2017年3月30日　於　三笠市民会館202号室

石炭地下ガス化研究報告会

人工炭層実験の成果

NPO法人地下資源イノベーションネットワーク
理事長　出口　剛太

石炭地下ガス化（UCG）：二つのシステム開発

リンキング方式

同軸方式

水平同軸方式

これまで実施してきたUCG基礎実験

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
室蘭工業大学 実験室	石炭小ブロックUCG実験							
三笠未利用石炭 エネルギー 研究施設			石炭小ブロックUCG実験		人工炭層UCG実験		ブロック炭UCG実験	
砂子炭鉱/美唄層 (三笠市)		露天炭鉱UCG実験						

石炭小ブロック実験

露天炭鉱実験

人工炭層実験

ブロック炭実験

これまでのUCG実験（三笠未利用石炭エネルギー研究施設での実験）

三笠市UCG実証実験委託業務として実施

UCG実験炉

大型ブロック炭試料の構成

UCG実験概念図

水平同軸UCG：水平に穿孔した同軸孔の先端部で着火し、口元に向けて順次燃焼/ガス化領域が拡大

計測/観測項目

- ガス化剤（空気/酸素/水蒸気）注入量
- 生成ガス流量（超音波流量計による）
- 生成ガス成分/発熱量
  （マイクロガスクロによる連続観測、30分～1時間毎）
- 炭層内温度/生成ガス温度（10～20点）
- AE（微小破壊音）（6~８点、発生頻度計測と震源解析）
- 実験終了後の燃焼・ガス化領域の観察（解体時）

生成のガス成分と発熱量

- マイクロガスクロによる連続観測
  30分～1時間毎の自動サンプリング/分析
- 定期的なマニュアルガスサンプリング
  大学研究室での詳細分析用

マイクロガスクロ

電子式脱水装置

生成ガス成分解析結果(上）と発熱量(下）

炭層内温度/生成ガス温度（計28点）

人工炭層内の熱電対の配置（上）と温度変化（下）

- 高温用熱電対による計測
- 石炭ブロック内温度（28点）

高温用熱電対

熱電対用データロガー

炭層内温度：燃焼領域/ガス化領域の広がり

AE発生頻度と震源解析

AEセンサ

AE観測録装置

AE震源解析例
（震源分布と相対エネルギー）

燃焼終了後の試料断面観察

実験終了後の代表的な試料縦断面

断面20

断面14

断面３

実験中の最高温度分布とガス化領域・燃焼空洞形状（横断面図）

3次元形状

UCG基礎実験から分かること

地下深部の石炭層を対象とするUCG実証実験や商業生産を実施するために必要な、基礎的な様々なデータを収集する

- どのようなガスが生産されるのか？
- 注入するガス化剤（酸素や空気）による違いは？
- どれほどの量生産できるのか？
- 燃焼領域・ガス化領域はどのように拡大していくのか？
- 燃焼領域の温度は？
- 消火方法は？
- 実規模のUCGで注意すべき点は？

UCG基礎実験から分かること

- どのようなガスが生産されるのか？
  - ・一酸化炭素、メタン、水素、二酸化炭素が主成分
  - ・発熱量はリンキング方式で４～12MJ/m^3
  - ・石炭によっては硫化水素が含まれることがある
- 注入するガス化剤（酸素や空気）による違いは？
  - ・空気の場合は極端に発熱量が低い（窒素が生成ガスに多く含まれる）
  - ・酸素濃度60%以上では大きな違いはない

UCG基礎実験から分かること

- どれほどの量生産できるのか？
  - ・反応石炭1トン当たり1,400～1,500m^3
  - ・リンキング方式の場合、生成ガスの熱量を10MJ/m^{3}とすると、
  - ・石炭1トン当たりおよそ15,000MJ（灯油換算約400ℓ）
- 燃焼領域・ガス化領域はどのように拡大していくのか？
  - ・燃焼領域・ガス化領域の拡大は温度・AEの観測で把握可能
  - ・燃焼領域の温度は1,000℃以上、酸素濃度が高いと1,300℃を超える
  - ・リンキング孔や同軸孔に沿って移動する
  - ・人工炭層では上向きへの移動が大きい（空隙による？）
  - ・1回の着火で拡大する燃焼領域には限界がある
  - ・同軸方式は燃焼領域・ガス化領域が小規模
- 消火方法は？
  - ・酸素供給停止+窒素、二酸化炭素の注入が有効
- 実規模のUCGで注意すべき点は？
  - ・生成ガスに硫化水素が含まれることがある（脱硫装置の必要性）
  - ・生成ガスの漏洩（地下深部での実施と観測体制の確立により回避）

これまでの三笠市委託事業で明らかになったこと

□ リンキング方式UCGと同軸方式UCGの違いは？

項目	リンキング方式UCG	垂直同軸方式UCG	水平同軸方式UCG
燃焼/ガス化領域	**大** リンキング孔の長さと直径に依存	**小** 垂直同軸孔は長さに限界（水平炭層では）	**大** 同軸孔の長さと直径に依存
生成ガス成分	**一酸化炭素、メタン、水素、二酸化炭素**　など		
生成ガス発熱量	4～12 MJ/m3	1～7 MJ/m3	**4～12 MJ/m3**
反応石炭量	0.8～1.5 kg/h	0.6～0.8 kg/h	**1.4 kg/h**
生成ガス量	1.3～1.5 m3/coal-kg		**2.1 m3/coal-kg**
生成熱量	11～21 MJ/coal-kg	9～14 MJ/coal-kg	**24 MJ/coal-kg**
注入酸化剤の適正酸素濃度	60%以上 高い程生成ガスの窒素濃度が下がり発熱量は高くなる	50%程度 高いと注入管が溶断し奥部に酸化剤が届かない	

今後のUCG開発に向けて/解決すべき課題

□ 高効率同軸方式UCGの開発

・より長い燃焼/ガス化経路が確保できる水平同軸孔によるUCG実験を実施し、リンキング方式と同程度の燃焼/ガス化が可能な水平同軸方式UCGの開発
・孔拡大等物理刺激による燃焼領域拡大技術の開発
・フィールド実験、パイロット試験に向けての課題抽出と解決

□ 安定したガス化のための制御技術確立

・安定した燃焼/ガス化を持続させる注入酸化剤の注入量/酸素濃度等の制御技術の開発
・再着火による燃焼/ガス化継続技術の開発
・目標値：生成ガス量 1.5m3/coal-kg 以上、発熱量5MJ/m3以上、継続時間50時間/m以上
(酸化剤注入量　最大50L/分、酸素濃度50%)

□ 水蒸気注入の効果把握

・水蒸気注入と生成ガスの水素濃度増加の関係把握

□ 安全/確実な着火法の開発

・取扱いが簡単で安全、かつ確実な孔底での初期着火方法、及び途中での再着火方法の開発
・着火剤としての気体燃料（プロパン等）と空気との適切混合比の決定と確実な点火方法の開発

□ リアルタイムガス化効率評価システムの開発

・AE、温度、ガス成分の変化から、リアルタイムで燃焼/ガス化の状況が把握できるガス化効率評価システムの開発
・ガス成分から反応石炭量、生成ガス量等をリアルタイムで算出
・生成ガスのエネルギーあるいは成分の安定化制御の判断基準を提供

UCG実用化までのロードマップ（三笠市委託事業の位置づけ）

これまでに分かったこと（添付資料１参照）

- リンキング方式と同軸方式の違い
- 生成ガスの成分
- 生成ガスの発熱量
- 生成ガス量
- 注入酸化剤の適正酸素濃度
- 温度/AE観測の有効性（燃焼/ガス化領域の把握）
- 二酸化炭素による消火の有効性

今後開発/解決すべき課題（添付資料２参照）

- 高効率水平同軸UCGの開発
- 安定したガス化のための制御技術確立
- 水蒸気注入の効果把握
- 安全/確実な着火法の開発
- リアルタイムガス化効率評価システムの開発