

空研工業大学

ローカルエネルギー源としての
石炭地下ガス化（UCG）と地域創生モデル
A Regional Revitalization Model using
Local Energy from Underground Coal Gasification (UCG)



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
可視化情報処理研究室
板倉 賢一

UCG 現場試験(三登)
2015年8月18日



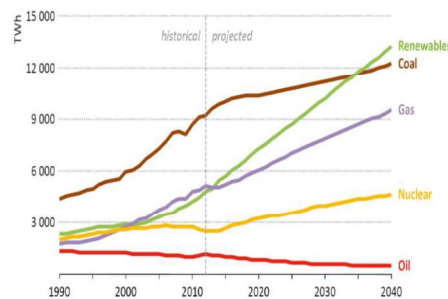
本日の内容 **UCG**
Underground Coal Gasification

1. 石炭エネルギーの必要性
2. 石炭地下ガス化(UCG)の概要
3. 研究プロジェクト
 - 全体構想
 - コンパクトなUCGを目指した実験
 - フィールド実験
4. UCGと地域創生
 - ローカル・エネルギー・ネットワーク
 - 三笠市での取り組み



世界の主要エネルギー源

Projection of power generation



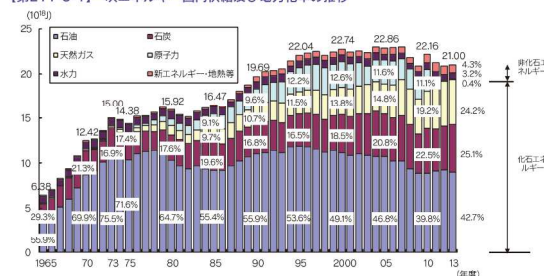
Source: IEA World Energy Outlook 2014



日本の主要エネルギー源

「平成26年度エネルギーに関する年次報告」(エネルギー白書2015)より

【第211-3-1】一次エネルギー国内供給及び電力化率の推移



年度	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2013
電力比率(%)	13.0	12.7	14.4	16.6	18.8	20.7	21.3	22.5	23.2	25.2	24.9

(注1)「総合エネルギー統計」では、1990年度以降、数値について算出方法が変更されている。

(注2)「新エネルギー・地熱等」とは、太陽光、風力、バイオマス、地熱などのこと(以下同様)。

出典：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」を基に作成



北海道の石炭

区域	水质	原水水质(千丁)			处理水质(千丁)		
		原水1	原水2	小计	原水1	原水2	小计
北海 总计	无污化	0			0	排水上	723.194
	污化	4,572.529	1,270.519	241.690	0,090.738	排水上+300m	3,874.915
	污化	3,224.106	2,587.180	0,656.011	-300m+600m	3,600.774	
	污化	1,931.841	181.692	0,289.534	800m+1200m	5,546.400	
	小计	9,728.476	4,039.391	1,949.235		小计	13,612.222
本州计	无污化	167.571	97.137	22.770	277.477	排水上	98.595
	污化	241.141	12,836	6.813	260.449	排水上+300m	1,243.609
	污化	1,141.419	25,518	1,749,149	1,022,308	-300m+600m	6,616.615
	污化	183.724	123.633	15.950	323.308	-600m+1200m	556.391
	小计	1,794.851	27,493	2,011.176	2,603.292	排水上	2,933.514
九州计	无污化	0	0	0	0	排水上	158.655
	污化	5,574.772	2,021.347	2,308.117	9,904.297	排水上+300m	3,007.917
	污化	498.881	784,178	147,244	1,174,114	-300m+600m	3,562,221
	污化	15,880	3,487	2,951	22,268	800m+1200m	2,848.588
	小计	6,174.653	2,808,788	2,458.148	13,747,122	排水上	7,483,767
合计	无污化	10,399.046	3,039.931	2,010.495	10,315.411	排水上+300m	8,918.704
	污化	4,885.406	3,437,234	1,752.738	10,405.109	-300m+600m	8,708.607
	污化	2,131.445	200,762	18,901	2,439.159	800m+1200m	1,004.676
		小计	17,415.900	6,678,927	3,851.134	23,162,291	排水上

NPO法人地下資源イノベーションネットワーク調べ

我が国の年間石炭使用量（約1億8千万トン）の
160年分



北海道の石炭 **VCC**
Underground Coal Coalification

出所:株式会社環境総合テクノス:二酸化炭素炭層固定化技術開発成果報告書, 2004.10

表 5.3.3 北海道中央地下深部深度別 CO₂ 炭層固定可能量

炭層深度区分	陸域・海域別	炭層体積 V (10 ⁴ m ³)	石炭資源量 Q (10 ⁴ t)	CH ₄ ガス 埋蔵量 Q _g (10 ⁴ m ³)	CO ₂ 固定 資源量 Q _c (10 ⁴ t)
1,200～3,000m	陸域	51.088	74.076	686.732	2,715.337
	海域	17.148	24.864	195.781	774.116
	計	68.236	98.940	882.513	3,489.453
3,000～6,000m	陸域	147.470	173.831	2,618.812	10,354.782
	海域	125.646	182.187	1,707.921	6,733.119
	計	273.116	356.018	4,326.733	17,107.901
6,000m 以降	陸域	28.221	40.921	510.292	2,017.697
	海域	1.845	2.675	18.137	71.712
	計	30.066	43.596	528.429	2,089.409
総 合 計		371.418	538.554	5,737.675	22,686.763

注1: Vは推定炭層体積、石炭資源量Qは石炭の密度を1.45 t/m³として計算した。なお、炭層圧は静水圧より換算したものである。ただし、6,000m以深の炭層圧は700 kg/cm²とした。

注2: CH_4 ガス吸着量に定数、羽幌層群は羽幌炭のラングミア定数、函渚層群は天北炭のラングミア定数、石狩層群は赤平炭のラングミア定数を用いて推定したものである。この際、炭層温度は20℃一定とした。



研究の方針



- ・未利用石炭資源(約300億トン)の活用
- ・ローカル・エネルギーのベストミックス
- ・エネルギーの地産地消
- ・ローカル・エネルギー・グリッド形成
- ・未利用石炭の活用

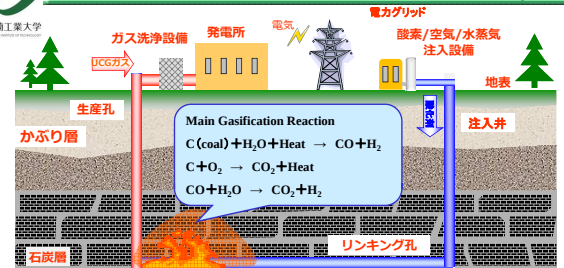
CBM(炭層メタンガスの採取)
UCG(石炭の地下ガス化)
CCS(CO₂のUCG跡への貯留)

UCG(Underground Coal Gasification)

低環境負荷なエネルギー回収システム



UCG(Underground Coal Gasification)

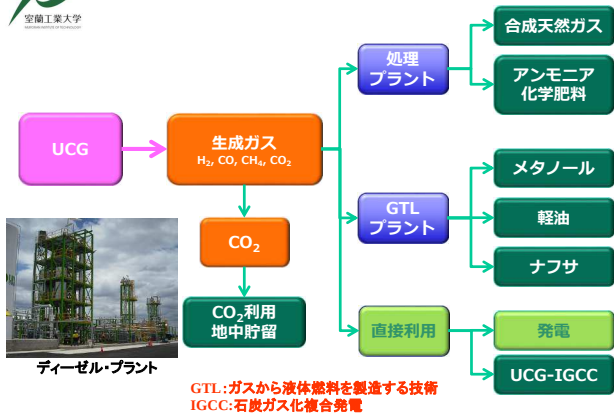


- 石炭を採掘することなくエネルギーを回収
- 未利用石炭を活用・埋蔵炭量の増加
- 大型ガス化炉の建設が不要 (コスト削減)
- 石炭灰処理の問題解決
- 汚染物質排出(SOx, NOx, 水銀等)の減少
- CO₂貯留の可能性

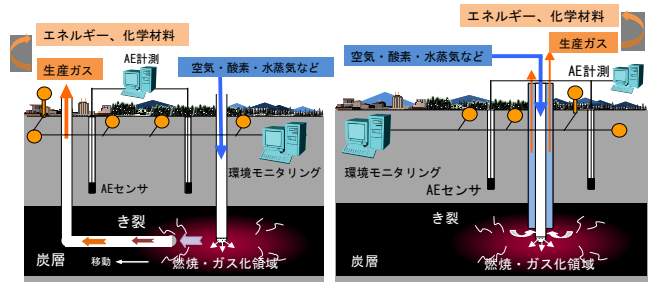
省エネルギー
1kWhの原価
坑内炭の1/3
露天掘り炭の2/3



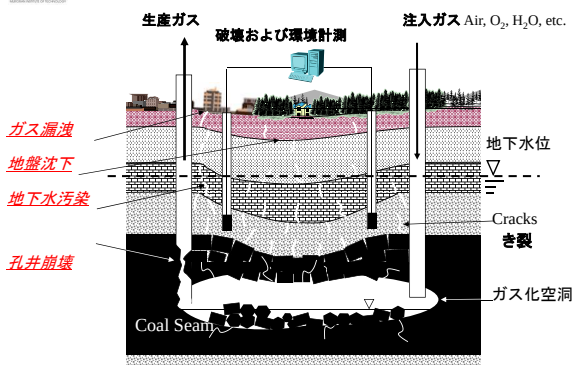
UCGの概要



わが国の炭層条件に適したコンパクトな UCGシステム



破壊に起因したUCGの問題点



研究計画概要



本研究の目的
低環境負荷型で安全なローカル・エネルギー源としての高効率コンパクトUCGシステムを開発する。

高度UCGサブプロジェクト: (研究者4名)

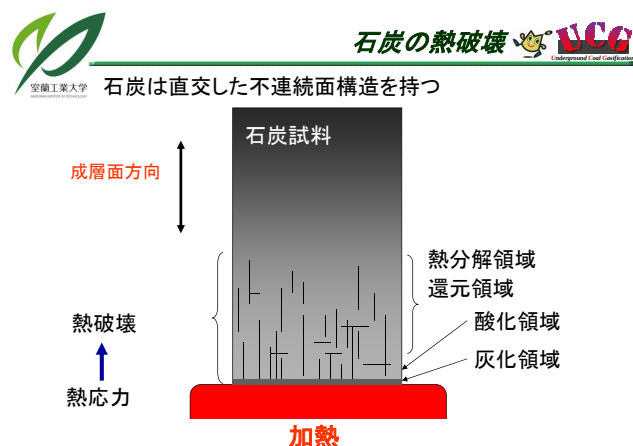
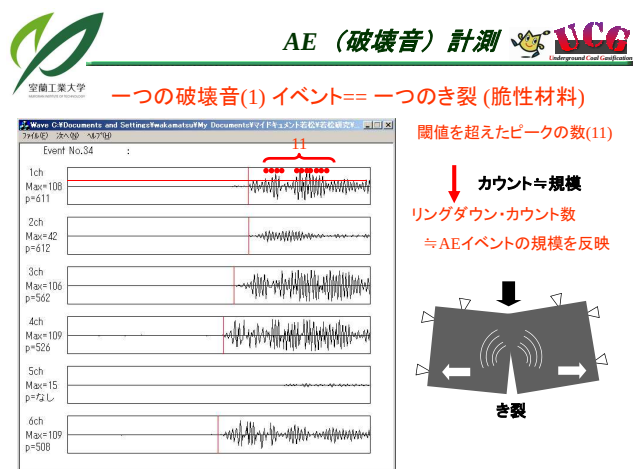
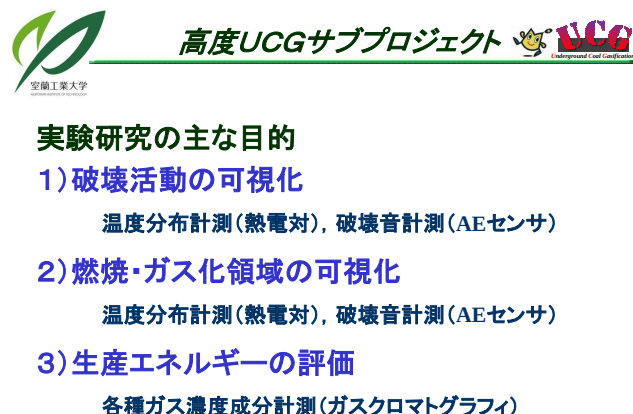
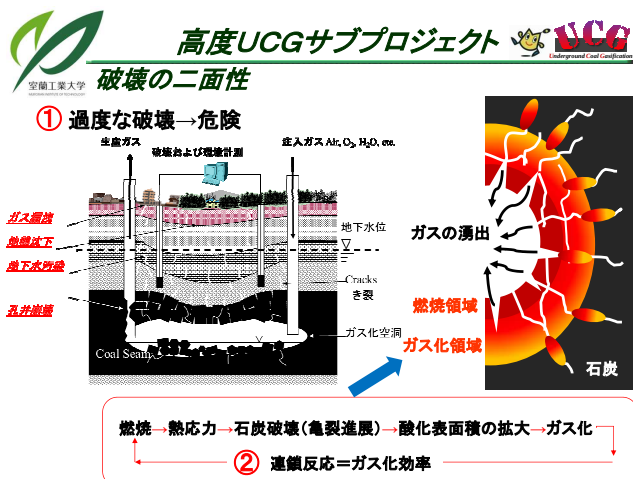
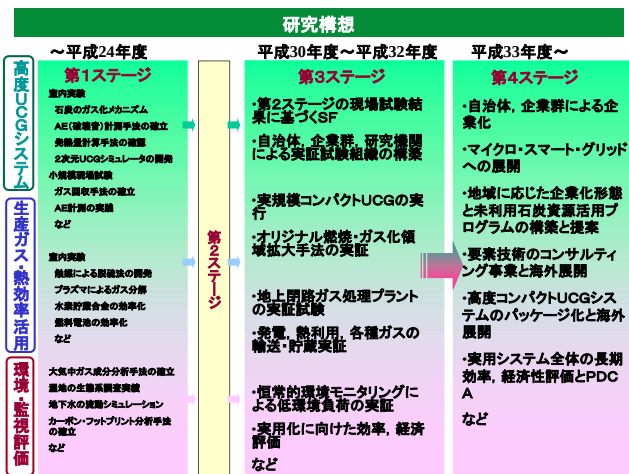
- 1) 炭層破壊制御によるガス化効率の向上と安全の確保
- 2) 破壊を考慮した石炭ガス化メカニズムの解明と定式化
- 3) 3次元UCGシミュレータ開発

生産ガスの高効率活用サブプロジェクト: (研究者3名)

- 4) 生産ガスの放電プラズマによる連続分離, 無害化技術の確立

環境監視・評価サブプロジェクト: (研究者3名)

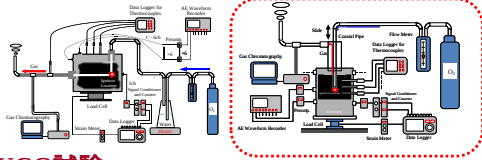
- 5) 地下及び地表環境の監視・評価手法の確立
- 6) 消火充填剤の開発



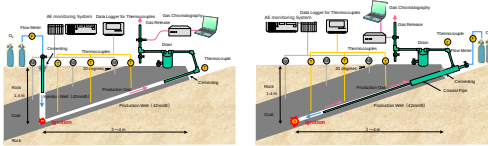
これまでの実験

空研工業大学

室内UCG実験 (リンク方式, 同軸方式)



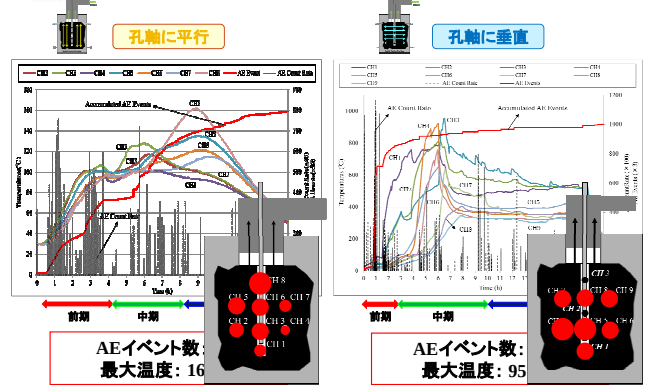
現場UCG試験 (リンク方式, 同軸方式)



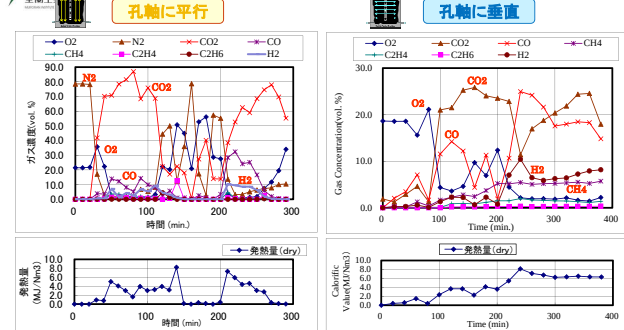
実験結果 (AEと温度変化)

空研工業大学

熱電対温度とAEイベント数とAEカウントレートの経時変化



実験結果 (ガス濃度分布)



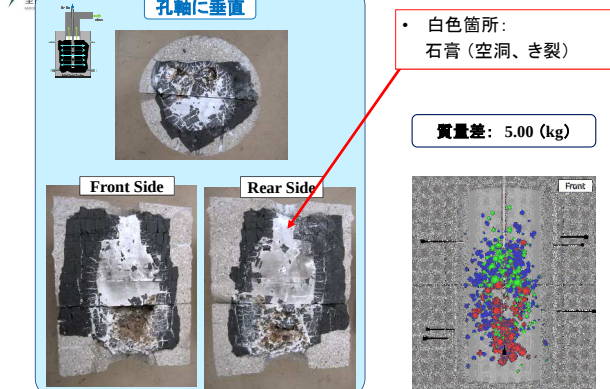
最大発熱量: 8.24 (MJ/m³)
平均発熱量: 2.35 (MJ/m³)

最大発熱量: 8.13 (MJ/m³)
平均発熱量: 4.30 (MJ/m³)

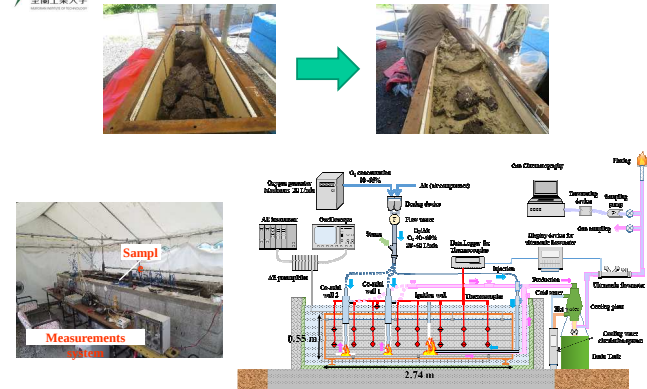
供試体切断面 (平行)

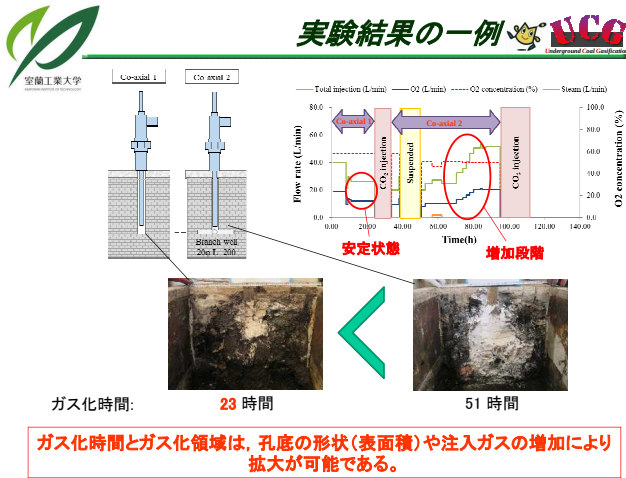


供試体切断面 (垂直)



人工炭層実験



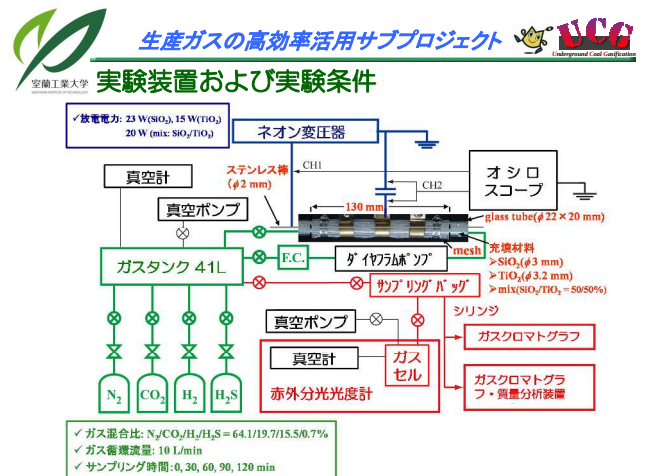
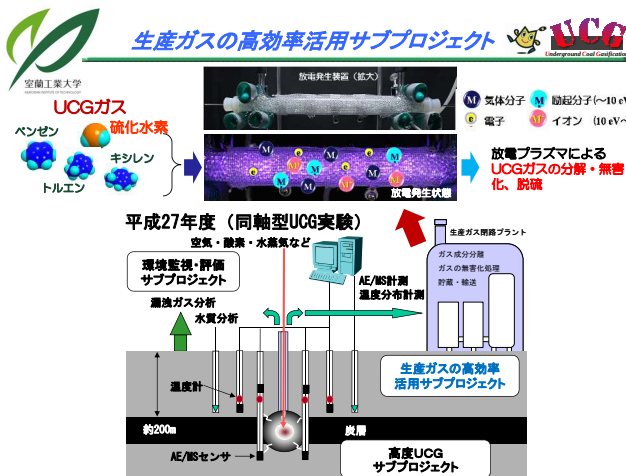
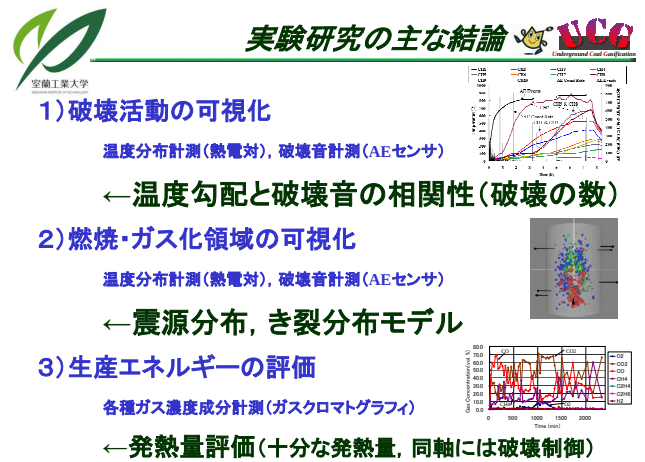
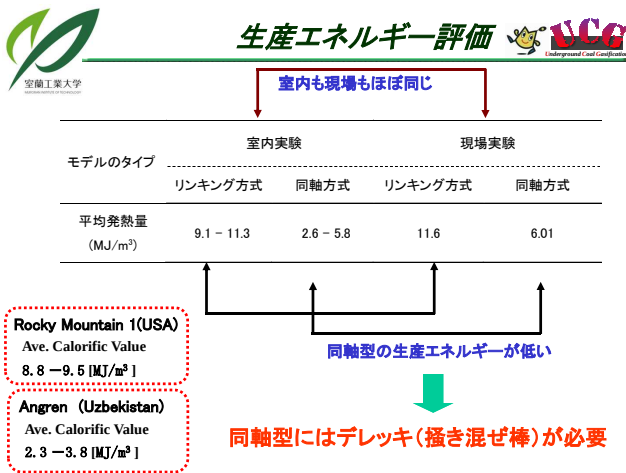


まとめ

同軸方式とリンク方式の結果比較表

	実験時間 h	酸素送風量 m ³ /h	平均発熱量 MJ/m ³	質量差 kg	空洞体積(m ³)		AEイベント数	
					計算	推定	累計	/h
同軸(水平)	8.667	0.24	2.65	2.60	19.11	18.46	794	91.61
同軸(垂直)	18	0.21	4.30	5.00	36.74	35.30	3057	169.83
L字型リンク方式	7.667	0.30	11.30	5.78	42.47	36.72	2064	269.21

- 同軸方式の平均発熱量が2.65、4.30(MJ/m³)であるのに対し、リンク方式は11.30(MJ/m³)
- 同軸(垂直)とL字型リンク方式の質量差が類似しているのにも関わらず平均発熱量が異なるのは、単位体積当たりのガス化効率異なるため
- 単位時間当たりのAEイベント数についても、L字リンク方式が最も発生しており、AEイベント発生数と燃焼・ガス化の進展に相関



第2ステージのゴールとその先

- UCG技術の工学的課題の克服
 - ◆ 破壊制御技術(革新性)
- プラント技術の工学的課題の克服
 - ◆ 気体の無害化(プラズマ, 触媒)
 - ◆ 分離・隔離技術
 - ◆ 貯蔵・輸送技術(合金, 高分子材料)
- 環境評価に関わる工学的課題の克服
 - ◆ モニタリング手法, 監視基準(リアクタ内の熱化学反応の検証)

グリーンイノベーション

パッケージ・システムの構築

FSを踏まえた、ローカルエネルギー源としての提案(第3ステージ)
実証試験(発電, 熱利用, 各種ガスの輸送・貯蔵)

実用化・企業化+マイクロ・スマート・グリッド化(第4ステージ)

UCGとローカル・エネルギー・グリッド

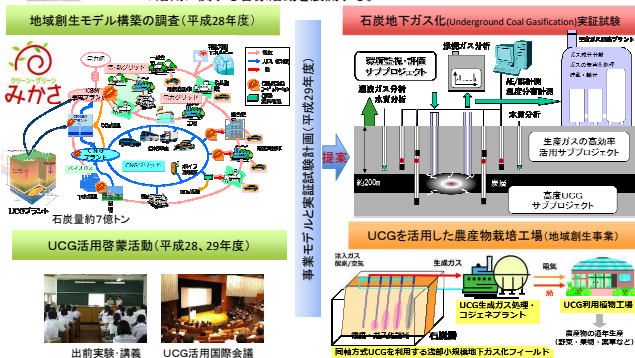
水素エネルギー供給モデル(室蘭工業大学型)



石炭地下ガス化(UCG)利用による地域創生モデルの構築

室蘭工業大学環境科学・防災研究センター

これまでの石炭地下ガス化(UCG)の研究実績をもとに、UCGを活用した旧産炭地自治体の地域創生事業モデルを提案し、次のUCG実証試験計画を推進する。また、UCGの活用に関する啓蒙活動を展開する。



石炭地下ガス化(UCG)利用による地域創生モデルの構築



三笠市冬快適プラン策定委員会



降雪前 幅=3.92m

降雪後 幅=10.80m

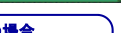
除・排雪の費用の推移
直近10年間の除雪と排雪に係る費用(委託費)を下表に示す。

	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	10年平均
通常除雪	111	88	105	85	96	84	160	141	149	101	112
排雪	50	39	43	16	30	40	164	103	85	60	63
計	161	127	148	101	126	124	324	244	234	161	175

単位:百万円



将来



石炭の地下ガス化(UCG)

石炭はまだある(未利用石炭)

=地域住民の財産(宝)!

→回収効率を高め, 大切に活用

CBM→UCG→CCS(CO₂貯留)

ローカル・エネルギー・グリッド

「これからは石炭の時代である」

北海道の場合
1kmまで: 150億トン
3kmまで: 1000億トン
6kmまで: 5000億トン

ボーリング技術開発が鍵



おわり



UCGの夜明け

三笠市
砂子炭鉱・三美炭鉱
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B一般, 基盤A)
北海道空知総合振興局森林室
ほか

