

[石炭の徹底研究]

石炭のガス化とは

石炭を熱すると、まず石炭の熱分解反応が起こり、メタンや低級炭化水素ガスなどの熱分解ガスと固体の石炭チャーとが生成します。続いて石炭チャーにガス化剤である酸素や水蒸気、二酸化炭素および水素などが反応して、水素や一酸化炭素を主成分とする燃料ガスが得られます。

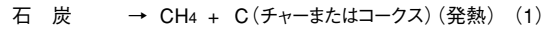
この反応を高温顕微鏡（反応温度 1300℃）で観察すると、時間とともにチャー粒子の外側の炭素から徐々にガス化して粒子径が小さくなり、最後に灰が残る様子が観察されます。この反応過程は「未反応核モデル」と呼ばれる反応モデルを使って数式化され、シミュレーションモデルに組み込まれています。

チャー粒子を完全にガス化するには、数十秒から数分の反応時間が必要となります。ガス化速度を早くするために、高い反応温度で、しかも高い反応圧力で反応させようと工夫されています。

下図に、生成ガスの反応平衡関係を示しますが、圧力3MPaでは1200℃以上の温度になるとほぼ水素と一酸化炭素が平衡ガス組成になることがわかり、高い温度と高い圧力で反応させた方が有利であることが判ります。現在、開発中のガス化プラントは、高温高圧でガス化反応を行わせるように設計されています。

ガス化の基本反応式

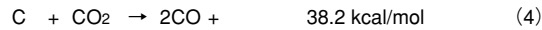
<熱分解>



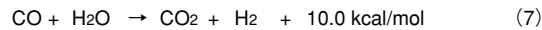
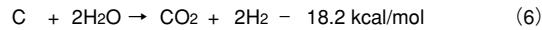
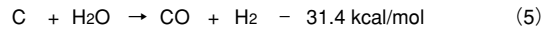
<酸素との反応>



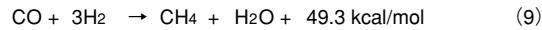
<二酸化炭素との反応>



<水蒸気との反応>

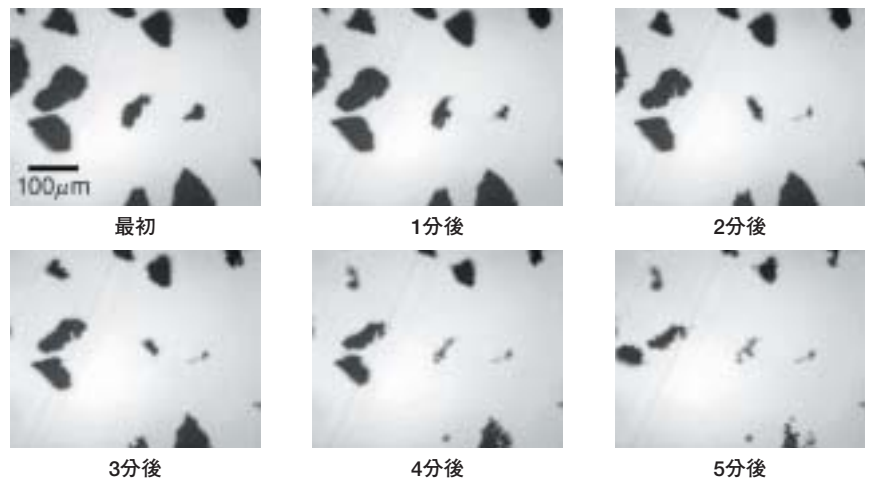


<水素との反応>

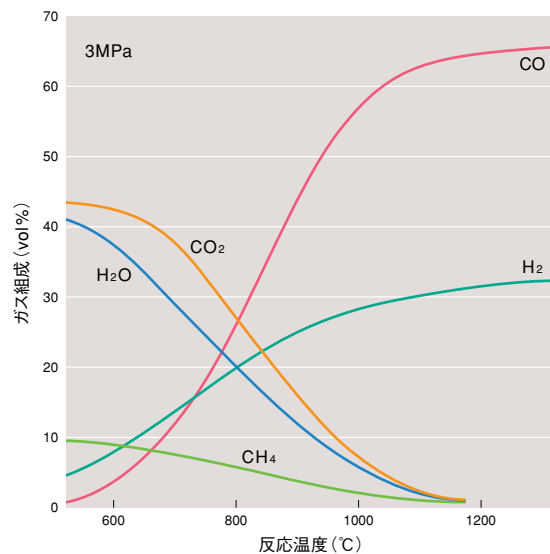
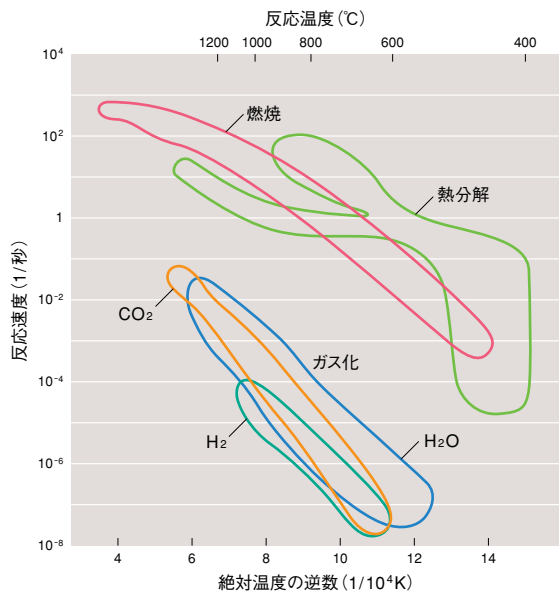


石炭チャー粒子のCO₂によるガス化の高温顕微鏡観察(1300℃)

(提供：宇部興産株)



熱分解・ガス化・燃焼の反応速度の比較図



未反応核モデルとは、粒子内部に未反応の部分（未反応核）が存在し、反応とともに粒子径が減少すると仮定した気固反応モデルです。このような場合の反応解析は、 $A(g) + bB(s) \rightarrow cC(g)$ ここで、A: 反応ガス(H₂O, CO₂, O₂など)、B: 固体(C)、C: 反応生成ガス(CO, H₂など)。表面反応はガス成分Aに対して1次反応とすると、総括反応速度 $-r_{PB}$ は、
$$-r_{PB} = \frac{4\pi R^2 b C_{AB} (1-x_B)^{2/3}}{1/k_C + 1/k_S}$$
となります。