

石炭地下ガス化における低品位炭からの水素生成の可能性に関する研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 修士2年 石井悠真

1. はじめに

石炭の地下ガス化 (UCG: Underground Coal Gasification) とは、地下の石炭層に地表から坑井を穿ち、石炭層を直接燃焼させて水素、メタン、一酸化炭素などの生成ガスを回収する技術である。石炭は化石燃料の中でも燃焼時の CO₂ 排出量が多いため、環境への影響が大きい資源であると認識されるが、UCG で水素などのガスに転換しガスとして回収することで、未利用資源の回収のみならず環境負荷の小さい資源として有効利用が可能になる。UCG は世界各国でパイロット試験や実証試験が実施されており、ガス化対象の石炭も高品位炭から低品位炭まで様々である。本研究では、生成ガスの量・成分・発熱量や、ガス化反応に伴うき裂生成による破壊音 (AE: Acoustic Emission) の観点から、UCG による低品位炭からの水素製造の可能性に関して検討を行う。

2. 小規模 UCG 模擬実験概要

本実験では、直径 300 mm、高さ 350 mm のペール缶を用いて、試料を作製した。また、試料に対して直径が 20 mm の実験孔を穿孔し、注入孔/生産孔とした。注入剤には酸素: 空気の混合比が 7:3 の酸素富化空気を使用し、注入流量は 6 L/min から 10 L/min まで変化させて実験を行った。表 1 に本実験で使用した石炭の分析結果を示す。

表 1 石炭試料の工業分析値および元素分析値

	Calorific value (MJ/kg)	Proximate analysis (wt%)				Ultimate analysis (wt%)				
		Moisture	Ash	Volatiles	Fixed carbon	C	H	N	S	O
High-grade Coal	32.1	3.3	3.2	45.0	48.5	78.5	5.8	1.6	0.2	10.5
Low-grade Coal	22.7	15.3	5.7	39.6	39.4	67.8	4.9	1.6	0.1	18.9

3. 実験結果および考察

本実験では低品位炭においても高品位炭と同様にガス化領域の温度が 1,000°C 以上を示し、高温領域が広がることが確認された。また、生成ガスの成分および平均発熱量についても、両石炭で顕著な差はなく、低品位炭をガス化した場合においても、可燃性ガスが安定して生成できることが確認された。その一方で、表 2 に示す結果のとおり、高品位炭と比較して低品位炭の方が反応石炭量あたりの生成ガス量が少なく、注入酸素量あたりの反応石炭量が多いという違いも確認される。これは、低品位炭の方が揮発分が少ないため反応石炭量あたりの生成ガス量が少なくなるものの、非粘結性であることからき裂が生成しやすいため、多数のき裂生成により反応領域が拡大したことで反応石炭量が増大したためと考えられる。図 1 に示す生成ガス流量と AE イベント数の結果も、き裂生成による反応石炭量の増大により生成ガス量が増大したと捉えることができる。したがって、低品位炭では石炭より発生する可燃性ガスは少ないものの、き裂生成に伴う反応領域の拡大により反応石炭量および生成ガス量が増大するため、高品位炭と同等の可燃性ガス量を回収できることと考えられる。さらに、注入酸素当たりの水素の生成効率についても低品位炭は高品位炭と比較して遜色ないことが示されており、低品位炭は UCG による水素製造において十分なポテンシャルを有すると考える。

表 2 結果のまとめ

	低品位炭	高品位炭
反応石炭量 (kg)	0.561	0.186
注入酸素量あたりの反応石炭量 (kg/L)	7.21×10^{-4}	5.07×10^{-4}
反応石炭量あたりの生成ガス量 (L/kg)	2,018	2,588
生成ガスの総発熱量 (MJ/m ³)	5.12	5.34
ガス化効率 (%)	48.5	44.8
注入酸素 1 mol あたり の水素生成効率 (-)	0.25	0.21

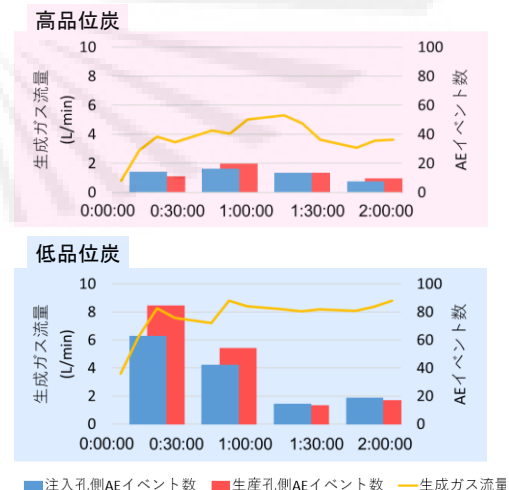


図 1 生成ガス流量と AE イベント数