

石炭地下ガス化研究報告会

-石炭地下ガス化実現に向けた三つの柱-

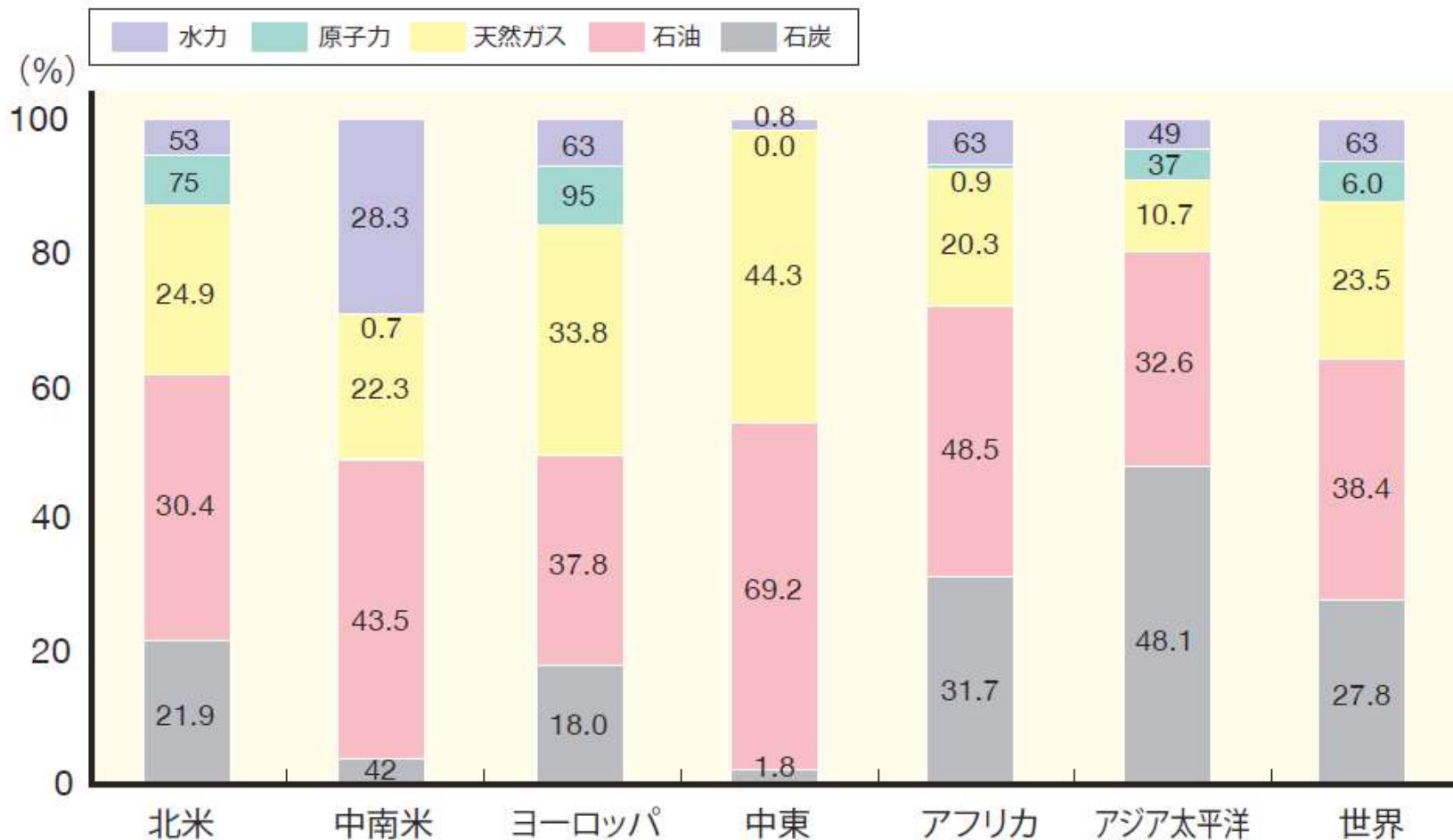
これまでの実験のまとめ

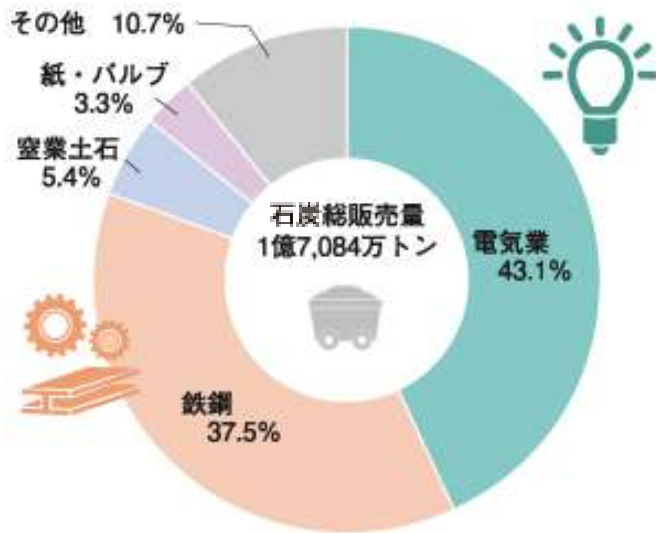


室蘭工業大学
環境科学・防災研究センター
大学院工学研究科・しくみ情報系領域
濱中晃弘・板倉賢一

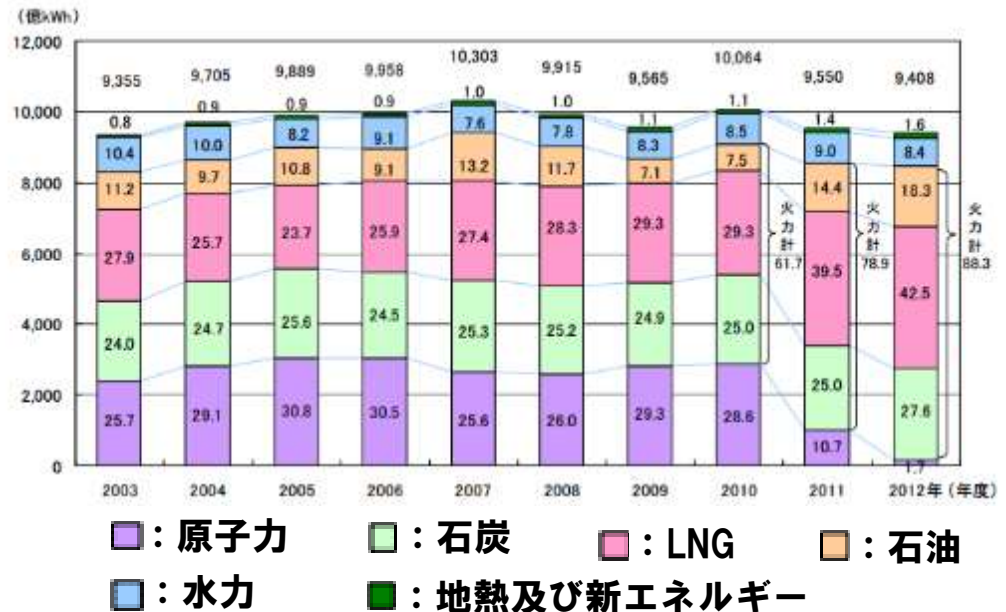
特定非営利活動法人
地下資源イノベーションネットワーク
出口剛太

- **石炭資源の概要**
- **石炭地下ガス化（UCG）について**
- **これまで実施してきた実験**
- **得られた成果および課題**





日本の石炭の用途（2012年）



日本の電源別発電電力量構成比

年間石炭消費量：1億7,084万トン

年間石炭生産量：130万トン



消費される石炭の99%を海外からの輸入に依っている。

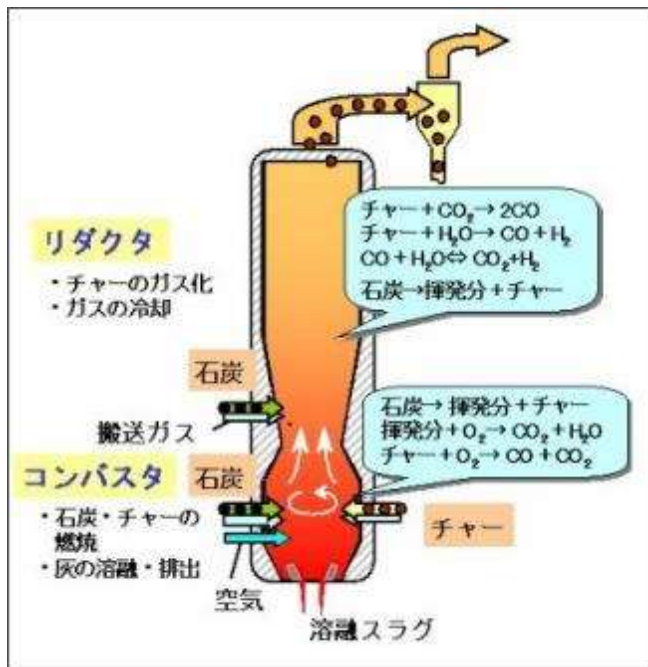
理論埋蔵量：300億トン

- ．．． ほとんどは従来技術の露天掘り・坑内掘りでは技術的・経済的に石炭を採掘できない。

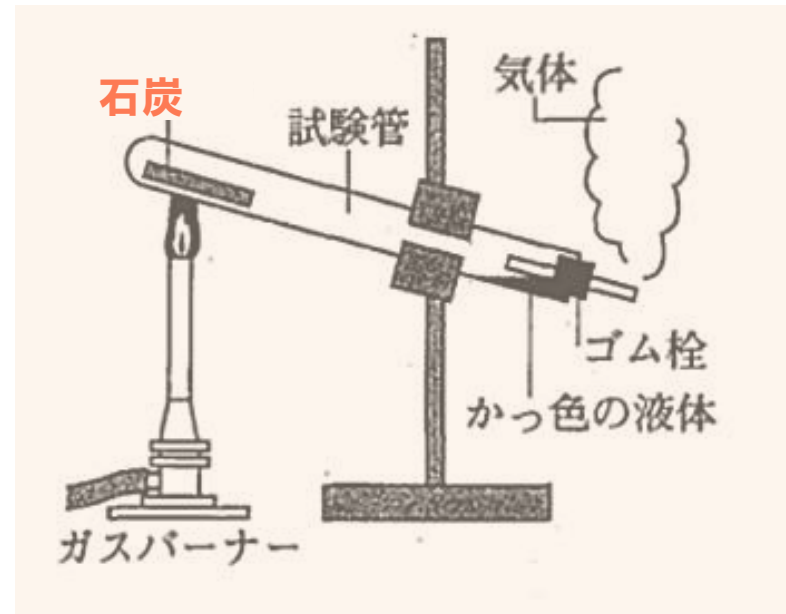


石炭地下ガス化 (Underground Coal Gasification: UCG)

石炭のガス化：石炭を蒸し焼きにして熱分解反応を起こし、水素 (H₂) や一酸化炭素 (CO) を主成分とする**可燃性ガス**を生成する技術



工業ガス化炉の概念図



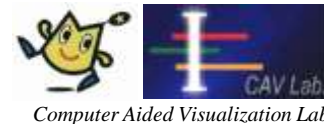
簡単な石炭のガス化実験

石炭の地下ガス化：地下の石炭層をその場で燃やすことで熱を発生させ、その熱で周囲の石炭をガス化して**可燃性ガス**を生成する技術。地下の石炭層をガス化炉として利用する。

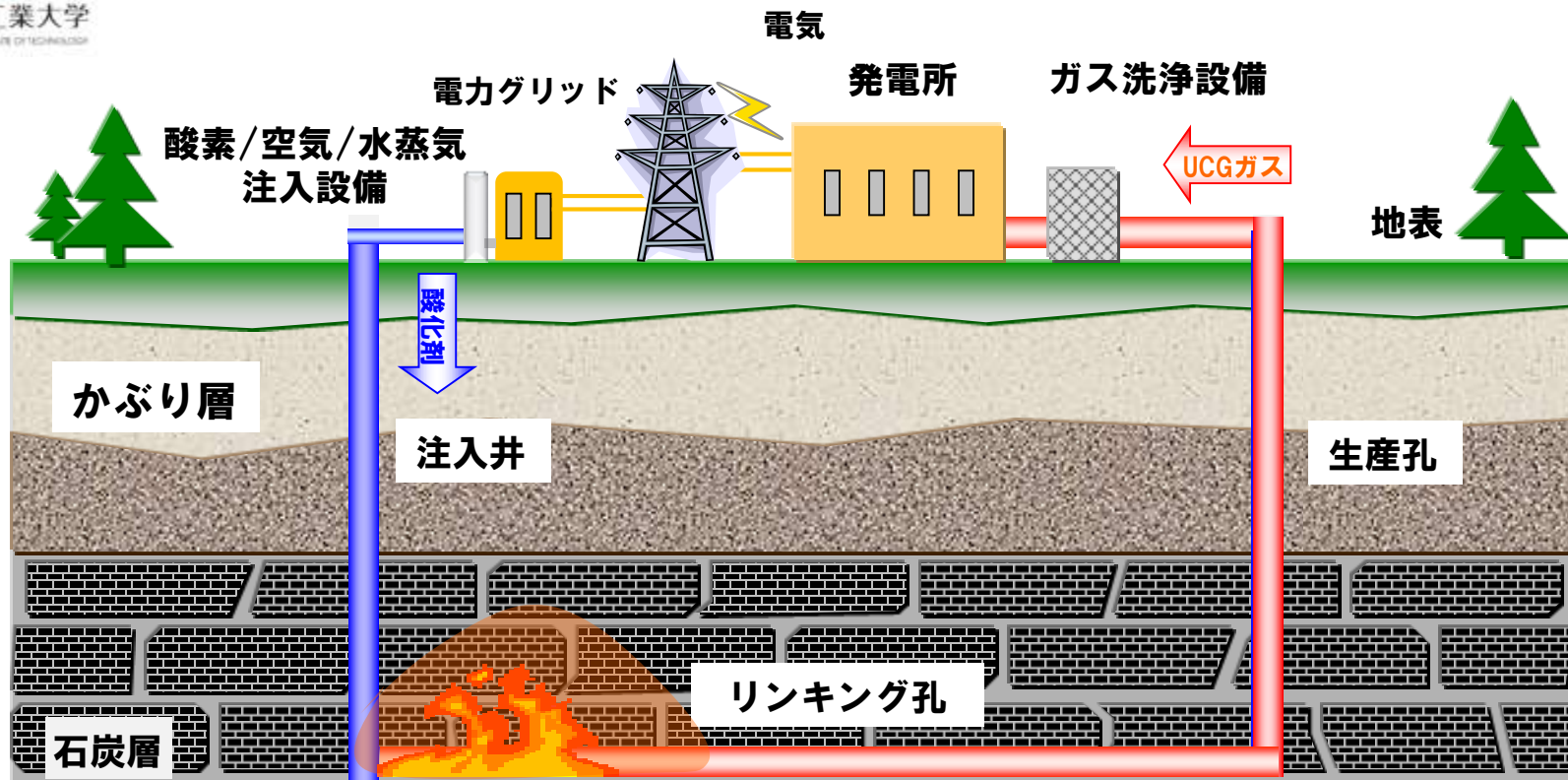


室蘭工業大学
MURAMAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

石炭地下ガス化 (UCG)

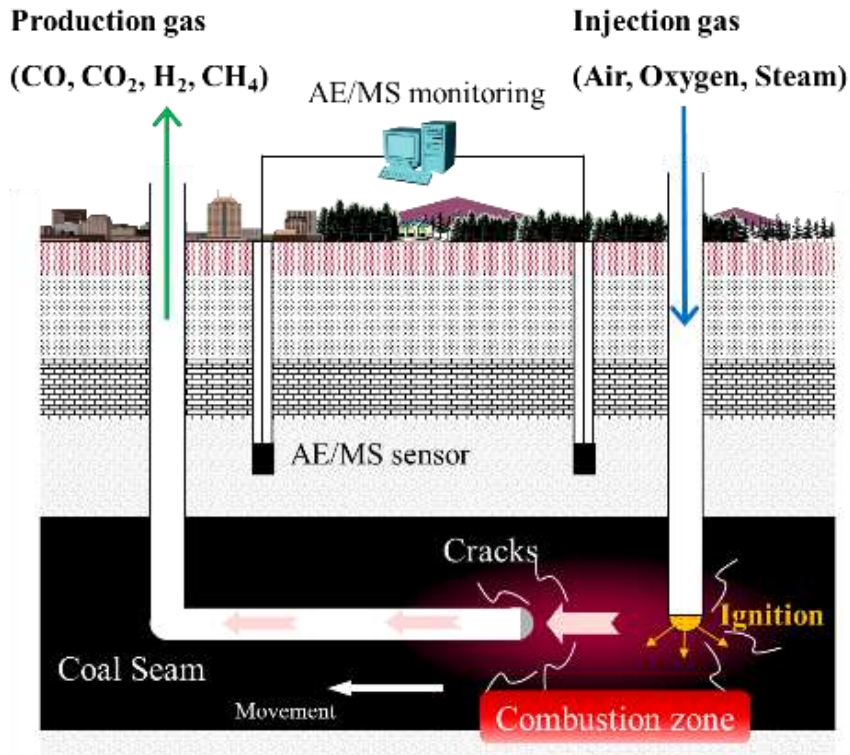


Computer Aided Visualization Lab.

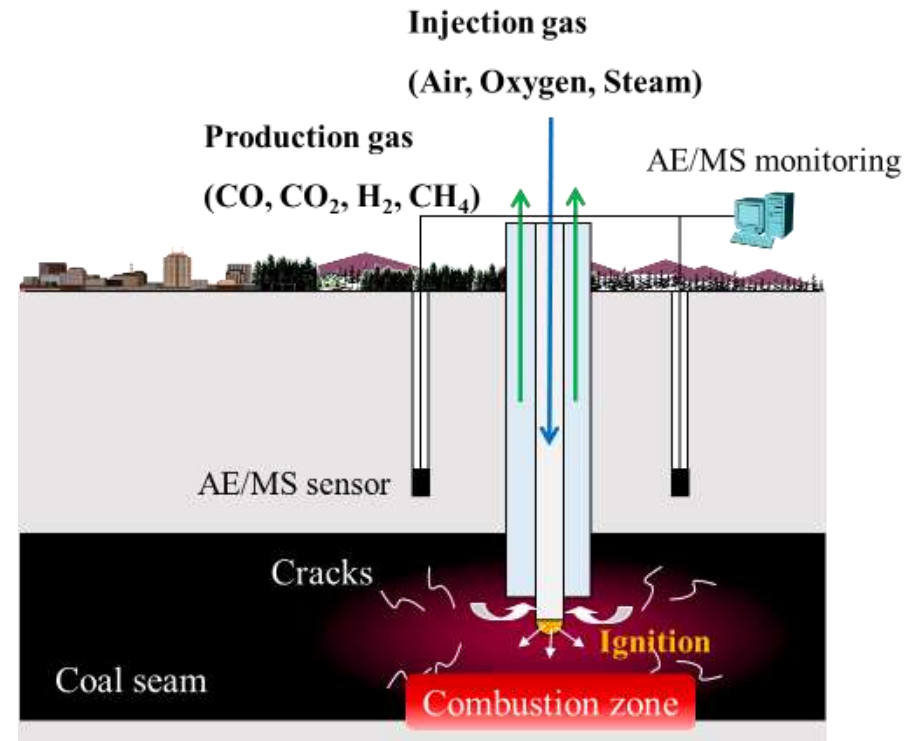


- 石炭を採掘することなくエネルギーを回収
- 未利用石炭を活用 - 埋蔵炭量の増加
- 大型ガス化炉の建設が不要 (コスト削減)
- 石炭灰処理の問題解決
- 汚染物質排出 (SOx, NOx, 水銀等) の減少
- CO₂貯留の可能性

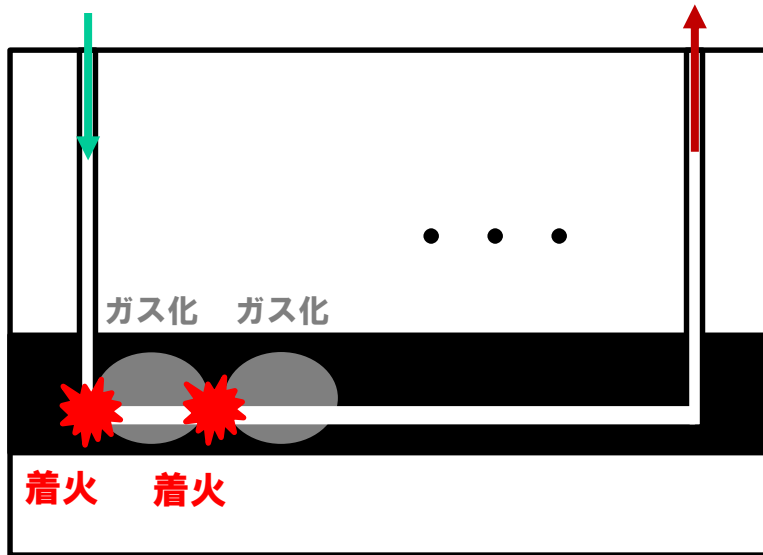
- 反応プロセスの制御
- 地下水汚染
- 地表沈下



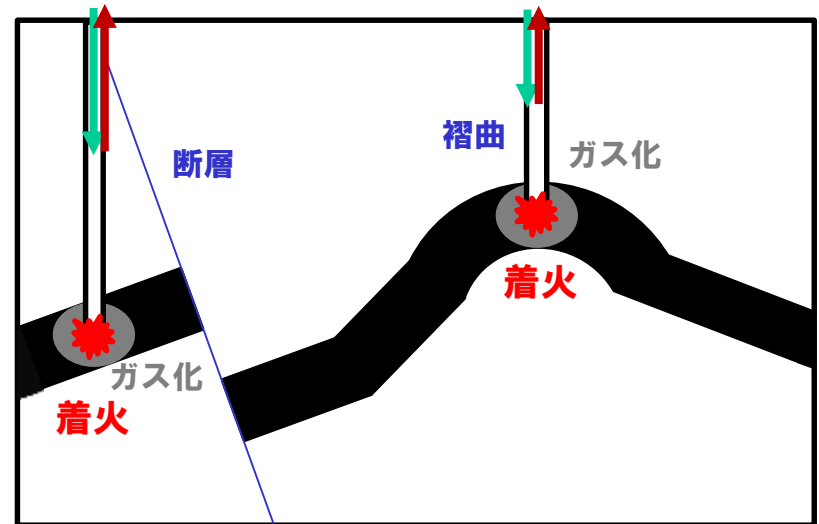
リンク方式 (従来)



同軸方式 (提案)



リンク方式 (FLC: Forward Linking Combustion)



同軸方式 (Co-axial system)

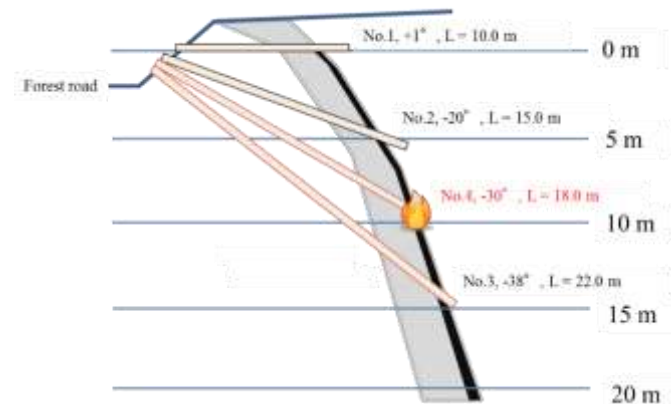
小規模実験
2009年～

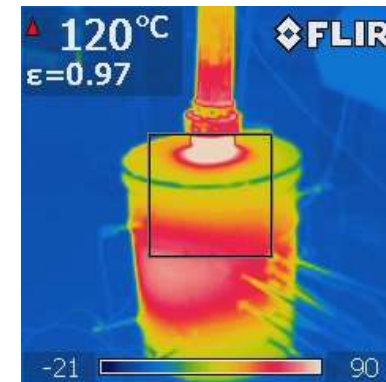
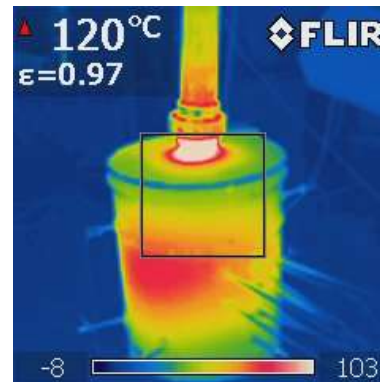
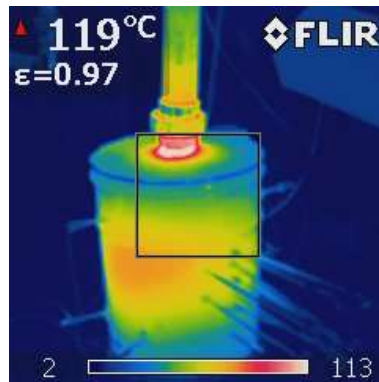
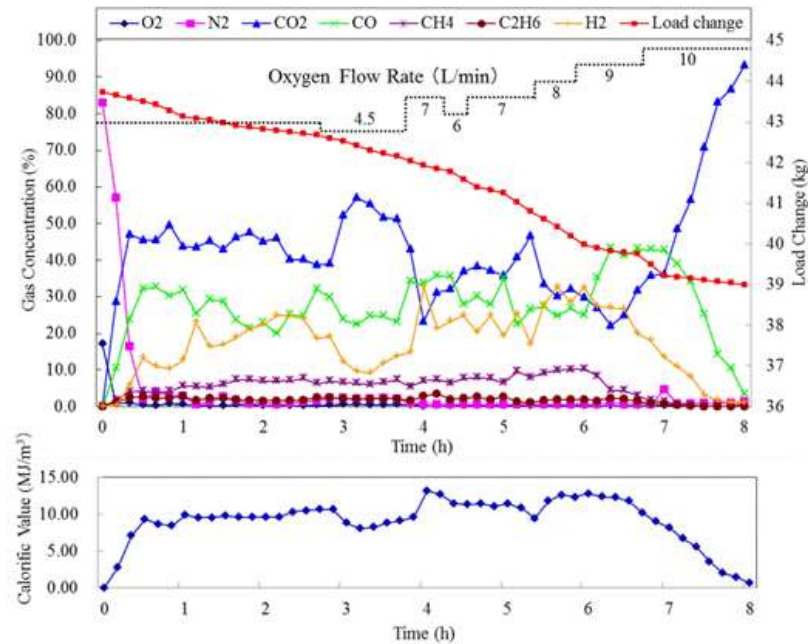
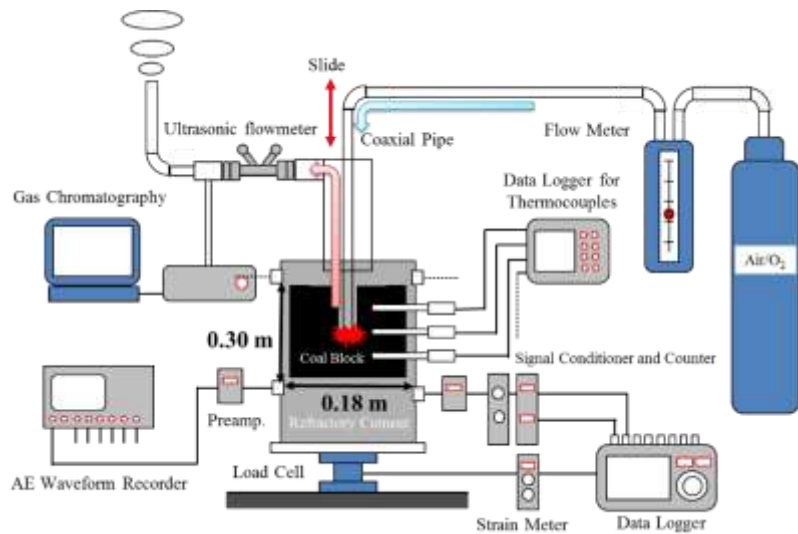


現場実験
2014年～



中規模実験
2011年～







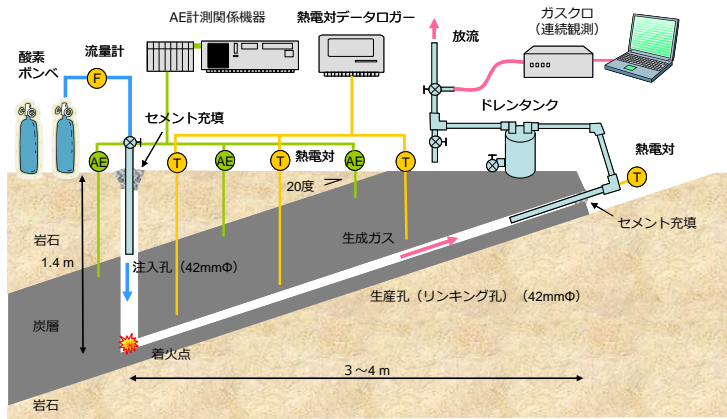
室蘭工業大学
MURORAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

中規模実験

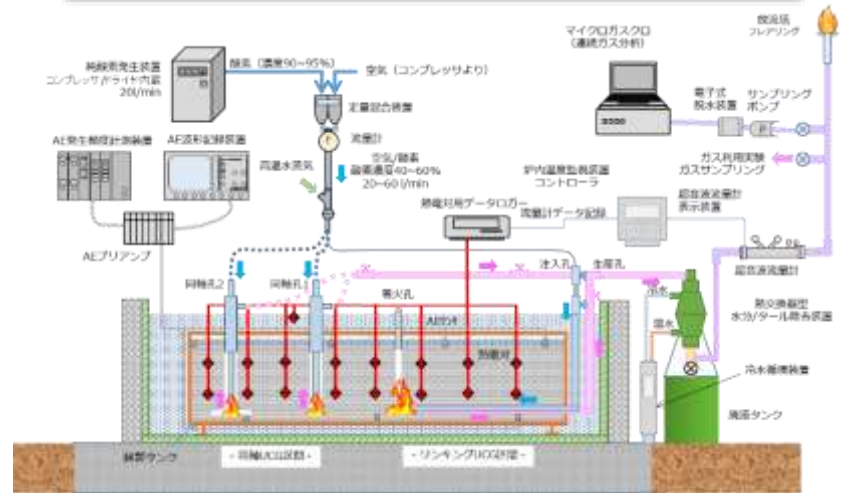


Computer Aided Visualization Lab.

砂子炭鉱での実験



大型鋼製容器を用いたUCG実験



昨年度まで

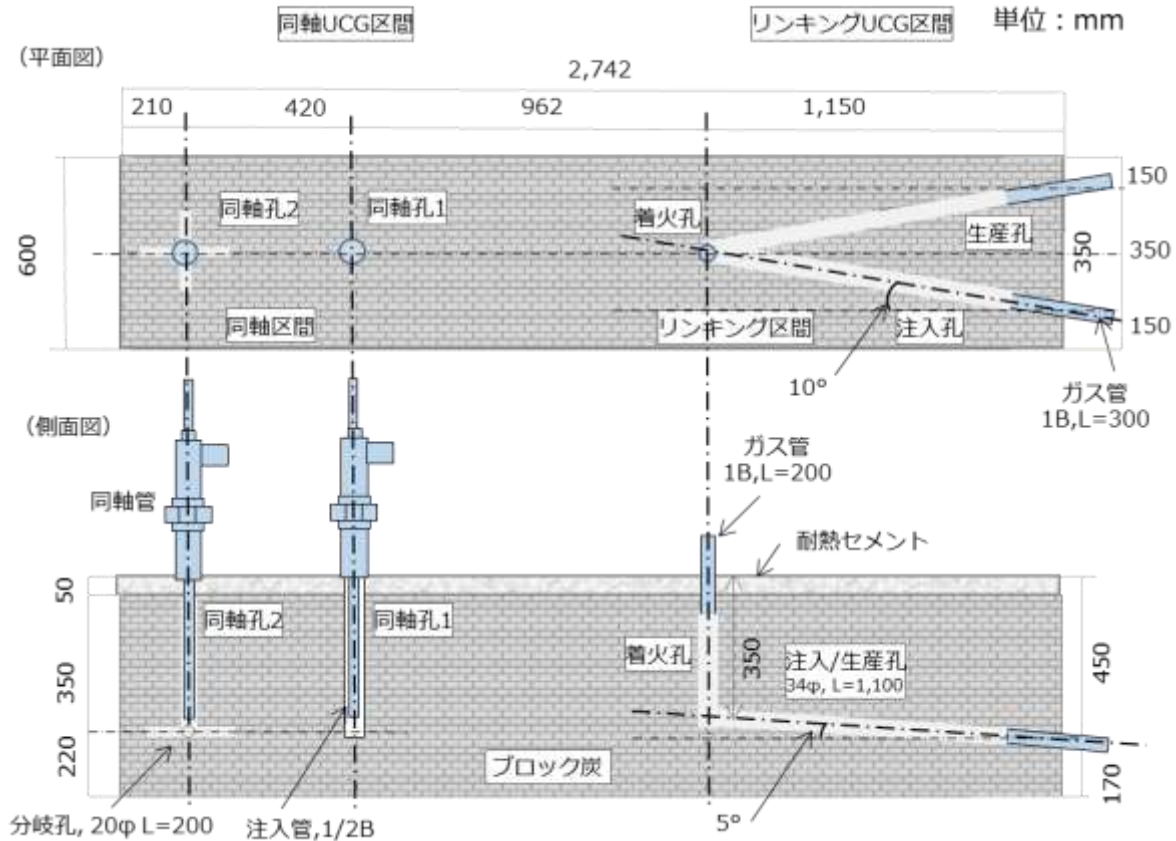


今年度



三美鉱業西向沢露天坑
美唄層4番層





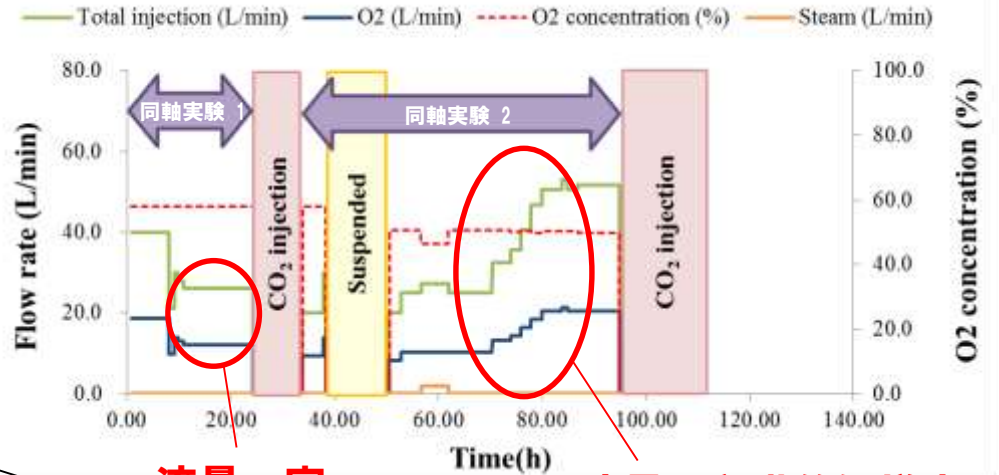
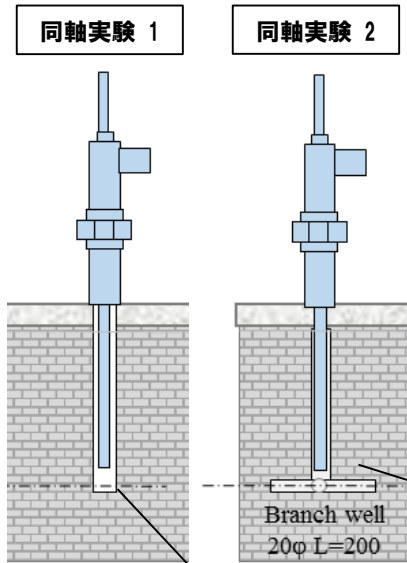
工業分析 (wt %)

水分	灰分	揮発分	固定炭素	発熱量 (MJ/kg)
2.1	4.3	43.1	50.5	32.12

元素分析 (wt %)

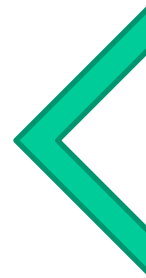
C	H	N	S	O
78.4	5.74	1.44	0.07	9.94

※分析事業者：株式会社北炭ゼネラル



流量一定

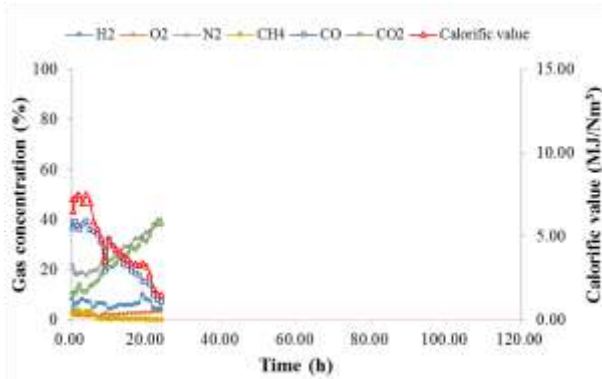
流量を段階的に増大



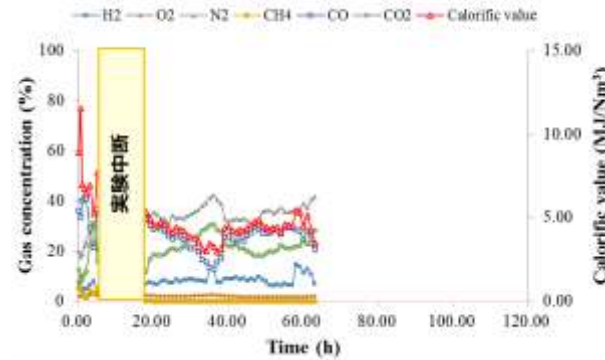
ガス化継続時間：

23時間

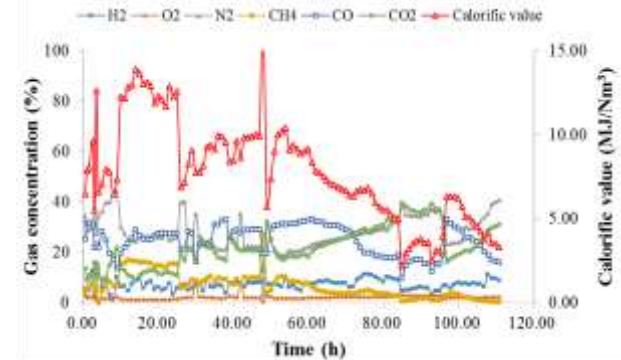
51時間



同軸実験1



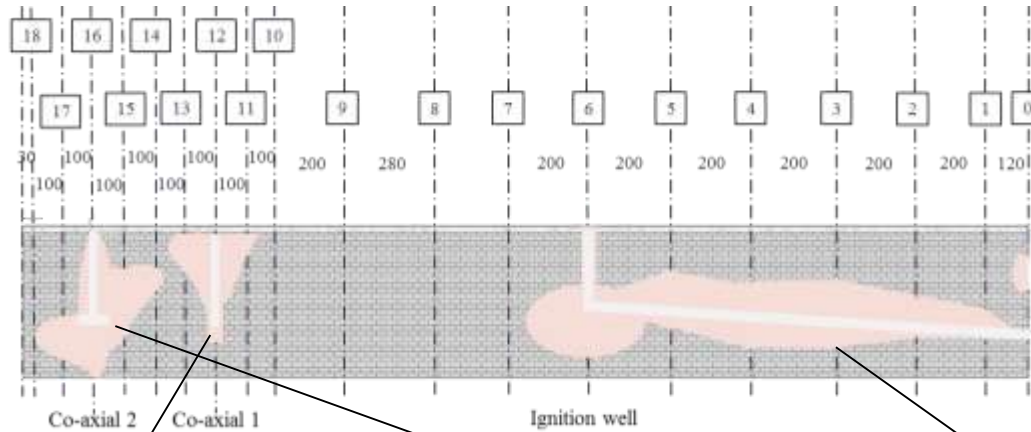
同軸実験2



リンキング実験

生成ガス成分および発熱量の平均値

	発熱量 (MJ/Nm ³)	H ₂ (%)	CO (%)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	C ₂ H ₄ (%)	C ₂ H ₆ (%)	C ₃ H ₆ (%)	C ₃ H ₈ (%)
同軸実験1	4.68	6.17	26.09	1.19	22.59	0.17	0.01	0.01	0.00
同軸実験2	4.75	8.09	26.38	0.61	21.05	0.18	0.02	0.02	0.00
リンキング実験	7.78	7.24	24.89	6.94	21.93	0.61	0.46	0.15	0.11



ガス化実験 :

同軸孔1

同軸孔2

リンキング孔

ガス化継続時間 :

23時間

51時間

111時間

平均発熱量 :

4.68 MJ/Nm³

4.75 MJ/Nm³

7.78 MJ/Nm³

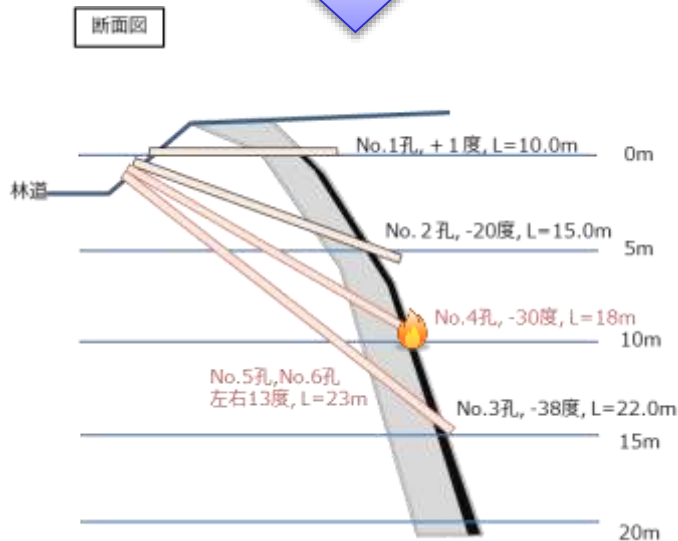
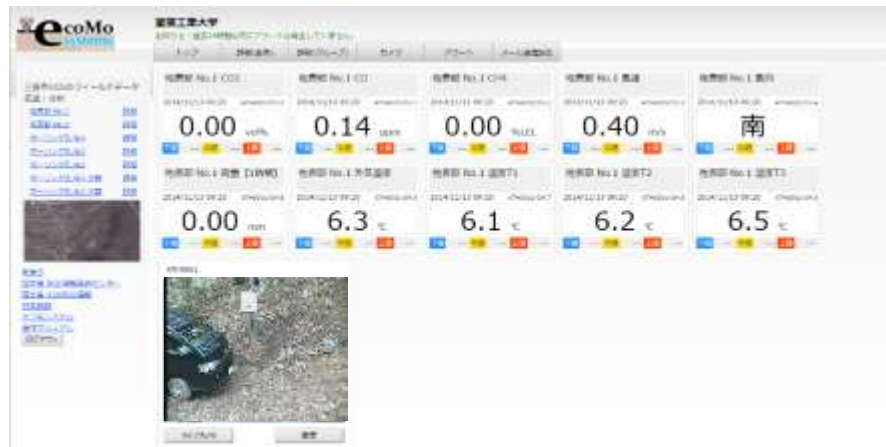
エネルギー回収量 :

383.2 MJ
(灯油換算約10 ℓ)

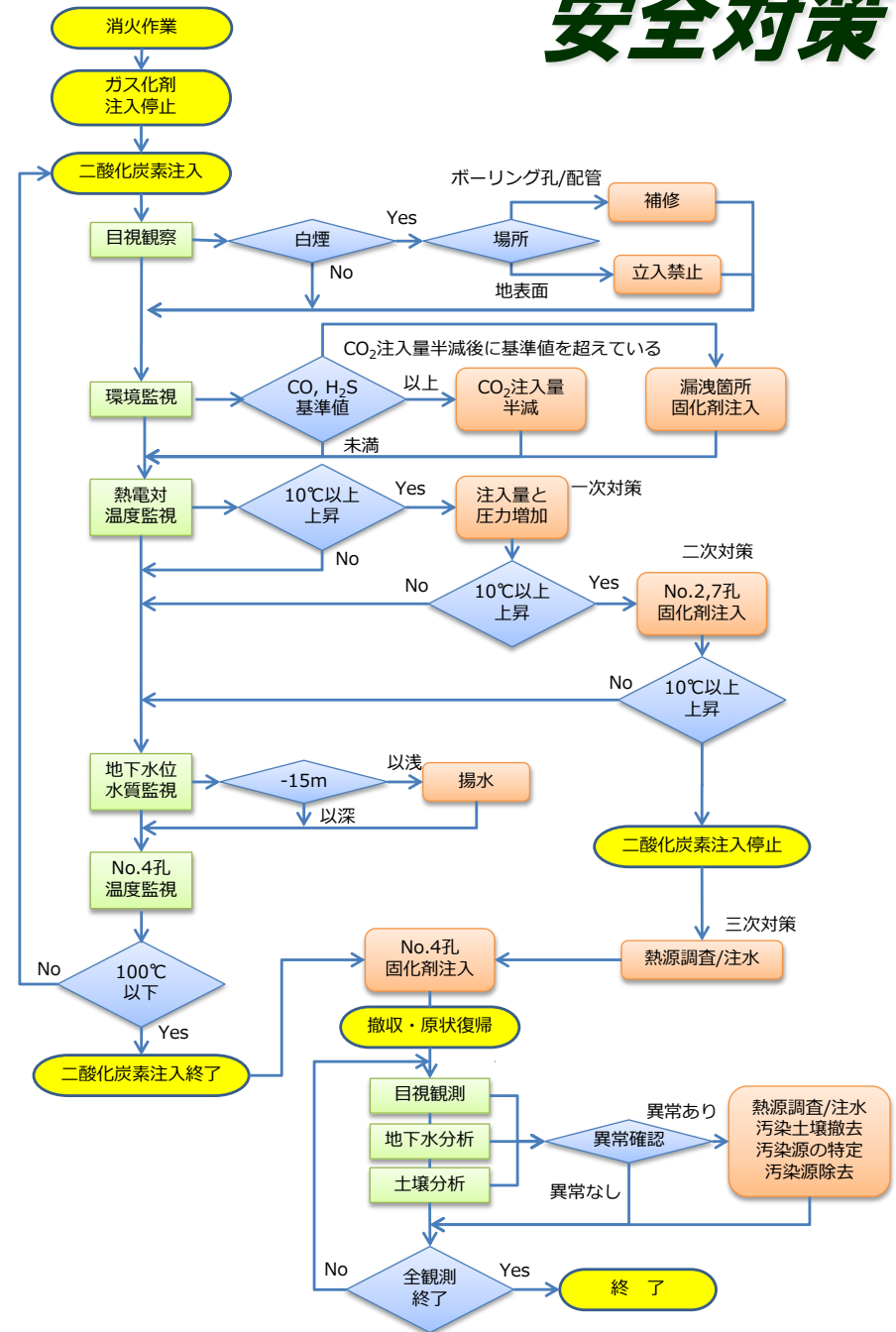
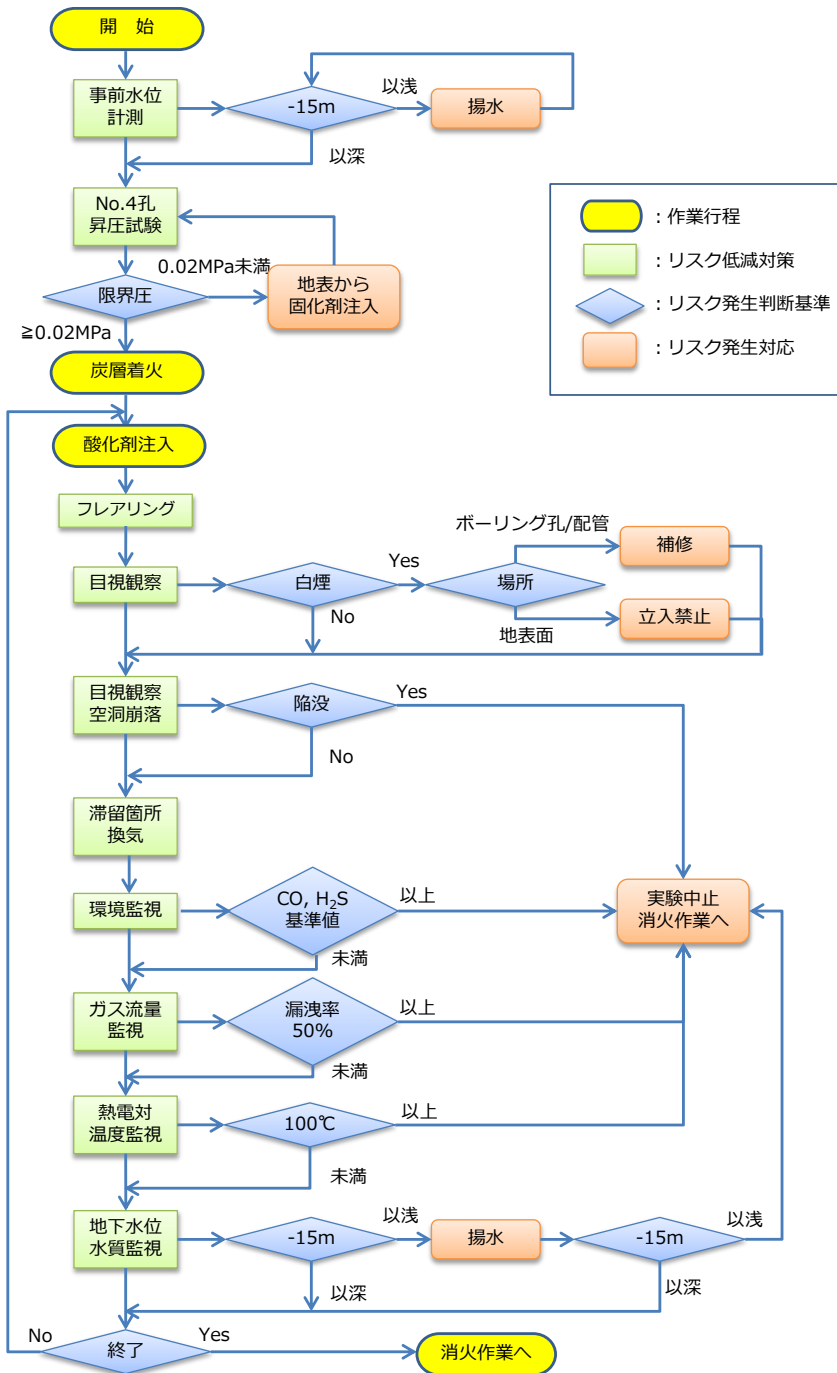
673.4 MJ
(灯油換算約18 ℓ)

2804.8 MJ
(灯油換算約76 ℓ)

- **大型ブロック炭を実験に用いたことで、現実に近い状態でのデータ収集が可能となった。**
- **孔底を拡げ、酸化剤（空気と純酸素の混合気体）の酸素濃度を一定に保ったまま、総流量を段階的に増加させることでガス化時間を延長させることが可能であり、より安定したガス化が達成できる可能性が示された。**
- **同軸方式で得られるエネルギーはリンク方式と比較して低発熱量であり、ガス化継続時間も短かった。したがって、同軸方式の更なる改善が要求される。**



安全対策



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？
- 燃焼領域の温度は？
- 燃焼領域・ガス化領域はどのように拡大していくのか？
- 消火方法は？
- 実規模のUCGで注意すべき点は？

- **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4~12 MJ/m³

- **どれほどの量のガスが生産できるのか？**
 - ・ 反応石炭1トン当たり1,400~1,500 m³
 - ・ リンキング方式の場合、生成ガスの熱量を10 MJ/m³とすると、
 - ・ 石炭1トン当たりおよそ15,000 MJ（灯油換算約400 ℓ）

- **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

□ 燃焼領域の温度は？

- ・ 燃焼領域の温度は $1,000^{\circ}\text{C}$ 以上、酸素濃度が高いと $1,300^{\circ}\text{C}$ を超える

□ 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
- ・ リンキング孔や同軸孔に沿って移動する
- ・ 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？

- ・ 酸素供給停止に加え、窒素/二酸化炭素を注入することが効果的
- ・ 二酸化炭素注入がより効果的（温度低下大）

□ 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）

□ 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
- ・水蒸気注入と生成ガスの水素濃度増加の関係把握

□ 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 $1,500 \text{ m}^3/\text{coal-ton}$ 以上、発熱量 $5 \text{ MJ}/\text{m}^3$ 以上、継続時間 $50 \text{ 時間}/\text{m}$ 以上
(酸化剤注入量 最大 $50 \text{ L}/\text{分}$ 、酸素濃度 50%)

□ 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

□ リアルタイムモニタリング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
- ・海保の式を利用し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

本実験の実施にあたり、多くの方々に御理解・御協力を頂き、心より御礼申し上げます。三笠市役所および三笠市民の皆様、石炭試料を提供していただいた三美鉱業の皆様、実験に御協力いただいた皆様、他関係各位、この場を借りてお礼を申し上げます。



**ご清聴ありがとうございます。
ご質問がありましたらどうぞ！**



UCGの夜明け

三笠市
砂子炭鉱
三美鉱業株式会社
室蘭工業大学環境科学・防災研究センター
NPO法人地下資源イノベーションネットワーク
北海道大学大学院工学研究院
日本UCG研究会
文部科学省科学研究費補助金（基盤A一般）
ほか