナ

蓄熱器上部または入口部, 及び下部または出口部に熱電対を設置する (高温側 (T_a) …TC1, 低温側 (T_{ec}) …TC2)。挿入長さは蓄熱器上部及び下部空間内の最高温度のデータが採れるように調整する (バーナおよび蓄熱器形状を限定しない参考事例を図5に示す)。

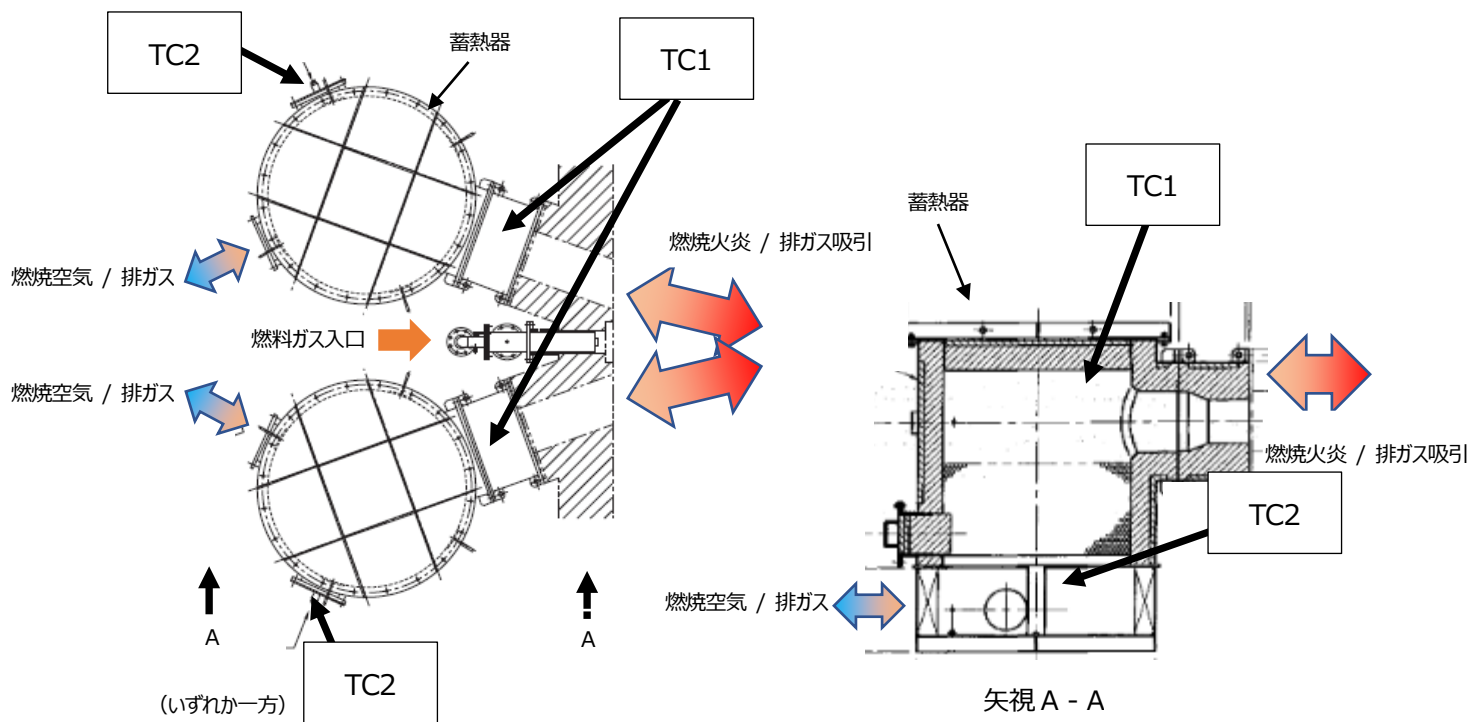


図5. (セミ) セルフリジェネバーナ参考図

C) ラジアントチューブリジェネ

蓄熱器入口部（燃烧空気入口側、TC1）及び出口部（炉内燃烧排ガス吸引部、TC2）に熱電対を設置する（高温側（ T_a ）…TC1, 低温側（ T_{ec} ）…TC2）。挿入長さは蓄熱器上部及び下部空間内の最高温部のデータが採れるように調整する（バーナおよび蓄熱器形状を限定しない参考事例を図6に示す）。

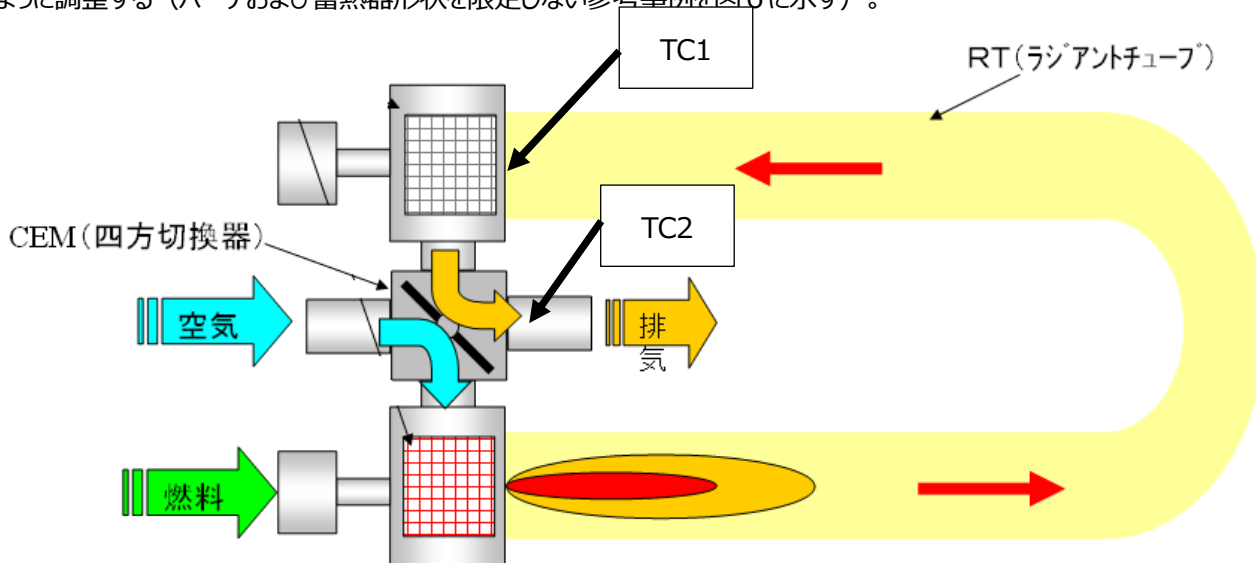


図6. ラジアントチューブリジェネバーナ参考図

D) その他

蓄熱器入口部（燃烧空気入口側、TC1）及び出口部（炉内燃烧排ガス吸引部、TC2）に熱電対を設置する（高温側（ T_a ）…TC1, 低温側（ T_{ec} ）…TC2）。

5. 予熱空気温度及び燃焼排ガス温度の算定

5.1 予熱空気温度 T_a

図7にリジネバーナの予熱空気温度プロフィールを示す。

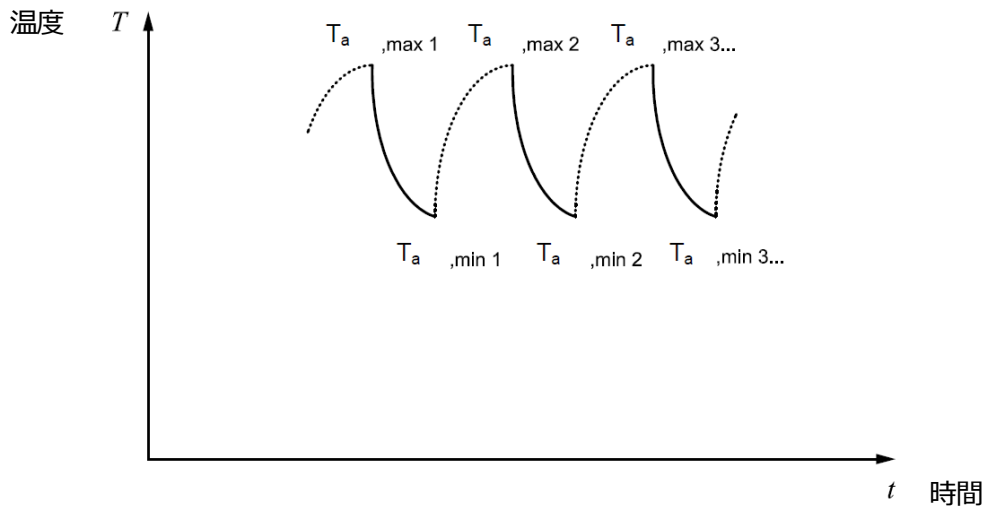


図7 予熱空気温度プロフィール

図注

$T_{a,max i}$ 各サイクルにおける予熱空気温度の最高温度

$T_{a,min i}$ 各サイクルにおける予熱空気温度の最低温度

予熱空気温度 T_a は以下の近似式で算出する。

$$T_a = \frac{1}{2} (\overline{T_{a,max i}} + \overline{T_{a,min i}})$$

注) 算出根拠は ISO 13579-1, 8.4.3.1.2 による。

予熱空気温度 (T_a) の測定が困難な場合は、計算値を用いることができる。この場合、他のパラメータ (燃焼排ガス温度 (T_{ec}) など) によって計算値の妥当性を説明しなければならない。

5.2 燃焼排ガス温度 T_{eh}

燃焼排ガス温度 T_{eh} は以下の式より算出する。

$$T_{eh} = \overline{T_{a,max i}}$$

ここで

$T_{a,max i}$ は、各サイクルにおける予熱空気温度の最高温度 (図4参照)

燃焼排ガス温度 (T_{eh}) の測定 (すなわち燃焼空気温度 (T_a)) が困難な場合は、計算値を用いることができる。この場合、他のパラメータ (燃焼排ガス温度 (T_{ec}) など) によって計算値の妥当性を説明しなければならない。

5.3 蓄熱部出口排ガス温度 T_{ec}

図8にリジネバーナの蓄熱部出口排ガス温度のプロファイルを示す。

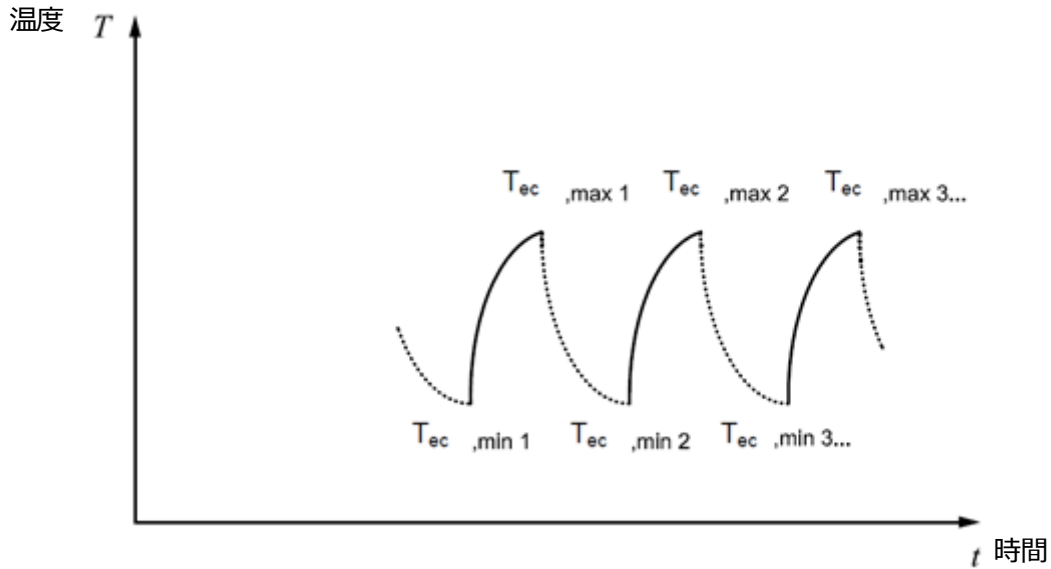


図8 排ガス温度プロファイル

図注

$T_{ec,max i}$ 各サイクルにおける蓄熱部出口排ガス温度の最高温度

$T_{ec,min i}$ 各サイクルにおける蓄熱部出口排ガス温度の最低温度

蓄熱部出口排ガス温度 T_{ec} は以下の近似式で算出する。

$$T_{ec} = \frac{1}{2} (T_{ec,max i} + T_{ec,min i})$$

注) 算出根拠は ISO 13579-1, 8.4.3.1.2 による。

6. 蓄熱体温度効率の算定

蓄熱体温度効率 η は以下の方法で算定する。

$$\eta = \frac{T_a - T_{ambient}}{T_{eh} - T_{ambient}}$$

ここで、

$T_{ambient}$ は外気温度[°C]。

以上