

1-25. レーザーヒーターガス化装置による 高圧下チャーガス化速度の決定

(出光興産石炭研究所) ○神原信志

富永浩章

(群馬大工) 原野安土

Determination of Char Gasification Rate by Laser-Heating Gasification Reactor under High Pressure Condition

Shinji Kambara

Hiroaki Tominaga (Idemitsu Kosan Co., Ltd)

Azuchi Harano (Gunma Univ.)

1. はじめに

将来の高度発電技術として石炭ガス化複合発電プロセスが有望視されている。このガス化反応は高圧下（3MPa程度）で行われる。ガス化炉の設計やそれに及ぼす炭種の影響、あるいはガス化用炭の選定のために、高圧下でのガス化速度データを得ることは非常に重要である。

現在、高圧下でのガス化速度を実験的に得るためには、加圧管状炉による大規模実験や加圧熱天秤や加圧パイロライザーといった装置が用いられている。しかし、どの方法も滞留時間や測定機器の制限から、ガス化反応を総括的に得ることは困難であった。

本研究では、高圧容器内に設置した石炭粒子をレーザーにより加熱し、ガス化の様子を3次元高速度ビデオカメラで撮影し、石炭粒子の体積変化を3次元画像処理解析技術を用いて定量的に追跡し、非接触で石炭のガス化速度を得る新たな手法を開発した。

2. 実験装置および方法

図1に加圧レーザーヒーターガス化装置を示す。この装置は、①レーザー照射装置、②レーザー集光・分光レンズ群、③試料ステージ、④加圧容器、⑤3次元高速度デジタルビデオカメラ（2台のカメラ）、⑥記録・解析用コンピュータから成っている。

図2には、試料ステージ部の写真を示す。約0.1mmの石炭チャー粒子1粒を少量の瞬間接着剤でステージ針先の先端に接着し、加圧容器をステージに装着する。加圧容器はボンベガスにより所定のガス化雰囲気と圧力に設定する。レーザー光軸を調整した後、チャー粒子に連続的にCO₂レーザーを照射

した。レーザー照射によりチャー粒子がガス化していく様子を、粒子正面方向と粒子上面方向から2方向から同期させた高速度デジタルビデオカメラ（フォトロン製 FASTCAM-PCI）で記録した。記録した2方向からの画像を、新たに製作した画像処理ソフトウェアで合成し、体積を求めた。その体積変化からガス化速度を算出した。

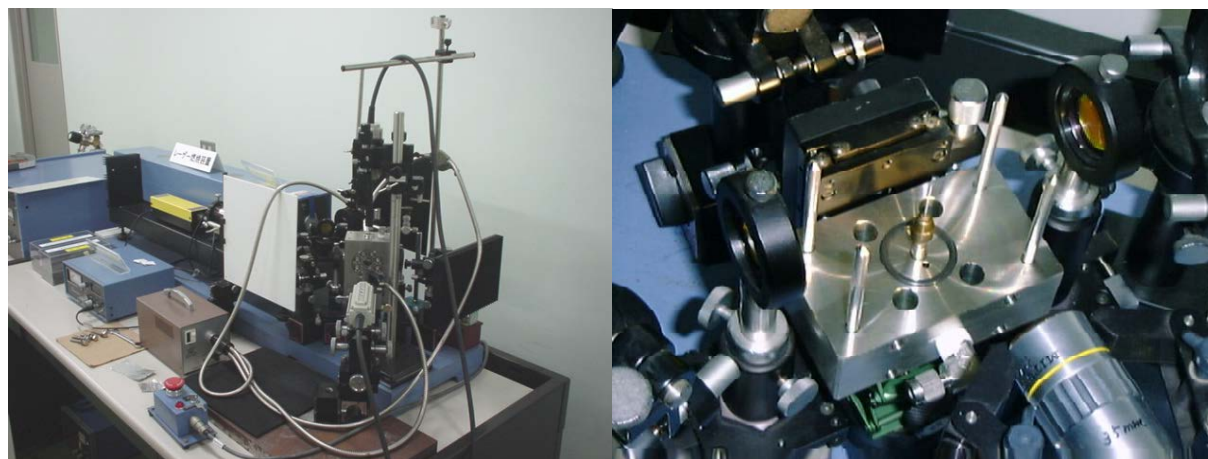


図1 加圧レーザーヒーターの概観

図2 試料ステージ部

表1に実験条件の一覧を示す。今回の実験では、レーザー出力4.6W、レーザー径0.5mmに固定し、ガス化ガス種類、濃度、圧力を実験変数とした。

表1 実験条件

ガス化剤	濃度(%)	圧力(MPa)
N2	100	0.1, 1
Air	-	0.1, 1, 3
CO2/N2 balance	3, 20	0.1, 1, 3

3. 結果および考察

3.1 レーザーヒーター加熱によるガス化挙動

図3には、空気雰囲気での太平洋炭チャー粒子の燃焼挙動の撮影例を示す。粒子にレーザーが照射されると粒子内伝熱により、粒子の温度が上昇し(①～③)、照射後約0.0016秒後には粒子全体が加熱される(④)。その後、空気と粒子が反応することで粒子は次第に収縮し(⑤～⑦)、最後には石炭中の灰のみが残留する(⑧)様子がはっきりと観察できる。

3.2 解析方法

撮影された画像をコンピュータに転送し、デジモ社製画像処理ソフト・イメージハイパー改造版を用いて粒子の変化を追跡し速度データを得た。チャー粒子の輪郭を正確に求めるために画像の輝度を二値化し、粒子の径が浮き

彫りになるように輝度の敷居値を設定した。この二値化を前フレームに施すことにより、粒子の輪郭の経時変化を別のファイルとして保存した。二値化画像データから面積相当径を求め、これを粒子の代表径として粒径の経時変化を求めた。

これらの粒径変化からは重量の変化がわからないことからガス化速度データは最も単純な **Shrinking Core Model** を適用した。また、酸化剤の濃度依存性は1次として考えた。粒径変化は、

$$-\rho_c \frac{dr_c}{dt} = k_s C_{oxi, \infty} \quad (1)$$

と表すことができ、積分すると

$$t = -\frac{\rho_c}{k_s C_{oxi, \infty}} (r_c - R_c) = \frac{\rho_c R_c}{k_s C_{oxi, \infty}} \left(1 - \frac{r_c}{R_c} \right) \quad (2)$$

となる。したがって、時間 t と $(1 - R_c/r_c)$ をプロットすると傾き $\frac{\rho_c R_c}{k_s C_{oxi, \infty}}$ から

反応速度定数 k_s が求まることとなる。**Shrinking Core Model** が妥当かどうかはチャーの細孔での反応の寄与が大きな問題となるが、今回は初歩的段階として粒径変化からダイレクトに反応速度データを処理できるモデルを採用した。

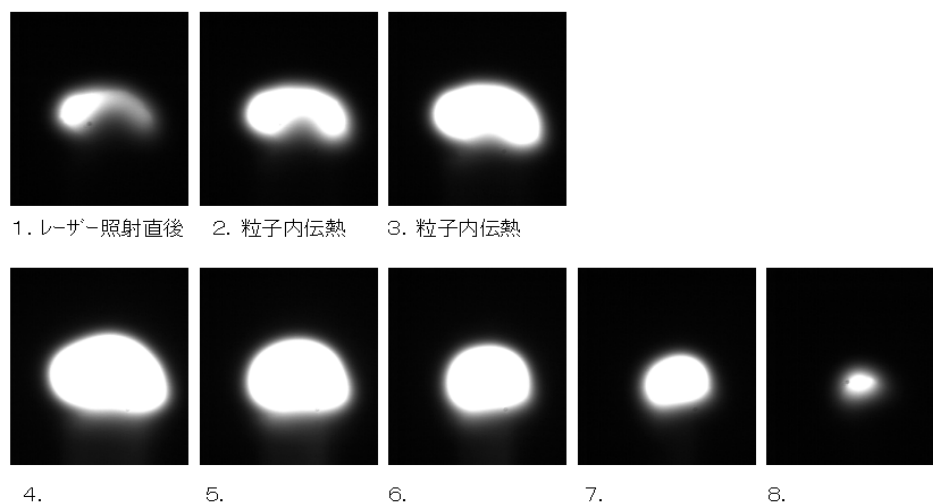


図3 正面方向のカメラによる太平洋炭チャー粒子の燃焼挙動の観察例

3.3 解析例

CO₂ 3% (N₂ balance) をガス化剤とし、圧力を 1MPa とした時のガス化実験結果を図4に示す。これを画像処理し、球相当半径の経時変化を算出した結果を図5左に示す。同様の手法による CO₂ 3% (N₂ balance) , 3MPa の結果は図5右に示した。

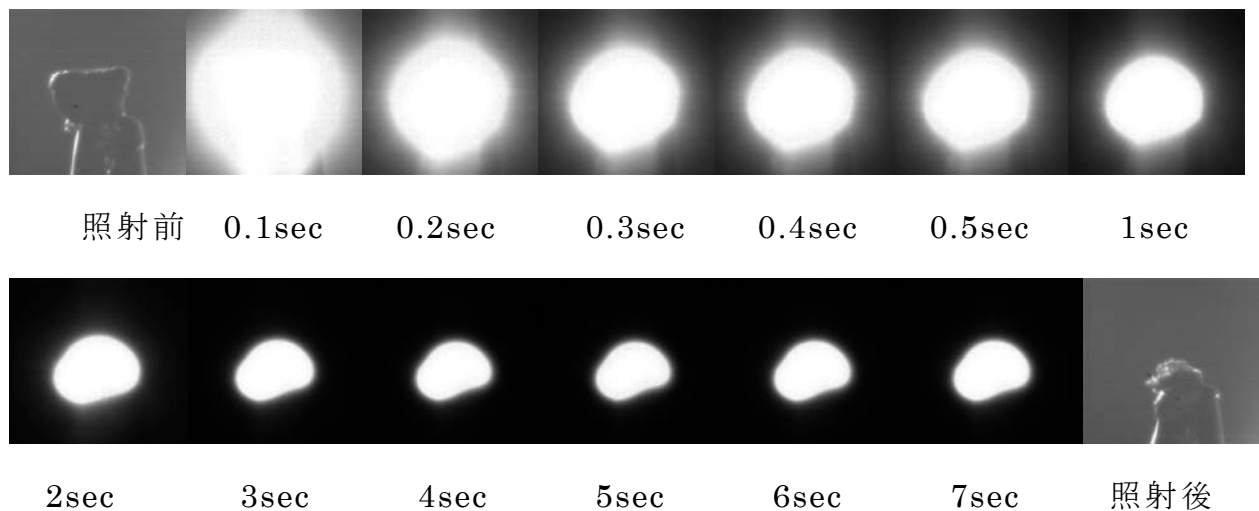
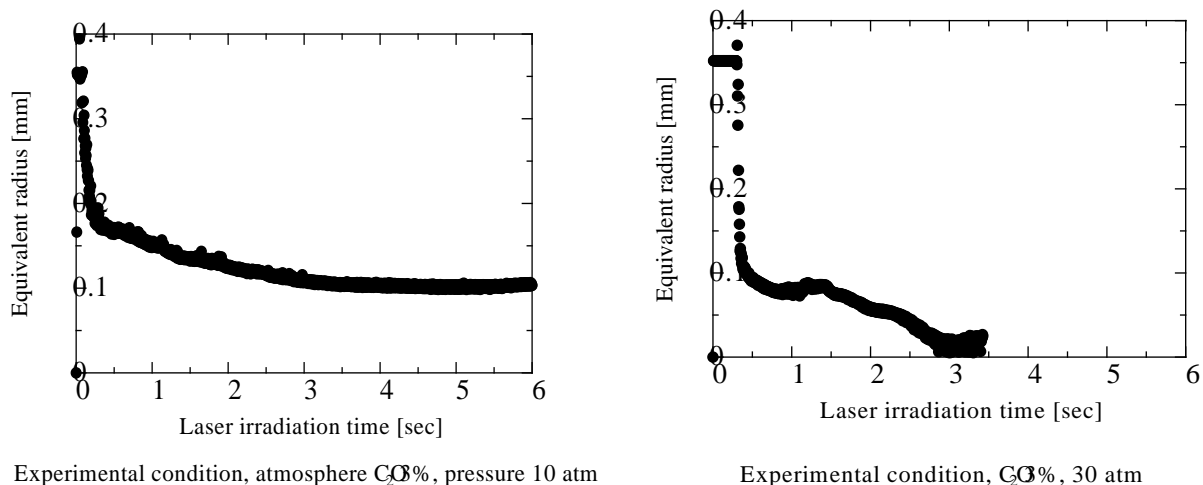


図 4 CO₂3%で 1MPa でのビデオ画像



Experimental condition, atmosphere CO₂%, pressure 10 atm

Experimental condition, CO₂%, 30 atm

図 5 CO₂ 3%雰囲気下での球相当半径の経時変化(左図 1MPa、右図 3MPa)

これらの結果から速度定数を算出すると、

$$\rho_c = 1.5 \text{ g/cm}^3 = 0.125 \text{ mol/cm}^3 \text{ とすれば}$$

1.0MPa

$$\text{Slop} = 0.4/3 = \frac{0.125 \times 0.017}{k_s \times 1.26 \times 10^{-9}} \quad k_s = 1.26 \times 10^7$$

3.0MPa

$$\text{Slop} = 0.6/1.5 = \frac{0.125 \times 0.011}{k_s \times 3.78 \times 10^{-9}} \quad k_s = 9.09 \times 10^5$$

参考文献：(1)平成 11 年度石炭利用基盤技術開発（シミュレーション開発）報告書（石炭利用総合センター）(2)平成 12 年度国際共同研究（高圧ガス化）報告書（NEDO）