

# 第56回試錐研究会

## 講演資料集

- 開催日 平成30年2月28日（水）
- 会場 札幌サンプラザ 「金枝の間」  
（札幌市北区北24条西5丁目）
- 主催 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 地質研究所
- 協賛 一般社団法人 北海道地質調査業協会  
一般社団法人 全国さく井協会北海道支部
- 後援 一般社団法人 日本応用地質学会北海道支部  
一般社団法人 資源・素材学会北海道支部  
北海道地域産業技術連携推進会議



## 第 56 回試錐研究会プログラム

---

日 時 : 平成 30 年 2 月 28 日(水) 13:20~17:30 (受付開始 12:30)

場 所 : 札幌サンプラザ 2 階「金枝の間」

(札幌市北区北 24 条西 5 丁目 Tel. 011-758-3111)

主 催 : 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 環境・地質研究本部 地質研究所

協 賛 : 一般社団法人 北海道地質調査業協会 / 一般社団法人 全国さく井協会北海道支部

後 援 : 一般社団法人 日本応用地質学会北海道支部 / 一般社団法人 資源・素材学会北海道支部  
北海道地域産業技術連携推進会議

---

13:20 開会

■ 開会の挨拶(13:20 ~ 13:30)

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構  
環境・地質研究本部 地質研究所  
所長 遠藤 祐司

■ 特別講演(13:30 ~ 15:15)

13:30 ~ 15:15 地域創生のための石炭利活用ー石炭地下ガス化(UCG)の話題を中心にー

国立大学法人 室蘭工業大学大学院工学研究科 しくみ情報系領域  
教授 板倉 賢一

休憩(15:15 ~ 15:30)

■ 一般講演(15:30 ~ 17:20)

15:30 ~ 16:30 地質技術者の新たな役割ー地質リスク調査検討業務の本格運営に向けてー

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会  
地質リスク WG 委員長 岩崎 公俊  
(基礎地盤コンサルタンツ株式会社 代表取締役)

16:30 ~ 16:55 硫化水素ガスによる温泉用深井戸水中ポンプの絶縁破壊のメカニズムとその対策

おかもとポンプ株式会社  
専務取締役 岡田 行雄

16:55 ~ 17:20 沿岸海域や湖沼における高精度音響探査の現状について

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構  
環境・地質研究本部 地質研究所  
研究主幹 内田 康人

■ 閉会の挨拶(17:20 ~ 17:30)

一般社団法人 北海道地質調査業協会  
理事長 千葉 新次

17:30 閉会

---

18:00 ~ 意見交換会



# 目 次

## ■ 特別講演

- 地域創生のための石炭利活用ー石炭地下ガス化(UCG)の話題を中心にー …………… 1  
国立大学法人 室蘭工業大学大学院工学研究科 しくみ情報系領域  
教授 板倉 賢一

## ■ 一般講演

- 地質技術者の新たな役割ー地質リスク調査検討業務の本格運営に向けてー …………… 19  
一般社団法人 全国地質調査業協会連合会  
地質リスク WG 委員長 岩崎 公俊  
(基礎地盤コンサルタンツ株式会社 代表取締役)

- 硫化水素ガスによる温泉用深井戸水中ポンプの絶縁破壊のメカニズムとその対策  
…………… 33  
おかもとポンプ株式会社  
専務取締役 岡田 行雄

- 沿岸海域や湖沼における高精度音響探査の現状について …………… 41  
地方独立行政法人 北海道立総合研究機構  
環境・地質研究本部 地質研究所  
研究主幹 内田 康人



## 特別講演

地域創生のための石炭利活用ー石炭地下ガス化(UCG)の話題を中心にー …………… 1

国立大学法人 室蘭工業大学大学院工学研究科 しくみ情報系領域  
教授 板倉 賢一







第56回試験研究会特別講演  
平成30年2月28日  
札幌サンクラブ

# 地域創生のための石炭利活用 —石炭地下ガス化(UCG)の話題を中心に—



UCG実験装置(三笠)  
2016年11月7日



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  
室蘭工業大学三笠地下ガス化炭鉱・炭鉱長  
板倉賢一



## 本日の内容

### I 部 北海道の非在来型石炭ガス活用計画

1. 石炭エネルギーの必要性
2. 炭層メタンガス(CBM)開発(タ張)
3. 岩層メタンガス(釧路コールマイン)
4. パイオUCG(幌延)

### II 部 石炭地下ガス化(UCG)プロジェクト

1. UCGの概要
2. 全体構想
3. コンパクトなUCGを目指したモデル実験と成果
4. UCGフィールド実験
5. 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
6. まとめ



## 北海道の石炭



室蘭工業大学

区域	炭丈別炭量(千トン)			深層別炭量(千トン)			炭量
	炭丈1級	炭丈2級	炭丈3級	深層1級	深層2級	深層3級	
無煙炭	0	0	0	0	0	0	723,194
亜煙炭	4,572,529	1,276,519	241,690	6,090,738	0	0	3,874,915
褐炭	3,234,106	2,587,189	834,716	6,656,011	3,000m~-300m	300m~-600m	3,699,774
小計	1,931,841	161,692	0	2,093,534	600m~-1200m	1200m~-2000m	6,842,400
無煙炭	9,738,476	4,025,399	1,078,407	14,840,282	1,461	14,840,282	66,595
亜煙炭	167,571	87,137	22,770	277,477	0	0	1,243,689
褐炭	241,747	12,066	6,813	260,426	300m~-600m	600m~-1200m	656,605
小計	1,131,419	355,118	175,792	1,662,329	600m~-1200m	1200m~-2000m	556,391
無煙炭	183,724	123,833	15,950	323,308	600m~-1200m	1200m~-2000m	2,323,540
亜煙炭	222,698	78,976	77,970	379,644	0	0	126,655
褐炭	5,574,772	2,021,247	2,368,177	9,964,297	300m~-600m	600m~-1200m	3,667,017
小計	489,681	485,028	742,249	1,727,159	300m~-600m	600m~-1200m	5,952,227
無煙炭	15,980	3,437	2,951	22,268	600m~-1200m	1200m~-2000m	2,946,568
小計	6,303,232	2,988,788	3,191,848	12,093,367	0	0	12,093,367
無煙炭	380,269	166,113	100,740	657,122	0	0	916,704
亜煙炭	10,389,048	3,309,831	2,616,481	16,315,461	300m~-600m	600m~-1200m	8,786,520
褐炭	4,855,406	3,437,334	1,752,758	10,045,498	300m~-600m	600m~-1200m	9,708,607
小計	2,131,445	288,762	18,901	2,439,109	600m~-1200m	1200m~-2000m	10,045,369
合計	17,766,169	7,202,141	4,488,881	29,457,190	0	0	29,457,190

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



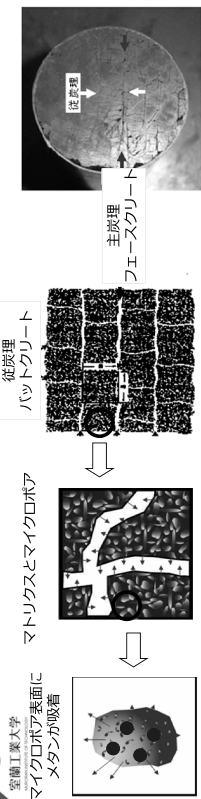
出所:株式会社環境地球総合テクノス:二酸化炭素炭層固定化技術開発成果報告書, 2004.10

表 5.3.3 北海道中央地下深層深層別 CO<sub>2</sub>炭層固定可能量

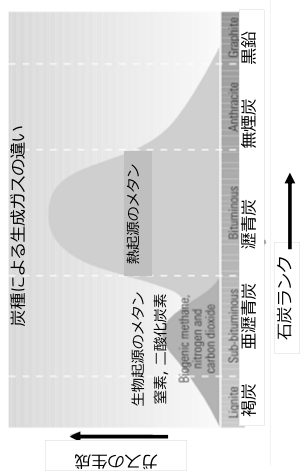
炭層深度区分	陸域・海城別	炭層体積 V (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	石炭資源量 Q (10 <sup>4</sup> t)	CH <sub>4</sub> ガス埋蔵量 Qg (10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup> )	CO <sub>2</sub> 固定資源量 Qco (10 <sup>4</sup> t)
1. 200~3,000m	陸域	51.058	74,076	686,732	2,715,337
	海城	17.148	24,864	195,781	774,116
	計	68.236	98,940	882,513	3,489,453
3,000~6,000m	陸域	147,470	213,831	2,618,512	10,394,782
	海城	125,646	182,157	1,707,921	6,753,119
	計	273,116	396,018	4,326,733	17,107,901
6,000m 以深	陸域	28,221	40,921	510,292	2,017,697
	海城	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	5,787,675	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/m<sup>3</sup> 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/cm<sup>2</sup> とした。

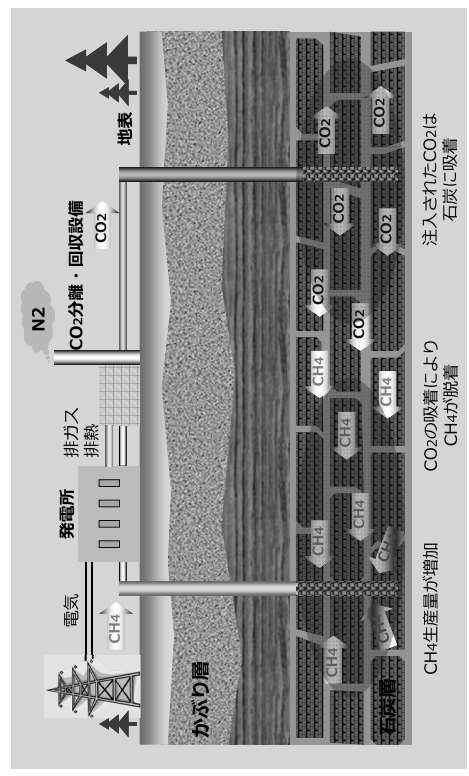
注 2: CH<sub>4</sub>ガス吸着量については、羽幌層群は羽幌炭のラングミア定数、函館層群は天北炭のラングミア定数、石狩層群は赤平炭のラングミア定数を用いて推定したものである。この際、炭層温度は 20℃ とした。



石炭化の過程で、微生物起源のメタンと熱作用起源のメタンの両方が発生 ⇒ 石炭内部に吸着

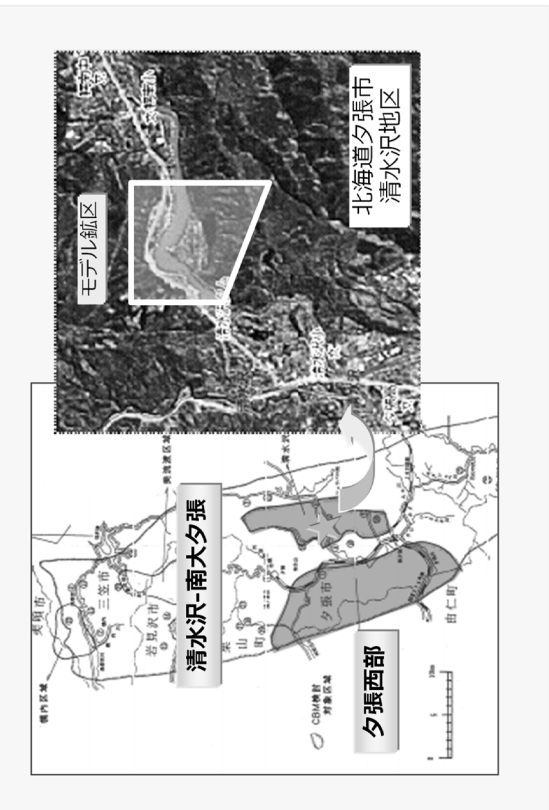


提供: NPO 地下資源イノベーションネットワーク



CBM(炭層メタン)の生産とCO2の固定の概要

提供: NPO 地下資源イノベーションネットワーク

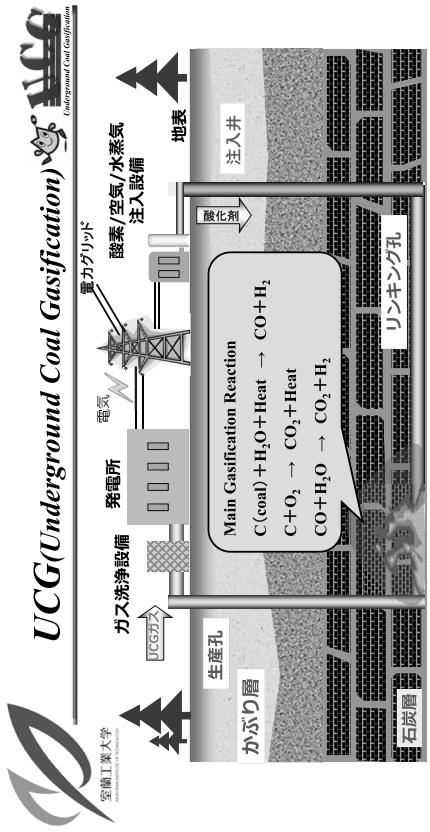


モデル鉱区(夕張市 清水沢付近)

提供: 銅路コールマイン

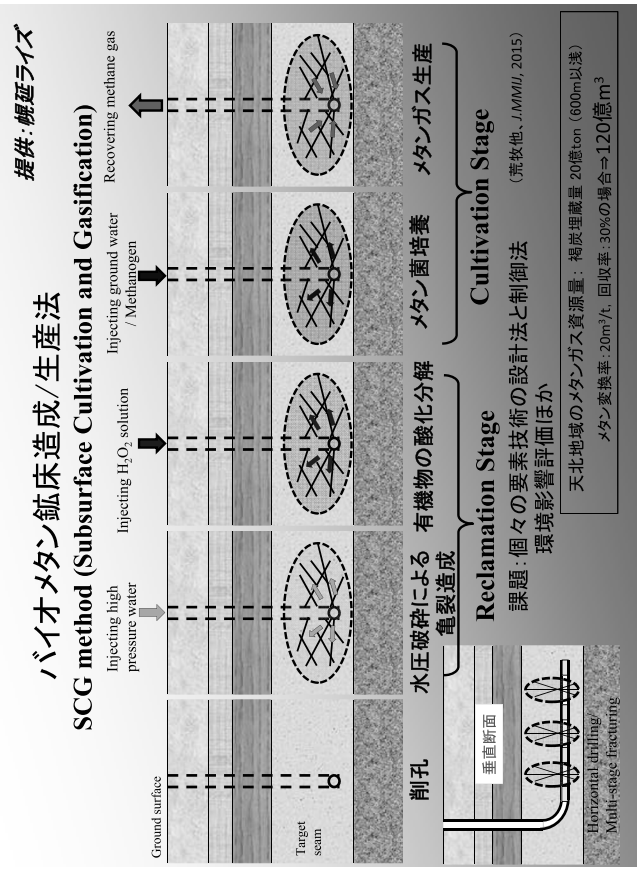
## 【本研究の背景と目的】

- 炭層の低位層である白亜紀層にメタンガスが賦存している(岩層ガスと呼ぶ)。
- このメタンガスの起源は、
  - ① 石炭層の随伴ガス
  - ② 白亜紀層が根源岩
  - ③ 深部基盤が根源岩
 等が考えられるが、賦存形態を含め判然としない。
- 各種試験・分析を行い、メタンガスの起源・賦存形態・賦存量を明らかにする。
- シミュレーターを開発して、探掘方法を決定する。

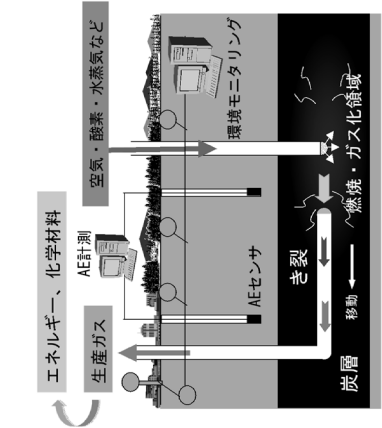


- 石炭を採掘することなくエネルギーを回収
- 未利用石炭を活用-埋蔵炭量の増加
- 大型ガス化炉の建設が不要 (コスト削減)
- 石炭灰処理の問題解決
- 汚染物質排出 (SOx, NOx, 水銀等) の減少
- CO<sub>2</sub>貯留の可能性

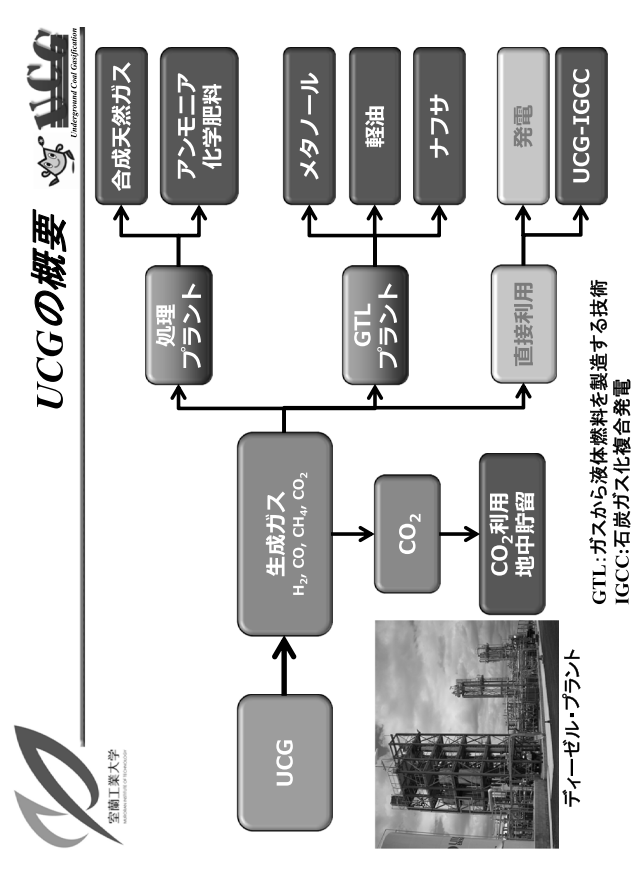
省エネルギー  
1kWhの原価  
坑内炭の1/3  
露天掘り炭の2/3



わが国の炭層条件に適したコンパクトな  
UCGシステム



同軸方式  
本研究の特徴①



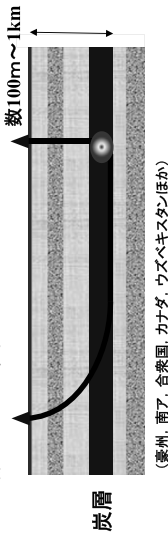


# コンパクトな高度UCGシステム



京都工業大学

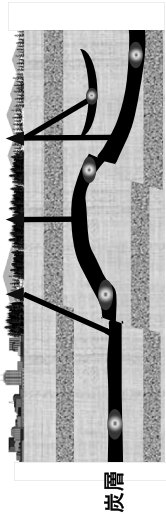
諸外国の大規模UCG(リンキング方式)



炭層

- ・ 広域
- ・ 大規模
- ・ 平層
- ・ 地表に何も無し
- ・ 指向性ボーリング

コンパクトな高度UCG(同軸型+リンキング型)



炭層

- ・ 局所的
- ・ 小規模
- ・ 複雑な地層条件
- ・ 居住区に近い
- ・ 直線ボーリング

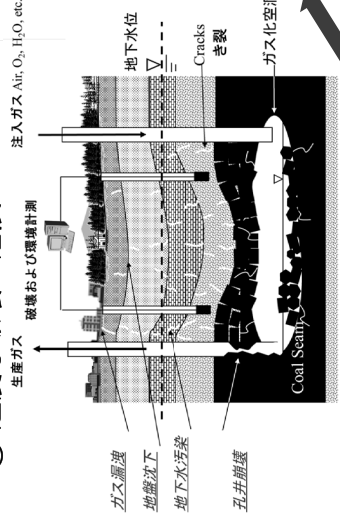


# 高度UCGサブプロジェクト



破壊の二面性

## ① 過度な破壊→危険



燃焼→熱応力→石炭破壊(亀裂進展)→酸化表面積の拡大→ガス化

② 連鎖反応=ガス化効率



# 研究の方針



京都工業大学

## 低環境負荷なエネルギー回収システム

- ・ 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(CO<sub>2</sub>のUCG跡への貯留)

UCG(Underground Coal Gasification)



# 研究計画概要



京都工業大学

## 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。

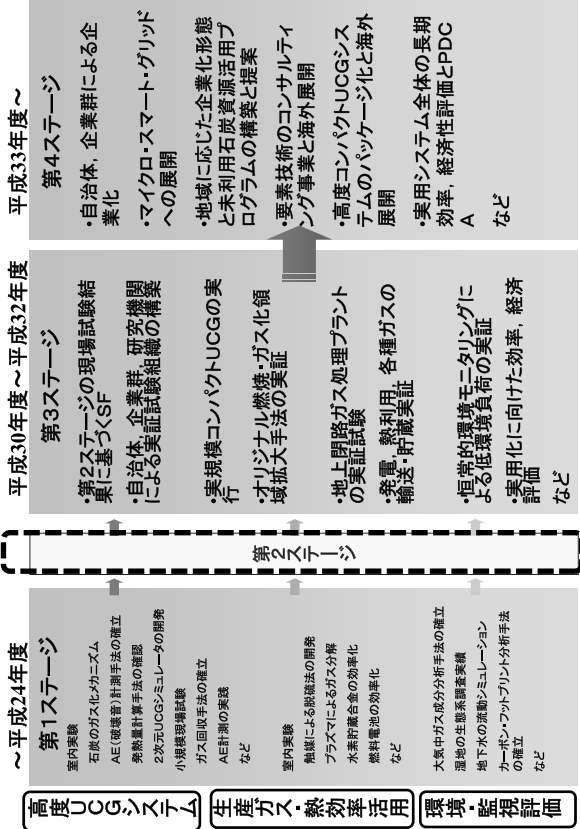
高度UCGサブプロジェクト:(研究者4名)

- 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シミュレーション開発
- 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

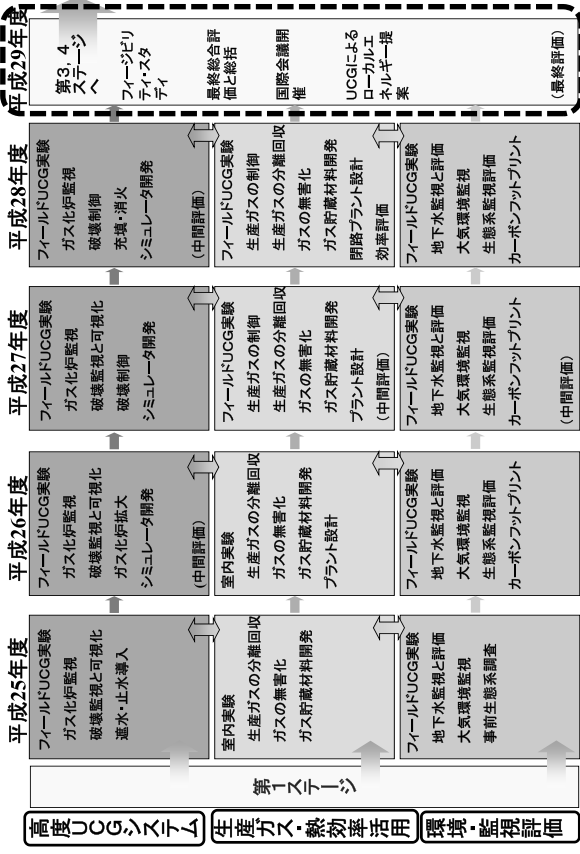
環境監視・評価サブプロジェクト:(研究者3名)

- 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

研究構想



5か年計画(第2ステージ)

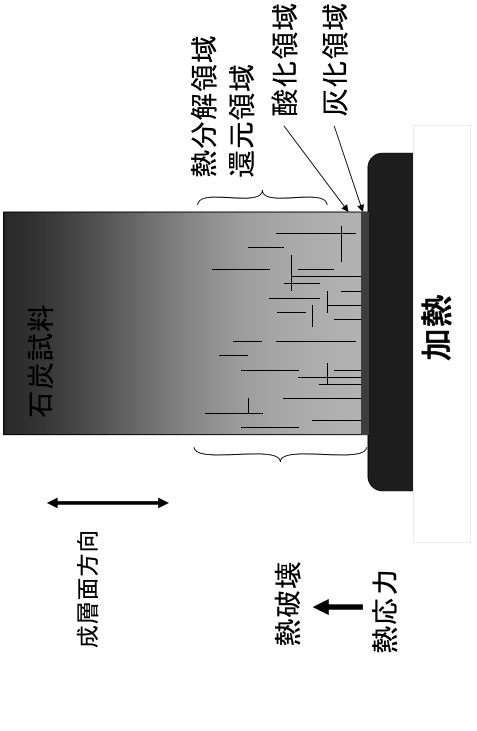


高度UCGサブプロジェクト



石炭は直交した不連続面構造を持つ

- 実験研究の主な目的
- 1) 破壊活動の可視化
    - 温度分布計測(熱電対), 破壊音計測(AEセンサ)
  - 2) 燃焼・ガス化領域の可視化
    - 温度分布計測(熱電対), 破壊音計測(AEセンサ)
  - 3) 生産エネルギーの向上と評価
    - 各種ガス濃度成分計測(ガスクロマトグラフィ)



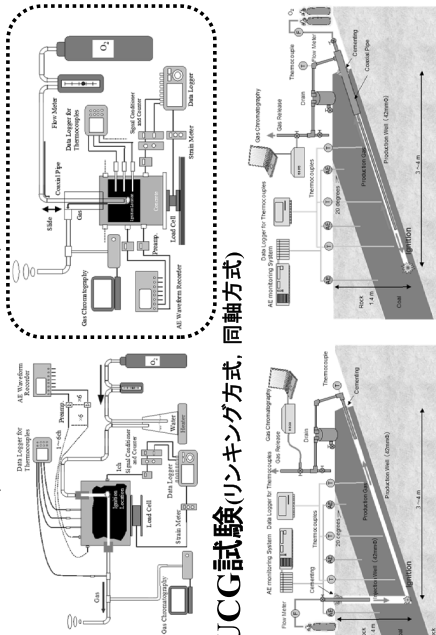


# これまでの実験

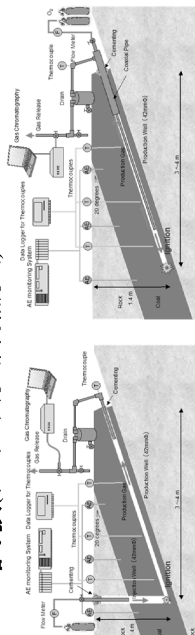


空研工業大学

## 室内UCCG実験 (リンキング方式, 同軸方式)



## 現場UCCG試験(リンキング方式, 同軸方式)



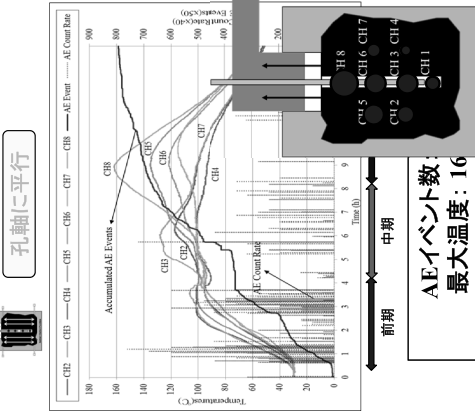
# 実験結果 (AEと温度変化)



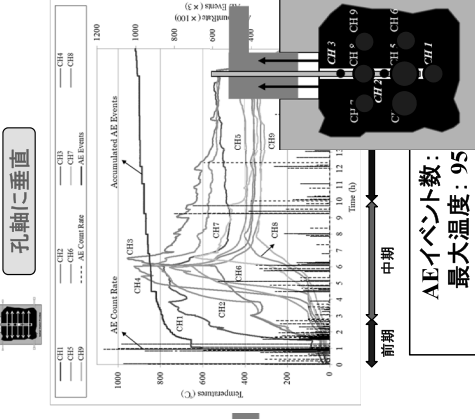
空研工業大学

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

## 孔軸に平行



## 孔軸に垂直



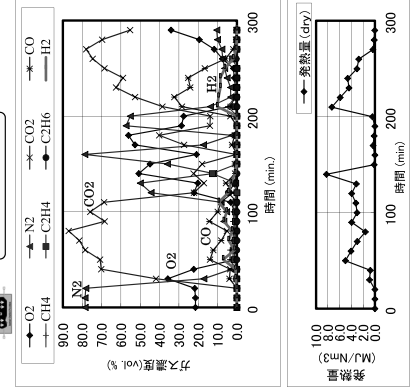
# 実験結果 (ガス濃度分布)



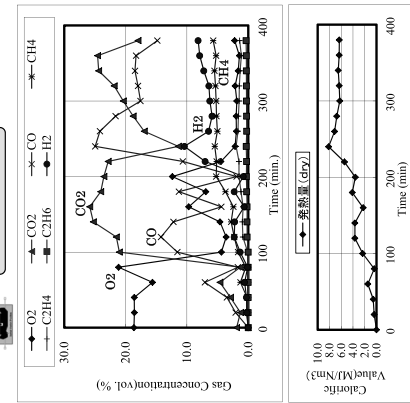
空研工業大学

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

## 孔軸に平行



## 孔軸に垂直



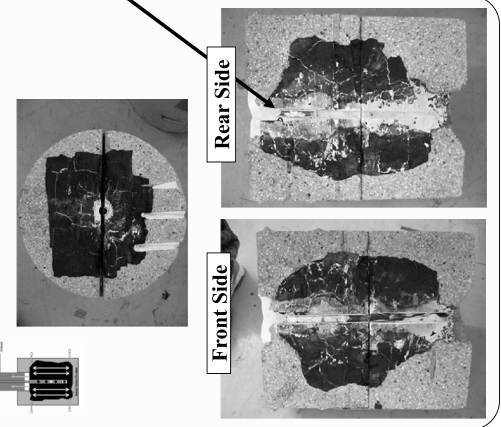
# 供試体切断面 (平行)



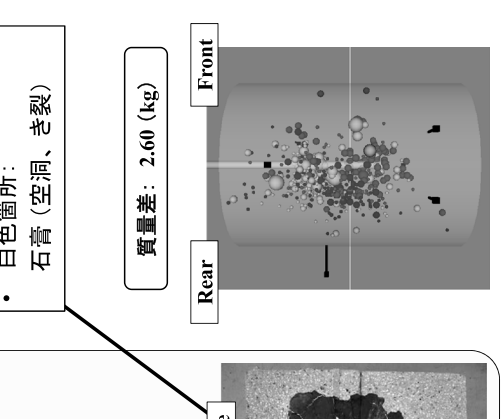
空研工業大学

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

## 孔軸に平行

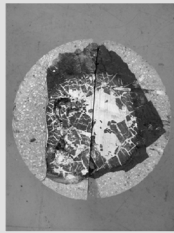


## 孔軸に垂直

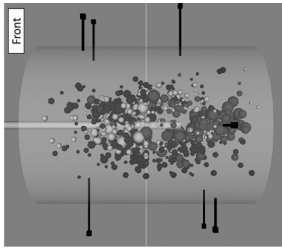
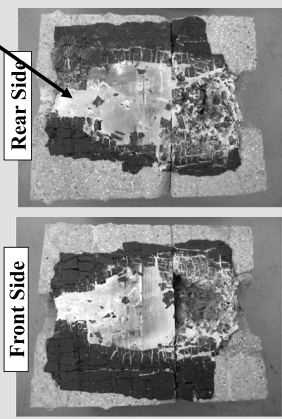


# 供試体切断面 (垂直)

孔軸に垂直



Front Side



Front

- 白色箇所: 石膏 (空洞、き裂)

質量差: 5.00 (kg)



# ここまでのまとめ

## 同軸方式とリンキング方式の結果比較表

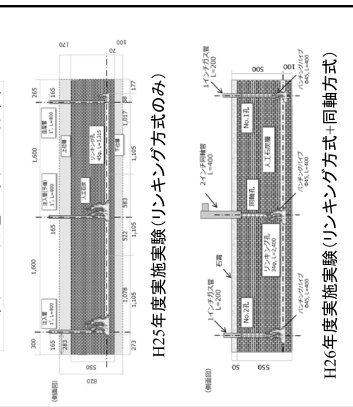
	実験時間 h	酸素送風量 m <sup>3</sup> /h	平均発熱量 MJ/m <sup>3</sup>	質量差 kg	空洞体積 (m <sup>3</sup> )		AEイベント数 累計 /h	MAX	MIN
					計算	推定			
同軸 (水平)	8.667	0.24	2.65	2.60	19.11	18.46	794	91.61	
同軸 (垂直)	18	0.21	4.30	5.00	36.74	35.30	3057	169.83	
L字型リンキング	7.667	0.30	11.30	5.78	42.47	36.72	2064	269.21	

- 同軸方式の平均発熱量が2.65、4.30(MJ/m<sup>3</sup>)であるのに対し、リンキング方式は11.30 (MJ/m<sup>3</sup>)
- 同軸 (垂直)とL字型リンキング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率が異なるため
- 単位時間当たりのAEイベント数についても、L字型リンキング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

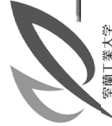
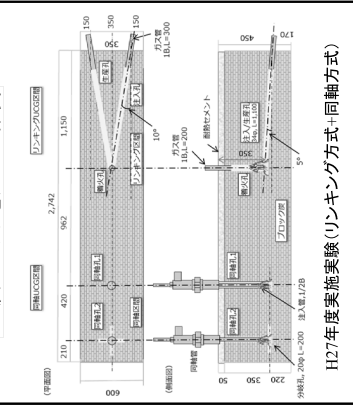


# 人工炭層実験

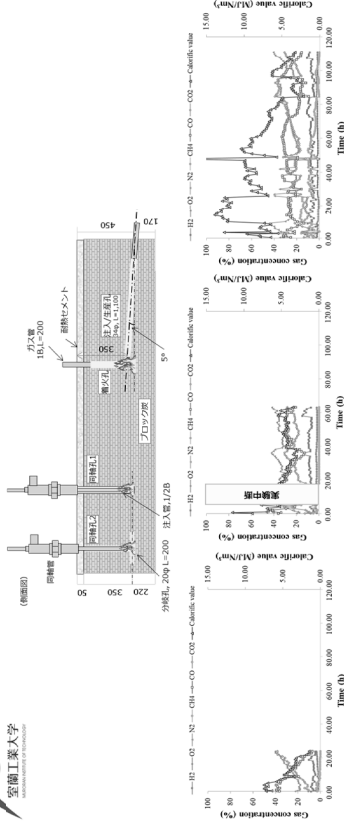
石炭の小塊を圧密して作製



石炭ブロックを用いて作製

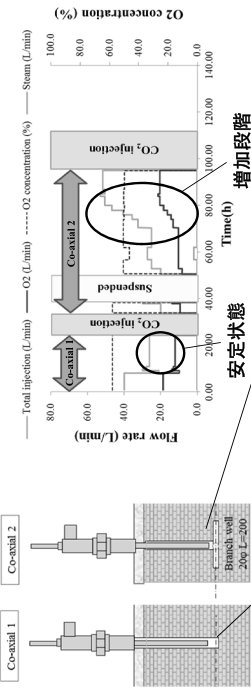


# 同軸方式とリンキング方式の比較



## 生成ガス成分および発熱量の平均値

	H <sub>2</sub> (%)	CO (%)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (%)	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (%)	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (%)	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> (%)	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> (%)	Calorific value (MJ/Nm <sup>3</sup> )
Co-axial 1	6.17	26.09	1.19	22.59	0.17	0.01	0.00	0.01	0.00	4.68
Co-axial 2	8.09	26.38	0.61	21.05	0.18	0.02	0.00	0.02	0.00	4.75
Linking	7.78	24.89	6.94	21.93	0.61	0.46	0.15	0.02	0.00	7.78



ガス化時間: 23 時間



51 時間

ガス化時間とガス化領域は、孔底の形状(表面積)や注入ガスの増加により拡大が可能である。

室内も現場もほぼ同じ

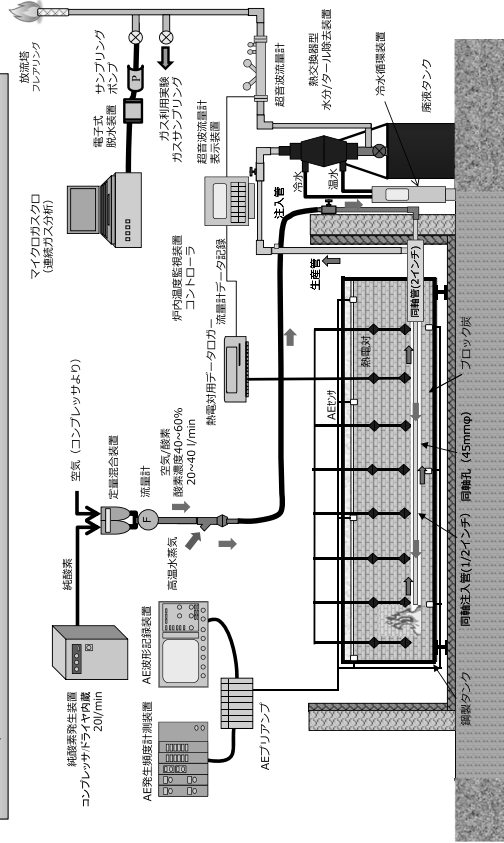
モデルのタイプ	リンクング方式	同軸方式	リンクング方式	同軸方式
平均発熱量 (MJ/m <sup>3</sup> )	9.1 - 11.3	2.6 - 5.8	11.6	6.01

Rocky Mountain 1 (USA)  
Ave. Calorific Value  
8.8 - 9.5 [MJ/m<sup>3</sup>]

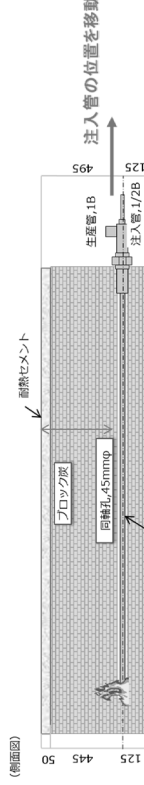
Angren (Uzbekistan)  
Ave. Calorific Value  
2.3 - 3.8 [MJ/m<sup>3</sup>]

同軸型の生産エネルギーが低い

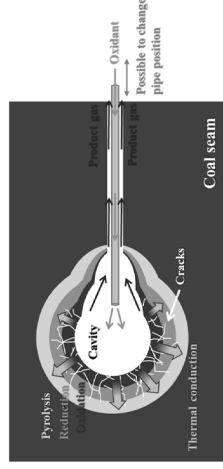
同軸型にはデレッキ(火掻き棒)が必要



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

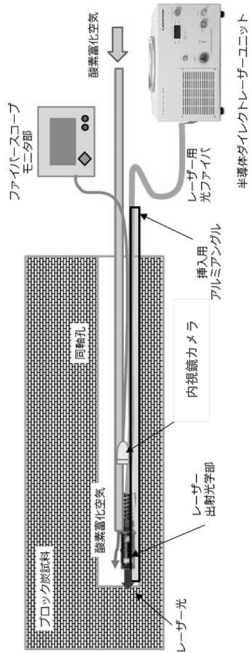


H28年度実施実験(水平同軸方式)



水平同軸方式 UCG システムのイメージ

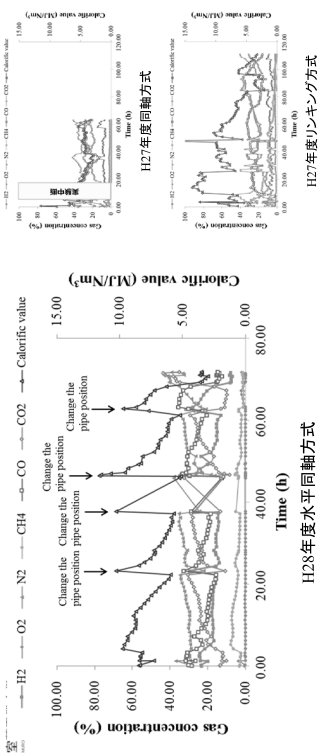




室内における予備実験

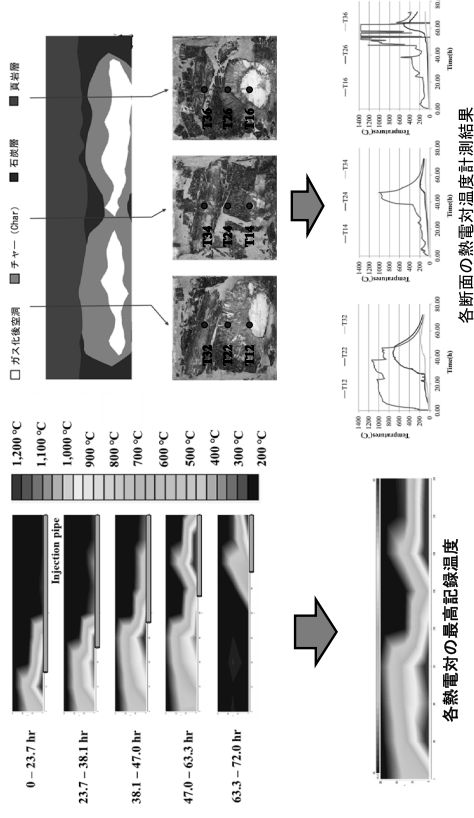


UCC模型実験における石炭のレーザー着火



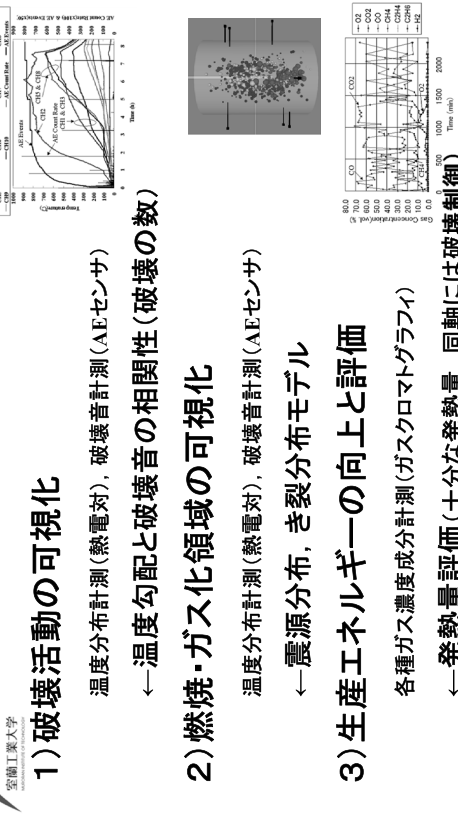
生成ガス成分および発熱量の平均値

	Calorific value (MJ/Nm³)	H <sub>2</sub> (%)	CO (%)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (%)	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (%)	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (%)	C <sub>2</sub> H <sub>8</sub> (%)
Horizontal co-axial (H28)	6.85	16.59	22.60	3.29	20.79	0.42	0.24	0.09	0.05
Co-axial (H27)	4.75	8.09	26.38	0.61	21.05	0.18	0.02	0.02	0.00
Linking (H27)	7.78	7.24	24.89	6.94	21.93	0.61	0.46	0.15	0.11



各熱電対の最高記録温度

各断面の熱電対温度計測結果



## 1) 破壊活動の可視化

温度分布計測(熱電対), 破壊音計測(AEセンサ)

← 温度勾配と破壊音の相関性(破壊の数)

## 2) 燃焼・ガス化領域の可視化

温度分布計測(熱電対), 破壊音計測(AEセンサ)

← 震源分布, き裂分布モデル

## 3) 生産エネルギーの向上と評価

各種ガス濃度成分計測(ガスクロマトグラフィ)

← 発熱量評価(十分な発熱量, 同軸には破壊制御)

← 後退式同軸型UCC方式



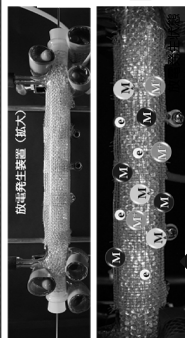
# 生産ガスの高効率活用サブプロジェクト



空働工業大学

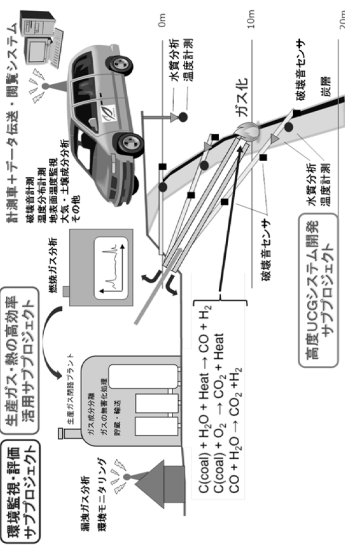
UCGガス

- ハンセン
- 硫化水素
- キシレン
- トルエン



- 気体分子 (M)
- 陽極分子 (~10 eV)
- 電子 (e)
- イオン (10 eV ~)

放電プラズマによる UCGガスの分解・無害化、脱硫



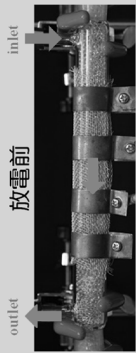
# 生産ガスの高効率活用サブプロジェクト 固体副生成物の評価



空働工業大学

充填材料：SiO<sub>2</sub>

放電前



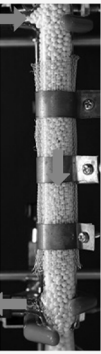
放電120分後



黄色がかかった白色の堆積

充填材料：TiO<sub>2</sub>

放電前



放電120分後



充填TiO<sub>2</sub>が赤褐色に変化

硫化水素中の硫黄や二酸化炭素や有機物中の炭素が固体として析出している



# UCG 研究5カ年計画

空働工業大学

## 【事業目的】

石炭の地下ガス化(UCG)に関する研究成果をもとに、低環境負荷型で安全な閉路資源エネルギー回収システムとしての高効率UCGシステムを開発する。

## 三つのサブプロジェクト:

- 1) 高度UCGシステム開発サブプロジェクト: フィールドUCG実験により、ガス化炉監視、AE/MS計測による破壊監視と可視化および遮水・止水技術を確立する。
- 2) 生産ガス・熱の高効率活用サブプロジェクト: 生産ガスの分離回収、ガスの無害化実験、ガス貯蔵材料を開発する。
- 3) 環境監視・評価サブプロジェクト: フィールドUCG実験現場と共に、地下水監視と評価、評価プロトコルの検討、大気環境監視、事前生態系調査を実施する。

## 【期待される効果】

第4期科学技術基本計画で掲げるグリーンイノベーションの推進にも合致する課題であり、エネルギー供給源の多様化に貢献する。また、オリジナルなシステム開発であるため、多数の特許の獲得が期待できる。

# 未利用石炭資源エネルギーの高度有効活用プロジェクト

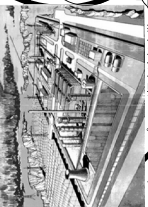
—低環境負荷型で安全な閉路資源エネルギー回収システムを目指して—

## 室蘭工業大学環境科学・防災研究センター・プロジェクト

### 高度UCGシステム開発 サブプロジェクト

### プロジェクト統括

- 残された課題
  - ・地層沈下、ガス漏洩
  - ・地層・地質環境監視
  - ・地下水汚染
  - ・燃焼・ガス化炉の制御
  - ・高効率ガス化炉の開発
  - ・主入ガス化炉の拡大制御
  - ・破壊性計測、CGセンサーの開発



メタン・プロパン (積東運部大学の調査)



### 生産ガス・熱の高効率活用サブプロジェクト

### 環境監視・評価サブプロジェクト

- 残された課題
  - ・地下環境監視、評価
  - ・大気環境監視、評価
  - ・水質環境監視、評価
  - ・生態系環境監視、評価
  - ・石炭ガス化炉の環境評価
  - ・石炭ガス化炉の環境評価
  - ・石炭ガス化炉の環境評価
  - ・石炭ガス化炉の環境評価

## 高度UCGシステム開発サブプロジェクト

- H25年度
- 地質調査
  - フィールドUCG実験現場の選定
  - ボーリング(3孔)取得
  - 調査報告書、元素分析、発熱量分析
  - 対象炭層の構造、安全計画の策定
  - UCG実験計画、安全計画の策定
  - UCG実験によるCO<sub>2</sub>の混在割合と、各種生産ガスの成分濃度との関係
  - 人工炭層の構造、CO<sub>2</sub>の混在割合と、各種生産ガスの成分濃度との関係
  - 人工炭層の構造、CO<sub>2</sub>の混在割合と、各種生産ガスの成分濃度の可視化

- H26年度
- 破壤音、水位観測孔(3孔)
  - 水質・水質観測孔(2孔)の埋設、動作確認
  - 各種センサーの埋設、動作確認
  - 人工炭層の構造、CO<sub>2</sub>の混在割合と、各種生産ガスの成分濃度との関係
  - 人工炭層の構造、CO<sub>2</sub>の混在割合と、各種生産ガスの成分濃度の推定
  - 人工炭層の構造、CO<sub>2</sub>の混在割合と、各種生産ガスの成分濃度の推定

- H27年度
- 実験の許可申請(特区申請(×)、試験権設定申請中)
  - 原位置実験の許可申請(×)、試験権設定申請中)
  - ガス化炉の監視技術、破壤監視と可視化手法を確立(AEと温度分布)
  - 透過試験(平均浸透率19.7md)、破壤音実験(シオフォン)、地下構造のモデル化

- H28年度
- 同軸型UCG方式による原位置実験(許可申請)
  - 一鉱業権取得(室蘭工業大学三笠地下ガス化炭鉱)
  - フィールド監視システム冬の冬季観測テスト
  - 炭層破壊音と温度変化の相関関係、消火過程のシミュレーション
  - レーザ石炭着火方法の確立

## 環境監視・評価サブプロジェクト

- H25年度
- フィールドUCG実験現場を対象にした、地下水、土壌、地表面、大気の監視システム、およびデータ伝送システムを設計
  - 調査ボーリング孔から採取したガスの分析、および地下水水位調査を実施

- H26年度
- フィールドUCG実験現場を対象にした、地下水、土壌、地表面、大気の監視システム、およびデータ伝送システムを現場に実装、動作試験を実施
  - 各種環境計測用のベース値(12月)を取得
  - UCG実験安全対策マニュアルを作成

- H27年度
- 地下水監視、現場近傍の大気・土壌・地表面環境監視を行い、計測地をWeb上で閲覧できる伝送システムを構築、動作を確認
  - 生態系監視評価(植生)
  - 地下水の水質分析を実施

- H28年度
- フィールドUCG実験現場の夏季の植生分布調査
  - 上空からのフィールド監視(ドローンの活用)、地下水監視と評価
  - 環境監視システムの冬季観測

## 生産ガス・熱の高効率活用サブプロジェクト

- H25年度
- 人工炭層実験で生産したガスの、詳細な成分濃度分析
  - 生産ガスの主要な成分濃度から、発熱量評価を実施、諸外国の結果と比較
  - UCG生産ガスの脱硫方法を検討(プラズマ法、CuとZnを用いた触媒法)
  - 水素貯蔵するためのMg-Ni系貯蔵合金の開発
  - 水素-酸素燃料電池について検討し、固体高分子型電解質の電池特性評価

- H26年度
- 人工炭層実験で生産したガスの、詳細な成分濃度、特に硫化水素を分析
  - パケット型誘電体バリア放電によるH<sub>2</sub>S分解特性の解明
  - 光触媒作用を有する誘電体の脱硫特性
  - 新しい有機分子触媒によるCO<sub>2</sub>の有機合成化学における利用を検討
  - 水素吸収・放出特性に優れたCaNi<sub>5</sub>水素吸蔵合金を作製
  - 特性の異なる水素吸蔵合金を複合化したハイブリッド水素吸蔵合金を作製

- H27年度
- UCG生産ガスの分離回収、ガスの無害化のため、ガラスおよびアナターゼ型TiO<sub>2</sub>をベレットとしたパケット放電リアクタを開発、脱硫効果を確認
  - 模擬UCGシステム生産ガスによる燃料電池駆動を検証
  - ガス貯蔵材料の開発として、ハイブリッド水素吸蔵合金の性能評価を実施

- H28年度
- UCG生産ガスによるガスの分離回収、ガスの無害化処理(継続)
  - UCG貯蔵材料の開発と評価を、実験室で継続

## 成果：地域向け広報等

- H25年度
- 市民向け公開講演会「石炭地下ガス化講演会」(11月、三笠市)を実施
  - 北海道新聞の地方版(空知)を通じて、研究計画・実施状況を広報

- H26年度
- 市民向け公開講演会「三笠石炭地下ガス化研究報告会」(H27年3月、三笠市)を実施
  - 北海道新聞の地方版(空知)を通じて、研究計画・実施状況を広報

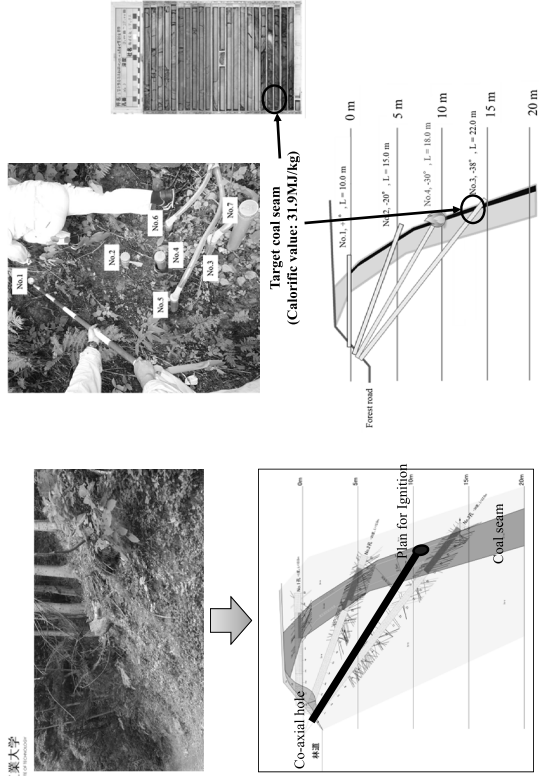
- H27年度
- 市民向け公開講演会「石炭地下ガス化研究報告会～石炭地下ガス化実現に向けた三つの柱～」(H28年3月、三笠市)を実施
  - 北海道新聞の地方版(空知)を通じて、研究計画・実施状況を広報
  - 依頼公演((株)メイセイエンジニアリング、日本学術振興会石炭・炭素資源利用技術第148委員会第150回研究会、文部科学省大学間連携共同教育推進事業室蘭工業大学スーパー連携大学院室蘭フォーラムほか)
  - 解説文章等

- H28年度
- 市民向け公開講演会「石炭地下ガス化研究報告会～可能性に向けたチャレンジ!～」(H28年3月、三笠市)を実施
  - 中学生向け「石炭のガス化」体験実験

## 成果：地域創生モデル事業

- H28年度
- 三笠市「冬快適プラン策定委員会」にて資料収集
  - 三笠市エネルギービジョンの資料調査

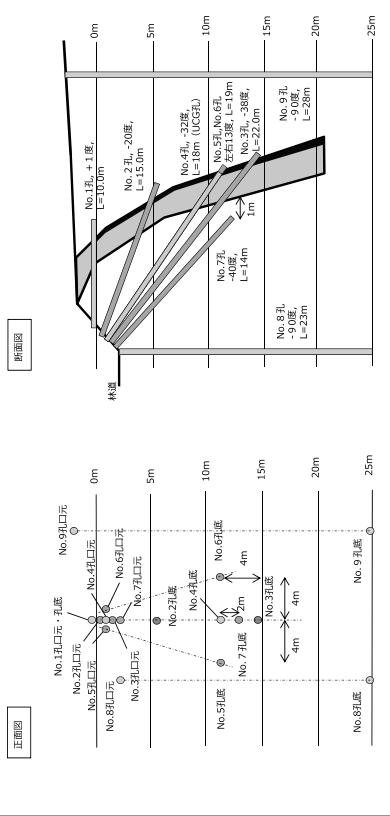
1. 高度UCGシステム開発:  
同軸型UCG方式による原位置実験(ドライ・プロセス)  
ファイールド監視システムの長期観測テスト  
同軸型UCGの人工放層により、燃焼領域拡大方法を提案  
3軸AEセンサによる破壊領域の推定  
地下構造のモデル化と3次元UCGシミュレータの開発  
実験現場の原状復帰
2. 生産ガス・熱の高効率活用:  
廃プラスチック、バイオマスの燃焼・ガス化試験  
生産ガス処理装置のプロトタイプモデルの作製  
プラント設計
3. 環境監視・評価:  
ファイールドUCG実験現場の実験後の補生分布調査  
上空からのファイールド監視、地下水監視と評価  
総合環境監視・評価プロトコルの検討、  
地域および関連組織に向けた広報、成果報告、国際会議の開催
4. 地域向け広報等:  
各種観測データを公開
5. 地域創生モデル事業:  
地域ニーズや政策調査  
UCGを活用したモデルの提案



- 1) 大気汚染:  
常時監視(温度, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>Sなど),  
生産ガス量の50%以上の漏洩で、消火・充填処理
- 2) 地盤沈下:  
なし(最後充填、原状復帰)
- 3) 地下水汚染:  
常時監視(ベンゼン、フェノールなどの有機化合物),  
環境基準の許容値を超えたら消火、汚染源回収
- 4) その他:  
消火:  
CO<sub>2</sub>注入の後,  
CaCO<sub>3</sub>による吸着  
固化など

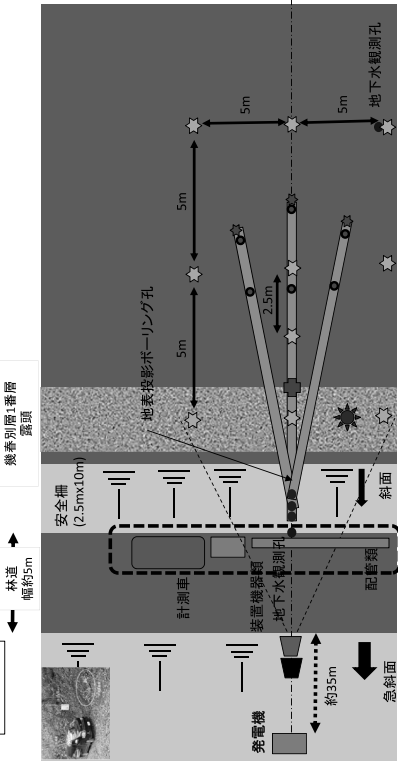
生態系調査等(実験の前)

最終年度:現状復帰  
計測値の公開(ホームページ, 定期的報告会等)



孔名	傾斜	掘削深	用途	内容
No. 1孔	+1°	10m	環境観測	ガス濃度(CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> )
No. 2孔	-20°	15m	UCG計測	燃焼箇所・上層の原煤上層の温度変化
No. 3孔	-38°	22m	UCG計測	燃焼箇所・下層の原煤上下層の温度変化
No. 4孔	-37°	18m	右斜ガス化(UCG)	酸化・ガス化、生体ガス回収、温度変化計測
No. 5孔	-31°	19m	UCG計測	燃焼箇所・左側の原煤上層の温度変化
No. 6孔	-40°	14m	UCG計測	燃焼箇所・右側の原煤上下層の温度変化
No. 7孔	-90°	23m	環境観測	燃焼箇所・左側下層の地質層
No. 8孔	-90°	25m	環境観測	水位、水質、温度、ガス濃度(CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> )
No. 9孔	-90°	28m	環境観測	水位、水質、温度、ガス濃度(CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> )

# 平面図



# 凡例

- ☆ 地表面熱電対
- ★ 孔内熱電対
- 斜面監視Webカメラ(体道から3mの高さ)
- 斜面監視Webカメラ(体道から3mの高さ)
- ✪ 気象観測装置  
(風向、風速、雨量)
- 地帯ガス検出装置 ● 地下水観測孔(水位・水質)  
(CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>)

# フィールド監視項目

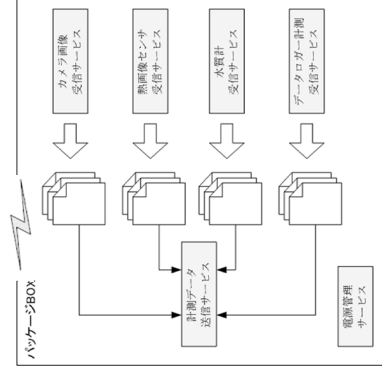


## ボーリング孔内

- 温度計測部 3個
- ガス検知部 1式
- CO<sub>2</sub>ガス検知部 3台
- COガス検知部 3台
- CH<sub>4</sub>ガス検知部 3台
- 水質計測部 2台
- 水位計測部 1台

## 地表部

- 温度計測部 10台
- ガス検知部 1式
- CO<sub>2</sub>ガス検知部 1台
- COガス検知部 1台
- CH<sub>4</sub>ガス検知部 1台
- 気象計測部 1式
- 風向風速計測部 1台
- 雨量計測部 1台
- カメラ画像部 1台

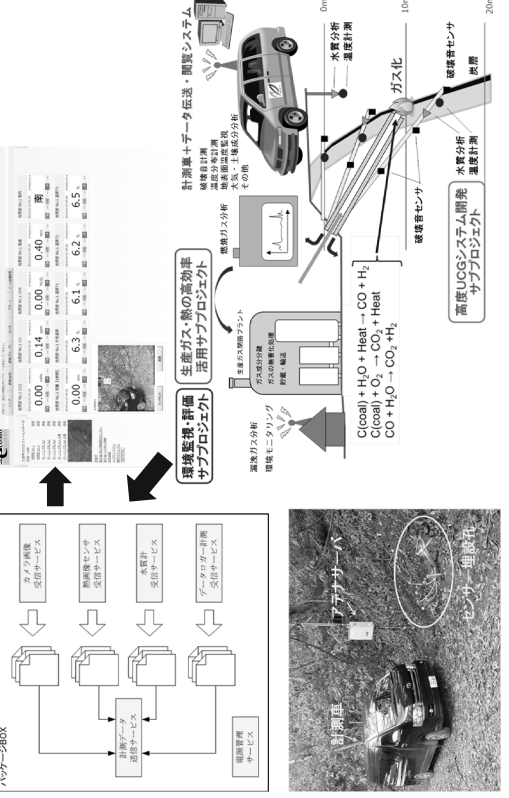


## 十酸化水素



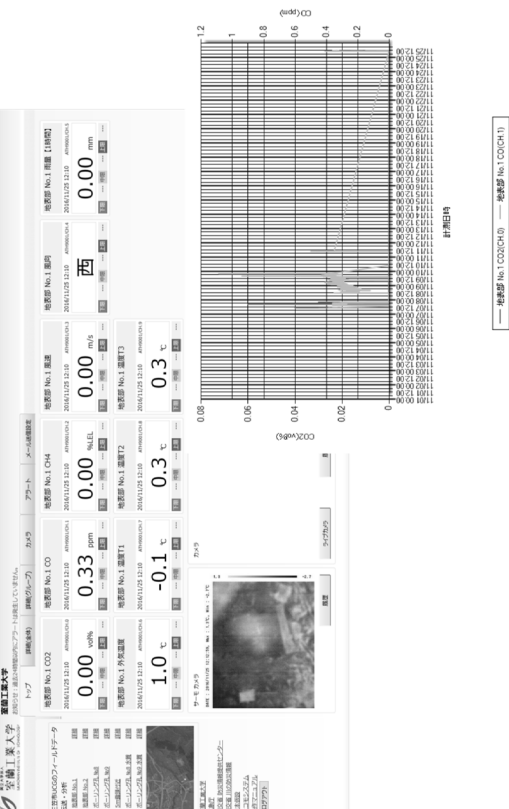
# 環境監視・評価サブプロジェクト

## Web上でのデータ公開



# ecoMo Systems

<http://fdtas-srv.ueg.muroran-it.ac.jp/>



# 植生図

室蘭工業大学  
SOKENDAI KAWASAKI

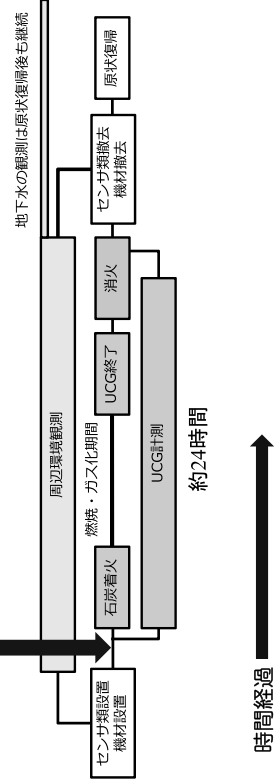


● UCG実験装置位置

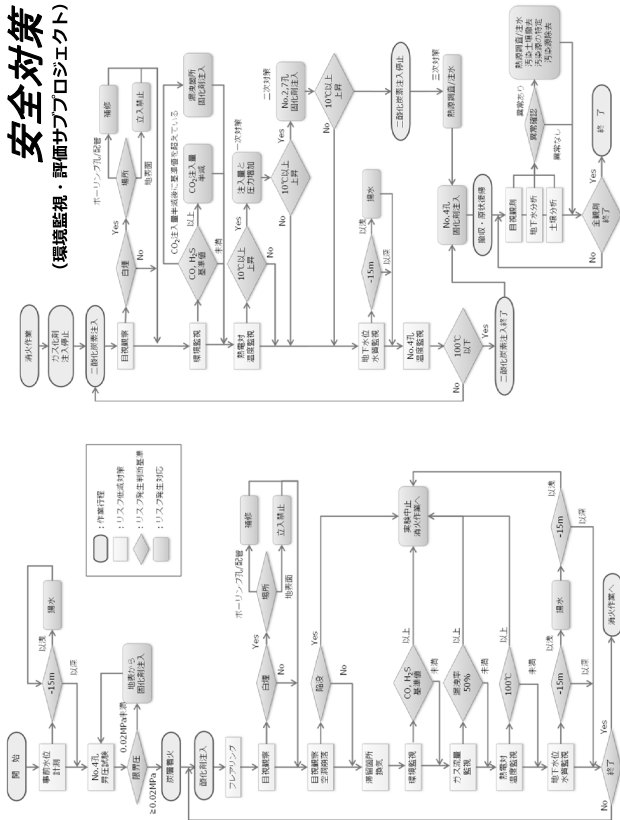
- エゾイタヤ・シナノキ林
- ハリエンジュ林
- カラマツ植林
- アカトドマツ植林
- 道路



## 孔底乾燥プロセス (周辺温度、孔内画像等)



## 安全対策 (環境監視・評価サブプロジェクト)

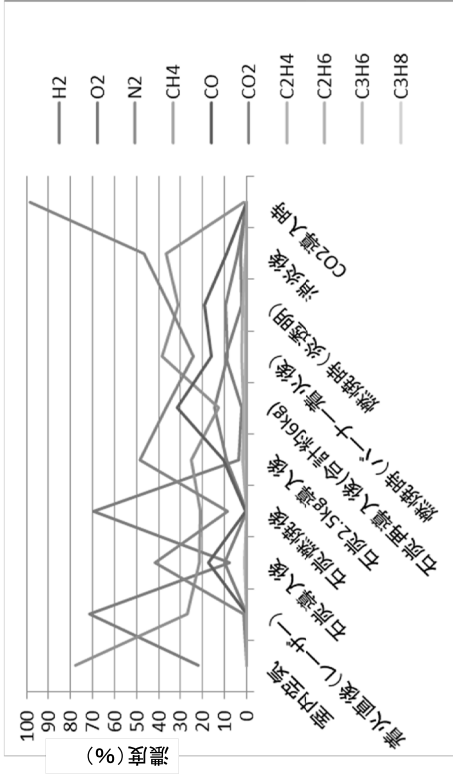


項目	2017年					2018年							
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	
着火・乾燥装置の作成													
資材・機材準備													
孔底乾燥プロセス										7月26日-8月2日			
監視													
着火・ガス化・消火実験										8月3日-8月5日			
復原作業													
環境計測値の公開													
生態系調査													
人工炭層実験													
報告会													
データ解析・モデル作成													
まとめ・報告書作成													

# 生産ガス成分の変化



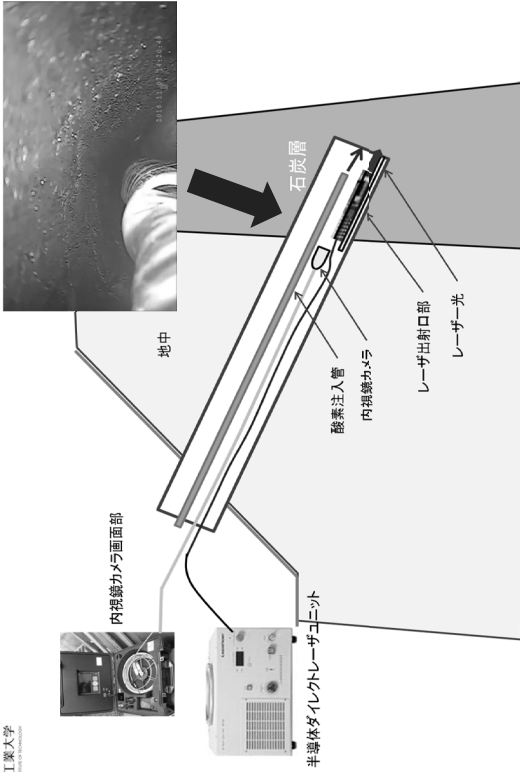
環境工学部



# レーザー着火システム



環境工学部



# 石炭地下ガス化成功



環境工学部

## 三幸市と豊後県 実用化へ前進

【三幸】「石炭地下ガス化（DGS）」の共同研究を主導する三幸市と豊後県は、大分県内の石炭層を燃焼させて、CO<sub>2</sub>を取り出す「石炭地下ガス化」の共同研究を主導する。三幸市は、大分県内の石炭層を燃焼させて、CO<sub>2</sub>を取り出す「石炭地下ガス化」の共同研究を主導する。三幸市は、大分県内の石炭層を燃焼させて、CO<sub>2</sub>を取り出す「石炭地下ガス化」の共同研究を主導する。



DGSは、地下の石炭層を燃焼させて、CO<sub>2</sub>を取り出す「石炭地下ガス化」の共同研究を主導する。三幸市は、大分県内の石炭層を燃焼させて、CO<sub>2</sub>を取り出す「石炭地下ガス化」の共同研究を主導する。



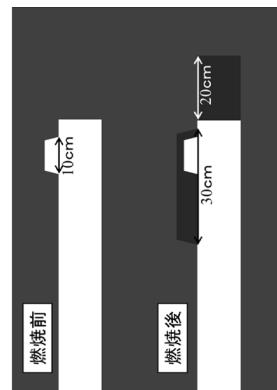
2017年(平成29年)08月04日(金曜日) 北日本新聞 朝刊 全国選版 社会 34ページ

# ガス化領域の推定

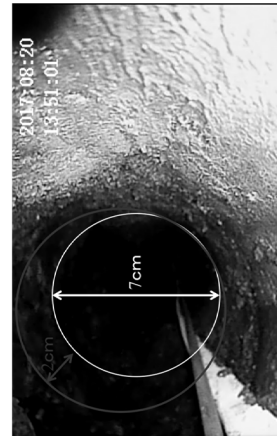


環境工学部

- ・ 孔内画像より燃焼領域を推定
- ・ 燃焼により減少した石炭の体積は1510cm<sup>3</sup>



同軸孔断面図



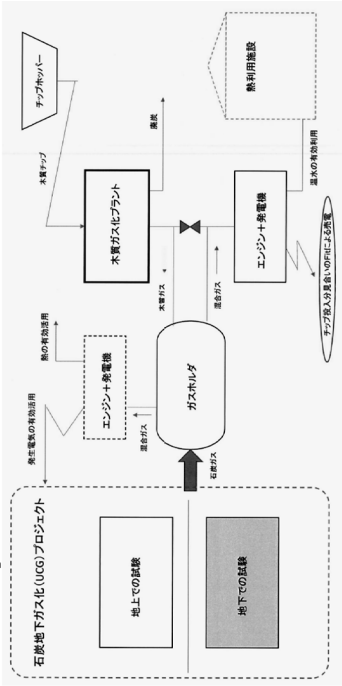
同軸孔内断面図 (内視鏡撮影)

Step 1: CBM + 木質バイオマス (発電・熱利用)

Step 2: UCG + 木質バイオマス + 廃プラスチック (発電・熱利用)

Step 3: CCS + 孔内吸着充填 UCG + 木質バイオマス + 廃プラスチック (発電・熱利用)

Step 1から3のサイクル稼働



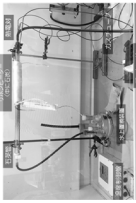
**実用化までの工程**

平成24年度  
 第1ステージ  
 室内実験  
 石炭のガス化プロセスの確立  
 AEI(破壊管)計測手法の確立  
 熱収支計算手法の確立  
 2次元UCGシミュレータの開発  
 小規模連続試験  
 ガス回収手法の確立  
 AEI計測の実験  
 など  
 室内実験  
 無煙による破壊法の開発  
 プラスチックによるガス分解  
 水素貯蔵容器の効率化  
 燃料電池の効率化  
 など  
 大気中ガス成分分析手法の確立  
 湿地の生態系調査  
 地下水の流動シミュレーション  
 カーボンフットプリント分析手法の確立  
 など

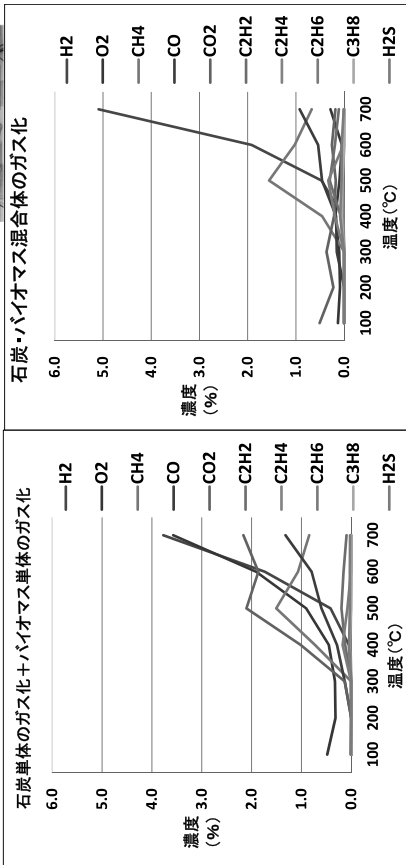
平成30年度～平成33年度  
 第2ステージ  
 第3ステージ  
 第2ステージの現場試験結果に基づくSF  
 自治体、企業群、研究機関による実証試験組織の構築  
 実規模コンバクトUCGの実行  
 オリジナル燃焼・ガス化領域拡大手法の実証  
 地上閉路ガス処理プラントの実証試験  
 発電、熱利用、各種ガスの輸送・貯蔵実証  
 恒常的環境モニタリングによる低環境負荷の実証  
 実用化に向けた効率、経済性評価  
 など

平成34年度～  
 第4ステージ  
 自治体、企業群による企業化  
 マイクロ・スマート・グリッドへの展開  
 地域に応じた企業化形態と未利用石炭資源活用プログラムの構築と提案  
 要素技術のコンサルティング事業と海外展開  
 高度コンバクトUCGシステムのパッケージ化と海外展開  
 実用システム全体の長期効率、経済性評価とPDCなど

**高度UCG 生産力への高効率活用 環境監視 評価**



混合体のガス化のほうがH2の値が高く、CO2が減少



**研究事業(ステージ2)の最終目標(GOAL)**

- 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)

**パッケージ・システムの構築**

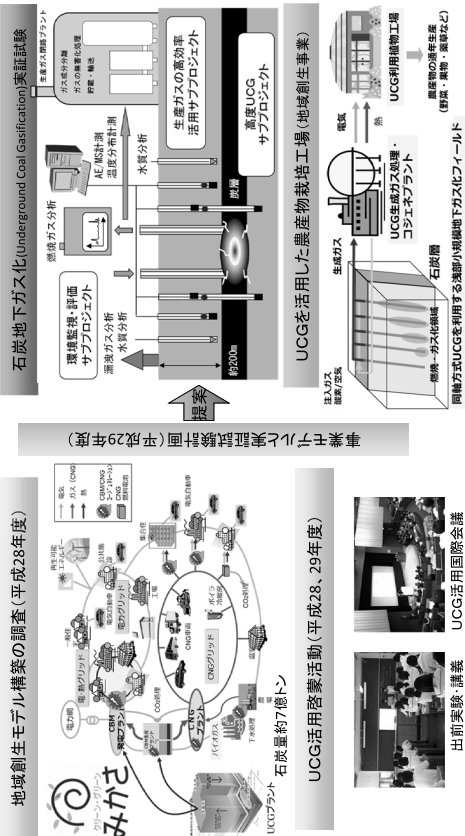
FSを踏まえた、ローカルエネルギー源としての提案(第3ステージ)  
 実証試験(発電、熱利用、各種ガスの輸送・貯蔵)  
 実用化・企業化+マイクロ・スマート・グリッド化(第4ステージ)



# 石炭地下ガス化(UCG)利用による地域創生モデルの構築

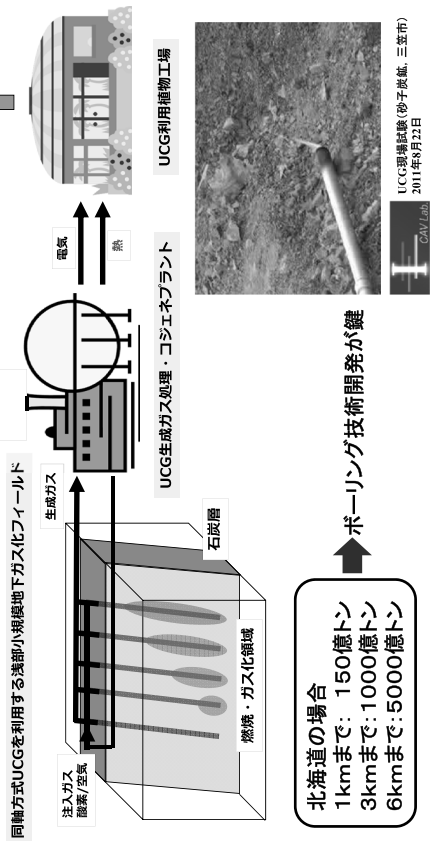
室蘭工業大学環境科学・防災研究センター

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。



# 将来構想

- 三笠市冬快適プランへの適用
- UCGプラントと植物工場の組合せイメージ



# 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



排雪前 幅=3.92m

排雪後 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
通年除雪	111	88	105	85	96	84	160	141	149	101	112	112
排雪	50	39	43	16	30	40	164	103	85	60	63	63
計	161	127	148	101	126	124	324	244	234	161	175	175

単位:百万円



## 石炭の地下ガス化(UCG)

石炭はまだある(未利用石炭)

ボローリング技術開発が鍵!

→回収効率を高め、大切に活用

CBM→UCG→(UCG+バイオマス)→CCS(CO<sub>2</sub>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

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

ボローリング技術開発が鍵





空穂工業大学  
AOMORI UNIVERSITY OF EDUCATION

<http://www.ingentaconnect.com/content/sil/impact/2017/00002017/00000011/art00015>



International Coal Conference



エネルギー環境政策センター  
みかさ

空穂工業大学  
AOMORI UNIVERSITY OF EDUCATION

おわり



UGGの夜明け



三笠市  
三美炭鉱  
砂子炭鉱  
北海道空知総合振興局森林室  
経済産業省北海道産業局鉱業課  
経済産業省北海道産業保安監督部  
ノーステック財団  
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)  
ほか



## 一般講演

- 地質技術者の新たな役割ー地質リスク調査検討業務の本格運営に向けてー …………… 19  
一般社団法人 全国地質調査業協会連合会  
地質リスク WG 委員長 岩崎 公俊  
(基礎地盤コンサルタンツ株式会社 代表取締役)
- 硫化水素ガスによる温泉用深井戸水中ポンプの絶縁破壊のメカニズムとその対策 …………… 33  
おかもとポンプ株式会社  
専務取締役 岡田 行雄
- 沿岸海域や湖沼における高精度音響探査の現状について …………… 41  
地方独立行政法人 北海道立総合研究機構  
環境・地質研究本部 地質研究所  
研究主幹 内田 康人



# 地質技術者の新たな役割 —地質リスク調査検討業務の本格運用に向けて—

平成30年2月28日

一般社団法人全国地質調査業協会連合会  
地質リスクWG委員長 岩崎公俊

## 内容

1. 減らない現場事故とその原因
2. 地質リスクの認識からマネジメントへ
3. 地質リスク調査検討業務の運用開始
4. 3者会議への地質技術者の参加
5. 地質リスクマネジメントの今後の展開
6. 今後の課題

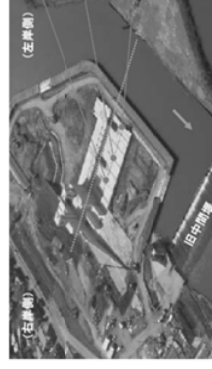
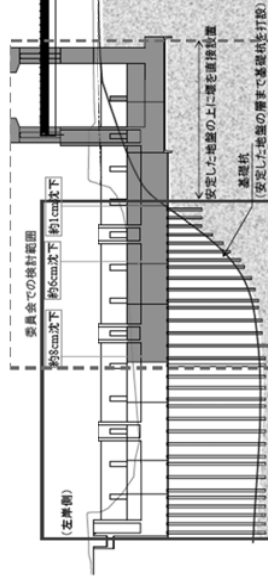
## 1. 減らない現場事故とその原因

世間の耳目を集めた地盤関連事故の多発

- ① 福岡県中間堰基礎の不同沈下(H25)
- ② 浜松市国道473号原田橋崩壊(H27)
- ③ 圏央道の沈下による開通延期(H27)
- ④ 横浜マンション基礎杭問題(H27)
- ⑤ 福岡地下鉄工事道路路陥没事故(H28)
- ⑥ シンガポール地下鉄工事事故(H16)

## ① 福岡県中間堰基礎の不同沈下 (H25)

- ◆ 堰の不同沈下が発生したため、国交省は「中間堰技術検討委員会」を設置。
- ◆ 支持層の特性のばらつきが原因と判断し改めて対策を施工



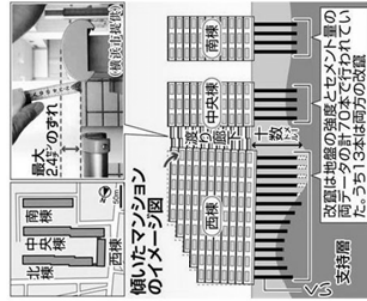
## ② 国道473号原田橋崩壊 (H27)



- ◆ 浜松市天竜区佐久間町の天竜川に架かる国道473号「原田橋」が2015年1月31日、土砂崩れで崩落し、橋上にいた浜松市職員2人が死亡

5

## ④ 横浜マジンヨン基礎杭問題 (H27)

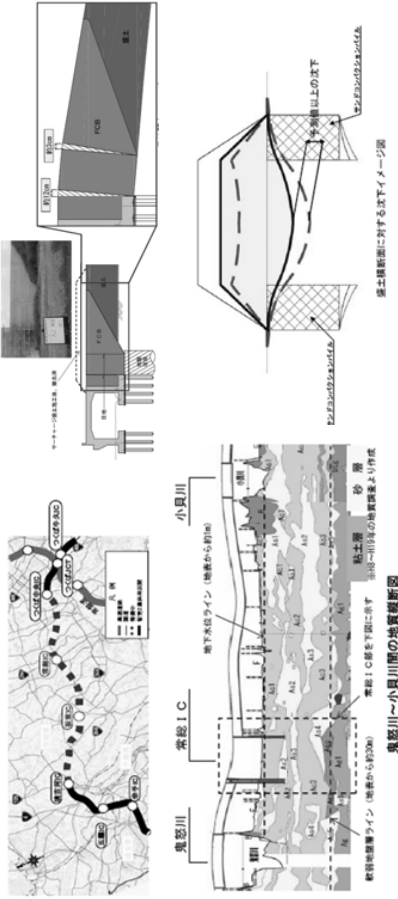


- ◆ 傾斜が指摘され、調査した結果、一部の基礎杭が支持層に十分達していないことが発覚。さらに、施工管理データが偽装されていたことが分かった。
- ◆ 国土交通省：「基礎くい工事問題に関する対策委員会」を設置。

7

## ③ 圏央道沈下による開通延期 (H27)

(境古河IC～つくば中央IC)



- ・軟弱地盤上における盛土箇所の一部の圧密沈下が予測以上に進行
- ・開通を延期し軟弱地盤対策をやり直した

6

## 横浜マジンヨン問題を踏まえた国交省の動向

基礎くい工事問題に起案する対策委員会  
中達審・社整備 基本問題小委員会

民間工事指針(H28.7.4)

施工リスクを低減させるために、事前の地盤調査と専門的知見を重視し(リスク特定・評価)、その情報を事前協議し共有すること(リスクコミュニケーション)、関係者間の役割分担を明確にすること(リスク分担)を指針

建築&民間、しかし地質リスクマネジメントの考え方はないか!

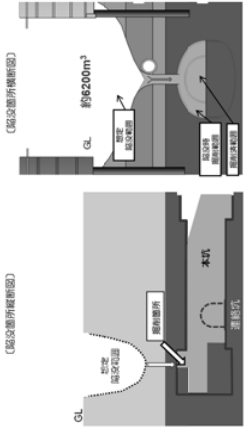
8

## ⑤ 福岡地下鉄道路陥没事故（H28）



- ◆ 平成28年11月8日に博多駅目で道路陥没事故が発生。
- ◆ 国交省は原因究明のために「福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する委員会」を設置。

- ◆ 委員会は主な事故原因として、①難透水性風化岩層の強度や厚さ、②地下水圧の影響を上げた。
- ◆ さらに、今後、地下空間に関する情報をできるだけ集めリスクを低減することなどを提言。



9

## 福岡陥没事故を踏まえた国交省の動向

社政審交通政策審議会技術分科会・技術部会  
地下空間の利活用に関する安全技術の確立に関する委員会(大西委員長)

答申(H29.6)

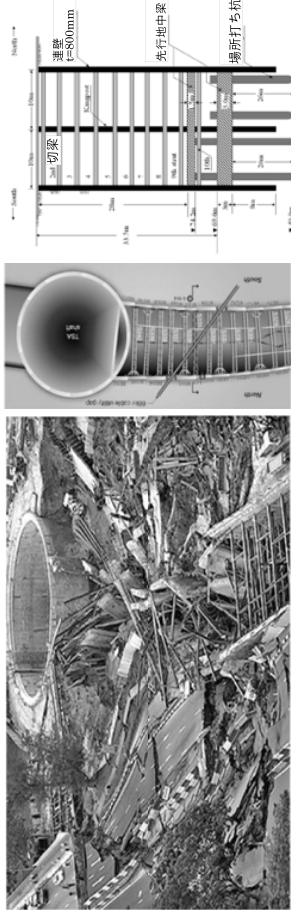
業界からの意見を踏まえた議論  
①官民の地盤情報の共有化が重要  
②その情報を活用した計画・設計・施工の各段階における地盤リスクのアセスメントが重要

全地連ではH28.3から「地盤情報活用検討会」(大西委員長)において、地盤情報の収集・DB化等について検討中。

10

## ⑥ シンガポールの地下鉄工事事故（H16）

- 2004年4月20日 地下鉄のCircle Lineの仮設土留め壁の崩壊が発生し、隣接するNicol Highwayが100mにわたり陥没
- 崩壊は9段切梁設置後、先駆地中梁が撤去された約30m掘削時に発生
- 工事関係者4名が死亡



【COI報告書による主要原因】

- ① FEM解析時の不適切な土質モデルを用いたため粘土の強度を過大評価したため土圧を過少評価
- ② 不適切な支保工の設計（詳細・変更設計）による支保工の安全性の低下

11

## 大事故を経験したシンガポール政府の対応

- ① 工事を担当したゼネコンのみならず、政府も訴えられる可能性大と認識
- ② 責任分担の明確化、設計変更のベースラインの設定

重要工事入札における  
GBR (Geotechnical Baseline Report)  
の導入

12

# 内容

1. 減らない現場事故とその原因
2. 地質リスクの認識からマネジメントへ
3. 地質リスク調査検討業務の運用開始
4. 3者会議への地質技術者の参加
5. 地質リスクマネジメントの今後の展開
6. 今後の課題

# 地質リスクの認識からマネジメントへ ～全地連の活動経緯～

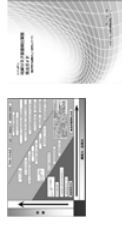
## 【第1段階】地質リスクマネジメントの勉強開始

地質リスクの現状把握→事例研究、海外調査(GBR)、マネジメント効果、地質技術顧問を目指して



## 【第2段階】地質リスク事始め

まずはリスクの洗い出し→「地質リスク調査検討業務」  
リスク抽出・分析・対応検討→各段階で更新



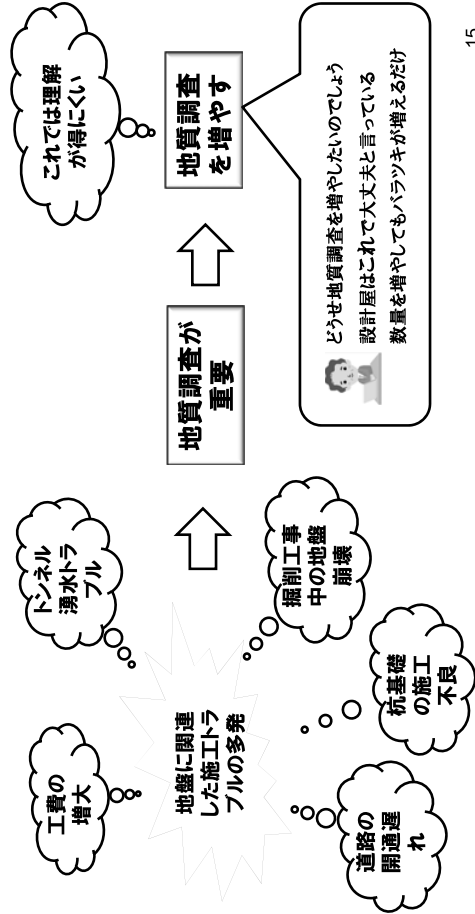
## 【第3段階】マネジメントへの進展 (一気通貫のリスクマネジメントへ)

リスク情報の関係者間での共有化、関係者全員が各々の役割を果たすことが重要

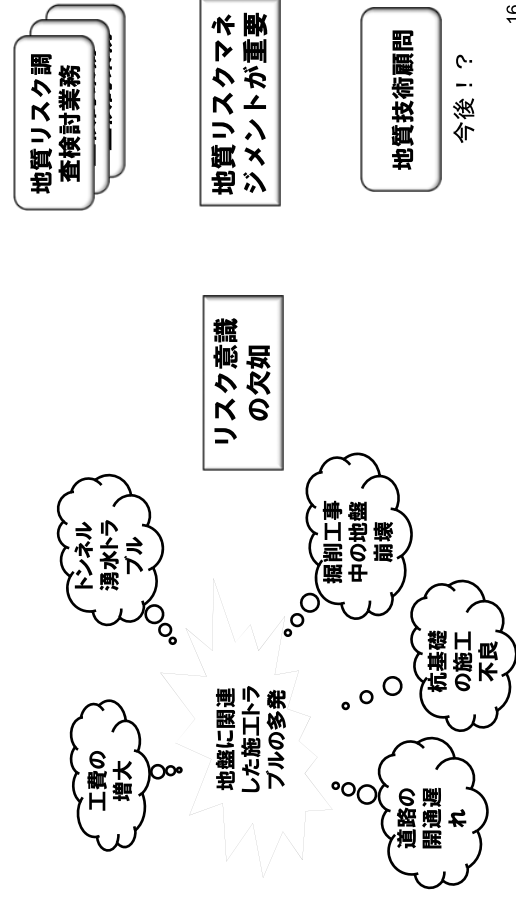
地質リスクを主体としたリスクマネジメント  
(計画～工事完成、維持管理)



## 従来は地質調査の重要性を主張

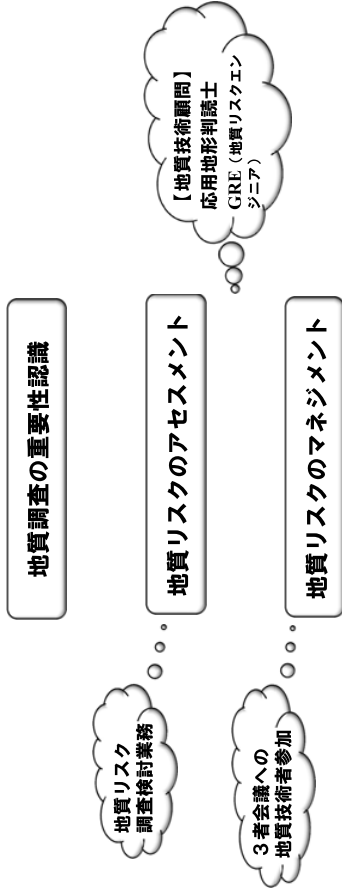


## 地質リスクとそのマネジメントの必要性を理解して頂くことから始める！





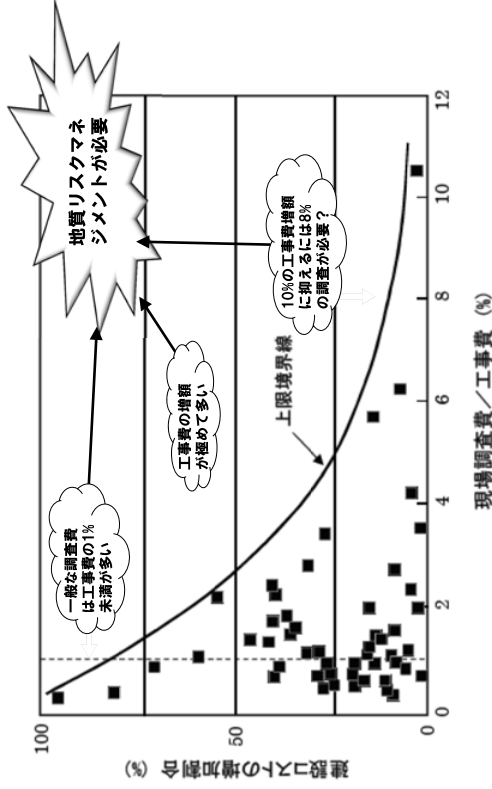
# アセスメントからマネジメントへ



# 内容

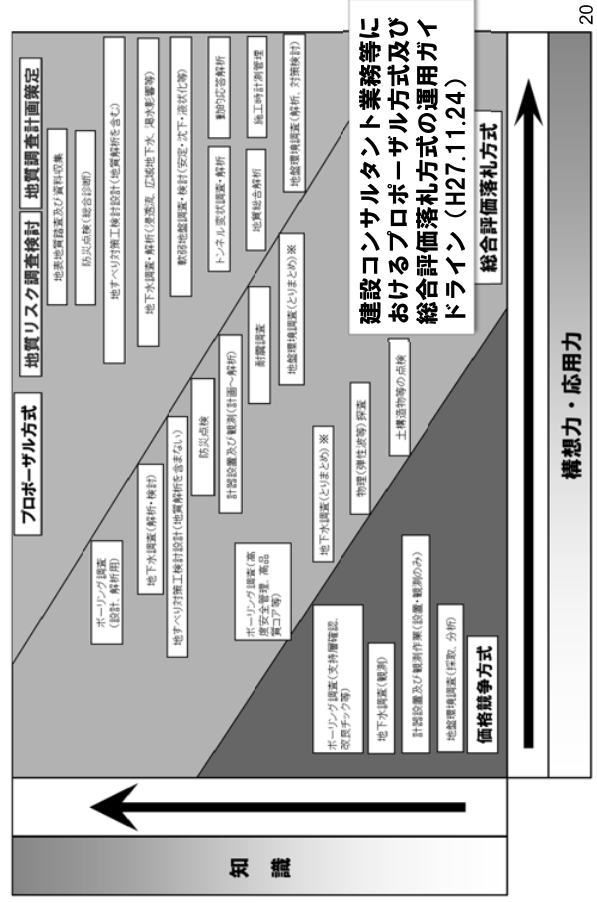
1. 減らない現場事故とその原因
2. 地質リスクの認識からマネジメントへ
- 3. 地質リスク調査検討業務の運用開始**
4. 3者会議への地質技術者の参加
5. 地質リスクマネジメントの今後の展開
6. 今後の課題

# 設計変更増額と調査費の関係例（英国）



(英国の高速道路を対象にした調査結果、Mott MacDonald and Soil Mechanics Ltd, 1994)

# 国交省ガイドラインによる発注方式



# 地質リスク調査検討業務等の発注実績

No	発注機関	業務名	入札方式	発注年	発注企業	契約額
1	関東地盤 長野	H26下諏訪岡谷ハイパス(1工区)トンネル地質等調査検討業務	簡公プロポ	H26	国際航業	
2	近畿地盤 明石	畑田ゾーン耕作放棄地地区地質調査計画業務	標準プロポ	H26	ニュージェック	479
3	北陸地盤 新潟	朝日通海道路地質調査	簡公総評	H27	キタツク	
4	関東地盤 長野	H27下諏訪岡谷ハイパス(1工区)地質等調査検討業務	簡公プロポ	H27	国際航業	4,571
5	中国地盤 鳥取	鳥取自動車道智頭法面外側調査業務	簡公総評	H27	応用地質	1,846
6	東北地盤 能代	鷹巣大館道路地質調査	簡公総評	H27	応用地質	1,366
7	九州地盤 大隅	平成27年度牛根橋地区地質総合解析業務	簡公プロポ	H27	ダイヤC	1,058
8	北陸地盤 千曲川	高瀬川左岸トンネル地質調査業務	簡公プロポ	H28	基礎地盤C	2,195
9	近畿地盤 紀河	すさみ島本道路西地区他地質リスク検討業務	標準プロポ	H28	中央開発	972
10	近畿地盤 紀南	すさみ島本道路他東地区地質リスク検討業務	標準プロポ	H28	応用地質	1,393
11	近畿地盤 紀南	紀南東部新宮地域他地質リスク検討業務	標準プロポ	H28	ダイヤC	950
12	近畿地盤 紀南	紀南東部串本地域他地質リスク検討業務	標準プロポ	H28	中央開発	1,200
13	北海道開発局 小樽	一般国道5号 共和町外 地質調査計画策定業務	標準プロポ	H28	大地C	847
14	北海道開発局 苫小牧	日高自動車道新冠町外大狩部トンネル地質リスク調査検討業務	標準プロポ	H28	大地C	918
15	北海道開発局 小樽	一般国道5号倶知安町外地質調査計画策定業務	標準プロポ	H28	応用地質	1,366
16	九州地盤 大隅	平成29年度牛根橋地区地質総合解析業務	簡公プロポ	H28	ダイヤC	2,224

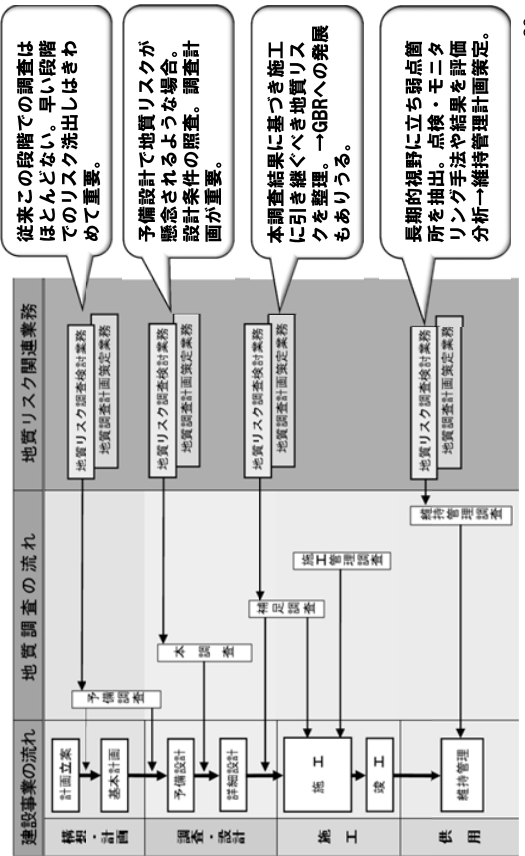
21

22

# 地質リスク調査検討業務の効果

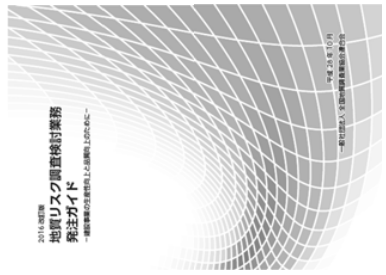
- ① 事業の各段階で地質や地盤に起因するリスクを抽出することで、適切なリスクマネジメントが展開できる
- ② 事業の各段階で後段階へのリスク引渡し内容が明確となる
- ③ 従来のリスク発生後の事後対応から事前のリスク管理型となる
- ④ 関係者のリスクコミュニケーションが図られる(リスク共有、リスク共生)

# 本業務の発注段階



23

# 地質リスク調査検討業務発注ガイド (2016改訂版、H28.10)



- ◆ 初版(2014)を大幅に補充した改訂版
- ◆ 旧版は概要版と資料編(HP掲載)に分けていたが、今回は一本化

24

# リスク管理表の例

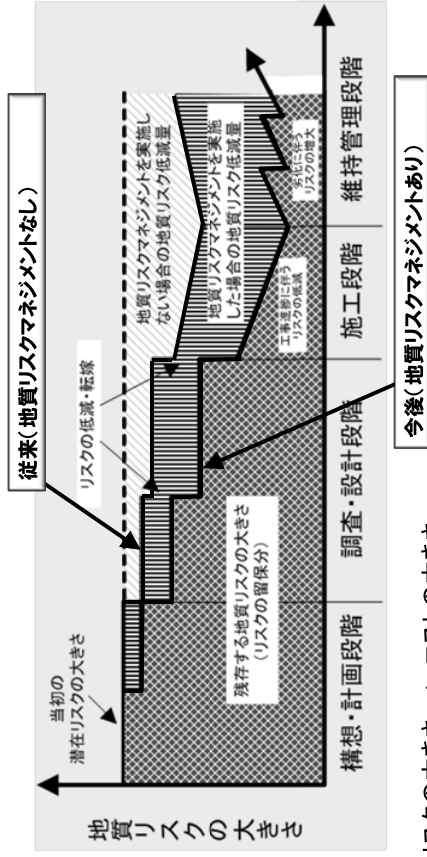
【調査・設計段階】リスク管理表(登録表)

No	リスク項目	説明	可能性	影響	リスクスコア	分析結果概要	対応案	優先度
1	液状化 (A地区)	A地区付近における地震時における砂地盤の液状化の懸念	低い	中程度	B	調査結果に基づき道路橋構造物の基礎部分が多量なため液状化の可能性は高くないと判断された。	ボーリング調査間隔が大きい箇所での補足調査が望ましい。	中
2	切土のり面の安定性 (B地区)	B地区付近の泥岩切土斜面のすべりの危険性	低い	中程度	B	ボーリング調査結果から潜在すべり面は認められないが、風化が進んでいる可能性があるため、地盤改良が必要と判断された。	大きな問題はないと考えられるが、風化が進んでいる箇所を特に重点的に調査が必要。	低
3	軟弱粘性土の沈下 (C地区)	C地区軟弱層による盛土の安定・沈下の懸念	非常に高い	高い	AA	軟弱粘土の層厚は約15m程度と推定され、強度が小さく圧縮率が高いため、地盤改良が必要と判断される。		高

影響度	可能性の発生(発生頻度)			
	非常に低い (Very Low)	低い (Low)	中程度 (Medium)	高い (High)
非常に低い (Very Low)	C	C	C	C
低い (Low)	C	B	B	B
中程度 (Medium)	B	B	A	A
高い (High)	B	A	A	AA
非常に高い (Very High)	A	A	A	AA

AA: リスクを回避することが望ましいリスク事象  
 A: 詳細な地質調査を実施して、完全なリスク低減対策を講じるべきリスク事象  
 B: 地質調査を行い、調査結果に応じた適切なリスク低減対策を講じるべきリスク事象  
 C: リスク回避や低減対策を必要とせず、施工段階へリスクを留保することが可能な事象  
 ※ 発生確率のランクは当該事業ごとに、事業や工事の特徴を考慮して定義します。

# 地質リスクマネジメント概念図



リスクの大きさ ⇒ コストの大きさ  
 リスクの低減 ⇒ コスト削減

# 地質リスク調査検討業務の内容と成果の例

業務内容	業務成果の概要
①計画準備	近畿自動車道 紀勢線の例 発注者と協議の上、業務計画書を作成した。
②資料収集整理	1) 地形地質不文書資料、被災履歴、既往地盤調査資料、使用区間の工事履歴、道路防災関係カルテ等を収集整理し、地質資料リストに整理した。 2) 紀勢道路(白河～宇治区間)のローカル地質リスクを抽出(土砂災害・地質障害・地下水等)。現地踏査に反映した。 3) 広域的な地質特性、地質特性を把握。主な災害発生事象(地質リスク要因)を把握し、過去約60年の災害記録から発災履歴の発生頻度は概ね14年に1回と評価した。
③地形図・航空写真等による地形判読	1) ②で確認した内容(特に地質リスク要因)に基づき、地すべり・表層崩壊・土石流発生帯・崩壊・リニアメント(線状構造)を抽出した。 2) 現地踏査範囲はルート帯の周辺において、地質リスクの抽出が十分行える地域を協定(判読範囲は概ね、香取・土石流発生領域とした)。
④現地踏査	1) 計画地域を網羅的に調査した。リスクランクに關係なく地質リスクを抽出した。 2) 現地踏査範囲はルート帯の周辺において、地質リスクの抽出が十分行える地域を協定(判読範囲は概ね、香取・土石流発生領域とした)。
⑤地質リスク評価検討	1) 計画地域の地形地質の特性と危険区域の抽出 2) 過去の災害履歴と被害状況 3) 地盤環境の特性とリスク発生地域の抽出 4) 地下水環境の特性とリスク発生地域の抽出 5) 地質リスクの発生確率と被害発生後の予測 6) リスクのランク付け 7) リスク低減に際しての対応策を検討
⑥合同調査会議	発注者と設計担当者2回開催。早期施工区間を優先して、地質リスクが高い箇所における対応方針を説明した。協議内容は、打合せ資料(本報及び工事所道開関係)、打合せ簿に内容を整理した。
⑦最終調査計画の立案	地質リスク評価結果に基づいて、最終調査計画を立案。調査実施方針を決定し、道路事業の各設計段階に対応する調査目的・方法及び内容を協議。調査実施計画(調査実施要領)に調査実施方針を記載し、調査実施計画(調査実施要領)の一般的化調査内容に、地質リスク評価結果を立案して追加すべき内容を提案。

# 内容

1. 減らない現場事故とその原因
2. 地質リスクの認識からマネジメントへ
3. 地質リスク調査検討業務の運用開始
4. 3者会議への地質技術者の参加
5. 地質リスクマネジメントの今後の展開
6. 今後の課題

### 3者会議への地質技術者の参加

**調査・設計等分野における品質確保に関する懇談会(小澤委員会)**  
 →H29年度:3者会議への地質技術者の参加(試行、各地整2件)  
 →H30年度〜:本格運用?

**【意義】**

- ① 地質リスクの重要性を関係者で理解
- ② 地質リスクを関係者間で共有(リスクコミュニケーション)し、全員参加型のマネジメントを行う
- ③ 不足する地質調査の的確な提案が可能

国土交通省は17年度、国土交通省主導で実施している「品質確保(発注者・設計者・発注者)と合同地質調査(発注者・設計者)による地質リスク管理」の取組を推進する。この取組は、発注者・設計者・発注者による地質リスクの共有を図り、地質リスクを関係者間で共有し、全員参加型のマネジメントを行う。これにより、地質リスクを関係者間で共有し、全員参加型のマネジメントを行うことが可能となる。

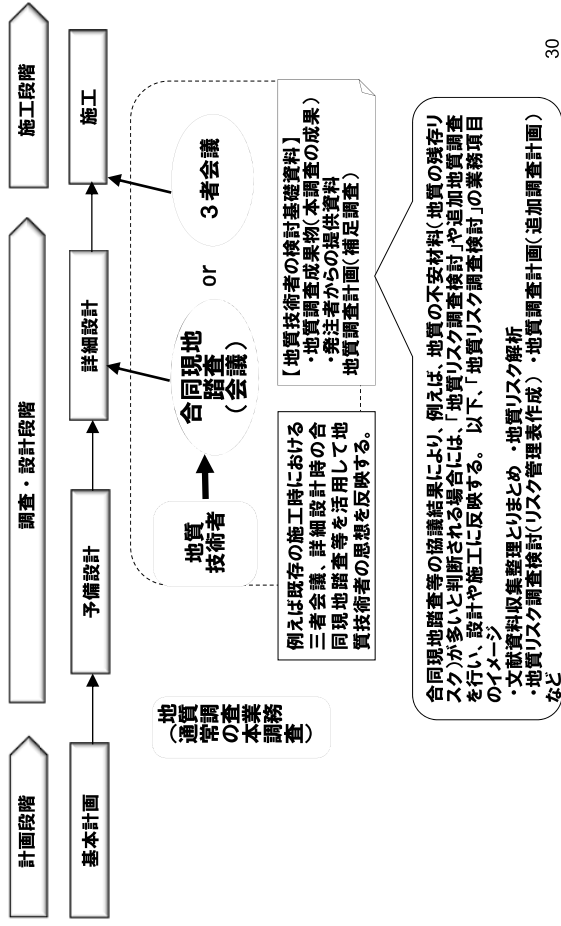
### 3者会議に地質技術者

17年度末までのリスク情報共有し品質確保

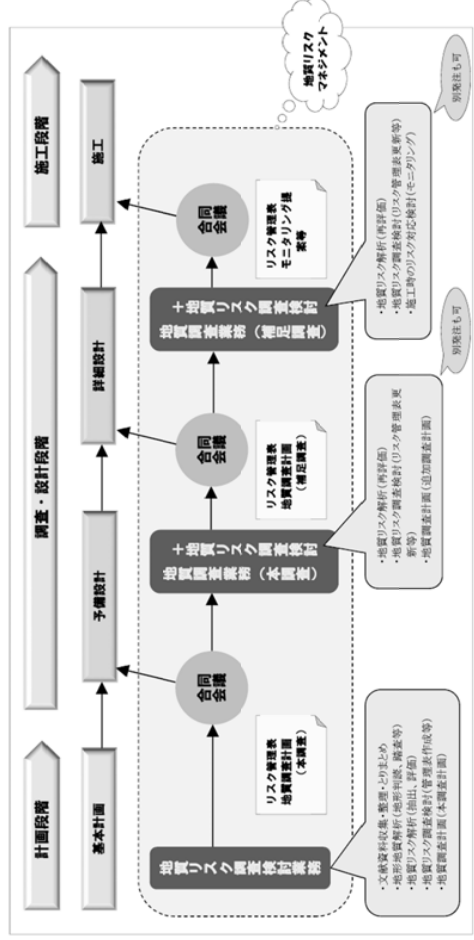
### 国土省試行結果概要

段階	担当	回答の概要
詳細設計	発注者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 取組みを継続強化すべき</li> <li>・ 受発注者間で課題の共通認識を持つことができた</li> <li>・ 手戻りのない設計が可能となる</li> </ul>
	設計者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非常に効果的な施策</li> <li>・ 解析の妥当性の裏付けや、対策工法改善に役立った</li> <li>・ スムーズに条件確定に至ることができた</li> </ul>
	調査者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工種選定の留意点を共有することができた</li> <li>・ 品質確保において効果的である</li> </ul>
工事	発注者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 施工者と共通認識を持つことができた</li> <li>・ 情報共有が迅速にできた</li> </ul>
	施工者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 各種的確な判断につながる</li> <li>・ 地質的な判断を聞き密度の濃い三者会議となった</li> </ul>
	調査者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設計と現場との乖離を防ぐことができ、工事の品質確保につながった</li> </ul>

### 地質調査技術者の3者会議への参加



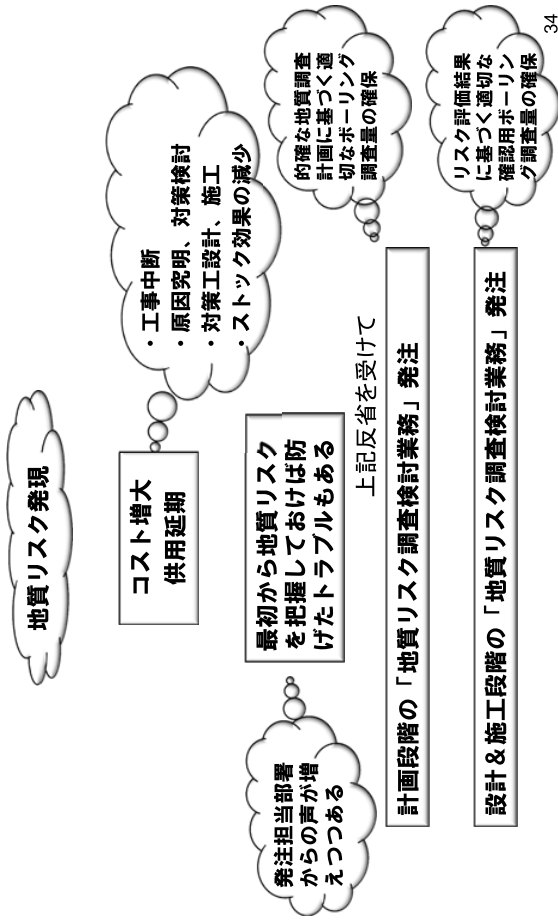
### 一気通貫の地質リスクマネジメント



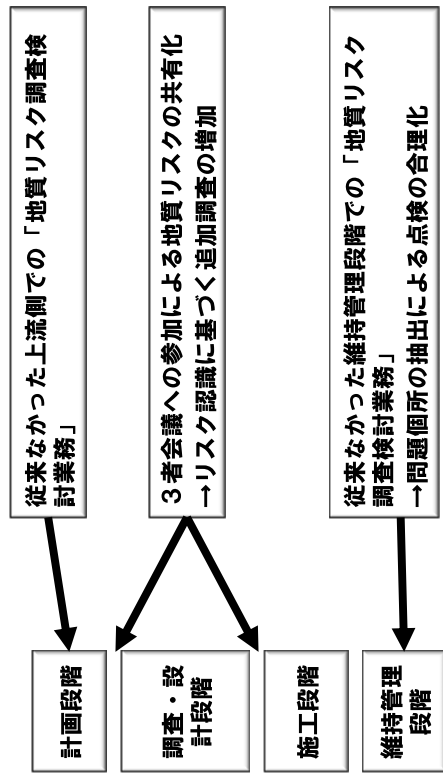
# 地質リスクマネジメントの普及による 地質調査会社へのメリット

1. 地質調査発注量の拡大
2. 地質調査業者の活動範囲の拡大
3. 地質調査技術者の地位向上

# メリット1：地質調査発注量の拡大

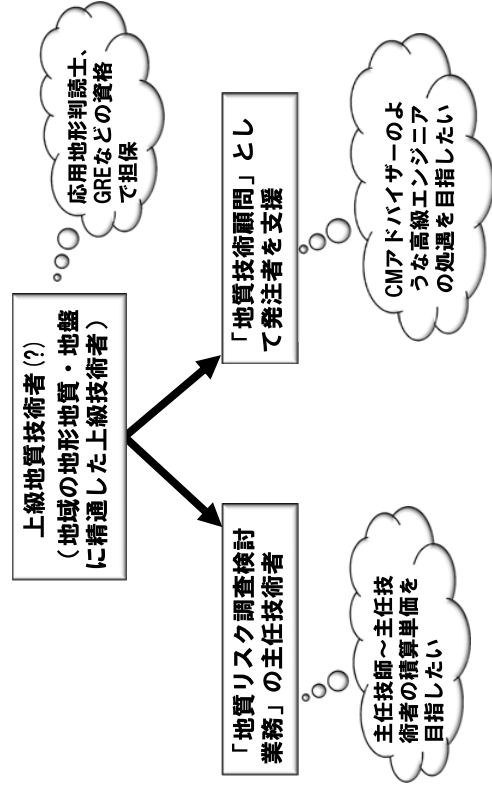


# メリット2：地質調査業者の活動範囲の拡大



※「地質調査」は、従来の設計・施工のための情報提供の立場から、事業全体のリスクマネジメントを支援する発注者支援の立場も担うことになる

# メリット3：地質調査技術者の地位向上



# 内 容

1. 減らない現場事故とその原因
2. 地質リスクの認識からマネジメントへ
3. 地質リスク調査検討業務の運用開始
4. 3者会議への地質技術者の参加
5. **地質リスクマネジメントの今後の展開**
6. 今後の課題

37

## (1) 土研との連携

土研の方針（浅井・佐々木、2017、第8回地質リスク事例研究発表会）

- (1) 行政の事業体系へのリスクマネジメントの導入  
「地質・地盤リスクマネジメントの手引き」の本省発出
- (2) 地質・地盤リスクアセスメント技術の体系化  
ハンドブック？
- (3) 地質調査業務へのリスクアセスメントの内包化  
地質調査結果の不確実性と想定される地質・地盤リスクの明記  
「地質調査業務報告書作成マニュアル」の発出
- (4) 教育・啓発体系の構築  
「地質・地盤リスク対策協議会」の設立  
教育プログラム開発、教育・啓発事業の実施

⇒ 全地連が全面的にサポート

39

## 5. 地質リスクマネジメントの今後の展開

- (1) 土研との連携
- (2) 地質技術顧問への発展
- (3) 新たな展開～GBR～

38

### 土木・建設事業における地質・地盤 リスクマネジメントの手引き(素案)

1. 本手引きの目的
2. 適用
3. 用語の定義
4. 地質・地盤リスクマネジメントの流れ
- 4.1 概要
- 4.2 リスクマネジメントを実施すべき事業
- 4.3 リスクマネジメントの実施方法
- 4.4 リスクマネジメントの実施時期
5. 地質・地盤リスクマネジメントの実施体制
- 5.1 概要
- 5.2 地質・地盤リスク管理者の設置
- 5.3 地質・地盤リスクアドバイザーの設置
- 5.4 関係者の役割の明確化
- 5.5 関係者間の情報・意識共有の実施
- 5.6 事業者の体制
- 5.7 地質調査者の体制
- 5.8 設計者の体制
- 5.9 施工者の体制
6. 地質・地盤リスクマネジメントの計画
7. リスクの調査計画と調査
8. リスクの抽出
9. リスク評価
10. リスク対応
11. リスク情報の共有と引き継ぎ  
(参考資料)地質・地盤リスクと対応の事例

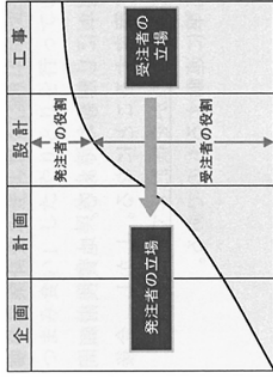
40

## (2) 地質技術顧問への発展

地質リスクをマネージするうえで、企画・計画段階から発注者側に立った地質技術者の参画が有効

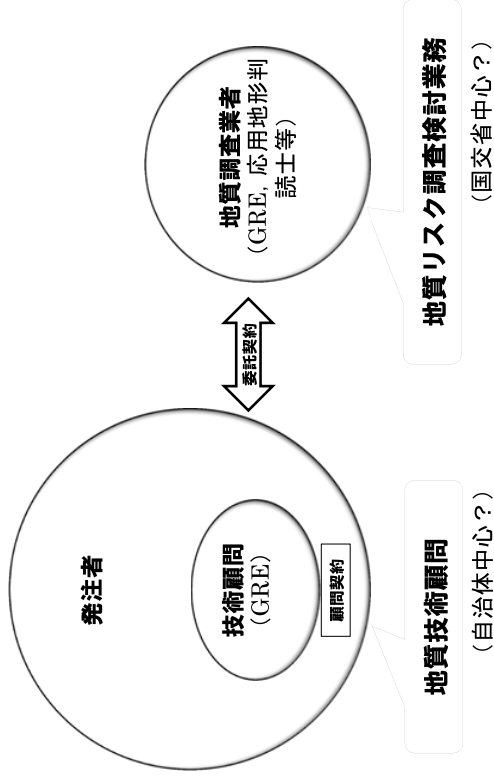
初期の段階では地質リスク調査検討業務の発注が困難な場合がある

地質技術顧問制度の確立



特に、技術者の少ない自治体において有効

## 地質技術顧問と地質リスク調査検討業務との関係



## GREとは

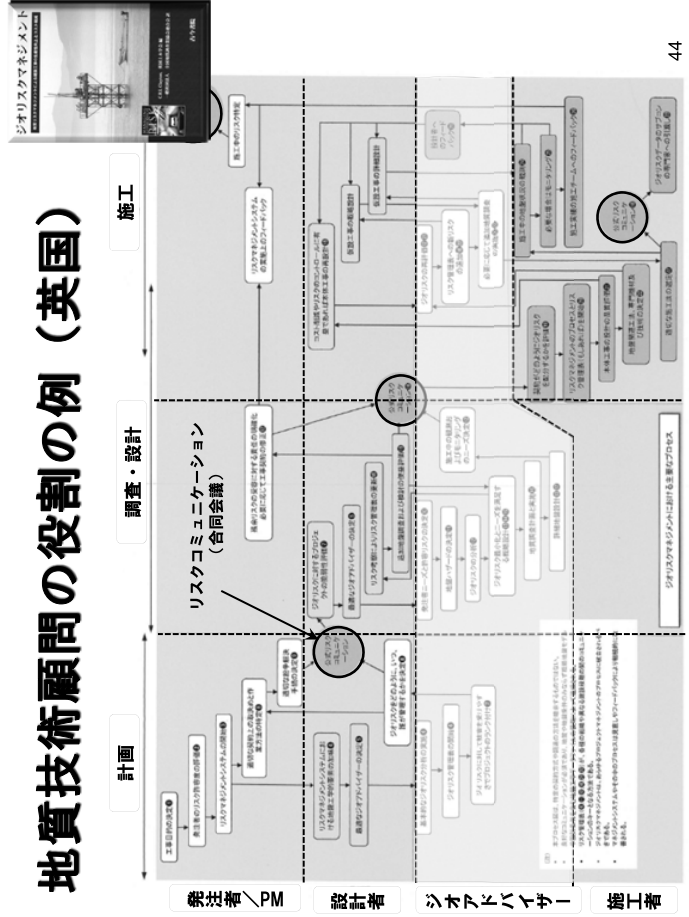
### GRE (地質リスクエンジニア)

地形・地質や地盤に関する高度な専門知識と経験ならびにマネジメント力を有する技術者である、地質リスク学会が認定した技術者

#### 【認定の手続き】

- ① 全地連およびNPO地質情報活用機構が主催する本養成講座を履修する
- ② 履修者は、地質リスク学会が別途定めるGRE認定制度へ申請する
- ③ 地質リスク学会による論文審査に合格したものがGREとして認定される

## 地質技術顧問の役割の例 (英国)



### (3) 新たな展開～GBR～

海外建設事業

工事中に多く発生する想定外の条件による変更の可否に関するトラブルが多い

Differing Site Conditions

DSC条項(米国)があったが係争が絶えなかった

GBR ( Geotechnical Baseline Report )  
ジオテクニカル・ベースライン・レポート

米国土木学会(2007、第2版)

・対象地盤を合理的に解釈  
・設計変更の基準を示す  
・応札者に共通の情報を提供

45

1. 減らない現場事故とその原因
2. 地質リスクの認識からマネジメントへ
3. 地質リスク調査検討業務の運用開始
4. 3者会議への地質技術者の参加
5. 地質リスクマネジメントの今後の展開

### 6. 今後の課題

47

### GBRの概要

- GBRにおけるベースラインは、発注者と受注者が共有するリスクの分担の基準値をいう
- 実際の地盤条件がGBRで明記されたベースラインを超過した場合、発注者は設計変更を認め追加工事を支払う
- ベースラインを超えない場合、受注者がすべてのリスクを負担する
- 設定項目：地層断面、強度特性、変形特性、水位、施工性など
- 欧米では導入済み（BS、Eurocode、ASCE等）
- GBRの存在が工事保険の適用条件になることもある

46

### 6. 今後の課題 (1) リスクと責任

- ◆ リスクマネジメント→責任分担
- ◆ 責任と報酬（フィー）のバランス
- ◆ 瑕疵担保責任の上限がないことは問題
- ◆ 保険は赤字状態が長く続いている

48



## 全地連建設コンサル賠償責任保険の支払い例

業務の種類	事故の概要	保険金総額
設計	わん曲した種類の施工中、施工会社より、内閣部・外閣部の強 度計算に誤りがあったことが指摘された。設計の趣、陸橋が曲線で あることおよび地震時の上下動による強度の検討がなされていな かったことが判明した。 そのため、橋脚とが所定PCアンカー部材の追加設置および支承 寸法の基本に基く追加工事費用の増額賠償請求を受けた。	約7,742万円 免責金額：300万 縮小支払割合：90%
地質調査	プレキャストボックス橋工に際し地質調査を実施。施工から約 3か月経過後、ボックスの穴下およびコンクリートの一部亀裂が 確認。原因探明のため地質調査を実施したところ、事前調査では 予想しなかった軟弱地盤を確認。 穴下約止に向けての基礎工事などを実施し、その費用約3,600 万円の増額賠償請求を受けた。	約1,000万円 免責金額：300万 縮小支払割合：100%
設計	水漏れ等の設計担当者側の体積積算、設計材料積算と設計図面に差異 を発生。詳細積算の地盤、配筋図や構造計算書に不整合箇所が認 められた。施工中の水漏れ等は増強工事が必要となり、約7,000 万円の増額賠償請求を受けた。	約5,420万円 免責金額：100万 縮小支払割合：90%
地質調査/設計	調査：設計担当者もよりに採集を施工した結果、採集に部位が 生じた。原因調査をしたところ、土質断面の構造詳細と実際の強 度に大きな差があり、増額賠償請求にすべりが発生したことが 判明。調査・設計を担当した業者は、増強工事費用約1,600万円 の増額賠償請求を受けた。	約1,240万円 免責金額：300万 縮小支払割合：100%
設計	橋梁の施工中に、その設計計算の誤りを発見。橋梁の増強工事 が必要となった。 設計業者は、発注者から増強工事費用の増額賠償請求を受け、 約5,400万円を支払うことと了解した。	約4,950万円 免責金額：50万 縮小支払割合：100%
地質調査/設計	橋門設計において、地質調査による橋脚土の許容の誤りとも に、強度の単位などの記載誤りのため、橋門竣工後に躯体が沈下 した。 穴下により損傷した橋門・躯体の増強に要した工事費用約1億 2,000万円などの増額賠償請求を受けた。	約9,100万円 免責金額：100万 縮小支払割合：90%

49

## 瑕疵担保損害賠償額に上限を設けるべき

- 各国の状況
  - 米国…ワシントン州では契約額あるいは100万ドルの大  
きい額、オハイオ州では無制限。
  - 英国…一般には契約額の1倍。協議で3倍も。無制限は  
ありえない。
  - シンガポール…契約額の1倍を上限とする場合が多い。  
企業が掛けている保険額とする場合もある。
- FIDIC（国際コンサルディング・エンジニア連盟による契  
約約款） 特記で上限を明記
- 国交省へ契約における上限設定を提案中

51

## 過大な請求額の例

### 設計ミスに86億円請求、大阪府と建設コンサルの訴訟

2016/8/2 6:30 | 日本経済新聞 電子版

(1/3ページ)

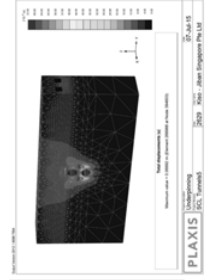
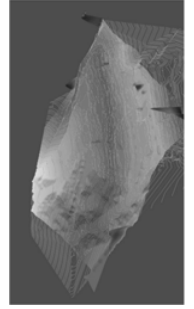
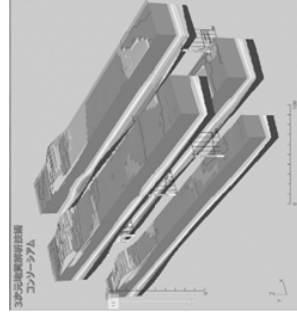
📌 保存 📧 共有 🗨️ tweet 📱 f その他

シールドトンネル設計のバイオニアとして知られる日本シールドコンサルタントが、  
詳細設計業務でのミスを理由に、大阪府から受注額の300倍を超える約86億円の賠償  
を求められている。同社は「設計に瑕疵（かし）はなかった」と反論し、徹底抗戦の構  
えを崩さない。両者の対立は深まるばかりだ。

50

## (2) CIMにおける地質リスク

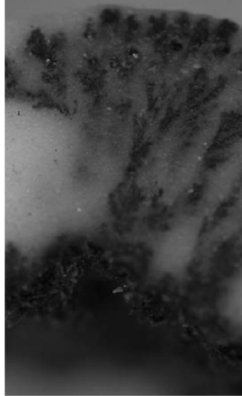
- ◆ FEM解析と同様、地質・地盤・地盤を知  
らなくても解析ができてしまう
- ◆ 地域の地質、堆積環境に精通し  
た地質技術者が関与しなければ  
ならない
- ◆ 「地質情報管理士」の活用



52



## 硫化水素ガスによる 温泉用深井戸水中ポンプの絶縁破壊の メカニズムとその対策



つなぎ温泉様  
ケーブル断面 Sulfide Tree

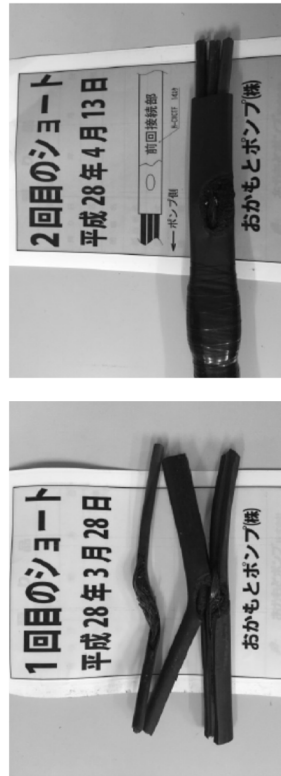
おかもとポンプ株式会社  
専務取締役 岡田 行雄

## 目次

1. 原因不明の深井戸水中ポンプ絶縁破壊の事例紹介
2. 硫化水素ガスと絶縁破壊の因果関係の考察
3. 硫化樹状析出物 Sulfide Treeによる絶縁破壊のメカニズム
4. Sulfide Tree 発生防止方法の考察
5. 北海道内温泉現場様での実証試験の実施
6. 実証試験の結果
7. 今後の硫化水素対策の提言  
    アーグシヨート事故再発防止のために
8. メカニズム解明・実証実験実施協力会社様の御紹介

### 1. 原因不明の深井戸水中ポンプ絶縁破壊の事例紹介

A. 五浦温泉様 70℃ H-CVCTF1年 ビット内 気中シヨート 2週間後 再シヨート



### 1. 原因不明の深井戸水中ポンプ絶縁破壊の事例紹介

A. 五浦温泉様 70℃ H-CVCTF1年 ビット内 気中シヨート 2週間後 再シヨート



### 1. 原因不明の深井戸水中ポンプ絶縁破壊の事例紹介

B. 北海道内温泉現場様 75°C H-CVCTF 9ヶ月 井戸内 気中ショート



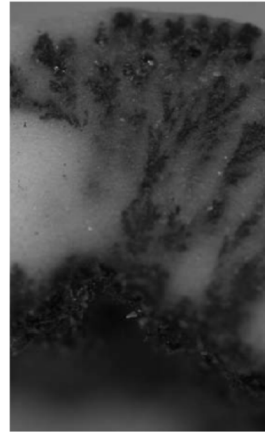
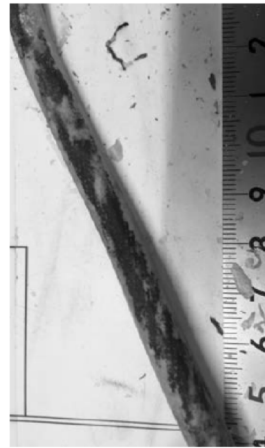
### 1. 原因不明の深井戸水中ポンプ絶縁破壊の事例紹介

C. あわら温泉様 75°C H-CVCTF 2年2ヶ月 井戸内 水中ショート



### 1. 原因不明の深井戸水中ポンプ絶縁破壊の事例紹介

D. つなぎ温泉様 85°C SH-PVCTF 1年2ヶ月 井戸内 気中ショート



### 2. 硫化水素ガスと絶縁破壊の因果関係の考察

A～Dの温泉は成分に硫化水素ガス(比重1.19)を含み、ガスがピット・井戸内に滞留する環境

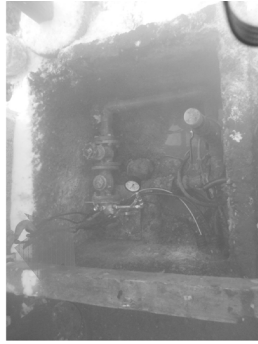
A 五浦温泉様 アークショートが連続発生した井戸ピット内の状況 深さ1m



## 2. 硫化水素ガスと絶縁破壊の因果関係の考察

A～Dの温泉は成分に硫化水素ガス(比重1.19)を含み、ガスがピット・井戸内に滞留する環境

B 北海道内温泉現場様 浴槽排気が井戸ピットに流入する配置



## 2. 硫化水素ガスと絶縁破壊の因果関係の考察

A～Dの温泉は成分に硫化水素ガス(比重1.19)を含み、ガスがピット・井戸内に滞留する環境

B 北海道内温泉現場様  
井戸ポンプを30cm引き揚げて絶縁が変化 絶縁が井戸内のH<sub>2</sub>S濃度と温度に関連している？  
アークショット発生箇所井戸口より5mの気中

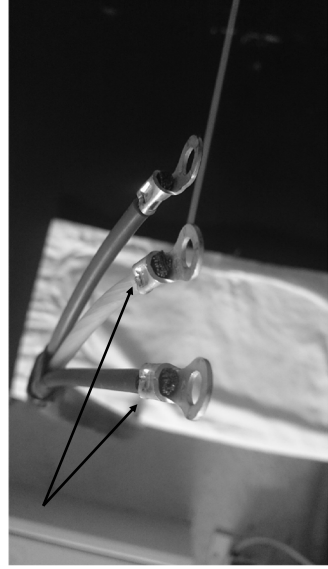
絶縁測定記録

測定場所	測定値	備考
運転制御盤	20.0 MΩ	機械室内
中継端子盤	30.0 MΩ	〃
4m引揚時	100.0 MΩ	〃
8m引揚時	500.0 MΩ	〃

## 2. 硫化水素ガスと絶縁破壊の因果関係の考察

A～Dの温泉は成分に硫化水素ガス(比重1.19)を含み、ガスがピット・井戸内に滞留する環境

B 北海道内温泉現場様 井戸元から離れた機械室に設置の制御盤内 ターミナル端子の導線に黒変発生



## 2. 硫化水素ガスと絶縁破壊の因果関係の考察

硫化水素管理濃度 5ppm 以下 臭覚麻痺あり 施設の保守者は硫化水素テストターの携帯が望ましい



硫化水素濃度	症状等
5 ppm 程度	不快臭
10 ppm	肝容濃度 (眼の結膜の乾燥下限値)
20ppm ↓	気管支炎、肺炎、肺水腫
350ppm ↓	生命の危険
700ppm	呼吸麻痺、昏倒、呼吸停止、死亡

厚生労働省

### 3. 硫化樹木状析出物 (Sulfide Tree) による絶縁破壊のメカニズム

出典 古河電工時報第五十一号 別刷

Sulfide Tree とは

ケーブル外周から硫化水素のような硫化物が、シース・絶縁体を透過して銅導体にまで到達し、硫化銅を生成し、絶縁体の中にBush状またはTree状に、結晶・析出・成長したもの。黒色。

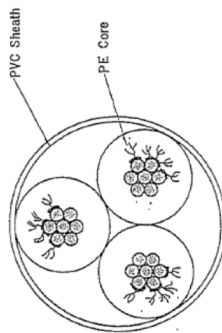


Fig. 1 Distribution of sulfide trees in a cross-section of cable stranded three core (PE insulation is 1 mm thickness)

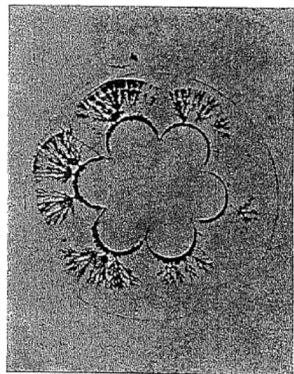


Photo. 1 Distribution of sulfide trees in a core (PE insulation is 1 mm thickness)

### 3. 硫化樹木状析出物 (Sulfide Tree) による絶縁破壊のメカニズム

Sulfide Tree とは

当社絶縁破壊現場 との比較  
D つなぎ温泉様 絶縁体 (t=1mm) の拡大写真

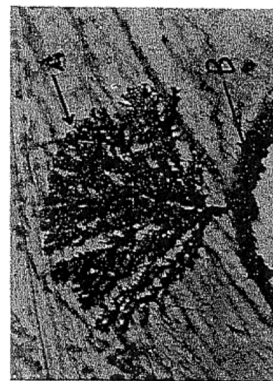
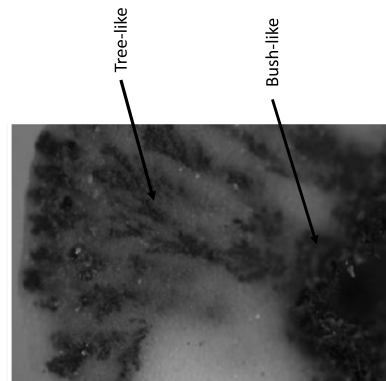


Photo. 2 Complete sulfide tree (length of sulfide tree is about 300 μ)  
Arrow A: Tree-like growth  
Arrow B: Bush-like growth  
出典 古河電工時報第五十一号 別刷



Tree-like  
Bush-like

### 3. 硫化樹木状析出物 (Sulfide Tree) による絶縁破壊のメカニズム

出典 古河電工時報第五十一号 別刷

Sulfide Tree とは

A Tree状析出物 B Bush状析出物

成分は  $\text{Cu}_2\text{S}$  並びに  $\text{Cu}_2\text{O}$  良導体  
Table 4 X-ray diffraction analysis of black corrosive products on copper conductor

CORROSIVE PRODUCTS	STANDARD (from ASTM cards)			
	$\text{Cu}_2\text{S}$ d (Å)	$\text{Cu}_2\text{O}$ d (Å)	$\text{CuO}$ d (Å)	$\text{Cu}_2\text{S}$ d (Å)
3.04	3.02 (9)	2.75 (12)	3.22 (28)	2.81 (100)
2.46	2.46 (100)	2.52 (100)	2.72 (86)	2.32 (95)
2.41	2.40 (70)*	2.32 (95)	2.32 (95)	2.31 (10)
2.12	2.12	2.18 (37)	2.31 (30)	2.31 (10)
1.95	1.95 (60)	1.87 (60)	1.87 (25)	1.90 (25)
1.86	1.87 (100)	1.71 (8)	1.89 (75)	1.79 (34)
1.68	1.69 (40)	1.51 (27)	1.51 (200)	1.56 (37)
1.50	1.51 (27)	1.41 (15)	1.41 (15)	1.35 (7)
1.28	1.28 (17)	1.28 (17)	1.28 (17)	1.28 (17)

\* DIFFRACTION INTENSITY



Photo. 2 Complete sulfide tree (length of sulfide tree is about 300 μ)  
Arrow A: Tree-like growth  
Arrow B: Bush-like growth

### 3. 硫化樹木状析出物 (Sulfide Tree) による絶縁破壊のメカニズム

出典 古河電工時報第五十一号 別刷

Sulfide Tree とは

Treeは電界集中部に発生・結晶圧力で成長

Treeの結晶成長速度の主因子は温度？  
弊社故障現場 A 70°C B 75°C C 75°C D 85°C

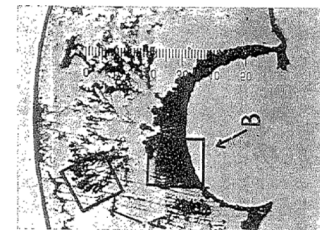


Photo. 5 Optical shape of trees in the sample offered to X-ray analysis  
Arrow A: Tree-like growth  
Arrow B: Bush-like growth

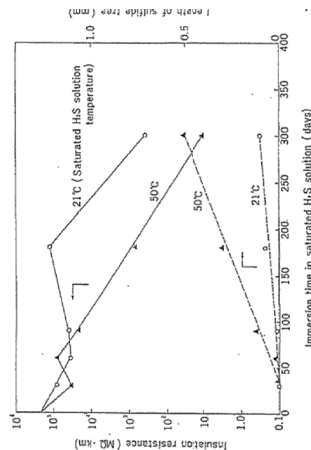
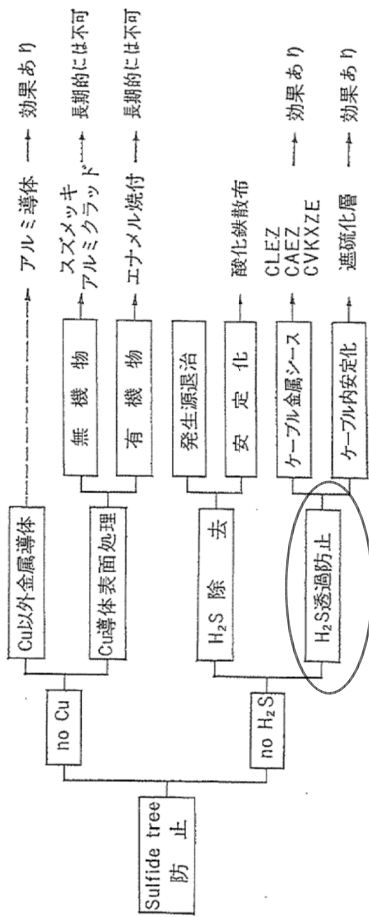


Fig. 3 Relation between immersion time in saturated  $\text{H}_2\text{S}$  solution and insulation resistance or length of sulfide tree

#### 4. Sulfide Tree 発生防止方法の考察

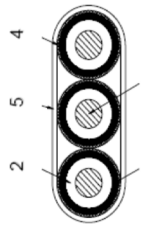
出典 古河電工時報第五十一号 別刷

〈評 価〉



#### 4. Sulfide Tree 発生防止方法の考察

A 油井用 鉛シースケーブル



BAKER HUGHES  
A GE COMPANY

3. LEAD SHEATH:

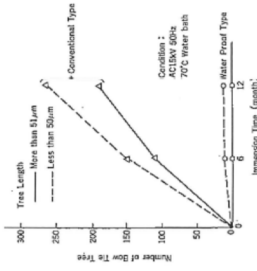


Fig. 5 Relationship between number of bow tie tree and immersion time

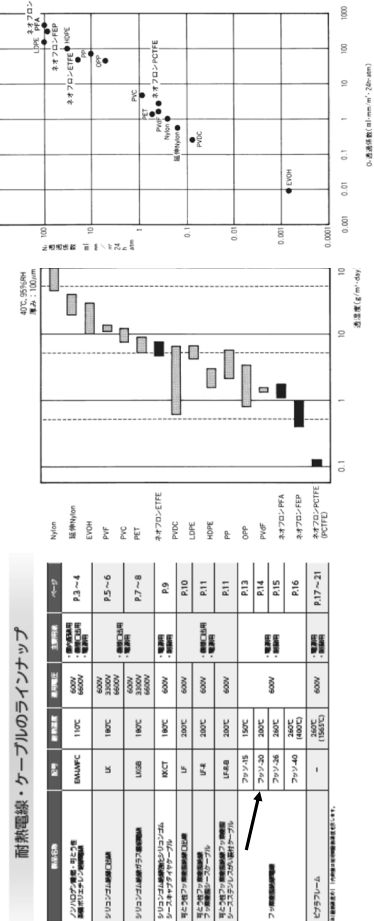
ガス遮断性能大・高価・少ロット入手が困難・重量有

ガス遮断性に優れるが、開発のみ、未商品化

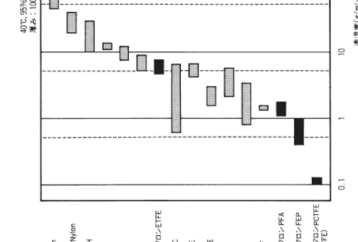
#### 4. Sulfide Tree 発生防止方法の考察

出典 古河電工時報第五十一号 別刷

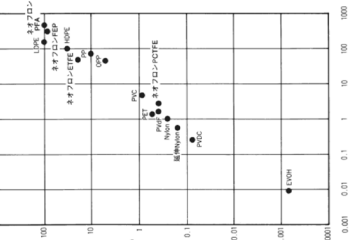
〈評 価〉



第3図 各種フィルムの水蒸気透過率



第4図 各種フィルムの酸素、酸素透過率

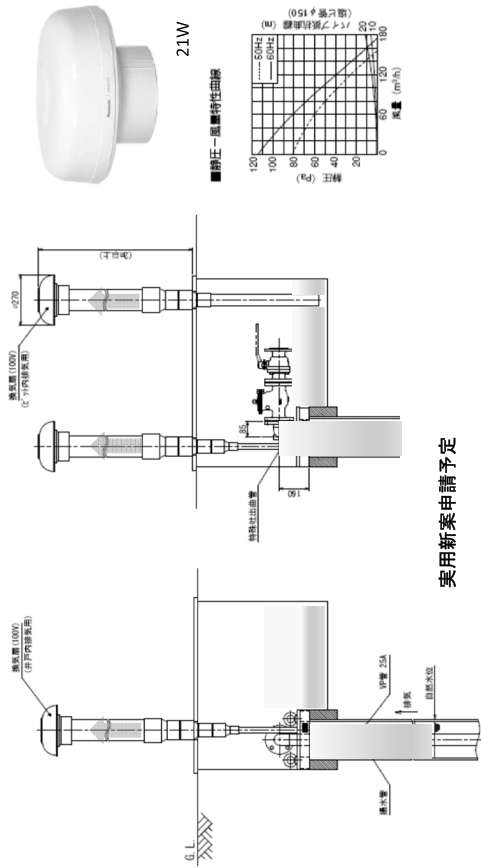


遮水性に優れるが、ガス遮断性には優れず、多少の延命効果しか期待できない。

出典 古河電工産業電線株式会社

#### 4. Sulfide Tree 発生防止方法の考察

D 硫化水素ガス濃度の低減 井戸内・ピット内からの硫化水素ガス(比重1.19)の24H 強制排気方式



実用新案申請予定

#### 5. 北海道内温泉現場様での対策の実証試験の実施 2017.6.~2018.1.

目標 1年以上の正常運転 絶縁破壊の回避 Sulfide Tree 発生抑制

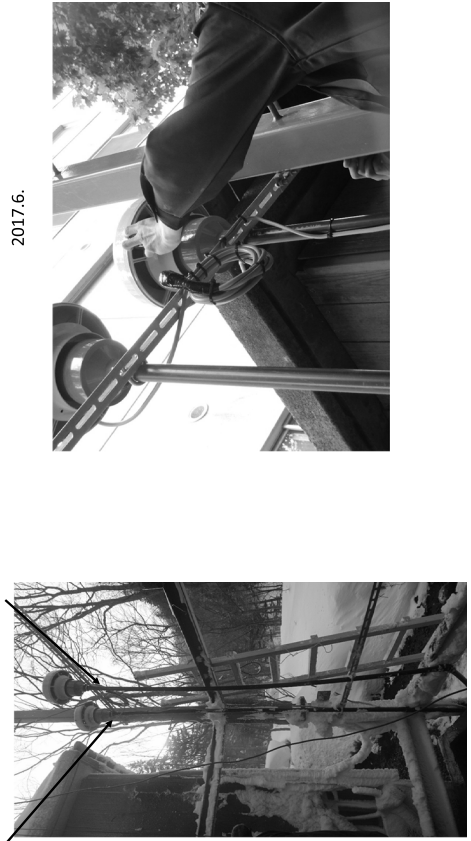
対策内容 井戸内・ピット内の硫化水素の24時間強制排気 2017.6.対策開始



#### 5. 北海道内温泉現場様での対策の実証試験の実施 2017.6.~2018.1.

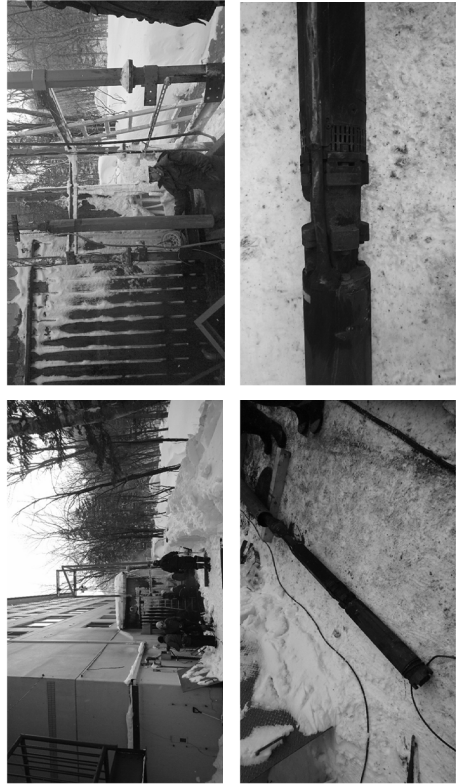
強排換気扇 井戸内用 強排換気扇ピット内用

強排換気扇出口でのH<sub>2</sub>S濃度測定・井戸内排気確認



#### 6. 実証実験の結果

1年以上の正常運転 絶縁破壊の回避 Sulfide Tree 発生抑制 2018.1. 達成





7. 今後の硫化水素対策の提言  
ケーブルアーケショート事故再発防止のために

1. 硫化水素の濃度管理
2. 井戸・ピットからの強制排気
3. 制御盤・機械室等からの強制排気
4. 油井用・鉛シースケーブルの採用
5. ケーブルの定期交換

8. メカニズム説明・実証実験実施 協力会社様の御紹介  
古河電工産業電線株式会社技術開発本部 様  
有限会社江和機械工業 様  
北海道内 温泉現場 オナーナ 様

御清聴ありがとうございました

[www.okamoto-pump.co.jp](http://www.okamoto-pump.co.jp)



おかもとポンプ 株式会社  
OKAMOTO PUMP Co., Ltd.

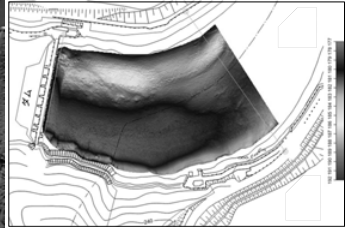
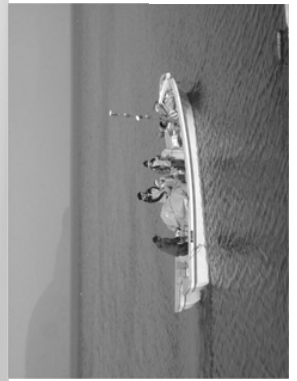


## 「沿岸海域や湖沼における高精度音響探査の現状について」

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構  
 環境・地質研究本部 地質研究所  
 研究主幹 内田康人

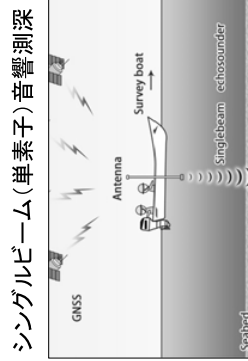
第56回 試錐研究会／2018年2月28日

1. 3D海底・湖底地形測量
2. 海底面状況調査(可視化)
3. 高分解能地質構造調査
4. 今後の展望



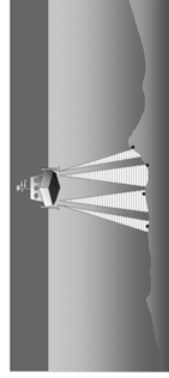
## 本日の話題

1. 3D海底・湖底地形測量
2. 海底面状況調査(可視化)
3. 高分解能地質構造調査
4. 今後の展望

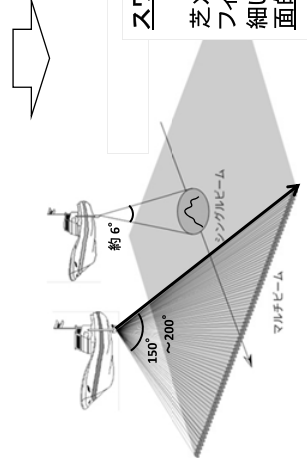


シングルビーム(単素子)音響測深

「もっと、能率的かつ正確に海底地形を測りたい」



多素子音響測深



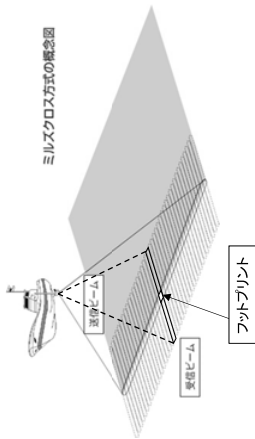
スワス式測深機の開発

**スワス(swath) : 芝や草の刈り幅のこと。**

芝刈り機やコンバインが一定の刈り幅でフィールド全体を刈っていくように、細い音響ビームを多数発信して海底を面的に測深できる。

水深の3.5~12倍程度の範囲を計測

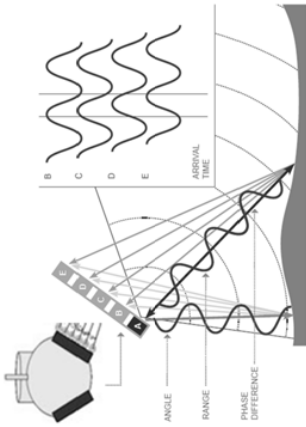
### マルチビーム(クロスファンビーム)方式



- 調査船の左右に隔状の送信ビームを発信し、直交する受信ビームとの交点(ファットプリント)において、角度ごとの音波の戻り時間を計測する。

- インターフェオメトリ方式よりも高精度
- 水深・用途に応じた対象機種が豊富

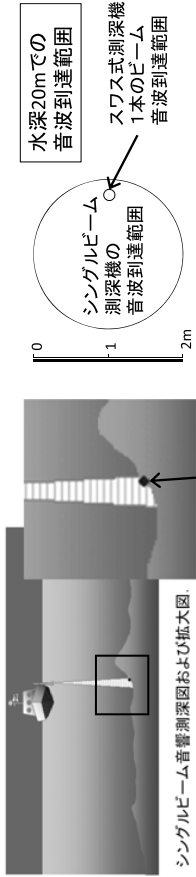
### インターフェオメトリ方式



- 上下方向に数個の受信アレーを装備し、受信音波の位相差から角度を決定して、各々の角度差から対象物の位置を検出。

- マルチビーム方式よりもスワフ角が広い水深の12倍程度に及ぶ機種も(浅水深ほど威力を發揮)
- 反射強度データも同時に得られる

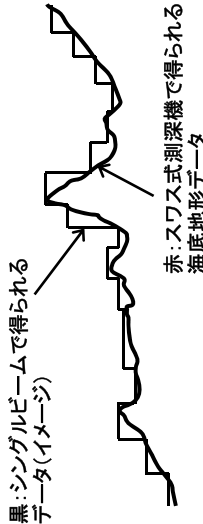
### シングルビーム音響測深機の限界 「一定以上の細かな地形が判断しづらい」



この範囲内で音波が最初に反射する最遠部を船の直下の水深として採用。

シングルビーム音響測深機および拡大図

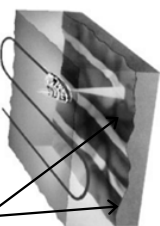
- 音波の指向角 $\approx 6^\circ$ 程度、水深20mの場合、直径およそ2.0mの範囲の海底面に音波が当たることとなる。



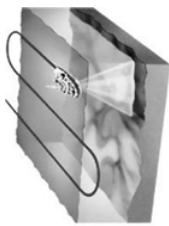
一本の音響ビームの幅(指向角)が1度以下(約0.5~0.85度)と細かく海底面をピンポイントで捉えられる。

### シングルビーム及びスワフ式測深機による地形測量の長所・短所

シングルビーム測深機の場合  
調査空白域が生じる



スワフ式測深機の場合  
調査漏れ区域なし

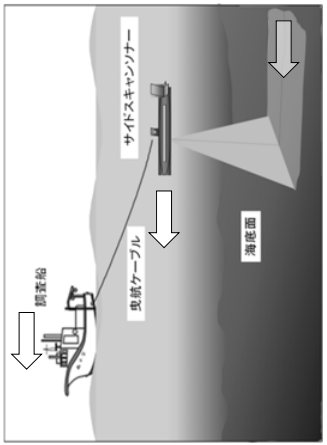


機材:比較的安価・手軽に設置可能  
測量範囲が広範囲にわたる場合は日数がかかる  
面的データを必要としない場合の測量には現在でも実用的

機材:非常に高価・設置に熟練を要す  
広範囲の地形データを短期間で得られるものの、各種補正(潮位・音速・喫水...)や多数のデータ処理(専用アプリあり)に手間がかかる。  
海底構造物の微細な形状や、細かな地形変化を把握するために活用

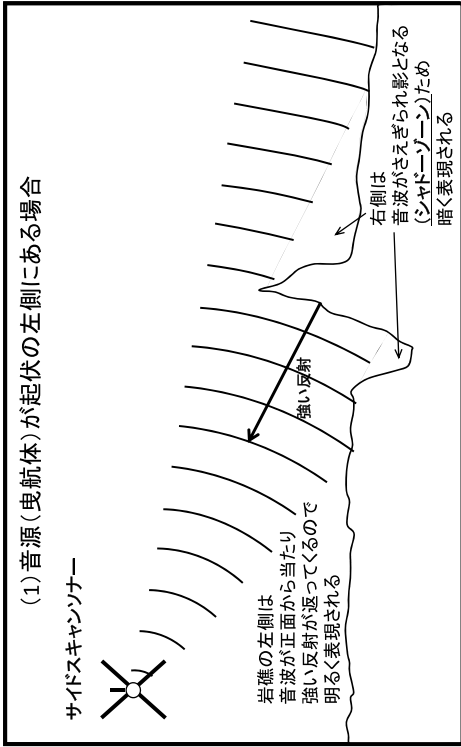
ちょっと待て、費用対効果は?シングルビーム測深で十分では?  
(過度のマルチビーム神話)

- 3D海底・湖底地形測量
- 海底面状況調査(可視化)
- 高分解能地質構造調査
- 今後の展望



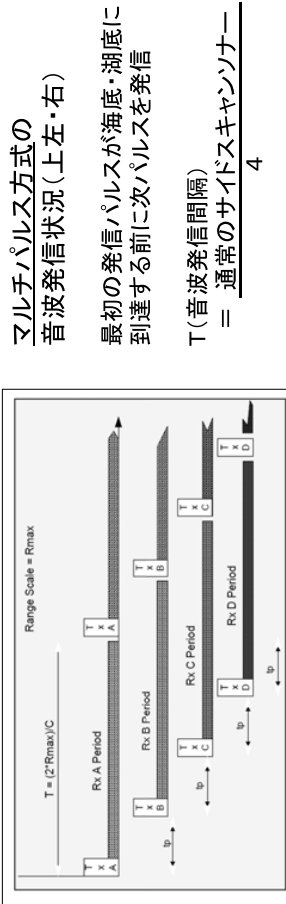
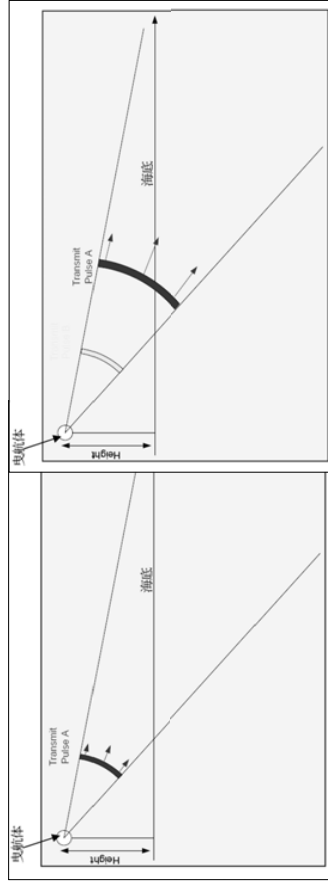
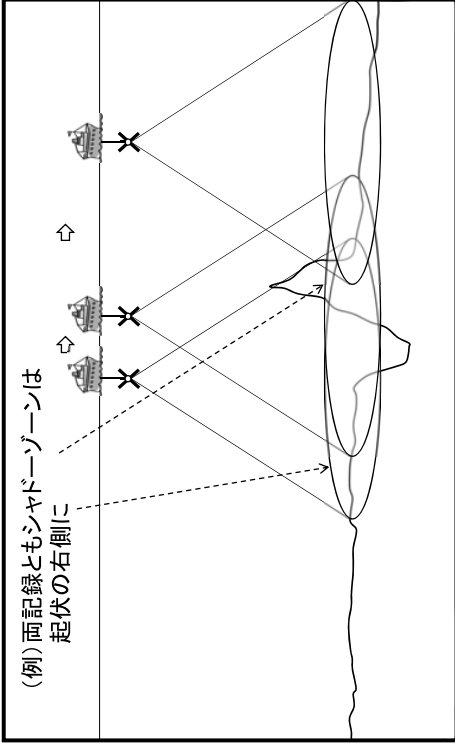
海底面音響画像(モザイク図)作成の際の問題点:

海底の起伏と音源の位置関係により明暗が逆になる



問題解決のための対策

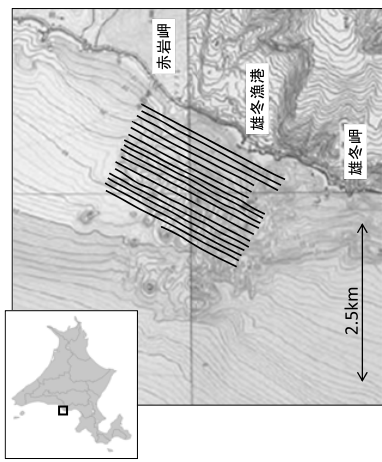
測線幅を狭くとり、シャドゾーンを可能な限り起伏の同じ側に  
して、記録を並べた際の明暗を一致させる



音波発信間隔を短くする = 計測時の船速を速く(MAX10ノット程度)できる。

マルチパルス方式で実施した北海道日本海側・増毛町(雄冬)沖調査の実例

- 調査範囲: 雄冬岬～赤岩岬間の約2.5km × 1.8kmの範囲の海域
- 測線: 長さ約2.5km × 13本、2.0km × 3本、1.5km × 1本  
平均間隔≒100m

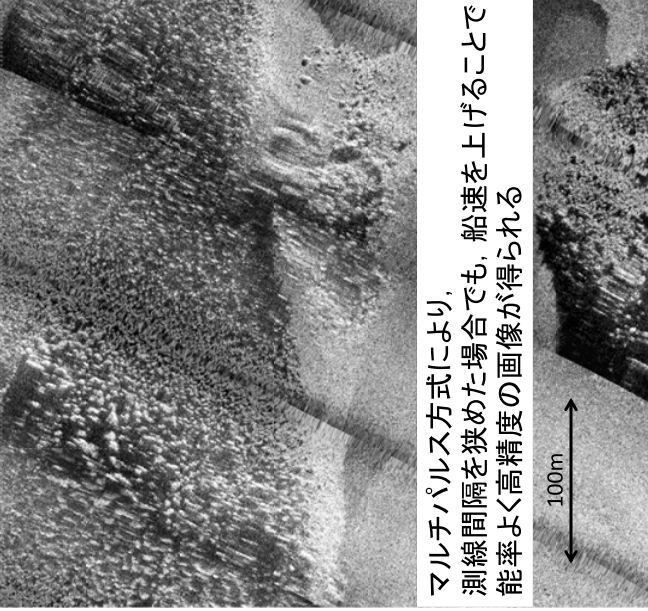
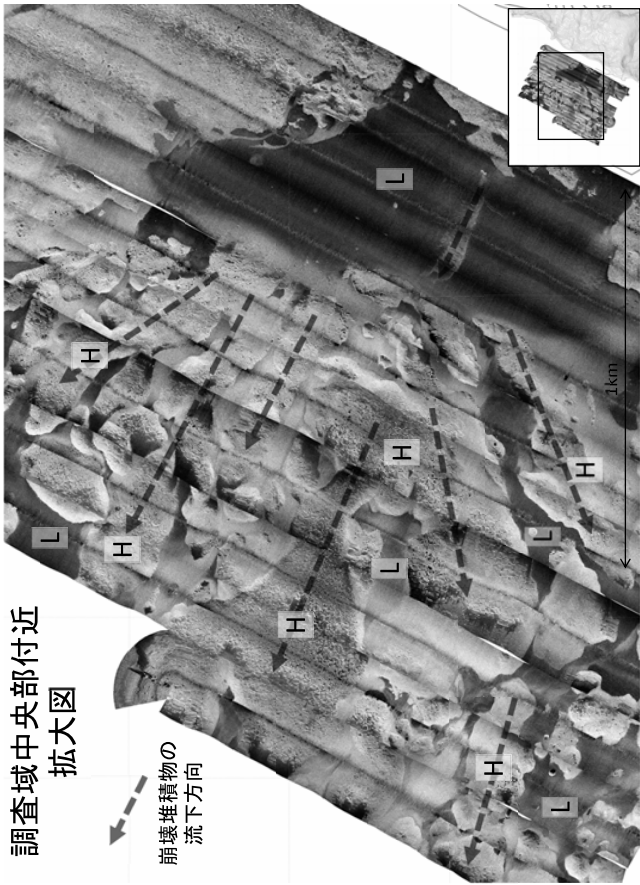


調査機材の艦装状況

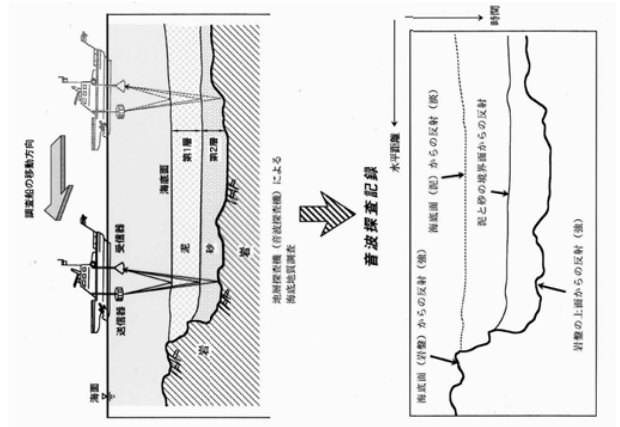
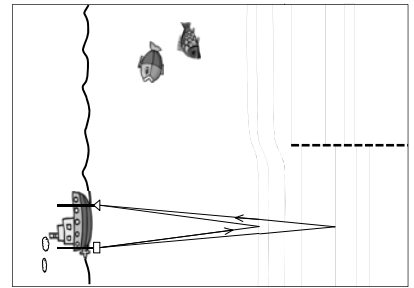


(海上保安庁1:50,000沿岸の海の基本図「雄冬岬」、および「留萌」より)

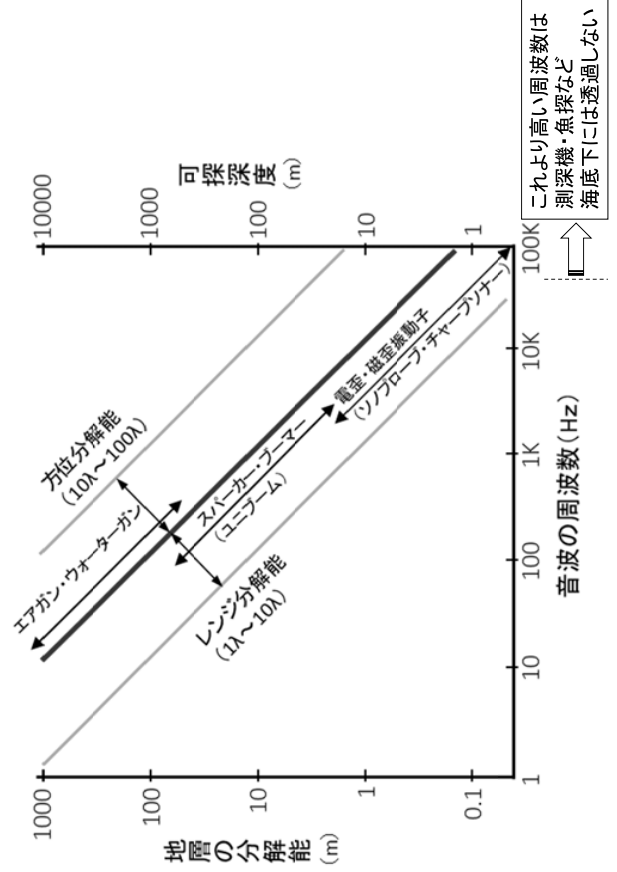
調査域中央部付近  
拡大図



1. 3D海底・湖底地形測量
2. 海底面状況調査(可視化)
3. 高分解能地質構造調査
4. 今後の展望

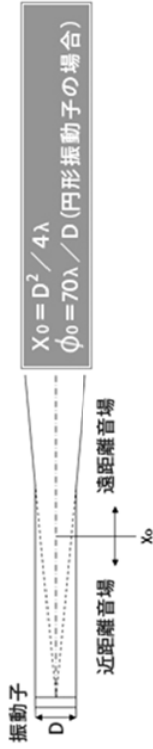


使用する音波の周波数と可探深度、分解能との関係



## 超音波の指向性

超音波の広がる性質を指向性という。中心軸上の最大音圧に対して音圧が零になる広がり角度を指向角( $\phi_0$ )と呼び、それぞれの関係は次の式で表される。



$$X_0 = D^2 / 4\lambda$$

$$\phi_0 = 70\lambda / D \text{ (円形振動子の場合)}$$

すなわち、

- ・指向性は音源の振動面の直径D(⇨面積)と波長 $\lambda$ との関係で決定される。
- ・波長に対して振動面の面積が大きければ、また、波長が短いほど鋭い指向性が得られる。

- ・短波長(高周波)の音波を用いる  
ただし、深くまで届かない！
- ・大きな面積の振動子を用いる  
ただし、大きく重くなる！

指向角を狭くして  
分解能を上げるには



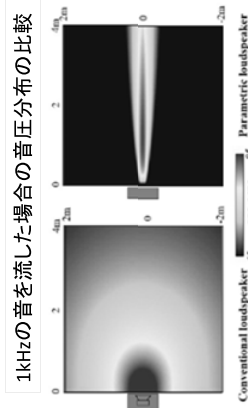
## パラメトリック(送信)技術とは？



高い周波数の音波(1次波)を変調し、発生する低い周波数の音波(2次波)を、指向性の高い状態で送信する技術である。

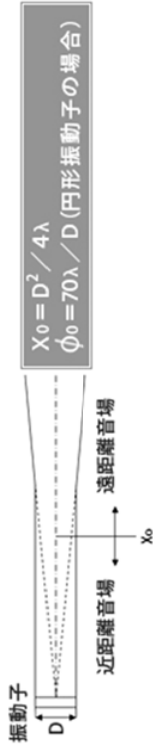


低周波のもつ透過性を活かし、なおかつ高周波探査の利点である高指向性、高分解能を保った超音波イメージングを実現。



(左:通常のスピーカー  
右:パラメトリックスピーカー)

超音波の広がる性質を指向性という。中心軸上の最大音圧に対して音圧が零になる広がり角度を指向角( $\phi_0$ )と呼び、それぞれの関係は次の式で表される。



$$X_0 = D^2 / 4\lambda$$

$$\phi_0 = 70\lambda / D \text{ (円形振動子の場合)}$$

すなわち、

- ・指向性は音源の振動面の直径D(⇨面積)と波長 $\lambda$ との関係で決定される。
- ・波長に対して振動面の面積が大きければ、また、波長が短いほど鋭い指向性が得られる。

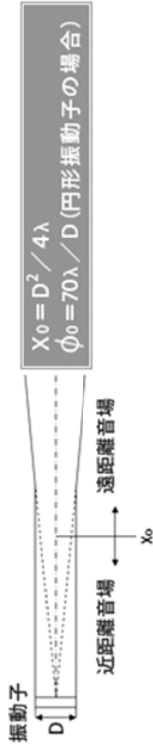
- ・短波長(高周波)の音波を用いる  
ただし、深くまで届かない！
- ・大きな面積の振動子を用いる  
ただし、大きく重くなる！

指向角を狭くして  
分解能を上げるには



## 超音波の指向性

超音波の広がる性質を指向性という。中心軸上の最大音圧に対して音圧が零になる広がり角度を指向角( $\phi_0$ )と呼び、それぞれの関係は次の式で表される。



$$X_0 = D^2 / 4\lambda$$

$$\phi_0 = 70\lambda / D \text{ (円形振動子の場合)}$$

すなわち、

- ・指向性は音源の振動面の直径D(⇨面積)と波長 $\lambda$ との関係で決定される。
- ・波長に対して振動面の面積が大きければ、また、波長が短いほど鋭い指向性が得られる。

- ・短波長(高周波)の音波を用いる  
ただし、深くまで届かない！
- ・大きな面積の振動子を用いる  
ただし、大きく重くなる！

指向角を狭くして  
分解能を上げるには



## Innomar Technologie GmbH製(独) SES2000型 パラメトリック方式地層探査機



船上操作部  
(40 × 40 × 50cm程度)



送受波器(音波発信器)  
25 × 30cm程度



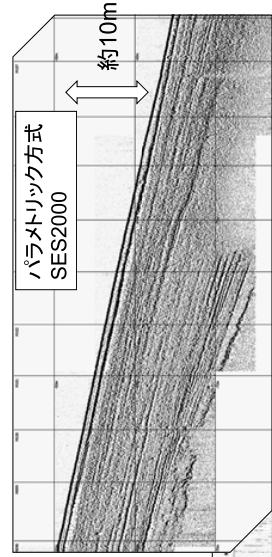
機舟や  
モーターボート  
でも調査できる



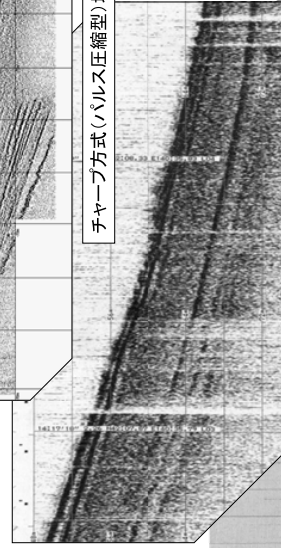
2名で設置可能



## 果たして その威力は？



約10m



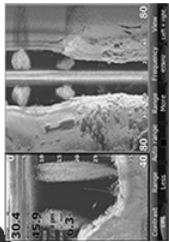
約10m

データ採取場所:  
北海道内浦湾  
(噴火湾)内  
長万部沖



ソノプロ型地層探査機

1. 3D海底・湖底地形測量
2. 海底面状況調査(可視化)
3. 高分解能地質構造調査
4. 今後の展望



- ・サイドスキャン機能小型魚探  
LOWRANCE  
「トータルスキャン(チャープソナー付)」

<https://www.lowrance.com/lowrance/type/chartplotters--combo-devices/>

- ・小型マルチビーム測深機  
GARMIN  
「Panoptix PS30 下方3D探査ソナー」



<https://explore.garmin.com/en-US/panoptix/>

- ・深海域の調査には大型船舶, 機材が必要(国の出番)

- ・浅海域: 高価な機材を使用する場面も多い(DIY可)  
アイデアを活かせる場面が多い(DIY可)



**C-Worker 多用途 自動航行無人ボート**  
Autonomous Surface Vehicles (ASV) Ltd.

■搭載可能装置

- ・マルチビーム測深機, 表層探査装置, 採泥器, 水中カメラ, 小型ROV, サイドスキャンソナー..etc
- [https://www.toyo.co.jp/kaiyo/products/detail/asv\\_c-worker](https://www.toyo.co.jp/kaiyo/products/detail/asv_c-worker)

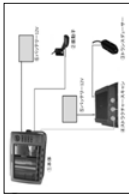


**Endurance 丸 自動航行無人測量艇**

■搭載可能装置

- ・小型魚探 & サイドスキャンソナー(ストラクチャー スキャン), 水中カメラ(GoPro)..

建造費: 6桁



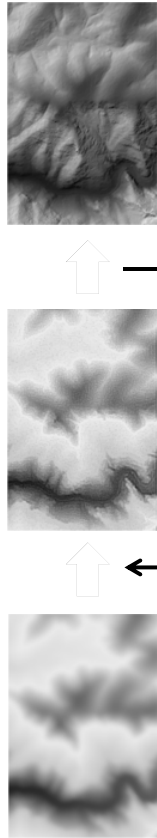
- ・力業での測量ばかりが能ではない時代が来る?

「機械学習による超解像技術(動画や静止画の解像度を上げる画像処理技術)を用いた海底地形データの詳細化の試み」



**超解像技術**

光学的なボヤケ等を伴う映像に対してボヤケを改善し, 解像度を上げ, 物体の認識や解析を行うことを目的としてこれまで天体観測や衛星写真, 顕微鏡画像などに応用されてきた。



元データ(段彩図)

超解像処理を行った図

高解像度化

実際の測深による精度評価  
およびファイードバック



---

第 56 回試錐研究会講演資料集

---

平成 30 年（2018 年）2 月 28 日 発行

編集 試錐研究会

出版 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 地質研究所

〒060-0819 北海道札幌市北区北 19 条西 12 丁目

TEL 011-747-2420

FAX 011-737-9071

URL <http://www.hro.or.jp/gsh.html>

印刷 北海道印刷企画株式会社

〒064-0011 北海道札幌市中央区南 11 条西 9 丁目 3-35

TEL 011-562-0075

---



**2018年は北海道150年**  
Hokkaido's 150th Anniversary