

平成27年3月20日
於 三笠市山の手市民センター

三笠石炭地下ガス化研究報告会

これまでの実験の成果と今後の計画

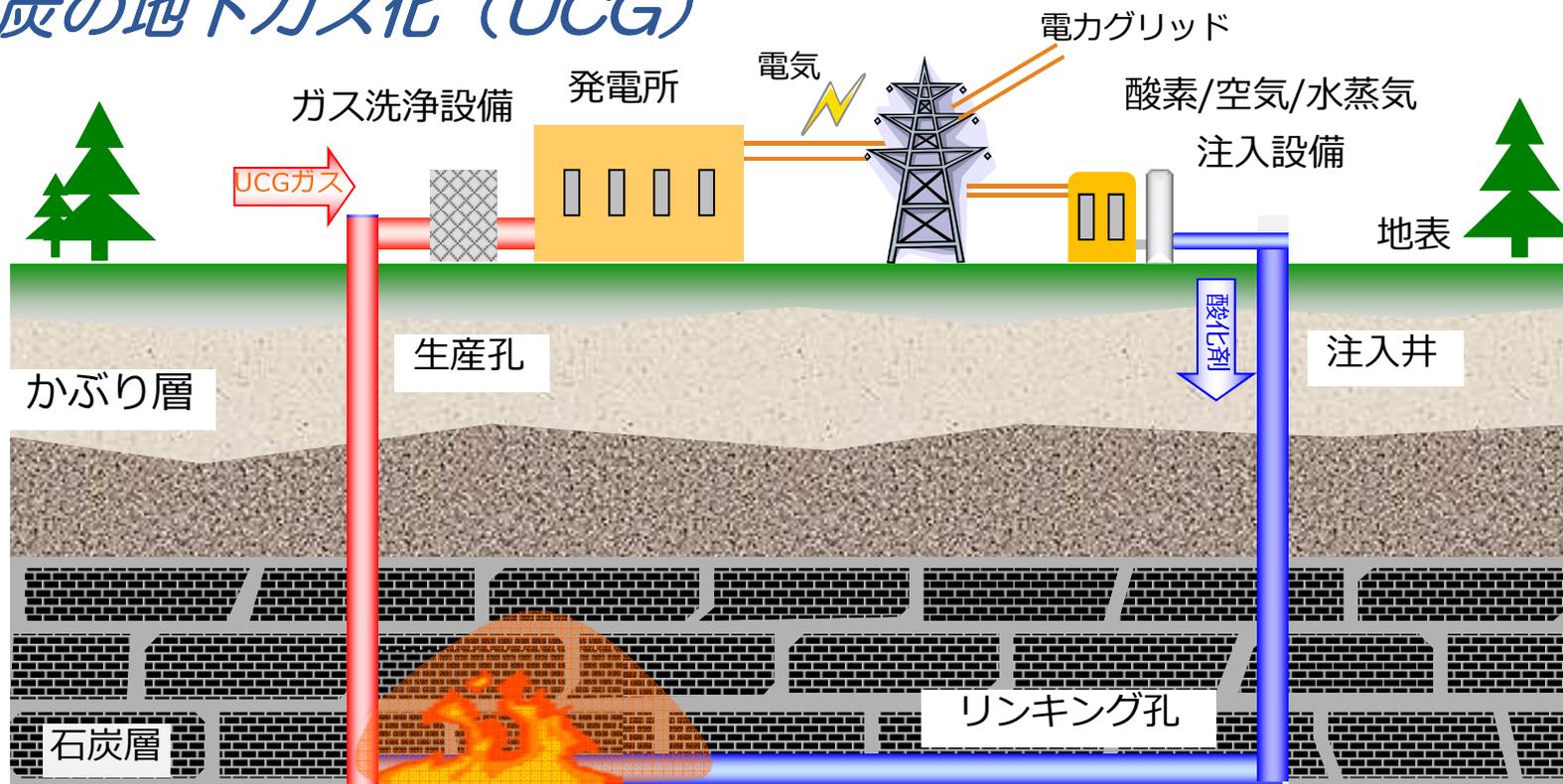
人工炭層実験の結果報告



特定非営利活動法人
地下資源イノベーションネットワーク
理事長 出口 剛太
(室蘭工業大学 客員教授)

Underground Coal Gasification

石炭の地下ガス化 (UCG)

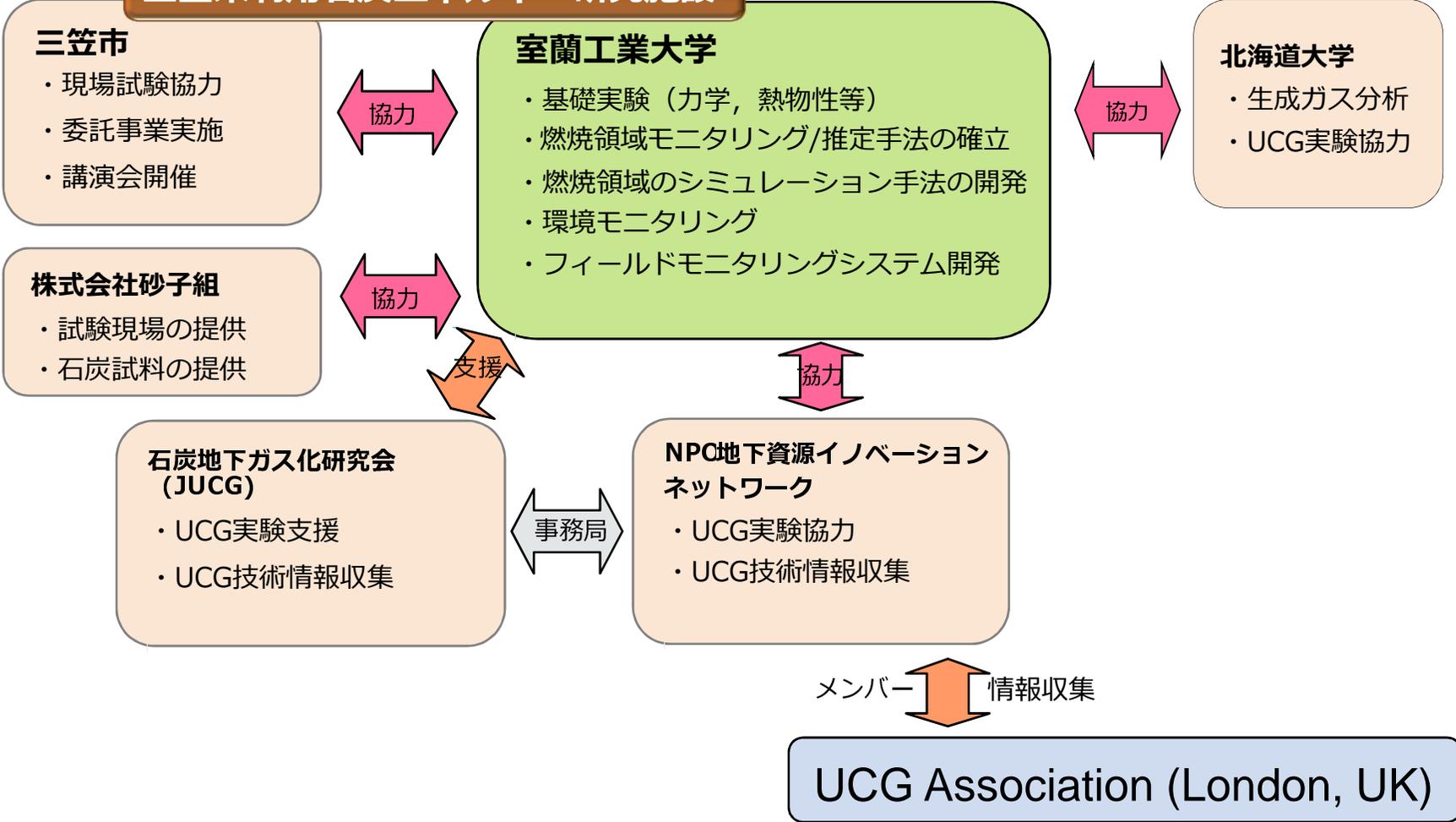


- 石炭を採掘することなくエネルギーを回収
- 未利用石炭を活用-埋蔵炭量の増加
- 大型ガス化炉の建設が不要 (コスト削減)
- 石炭灰処理の問題解決
- 汚染物質排出(SO_x, NO_x, 水銀等) の減少
- CO₂貯留の可能性

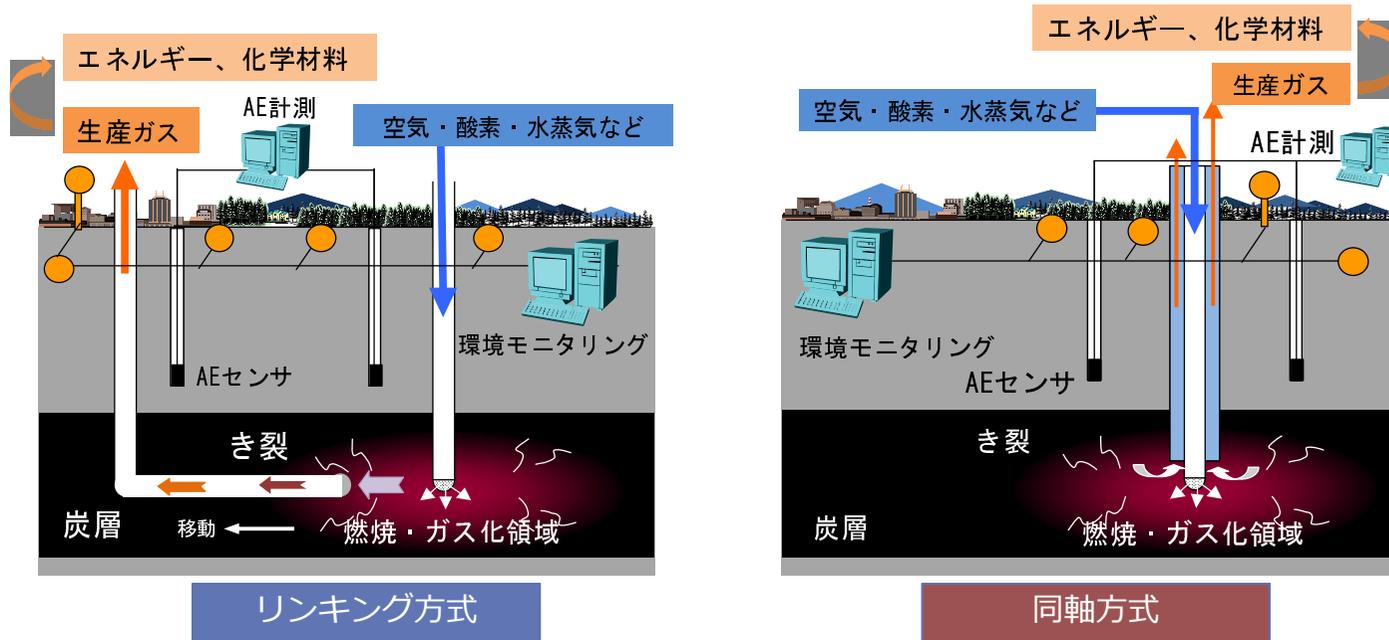
- ガス化プロセスの制御が難しい
- 生成ガス流量/濃度が不安定
- 燃焼空洞の崩壊による地表沈下
- ガス漏洩による環境/地下水汚染

三笠市におけるUCG研究協力体制

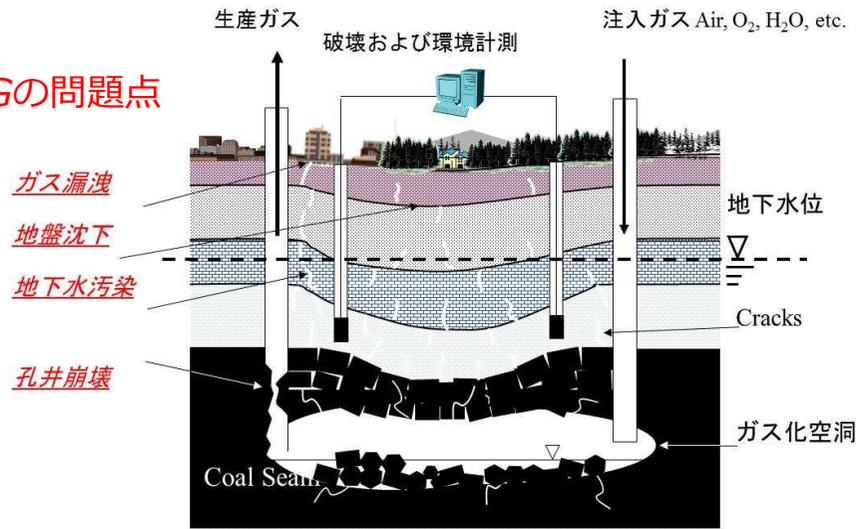
三笠未利用石炭エネルギー研究施設



二つのシステム開発と課題



破壊に起因したUCGの問題点



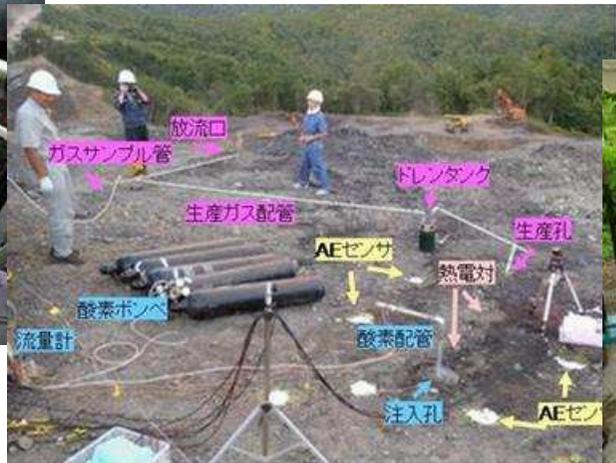
克服すべき課題

これまで実施してきたUCG基礎実験

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
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 →	
砂子炭鉱/美唄層 (三笠市)			露天炭鉱UCG実験	← →		



小ブロック実験



露天炭鉱実験

人工炭層実験



UCG基礎実験から分かること

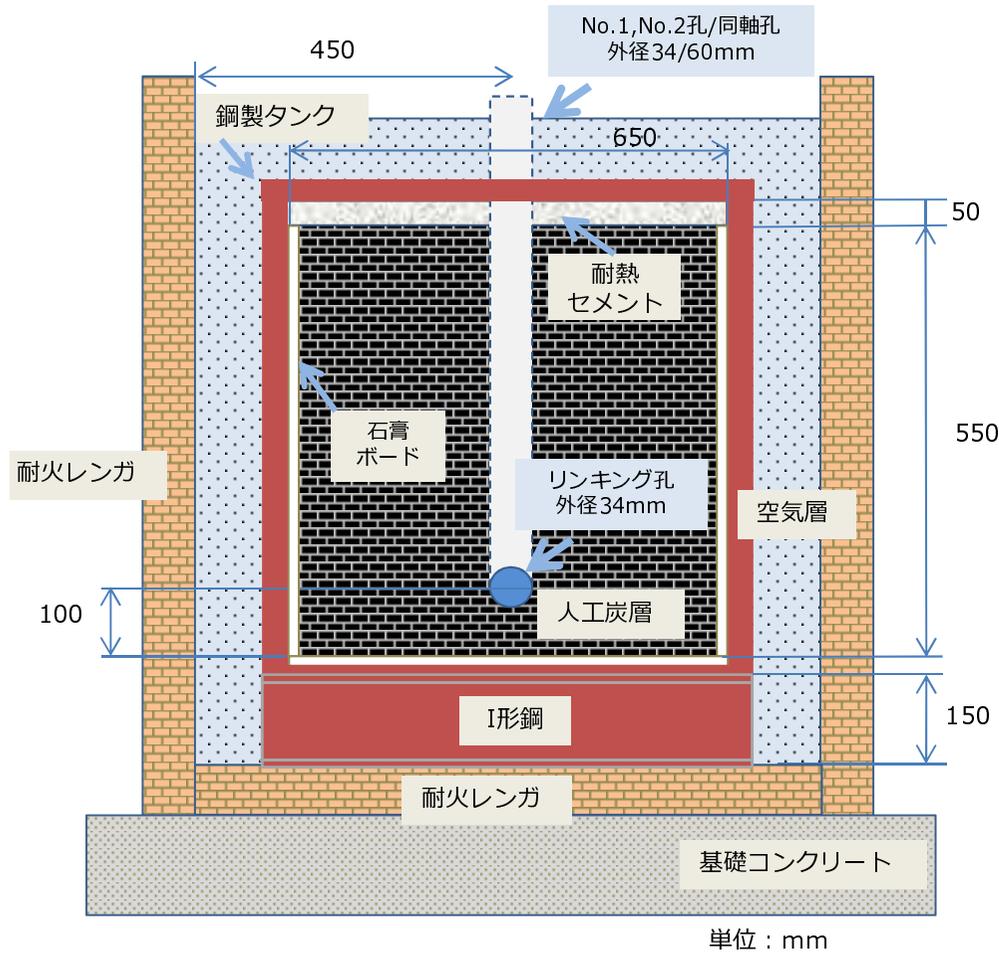
地下深部の石炭層を対象とするUCG実証実験や商業生産を実施するために必要な、基礎的な様々なデータを収集する

- どのようなガスが生産されるのか？
- どれほどの量のガスが生産できるのか？
- 注入するガス化剤（酸素や空気）による違いは？
- 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？

実験炉と供試体

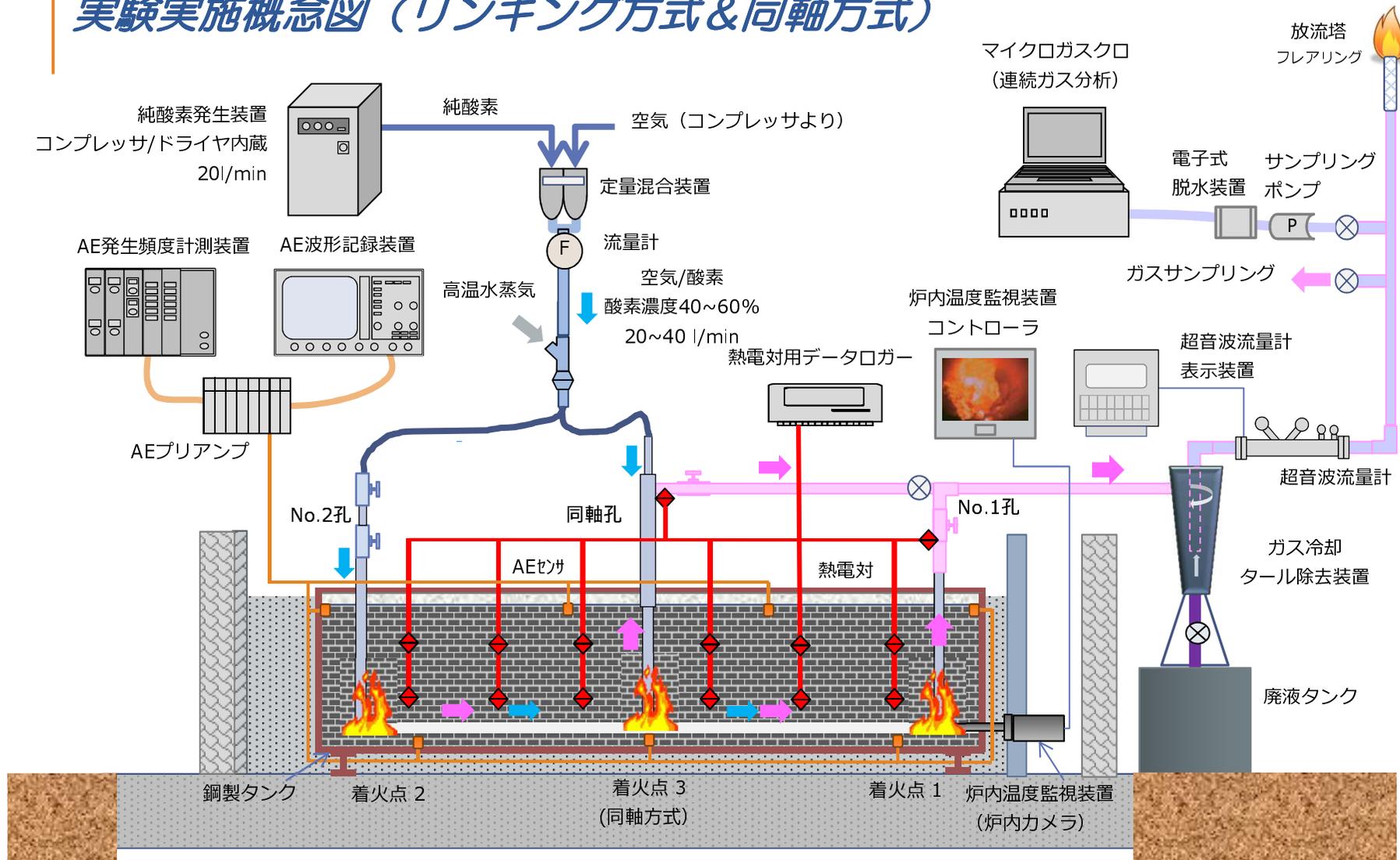
UCG実験炉

人工炭層の構成



- ◆内法寸法 $H \times W \times L = 625 \times 650 \times 2,792$ の密閉型の鋼製容器壁面を石膏ボード(厚さ25mm)で保護し、内部に採掘石炭を圧密充填
- ◆石炭層寸法 $H \times W \times L = 550 \times 600 \times 2,742$
- ◆人工炭層内には事前にリンキング孔と注入/生産/同軸の3孔を埋設
- ◆リンキング孔と各孔は底部で連結
- ◆UCG実験炉には木製の蓋を設置し、放熱を防止

実験実施概念図 (リンク方式&同軸方式)



Underground Coal Gasification

実験1：リンク方式逆燃焼UCG (着火点1, 空気/酸素注入孔：No.2孔, 生産孔：No.1孔、燃焼：No.1孔→同軸孔)
 実験2：リンク方式順燃焼UCG (着火点2, 空気/酸素注入孔：No.2孔, 生産孔：No.1孔、燃焼：No.2孔→同軸孔)
 実験3：同軸方式UCG (着火点3, 空気/酸素, 同軸孔のみ使用)

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
（マイクロガスクロによる連続観測、30分～1時間毎）
- 生成ガスサンプリング
（大学研究室での詳細分析用、1日数回）
- 炭層内温度/生成ガス温度（計20点）
- AE（微小破壊音）（6～8点、発生頻度計測と震源解析）
- 周辺気温/湿度
- 炉内温度監視装置による観測（適宜）
- 二酸化炭素・窒素注入による消火効果（主に温度計測）
- 実験終了後の燃焼・ガス化領域の観察（解体）

ガス化剤（空気/酸素）注入量

混合気体

注入孔へ

流量計付
定量混合装置



コンプレッサ



圧縮空気

純酸素

酸素分離供給装置



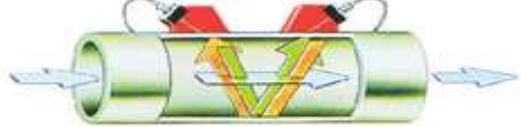
乾燥装置



生成ガス流量 (超音波流量計)

超音波流量計の流速測定原理

超音波センサ (上流) 超音波センサ (下流)



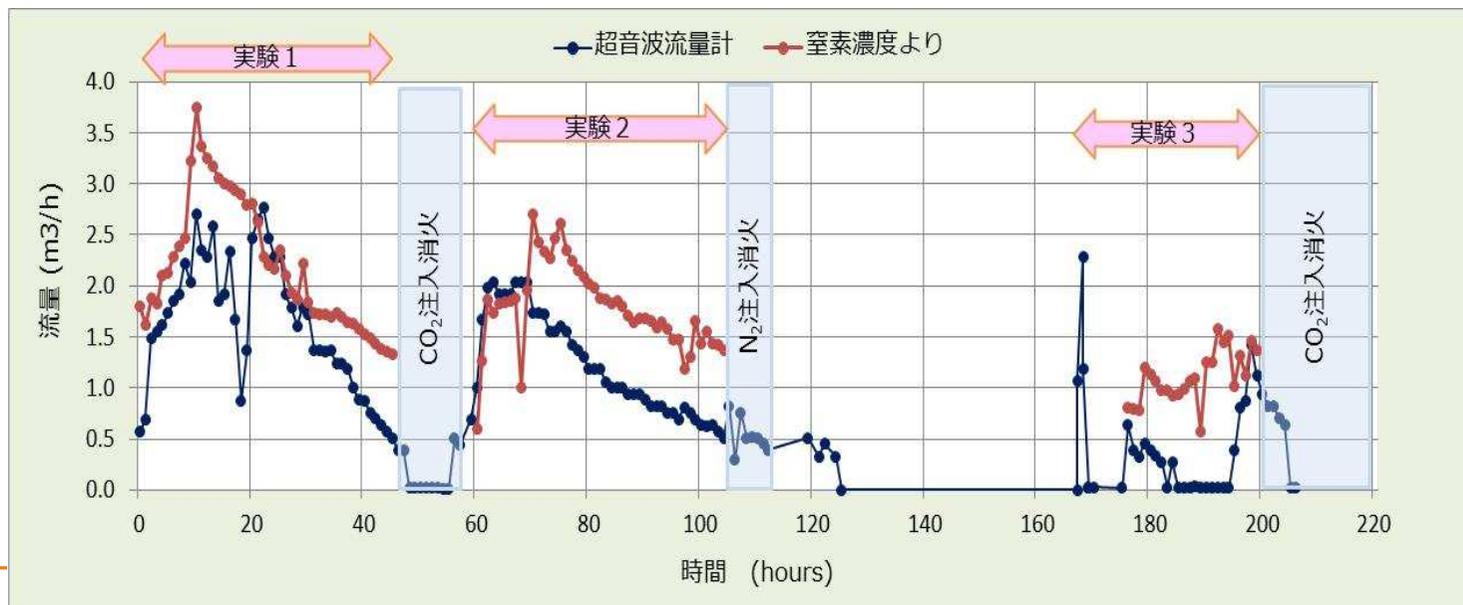
伝播時間差法：上流→下流、下流→上流への超音波の伝搬速度の差から流体の流速を求める。同時に温度、圧力を計測し、管の断面積から標準状態の流量を計算する。

超音波流量計設置状況



測定流速：-46~+46m/s
 測定管径：50A (内径52.9mm)
 測定流量：0~6m³/min
 測定誤差：±1~2%

超音波流量計計測結果



生成ガス成分

マイクロガスクロと制御用PC

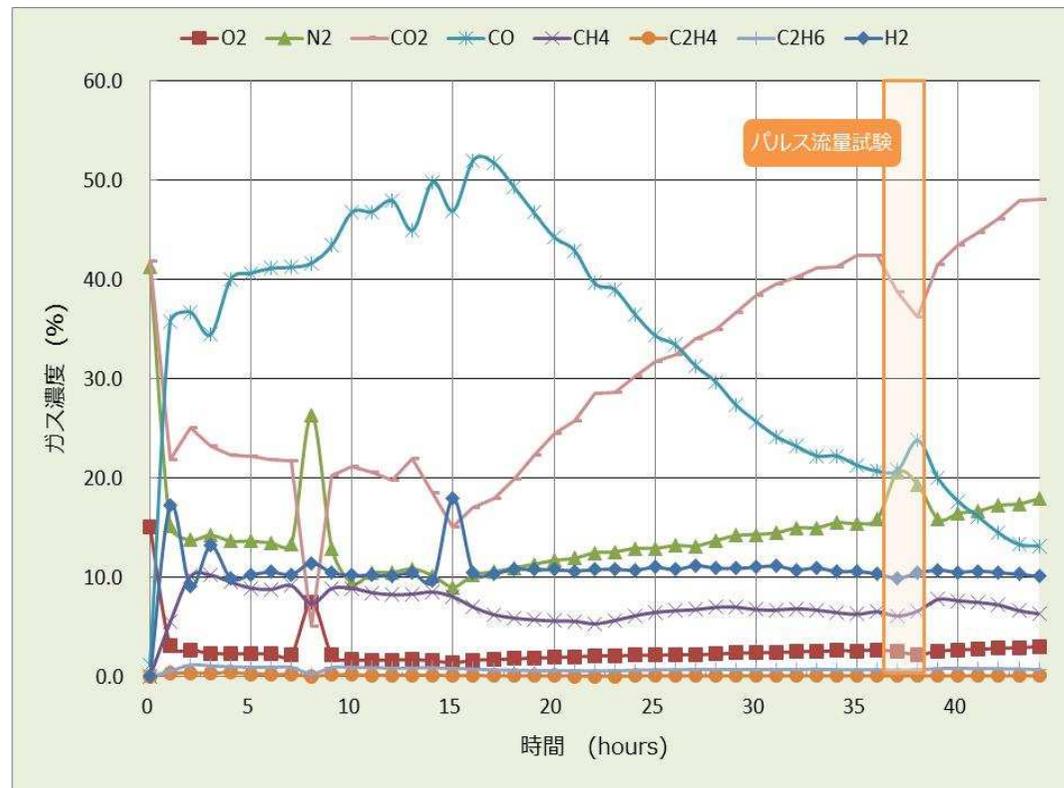


電子式脱水装置



- 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

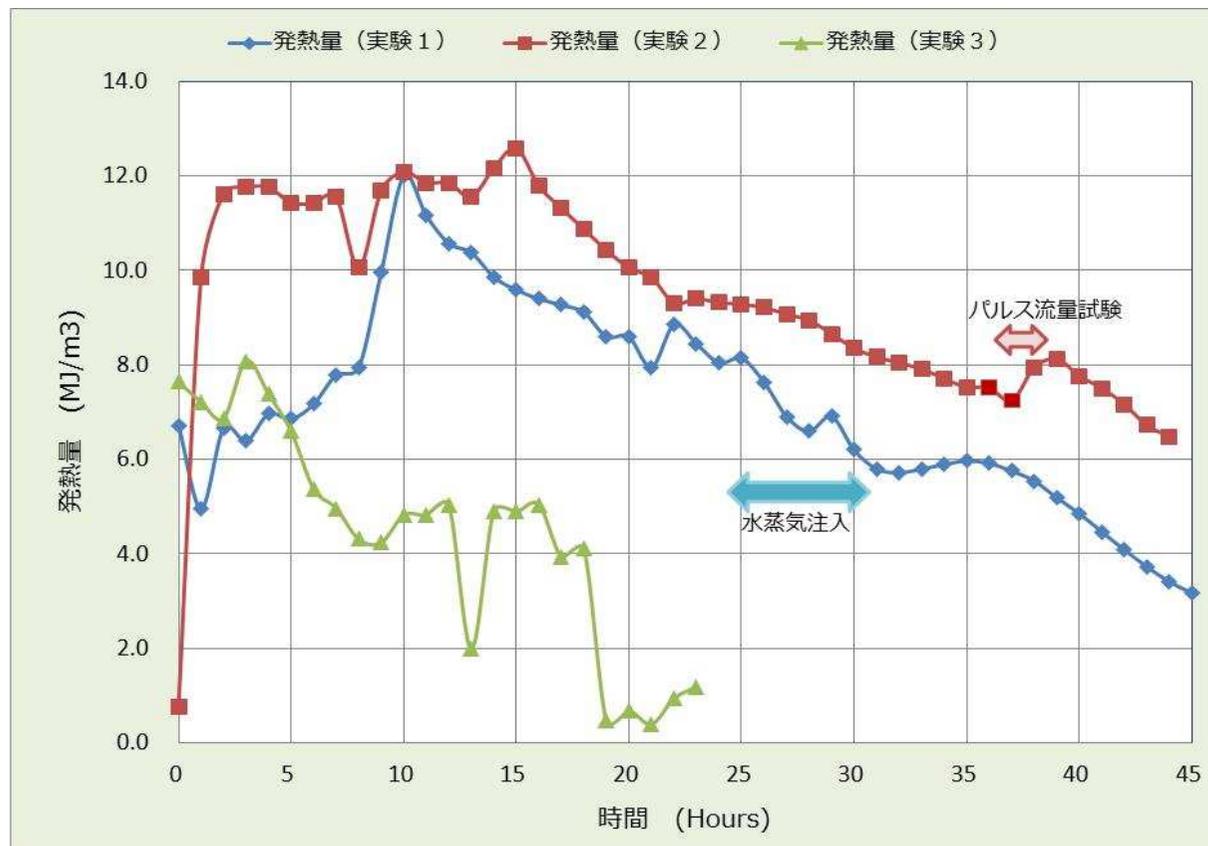
生成ガス成分解析結果例



生成ガスの発熱量

生成ガスに含まれる可燃性ガス（メタン、一酸化炭素、水素など）の発熱量と濃度から計算

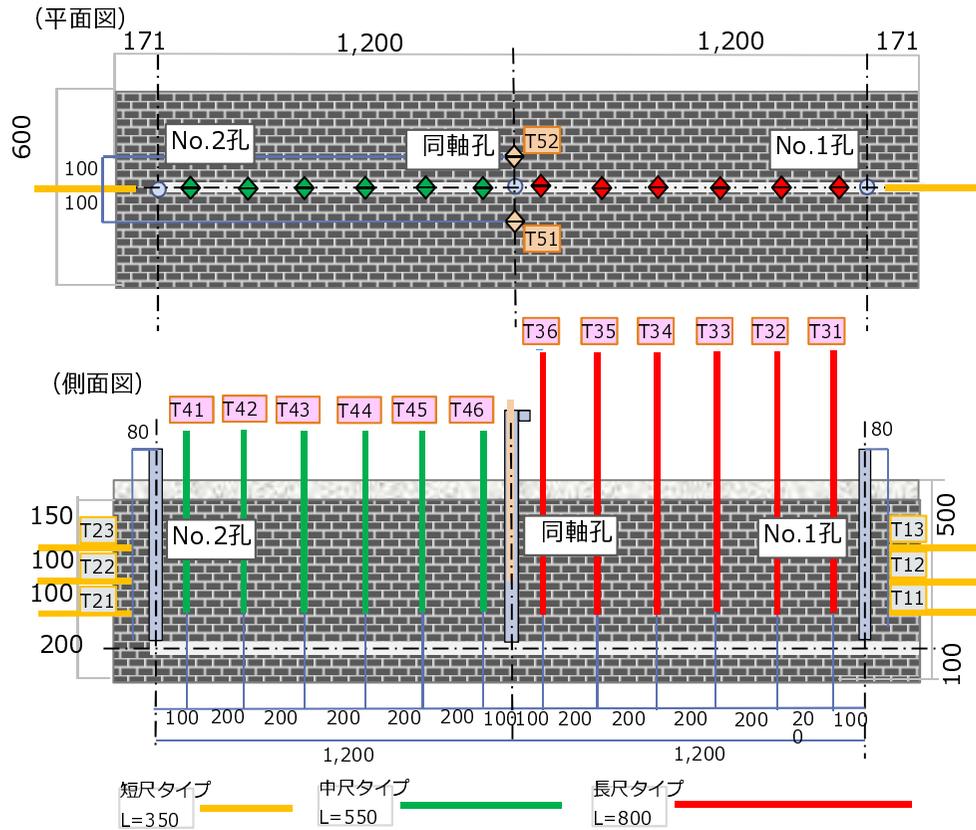
生成ガスの発熱量
(実験1, 2はリンク方式、実験3は同軸方式)



参考値：天然ガス 40MJ/m³

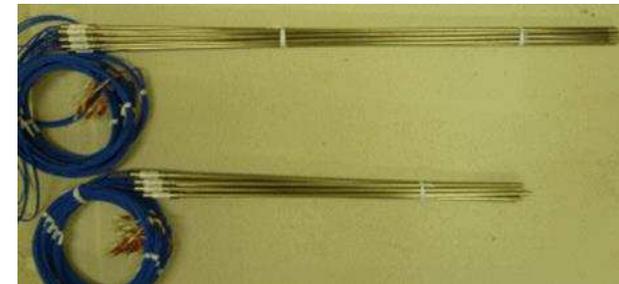
炭層内温度/生成ガス温度 (計21点)

人工炭層内の温度分布 (熱電対の配置)



- 高温用熱電対による計測
- 炭層内温度 (18点)
- 生成ガス温度 (2点)

高温用熱電対

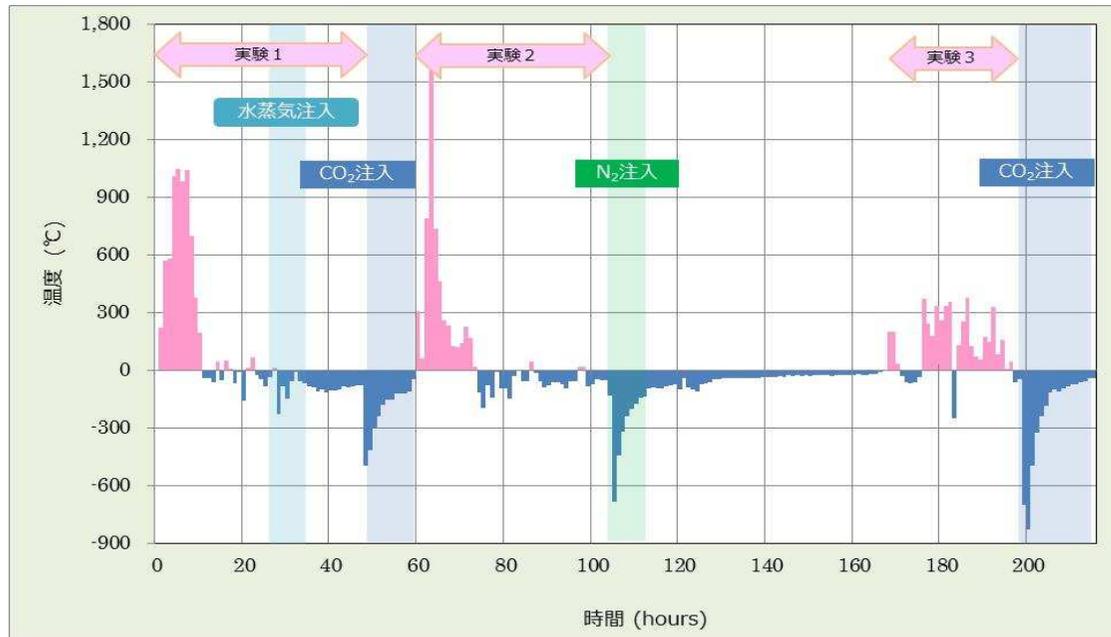


熱電対用データロガー



炭層内温度：燃烧領域/ガス化領域の広がり と 消火実験

全熱電対の合計温度の1時間当たりの変化量



消火実験の総括

実験 No.	消火ガス	注入率	注入時間	8時間 温度低下量	8時間 注入量	温度低下量/ 単位注入量
		L/min	hours	°C/8hours	L/8hours	°C/L
実験 1	CO ₂	20 (30)	8.3 (3.0)	2041.3	160.0	12.8
実験 2	N ₂	30	7.9	2201.5	235.5	9.3
実験 3	CO ₂	30	5.8 (8.0)	2260.4	218.3	10.4

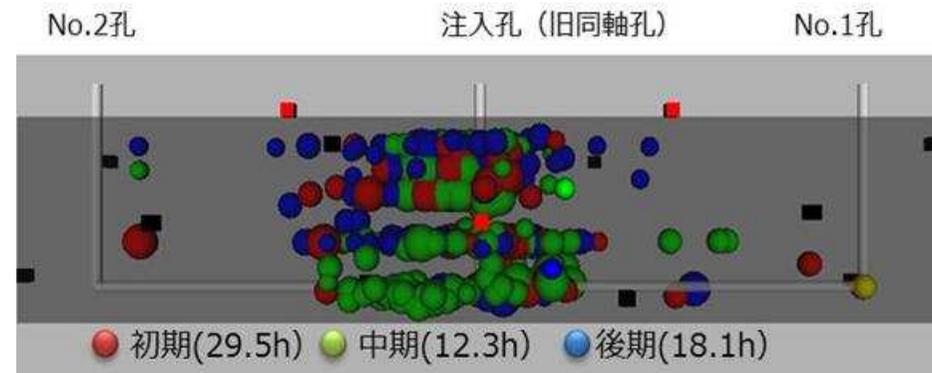
AE発生頻度と震源解析

AEセンサ



AE震源解析例

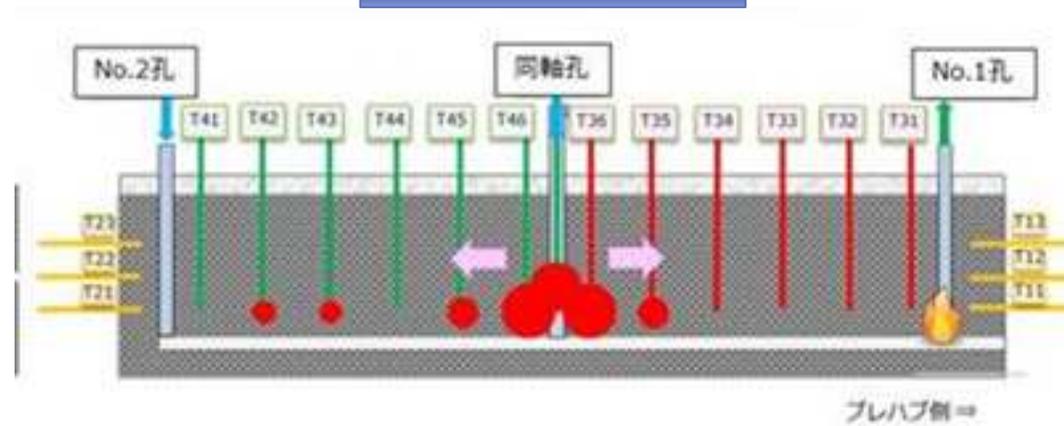
(震源分布と相対エネルギー)



AE観測録装置



温度上昇を示した領域



これまでの成果：

□ どのようなガスが生産されるのか？

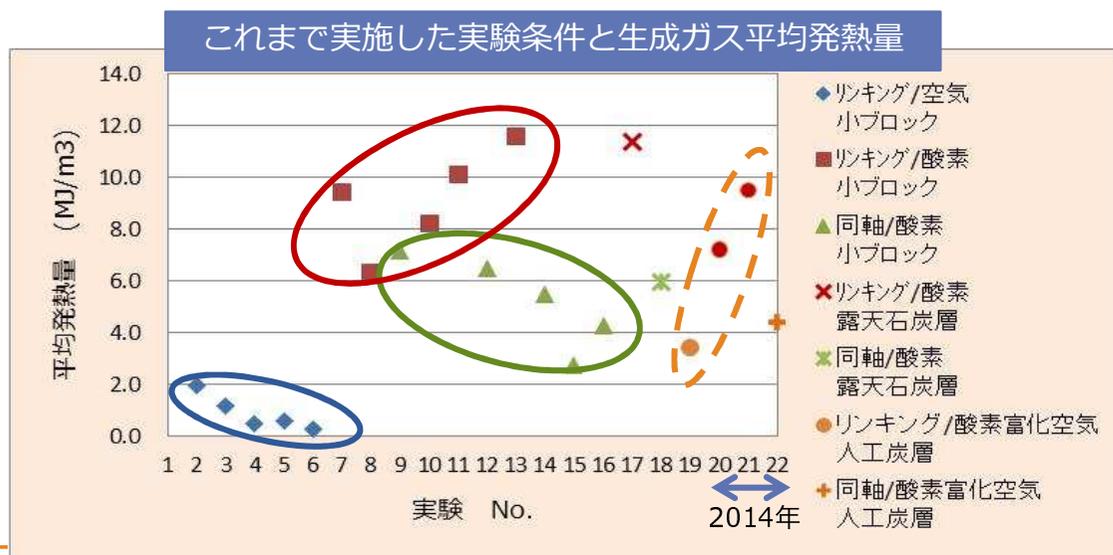
- ・ 一酸化炭素、メタン、水素、二酸化炭素が主成分
- ・ 発熱量はリンキング方式で 4～12MJ/m³

□ どれほどの量生産できるのか？

- ・ 反応石炭1トン当たり1,400～1,500m³
- ・ リンキング方式の場合、生成ガスの熱量を10MJ/m³とすると、
- ・ 石炭1トン当たりおよそ15,000MJ（灯油換算約400ℓ）

□ 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
- ・ 酸素濃度60%以上では大きな違いはない



これまでの成果：

- 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）

今後の方向性：

- 大型塊炭を用いた実験
- 単位時間当たりの反応石炭量の増大
- 燃焼・ガス化領域の拡大継続

ご清聴ありがとうございます



質問がありましたらどうぞ！