

# 石炭の生成過程と新エネルギー源としての可能性

- 常磐炭田の炭層メタンは未開発
- CO<sub>2</sub>の炭層固定技術ができれば、利用可能
- 常磐地域に水素社会が形成される可能性

## 常磐炭田について

1. いわき市から日立市北部まで厚い石炭層があり、常磐炭田として開発された。
2. 常磐炭田の石炭は九州地方のものより品質が劣るが、東京という大都市に近いことや日立市の鉱工業の立地という点で有用。
3. 常磐炭田の石炭は炭化度の低い褐炭で、主に燃料として用いられた。
4. 関本炭鉱や高萩炭鉱など多くの鉱山があったが、**昭和51(1976)年までにすべてが閉山。**
5. 未採掘の石炭層はたくさん残っている。

## 石炭とは？

- 石炭は主に木材の化石からできている。長い時間地中に閉じ込められ、植物中の**酸素**や**水分**が抜けて主に**炭素**と**水素**からなる石炭に変化する。
- 石炭の質は、炭素の含有量の少ない方から、  
**泥炭→褐炭→れき青炭→無煙炭** と変化する。



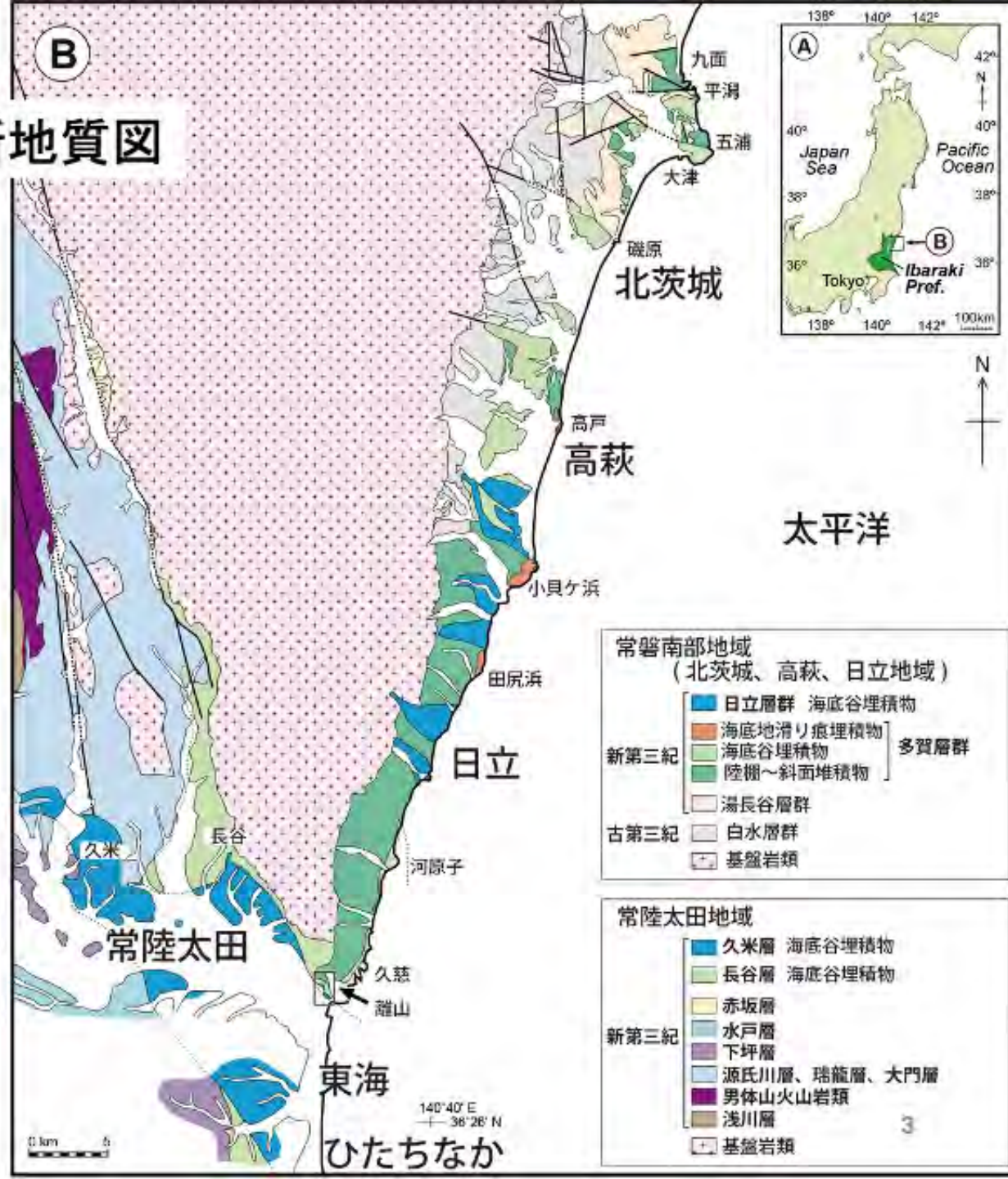
# 多賀山地新生代の最新地質図

古第三紀白水層群は、  
日本列島が大陸とつ  
ながっていた時に堆  
積した地層群

石炭は白水層群に  
産する

石炭の元となった木  
はアジア大陸に生え  
ていたもの

柳沢ほか、2024





## 1955年の炭鉱 茨城県の地域

5km

炭鉱は山地縁の内陸に  
南北に連なっていた



## 櫛形炭鉱

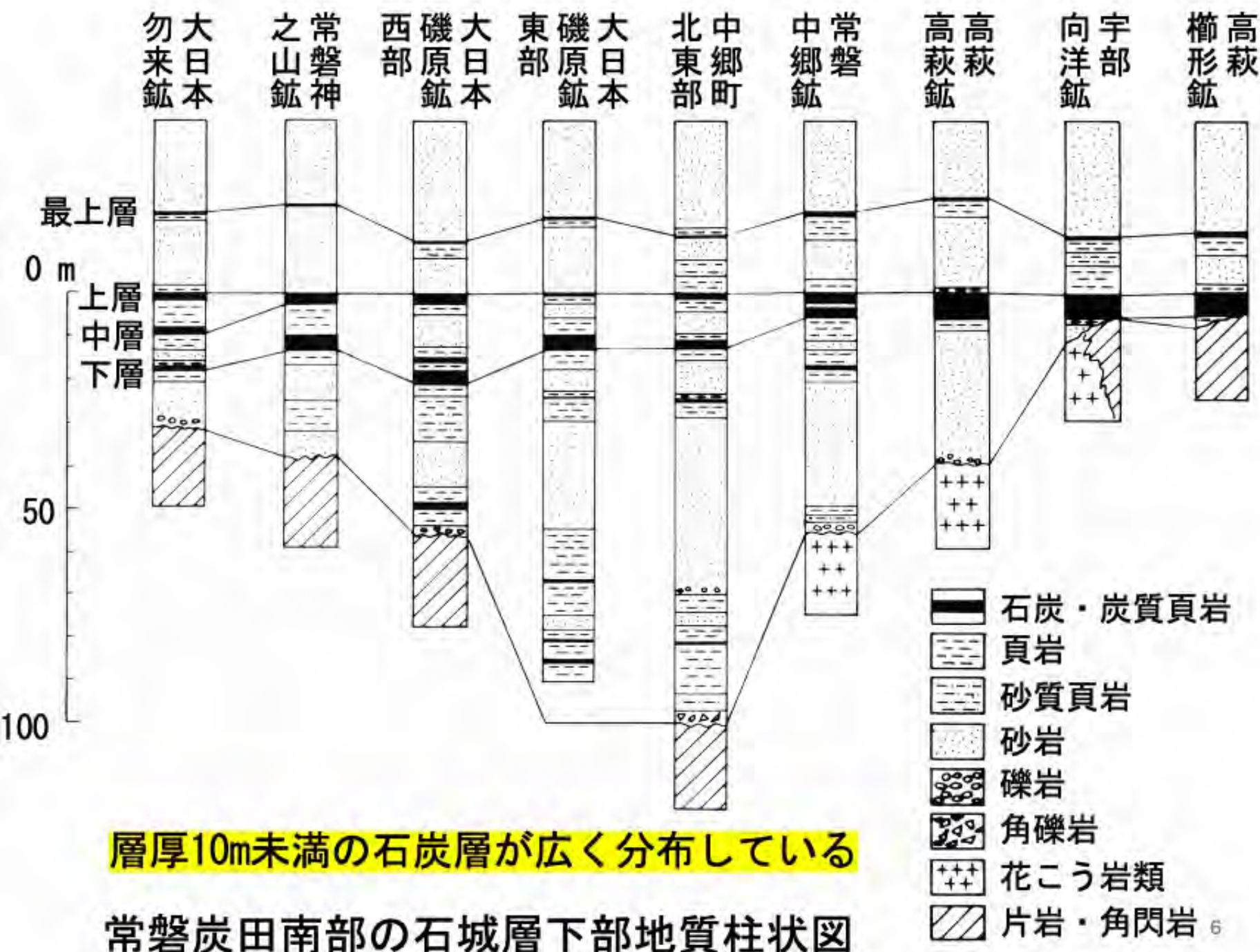


撮影：小林 弘

## 菊池寛実記念高萩炭礦資料館



土日のみ開館





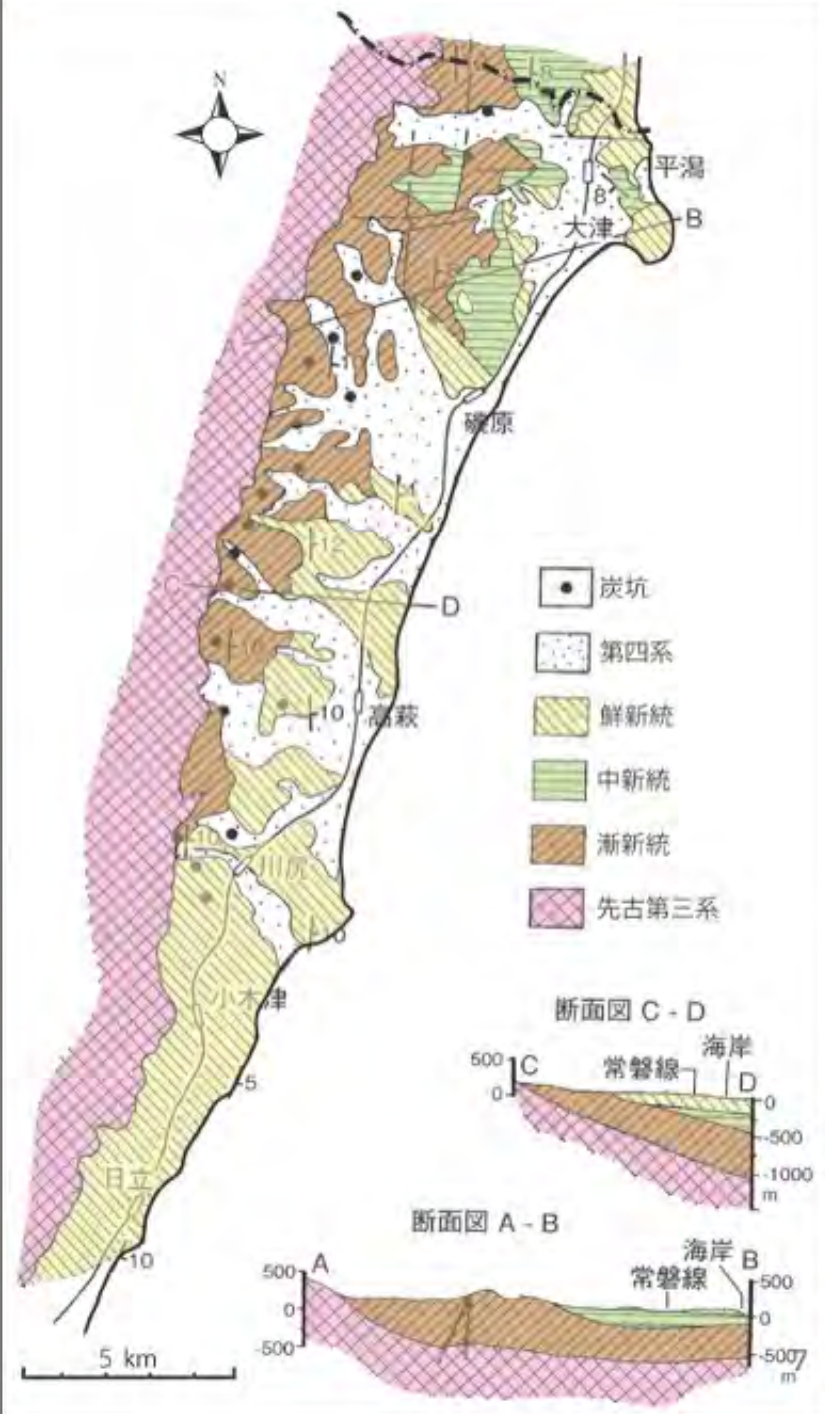
## 海岸部の新生代の地層の分布

石炭層はどこにあるか？

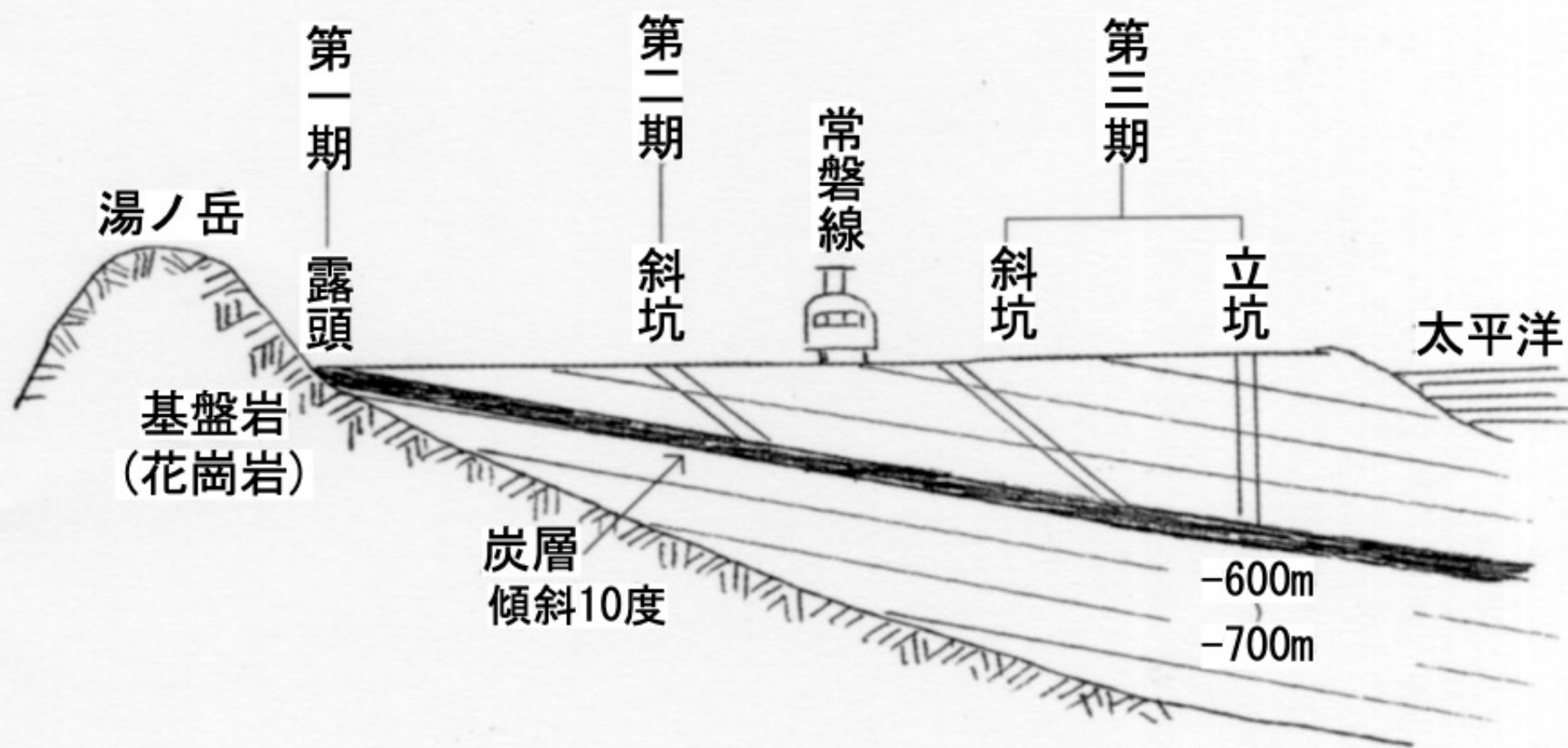
中生代の基盤岩の上に石炭を産する古第三紀鮮新世の陸成の地層が堆積した

常磐炭鉱は南北に連なる古第三紀の地層の所で採掘

東の方にはより新しい海成の地層が堆積



## 常磐湯本炭鉱の坑道と炭層断面図





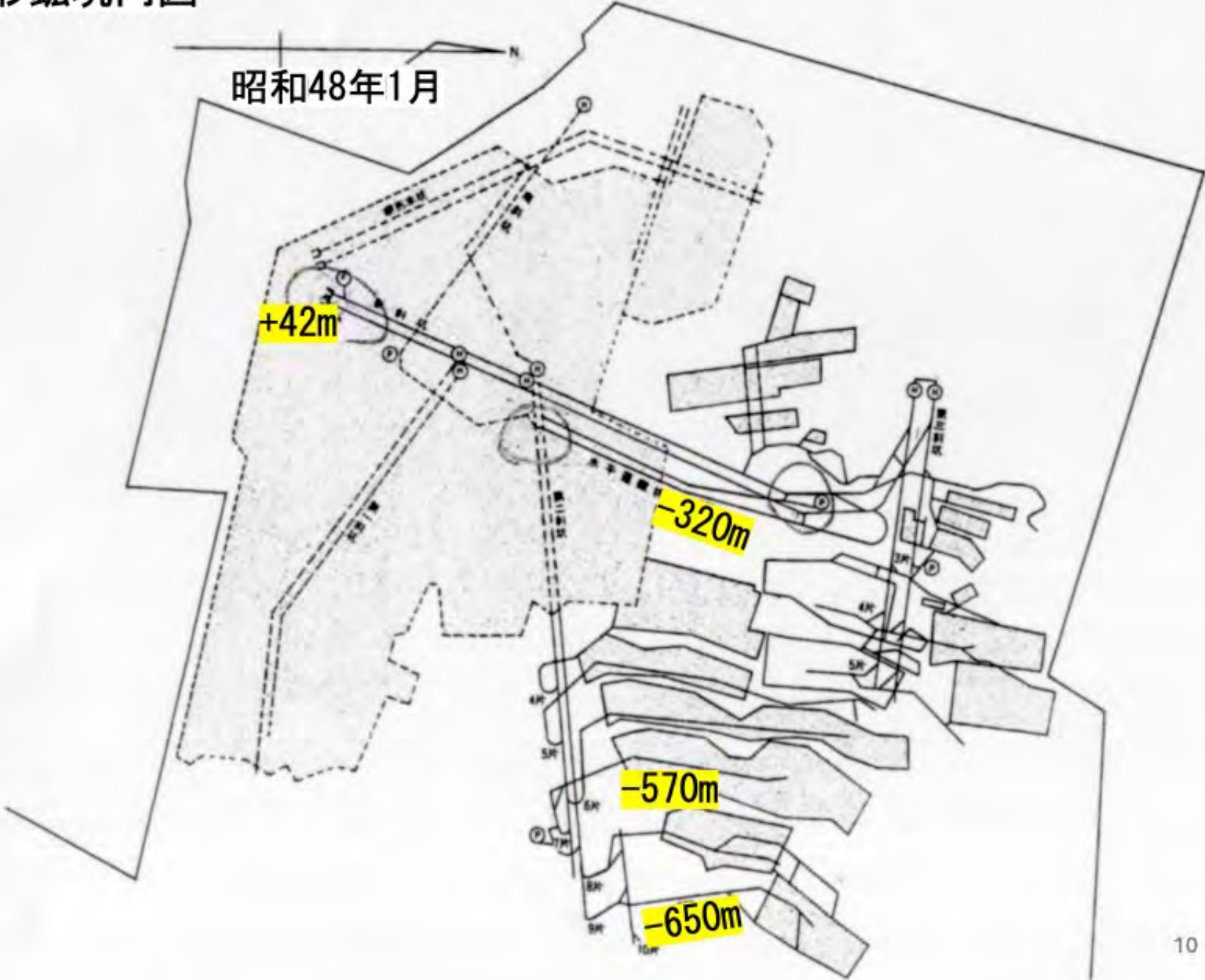
## 常磐炭田石城南部地区の炭質

項目 地域		炭 層		炭層の位置 (深度)	発熱量 (Kcal/kg)	炭質
		上層 (cm)	下層 (cm)			
石城南部	勿 来	炭丈 93～181 山丈113～202	炭丈113～231 山丈183～362	東方に向 かって深く なり 0～700mの 範囲	4500～ 5500	・ 亜瀝青炭 ・ 褐炭
	上遠 野・山 田	炭丈110～173	炭丈 96～159	非常に浅い 所に存在	4000～ 5100	・ 褐炭
	田 人	山丈155～203	山丈101～206			

炭丈：一枚一枚の石炭層の厚さ

山丈：石炭層が集まって何層の重なっている時の厚さ

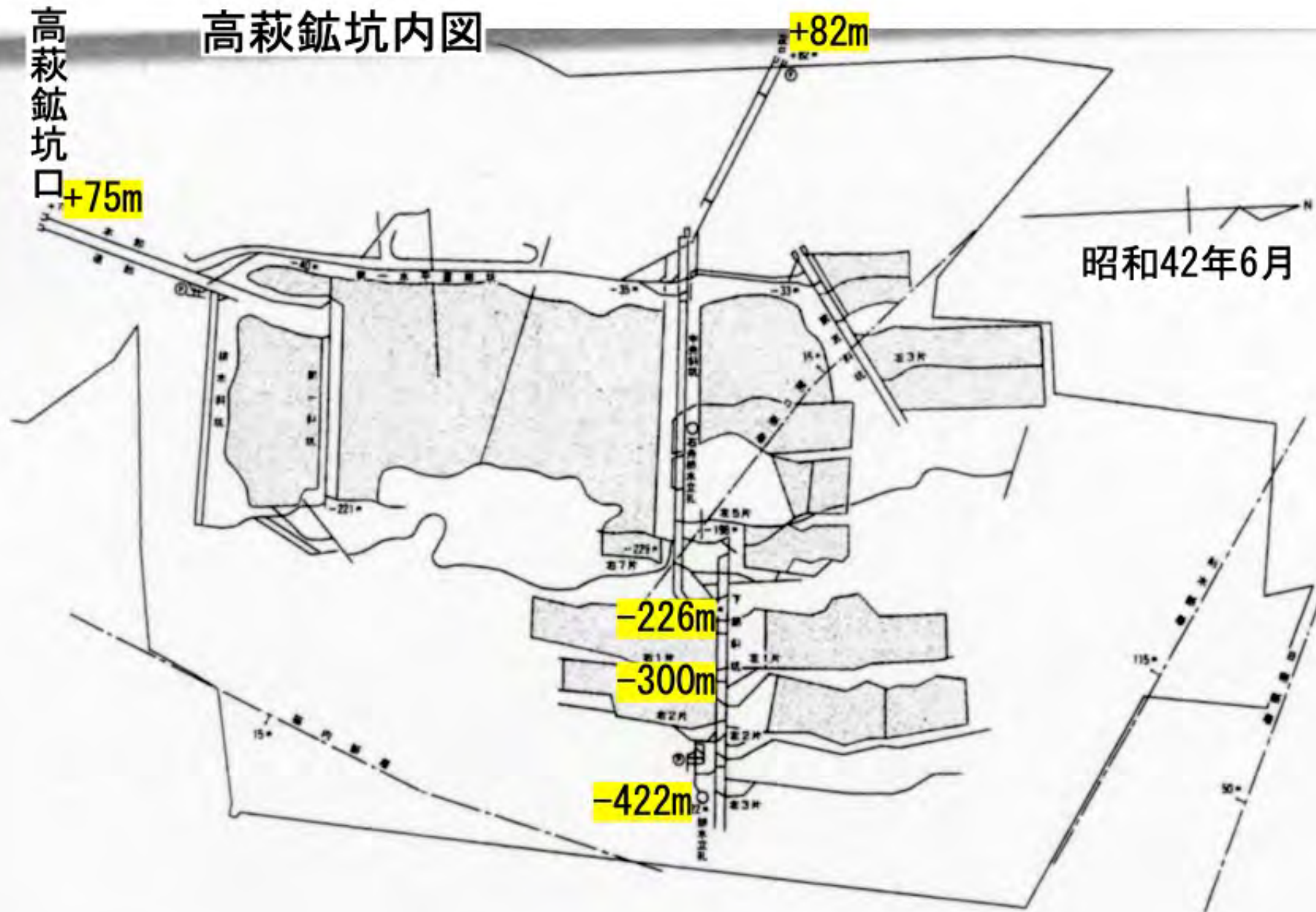
櫛形鉾坑内図



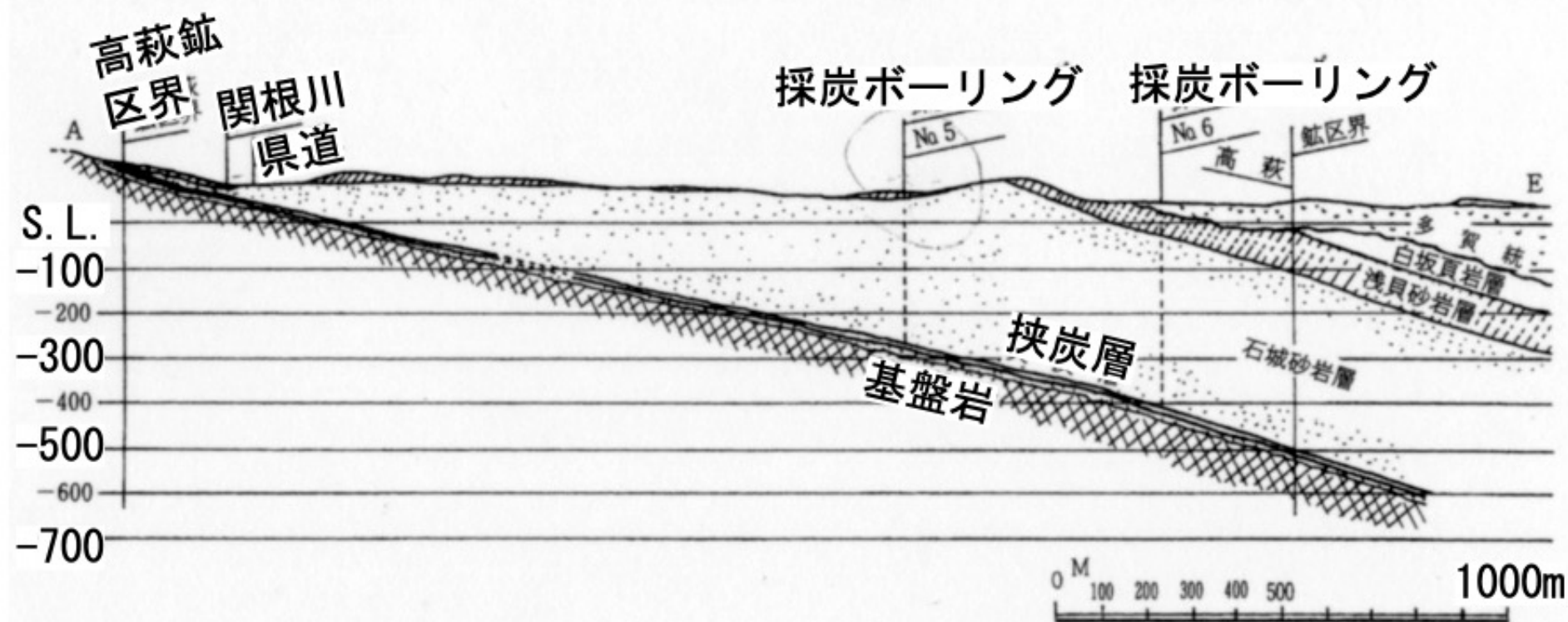


高萩鉾坑口

# 高萩鉾坑内図



## 高萩鉱地質断面図





西

① 岩本

② 高萩埋炭

③ 小木津

# 各炭鉱での挟炭層の深さ

④ 高萩埋炭

東

Ta 多賀層群

Si 白坂層

As 浅貝層

Iw 岩城挟炭層

B 基盤岩層

0m 海水準

50m

100m

炭質頁岩

炭層

地調, 1957

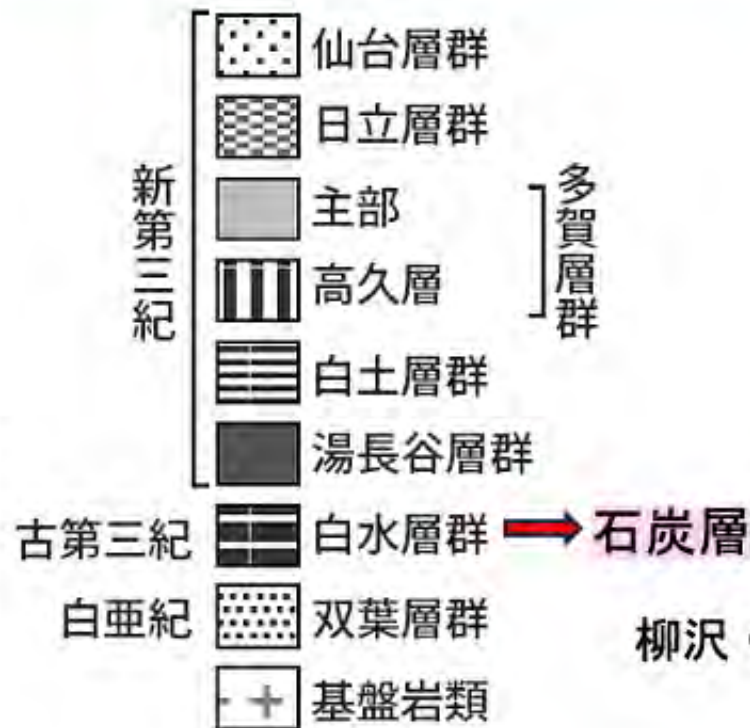


# 常磐地域の新生代の地層分布

日本海溝は枠の外

次の図の断面図の場所

海底下はどうなっている？



柳沢・安藤 (2020)



38° N

相馬

基礎試錐  
[相馬沖]

海域の音響基盤構造図と  
坑井位置図(石油公団  
1987)

37° N

いわき

磐城沖

基礎試錐  
[常磐沖]

正断層

逆断層

時間構造図

(音響基盤までの往復走時:秒)

新第三系

古第三系

上部白亜系

基盤

水戸

日立

常陸沖

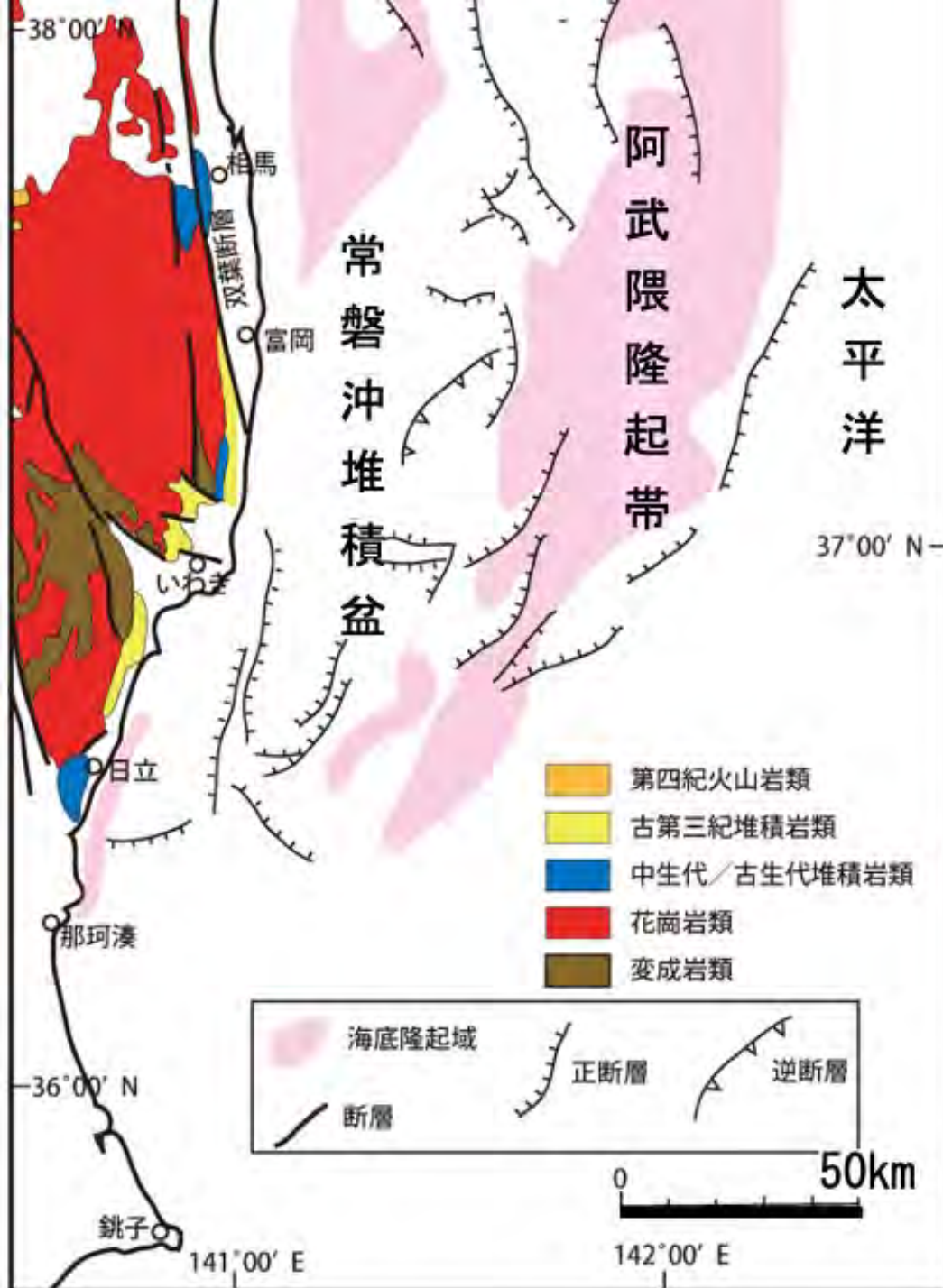
坑井

鹿島沖

SK-1

0 50km

第9図. 海域の音響基盤構造図(石油公団,



## 常磐沖の海底構造

日本海溝

常磐沖には広い堆積盆  
と隆起帯がある



## 常磐沖のガス田の可能性

- 常磐沖は双葉断層によって常磐沖堆積盆と切り離されている。
- 双葉断層の東方沖には小堆積盆がある。
- 常磐沖に白亜紀層があるかどうか不明。
- 常磐沖は断層が多い。

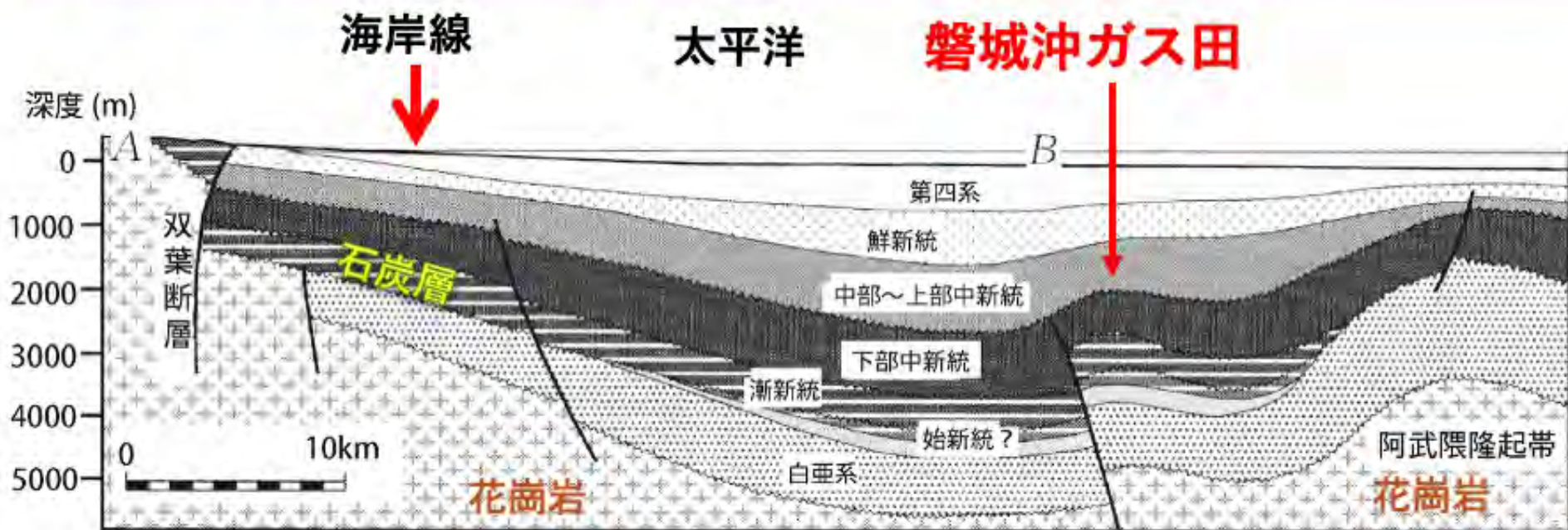


開発可能なガス田は望み薄



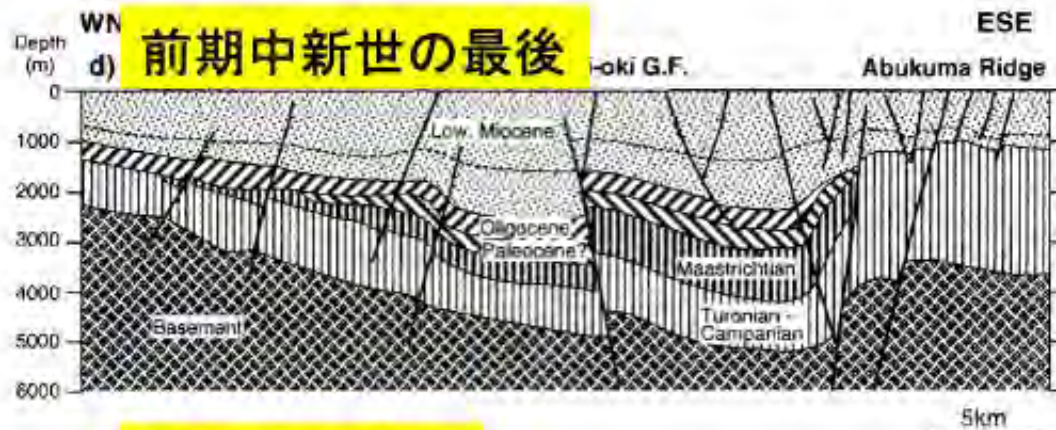
# いわき市北部の海底地下構造

石炭層は海岸部と沖合40kmまでの海底下1000m～4000mの漸新世の地層に広く分布する。



朝倉書店「日本地方地質誌3 関東地方」より





この時期にはガスや石油の熟成が進み、地層内を上昇し始める



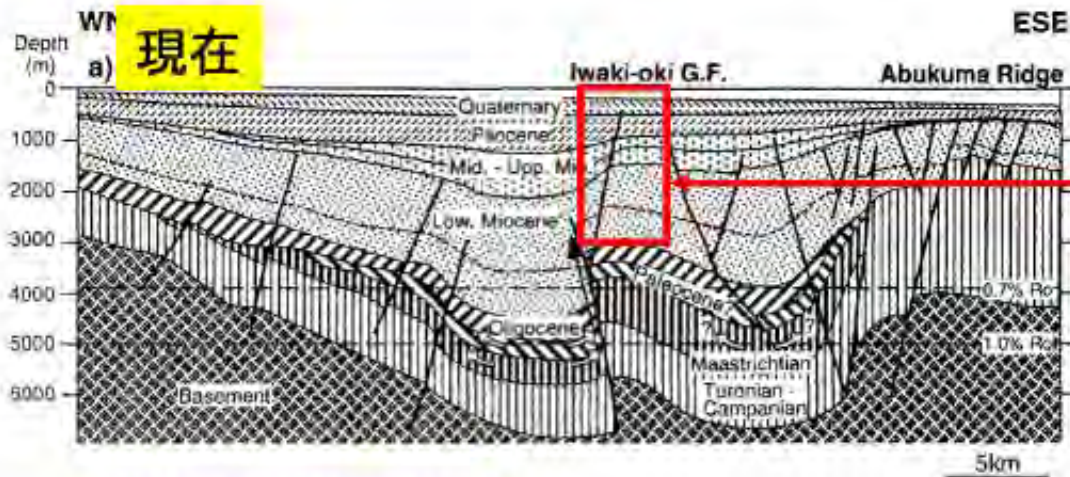
この時期まではガスや石油の熟成は進んでいない



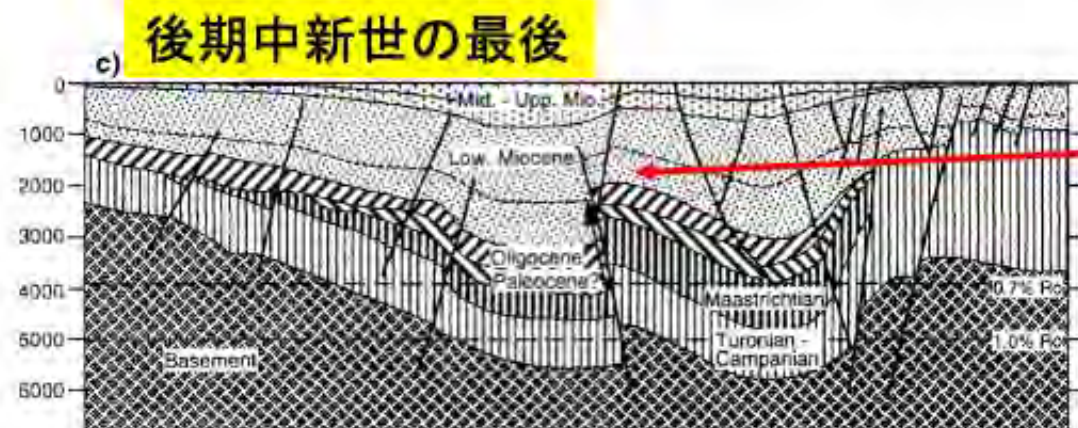
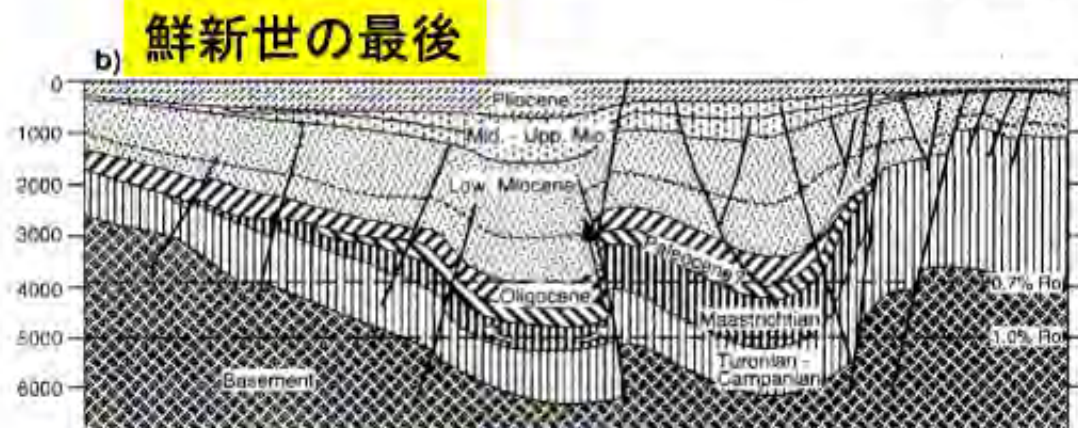
常磐沖堆積物の形成史とガス・石油の発生







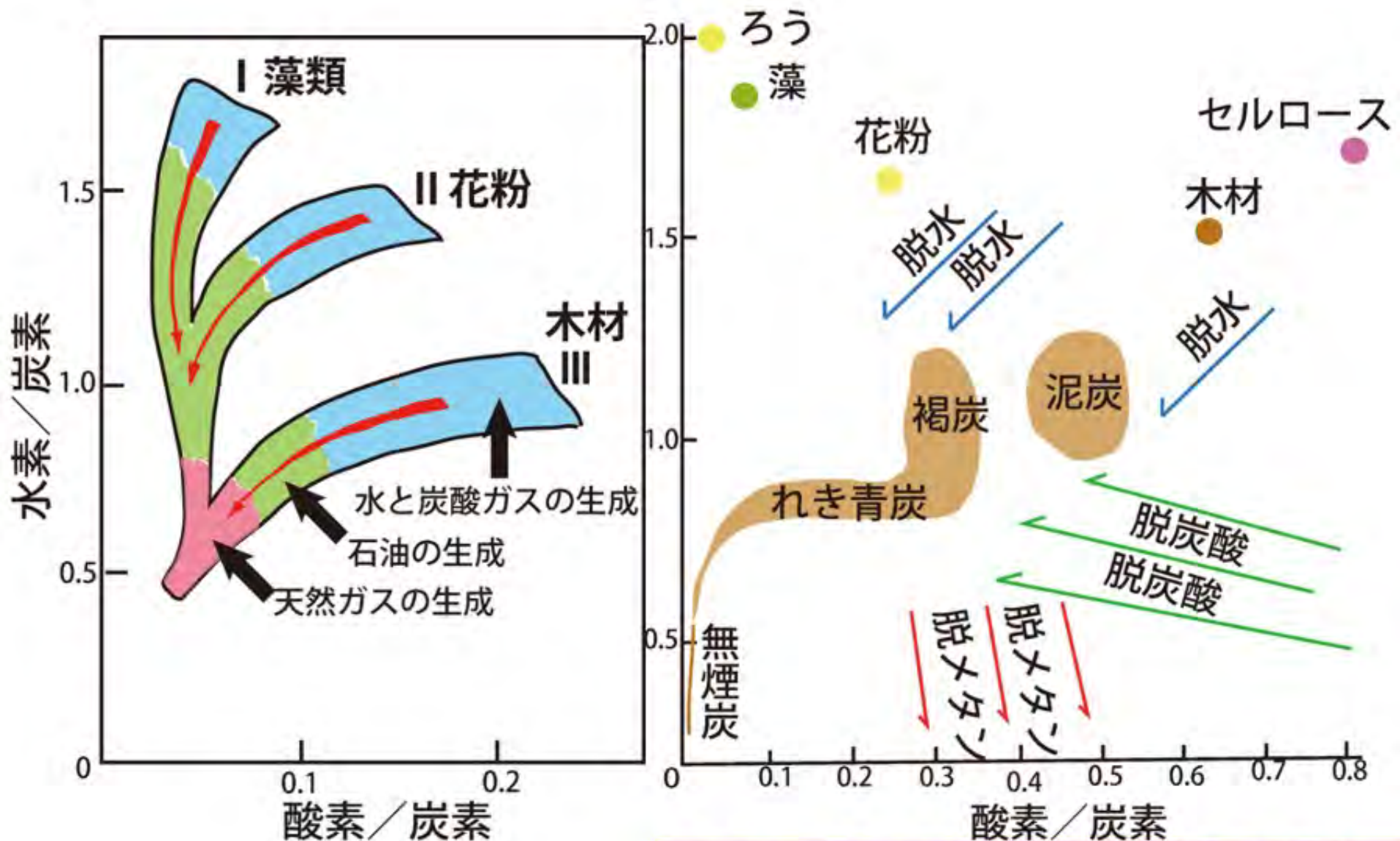
ここにガス田  
がある。



背斜構造の場所にガスや  
油が貯留される。

一方、断層も多く、断層  
はガスや石油を逃す。





メタンガスは褐炭かられき青炭と、れき青炭から無煙炭に変化する時に多く発生する。

地表

タンパク質

炭水化物

脂質

泥炭

熟成度

弱

石炭の炭質の変化  
を熟成度とよぶ

45°C (900m)

褐炭

70°C (1700m)

石油の生成

れき青炭

ガソリンと天然ガス  
はれき青炭で約 1 %  
含まれる

100°C (2500m)

天然ガスの生成

180°C (5100m)

無煙炭

強

石墨の生成

石炭のランク	生成する 深さ(m)	地層の 温度(°C)	ガソリン 含有率	天然ガス 含有率(%)
泥炭	0			
	200		1億分の1	
	400			
	600			
褐炭	800			
	1000	32		0.3
	1200		100万分の1	
	1400			
	1600			
	1800			
	2000	62	1万分の1	
	2200			
れき青炭	2400			
	2600			0.5
	2800		100分の1	
	3000	92		1
				3~10
無煙炭	5000m以深		100万分の1	1

各石炭のガソリンと天然ガスの含有率

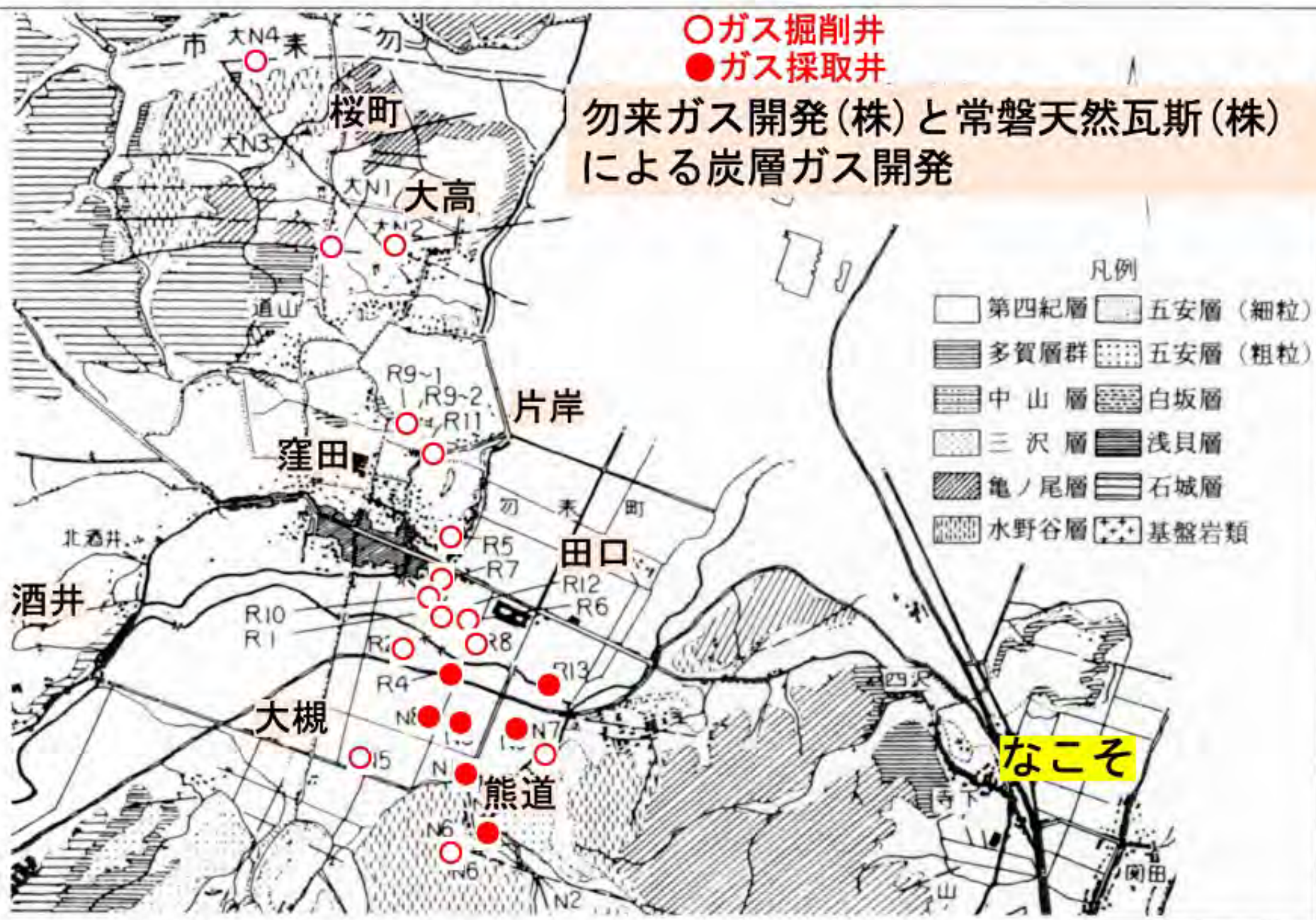




勿来地区の水田から噴き出  
す天然ガス

1956年頃

地下80～120mにガスが貯留  
されており、自噴していた。  
この天然ガスは『オラゲの  
燃料』として家庭で使って  
いた。



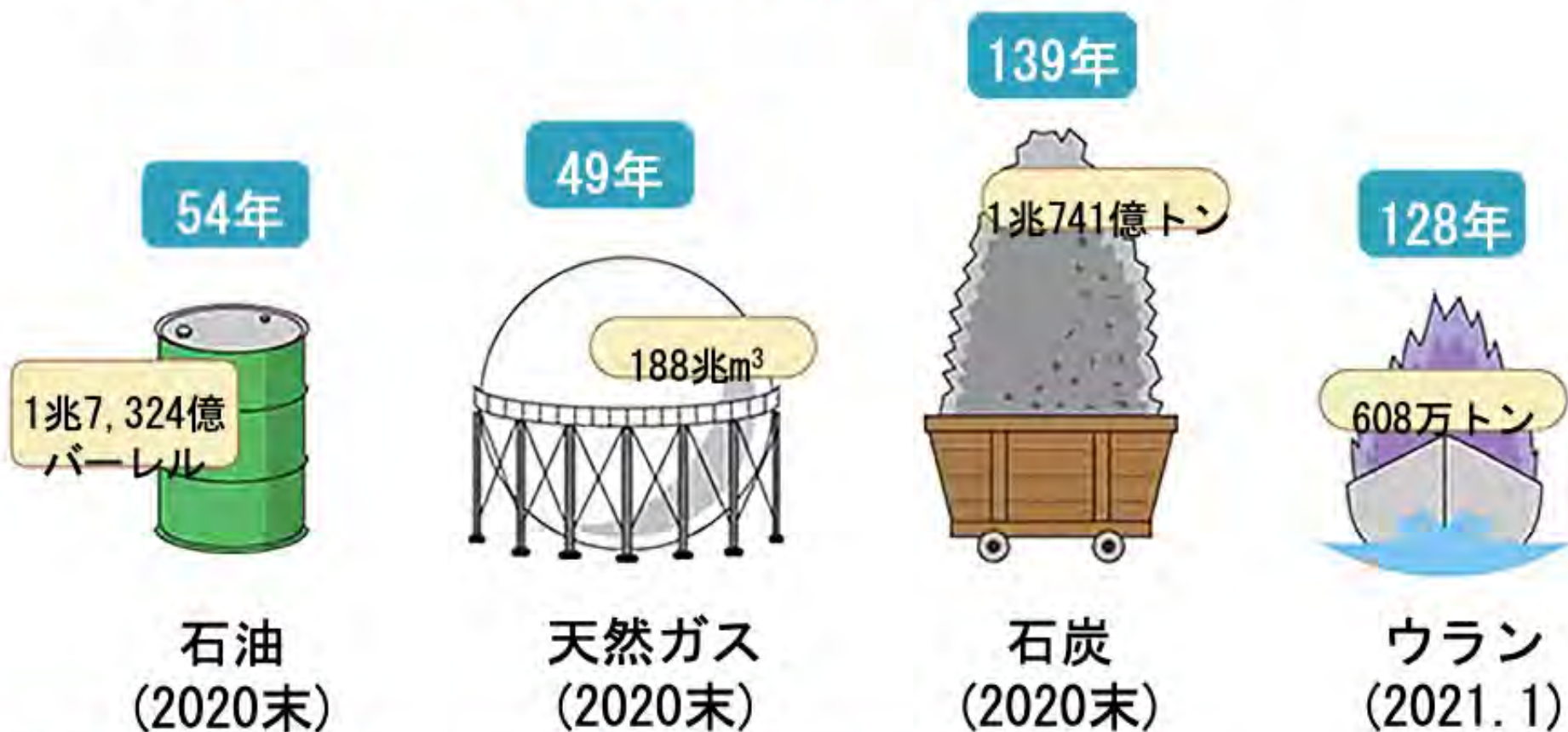
勿来（窪田）地区地質図および天然ガス坑井位置図







- 石炭は、火力発電の重要なエネルギー源である。
- 石炭は150年以上の埋蔵量があるが、燃焼した時の二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) の排出量が多いため、化石燃料としては温暖化の問題を持っており、 $\text{CO}_2$ 回収貯留技術が不可欠である。
- 石炭層は多量に残っており、エネルギー源として再開発が待たれる。**シェールオイル**や**シェールガス**のように。



未採掘の石炭をエネルギー源として利用したい

[illegible]



# 未利用石炭エネルギーの開発

- 従来技術による石炭採掘
    - 坑内採掘
    - 露天採掘
- 石炭輸入量(2013) 1億9千万トン  
国内生産量130万トン (0.7%)

広域面積の開発⇒地域環境への影響が大きい  
経済的・技術的な採掘限界⇒可採埋蔵量は少ない  
石炭火力発電 ⇒ 低コストではあるが二酸化炭素排出量多

我が国の石炭埋蔵量（億トン）

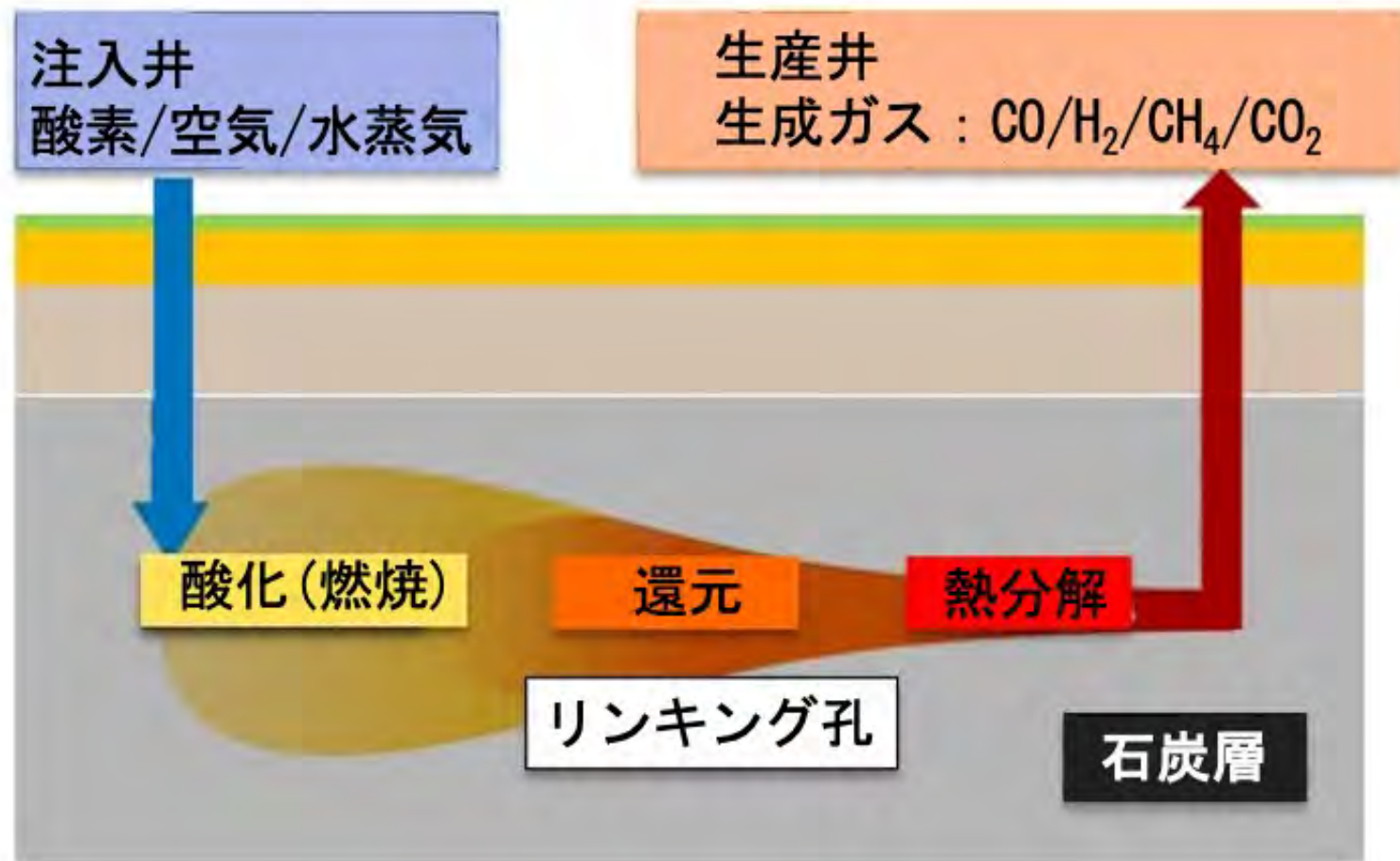
	北海道	全国
無煙炭	0	7
瀝青炭	60.9	163
亜瀝青炭	66.6	100
褐炭	21	24
合計	148	295

NPO法人地下資源イノベーションネットワーク調べ, 2008

- 石炭を採掘しないエネルギー回収 ← **こちらが再先端**
  - 石炭地下ガス化** (Underground Coal Gasification, UCG)
  - 炭層メタンガス** (Coal Bed Methane, CBM)

ボーリングによる開発⇒地域環境への影響小  
採掘に不適な石炭資源の開発が可能⇒可採埋蔵量増大  
ガスとしてエネルギーを回収⇒よりクリーンな利用が可能

# UCGのプロセス



## 酸化

- ・プロセス熱源の生成
- ・900~1500℃
- ・石炭乾留産物が反応

## 還元

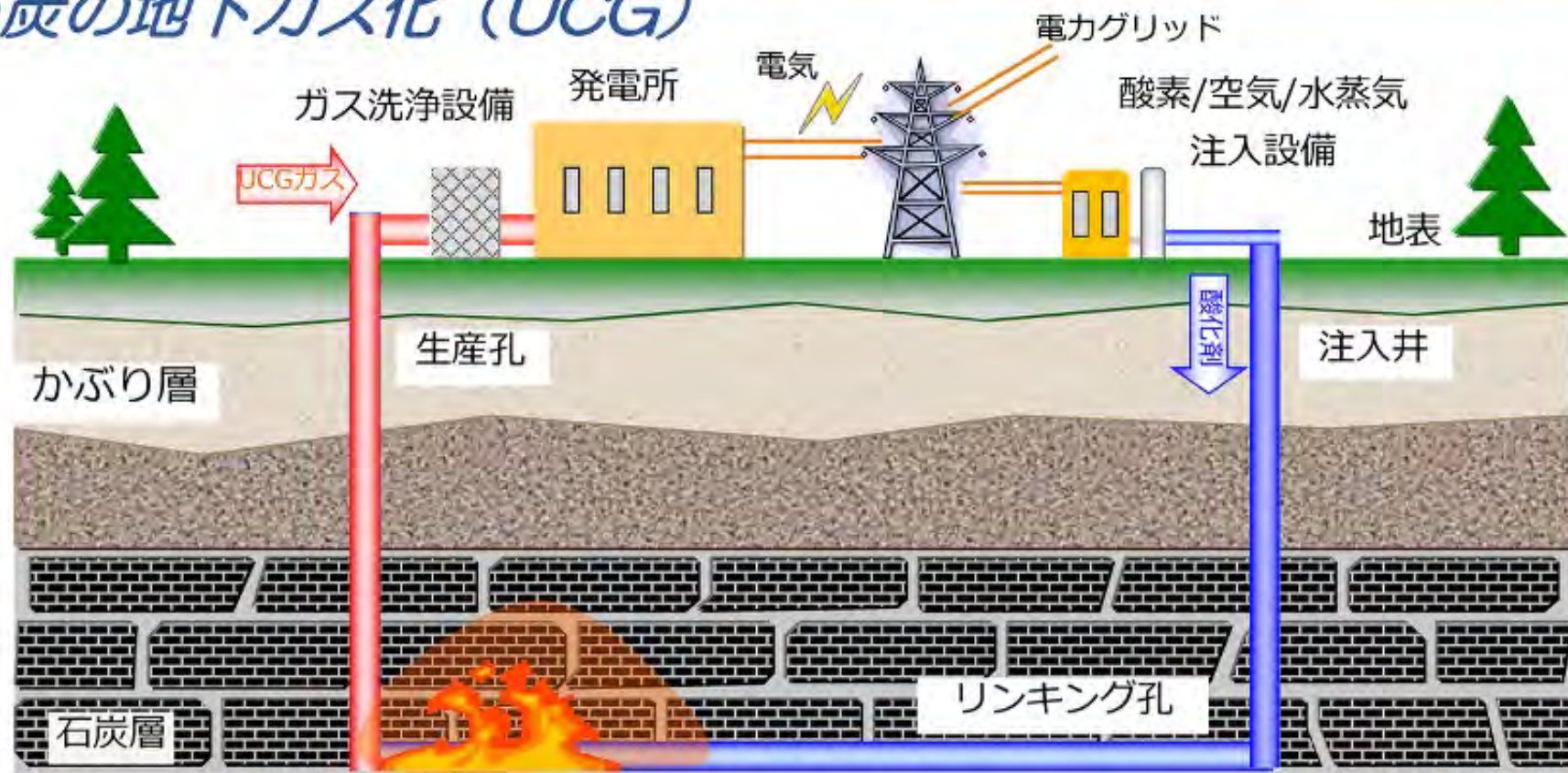
- ・プロセス内熱量の消費
- ・燃料成分の生成
- ・600~900℃

## 熱分解

- ・石炭の分解(熱量の消費)
- ・各種の生成物
- ・200~600℃



# 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( $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , 水銀等) の減少
- $\text{CO}_2$ 貯留の可能性

- 反応プロセスの制御
- 地下水汚染
- 地表沈下

# 問題点

生産ガス

破壊および環境計測

注入ガス Air, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, etc.

ガス漏洩

地盤沈下

地下水汚染

孔井崩壊

地下水位

▽ ---  
=

Cracks

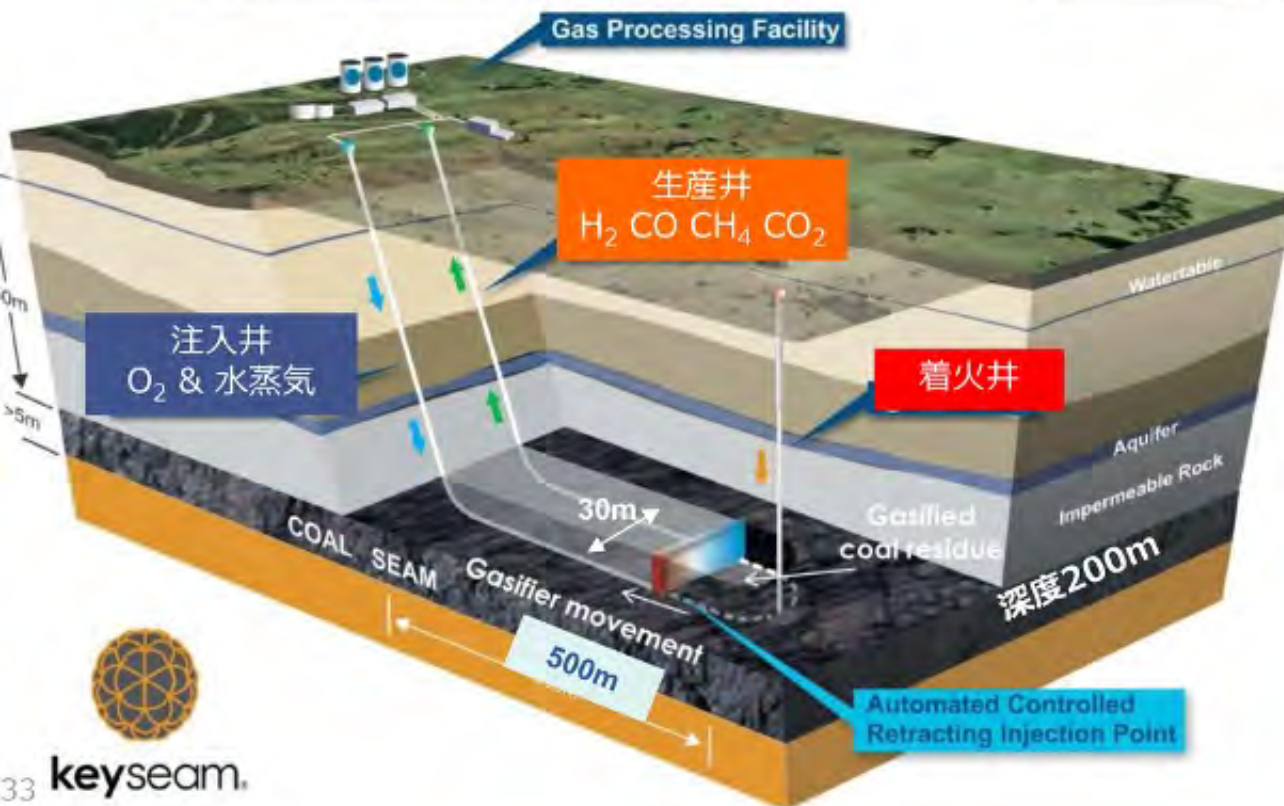
ガス化空洞

Coal Seam



# 豪州事例（実証試験規模）の三笠市への適用

豪州Qld州 Bloodwood Creek (Carbon Energy)



## 100日試験

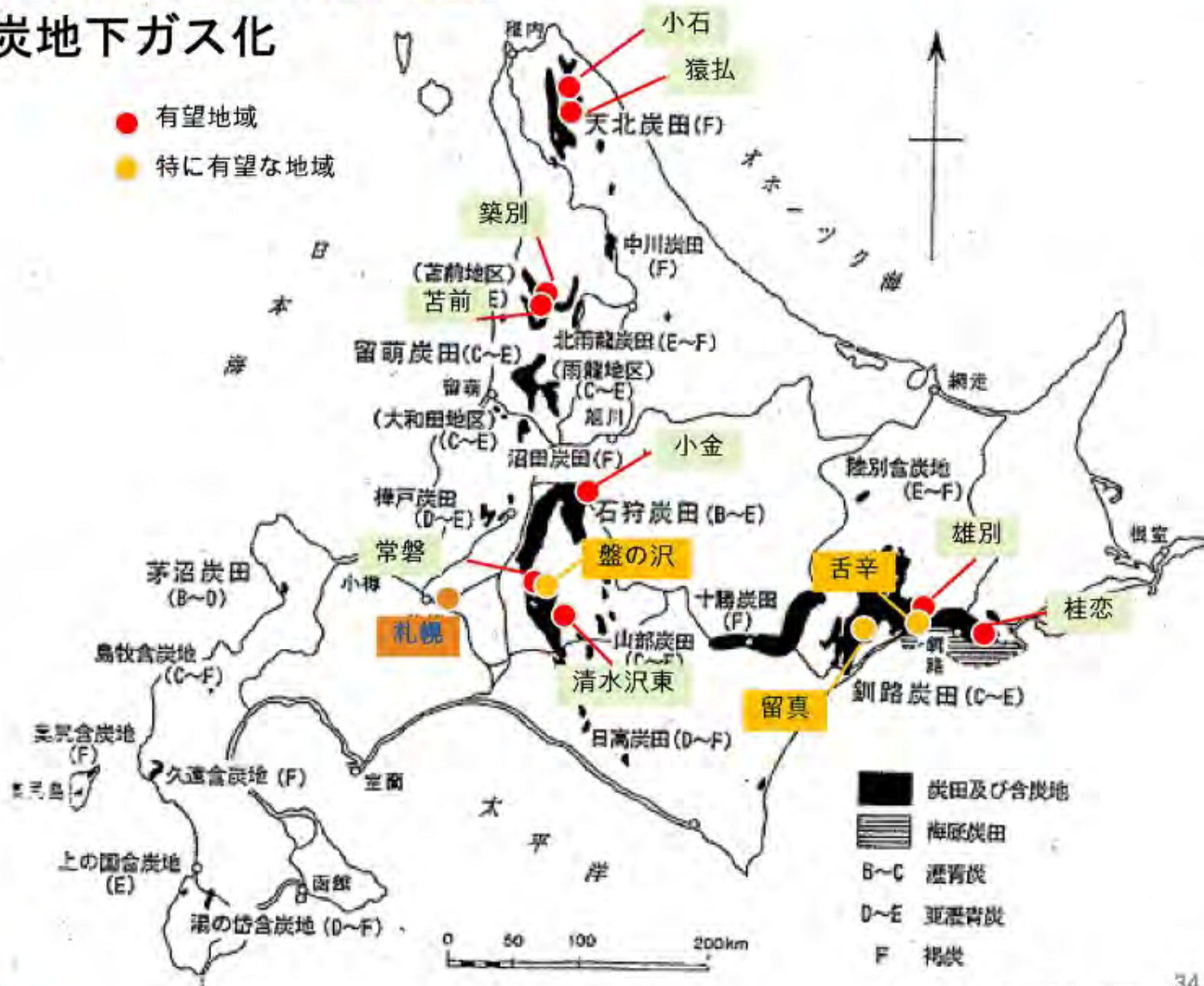
- 酸素吹き込み能力：70t/d
- 蒸気生産能力：70t/d
- ガス化レート：90→150t/d
- 石炭消費量：12,600 t  
= 30m x 60m x 5m x 1.4
- 最終目標ガス生産レート：  
1 PJ/year  
(天然ガス2,500万 $m^3$ )



keyseam.

# UCG有望地域 (北海道)

## 石炭地下ガス化



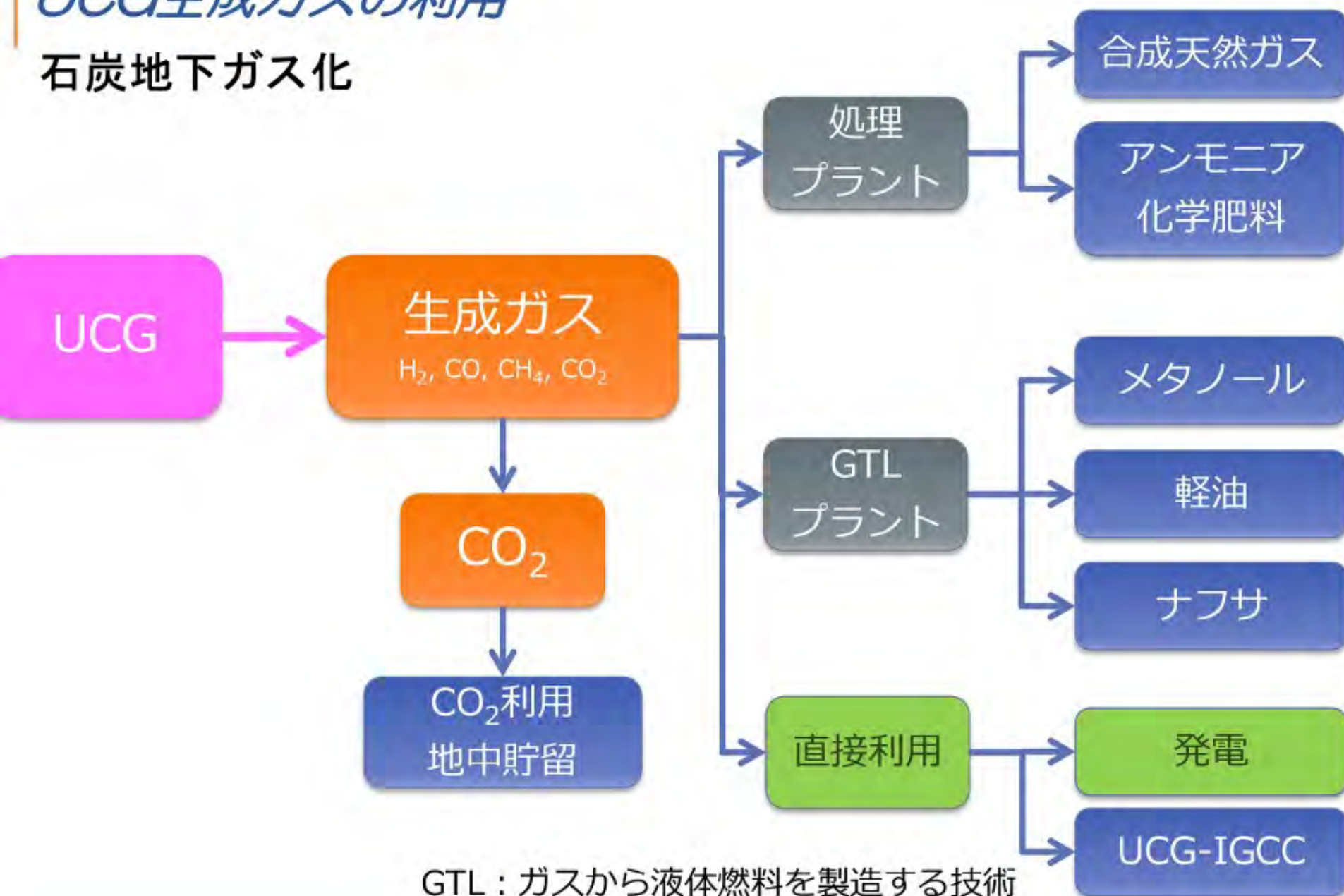


## 三笠市でのUCG(石炭地下ガス化)とCBM(炭層メタンガス)の供給可能エネルギー量

対象技術	三笠市 理論可 採埋蔵 量 千トン	石狩炭 田の深 度別埋 蔵量比 %	深度別 埋蔵量 千トン	推定利 用可能 率 %	単位エ ネル ギー発 生量 GJ/t- coal	技術別推定 供給可能エ ネルギー量 GJ	供給 可能 年数 年
深部UCG -300~-1200m	750,000	71	532,500	10	14.0	745,500,000	533
CBM -300~-1200m				20	0.43	18,318,000	13
計		71	532,500			763,818,000	546
三笠市年間エネルギー消費量(GJ)						1,399,100	

# UCG生成ガスの利用

## 石炭地下ガス化



GTL : ガスから液体燃料を製造する技術

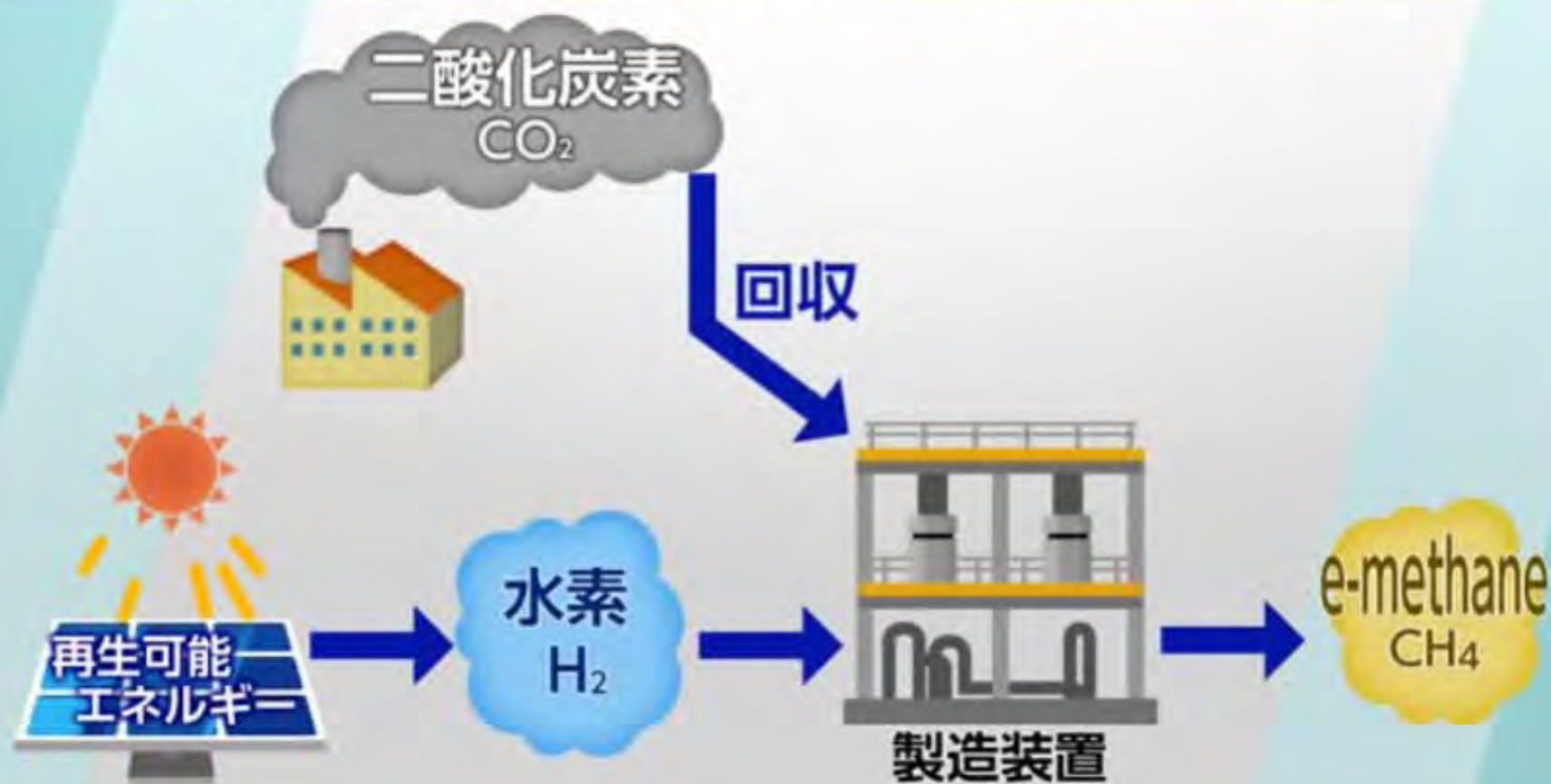
IGCC:石炭ガス化複合発電



## 褐炭から水素をつくる工程

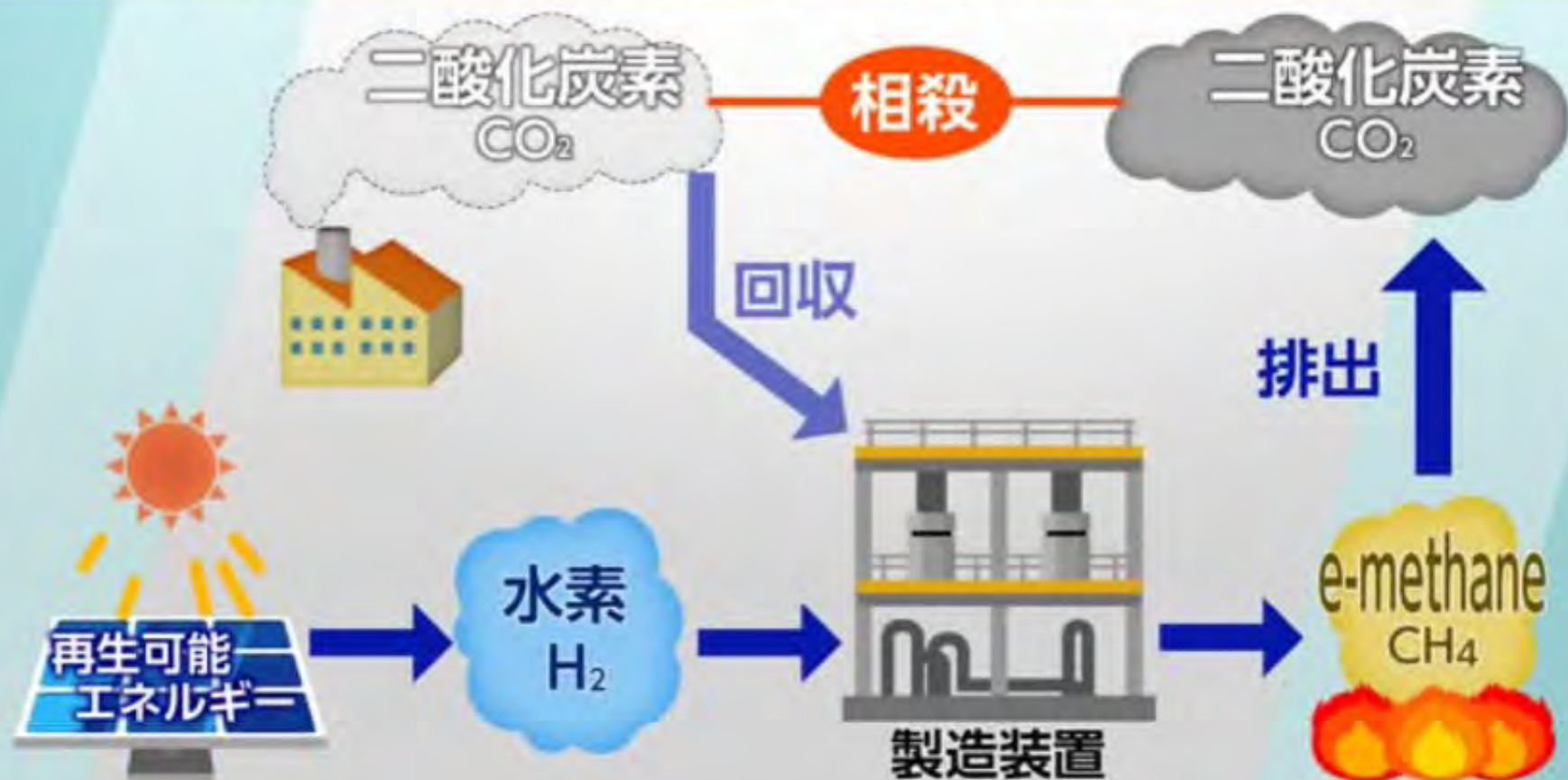


# 水素を使って脱炭素を目指す取り組み





# 水素を使って脱炭素を目指す取り組み



2011年2月11日  
炭層メタンガス活用検討勉強会

石炭の再資源化をめざして

# 低炭素社会に貢献する 炭層メタンガス利用地域エネルギーの可能性

NPO法人地下資源イノベーションネットワーク  
出口 剛太

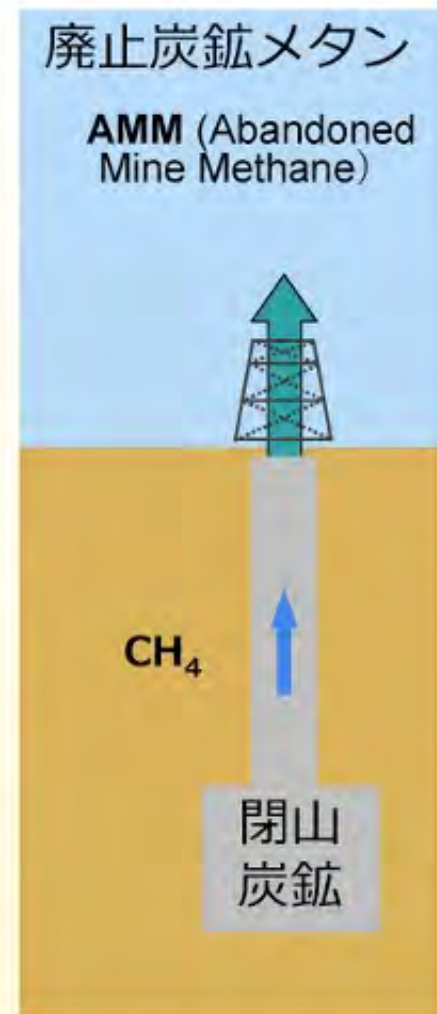
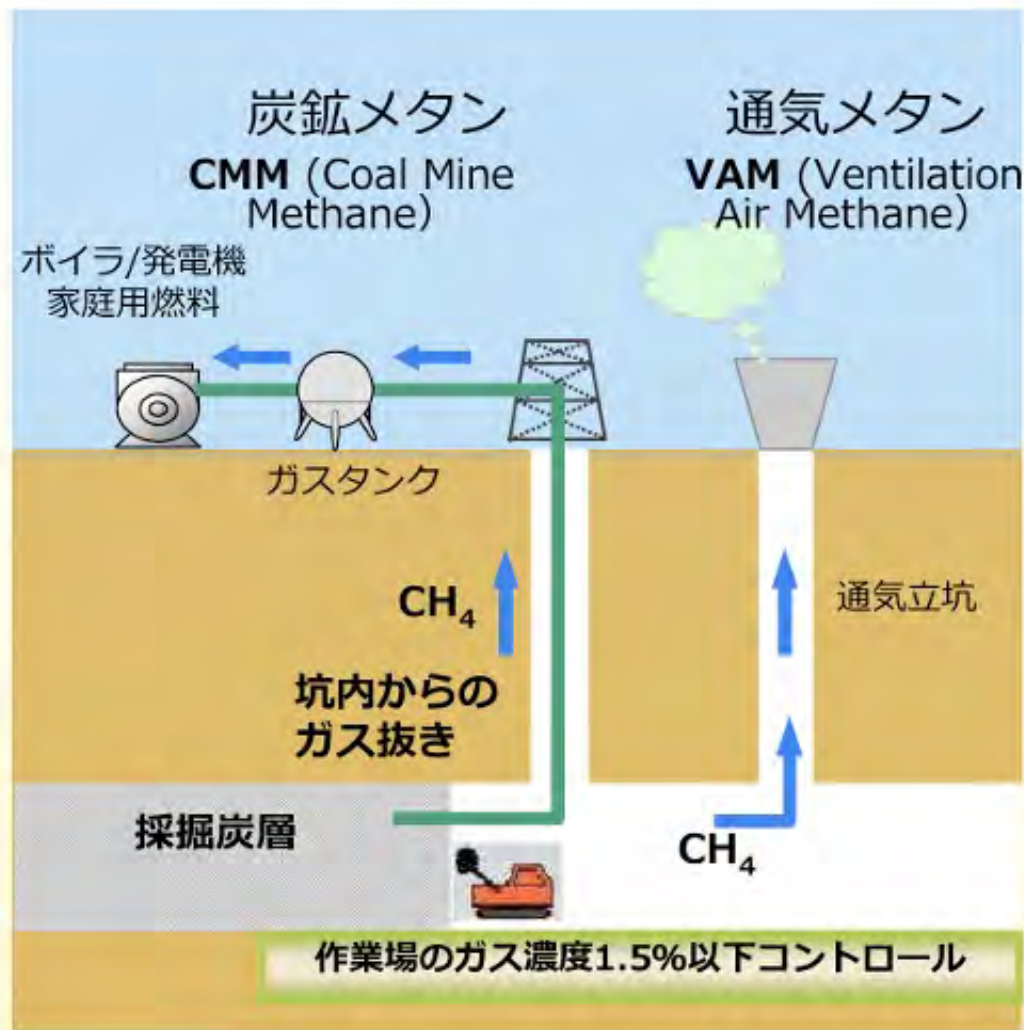
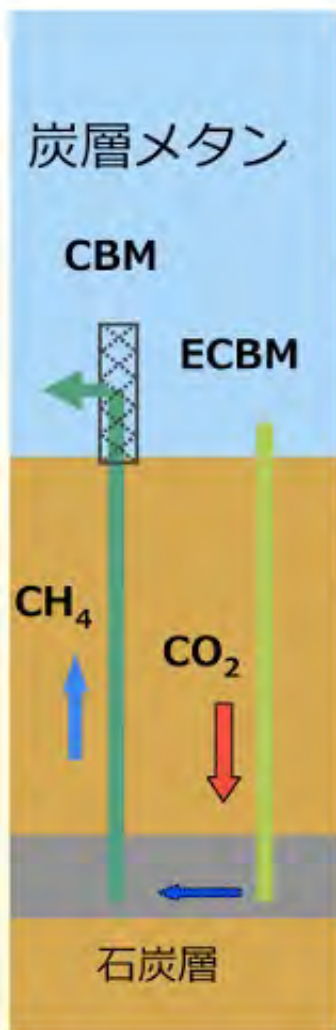
北海道大学大学院工学研究科  
大賀 光太郎



## CBM - 未利用炭層メタン資源

分 類	定 義	ガス濃度	利用形態	備 考
<b>炭層メタン・CBM</b> (Coal Bed Methane)	地上からの坑井を利用してメタンを回収する場合の炭層内メタンガス	メタン 90%以上	天然ガスとして販売 民生用燃料 発電・熱供給 化学製品原材料	アメリカ・カナダ・オーストラリア・中国などで大規模商業開発
<b>炭鉱メタン・CMM</b> (Coal Mine Methane)	石炭採掘を対象とした開発の過程で発生・回収されるメタンガス	メタン 30%以上	民生用燃料 発電・熱供給	先進産炭国では実用化、中国で急増（ガス濃度の維持が課題）
<b>通気メタン・VAM</b> (Ventilation Air Methane)	炭鉱の通気によって希釈された排気中に含まれるメタン	メタン 1%以下	発電・熱供給	アメリカ・豪州で一部実用化、中国で導入開始
<b>廃止炭鉱メタン・AMM</b> (Abandoned Mine Methane)	廃止炭鉱から放出されるメタン	メタン 30%以上	民生用燃料 発電・熱供給	イギリス、ドイツ、アメリカで実用化、赤平で試験

## CBM - 未利用炭層メタン資源



JCOAL資料より作成

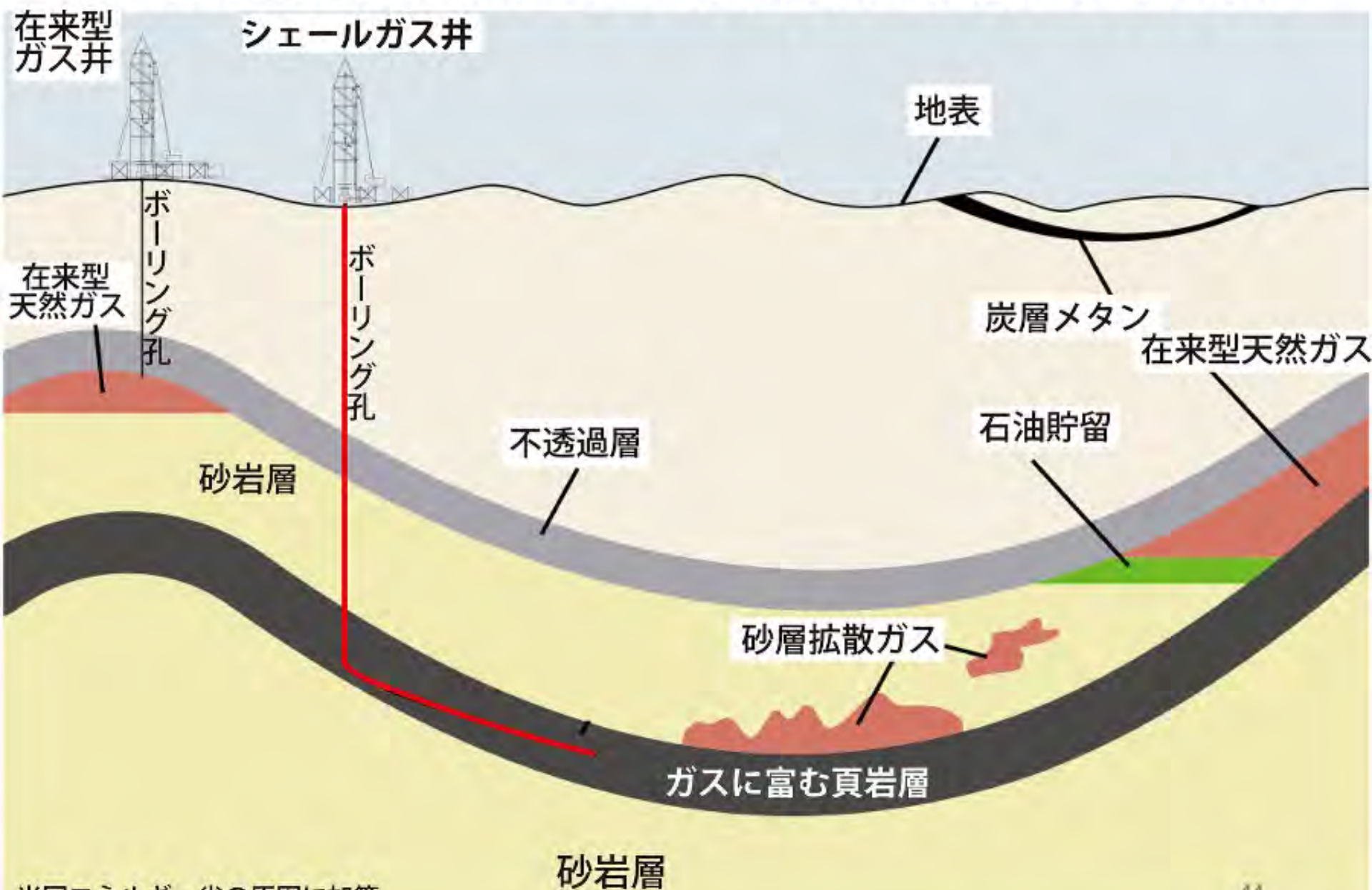


**炭層メタン(CBM)**は石炭層に含まれるメタンガス(**非在来型天然ガス**)

### 特徴

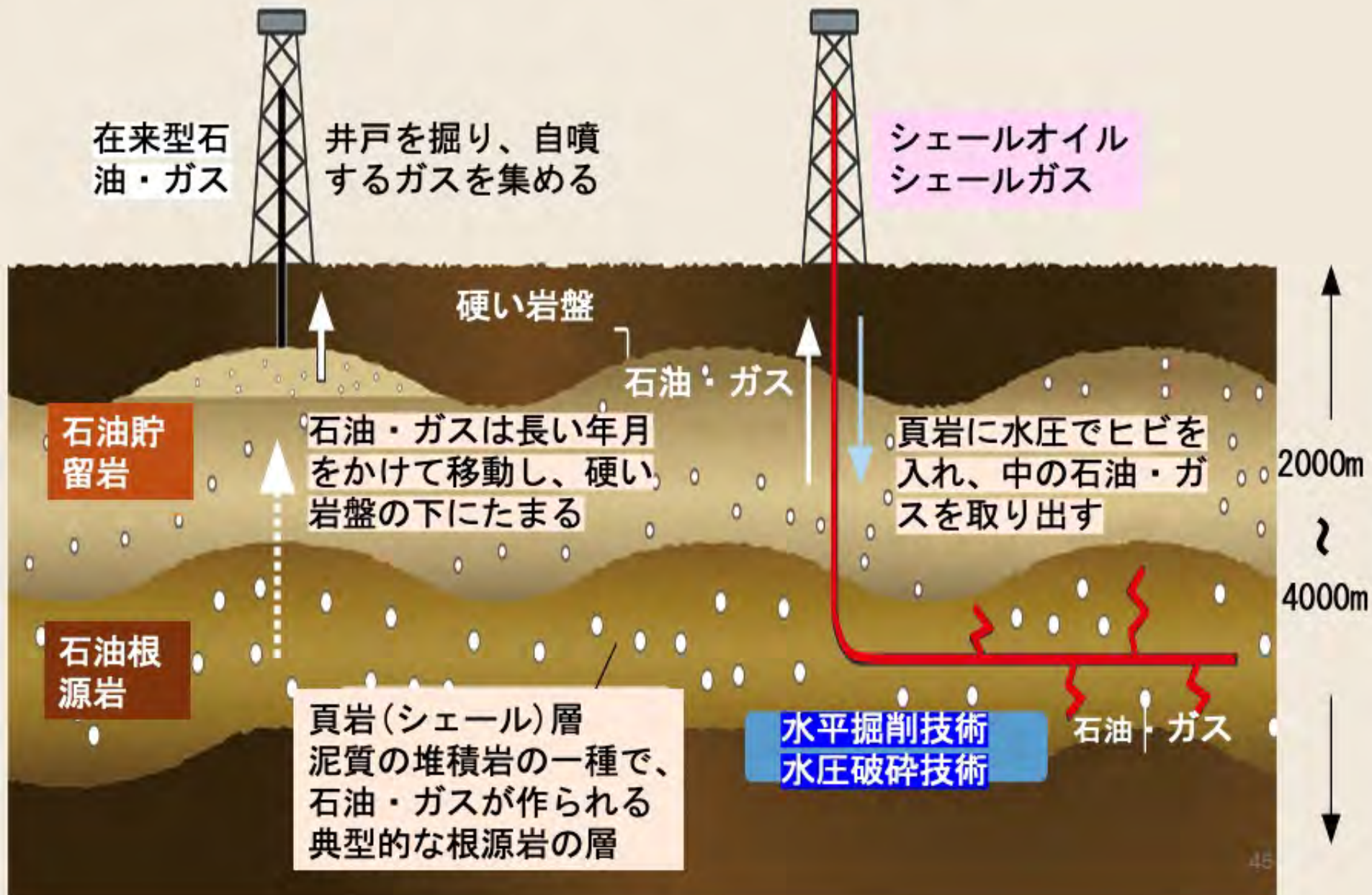
1. メタンガス濃度が高い(95%以上) → 天然ガスの利用技術・用途が適用可能
2. 地表からのボーリングにより生産 → 環境負荷が少ない
3. 安定したエネルギー源 → 太陽光や風力発電との組み合わせ
4. クリーンなエネルギー → 燃焼時のCO<sub>2</sub>や汚染物質の排出が少ない
5. CO<sub>2</sub>炭層固定 → CBM増産とゼロエミッション発電の可能性

# 在来型天然ガス田・シェールガス田・炭層メタンガス田





# シェールオイル・シェールガス掘削の仕組み





## 炭層メタン (CBM) は石炭層に含まれるメタンガス (非在来型天然ガス)

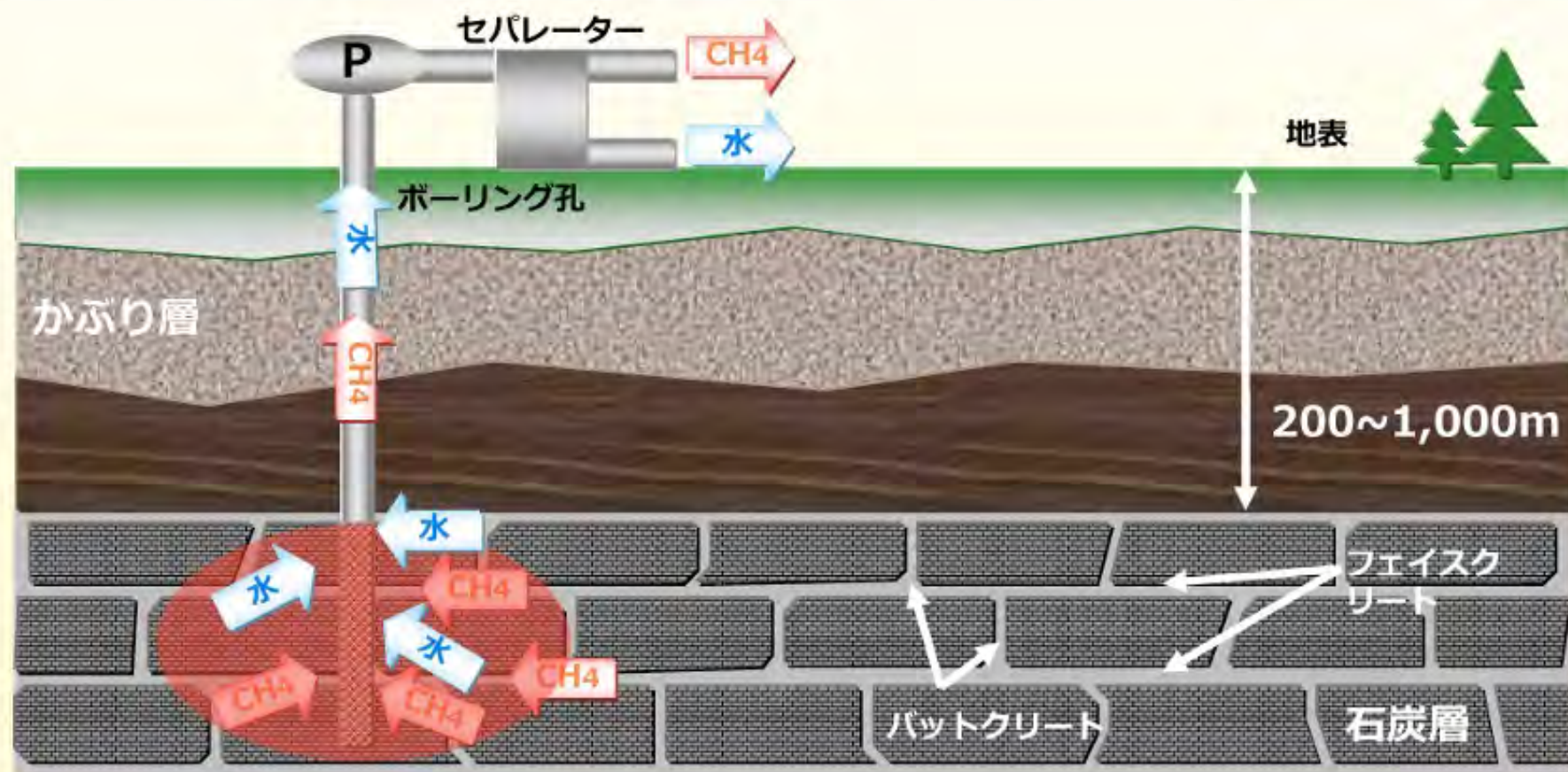
メタンガス濃度が高い (90 %以上)

地表からのボーリングにより生産

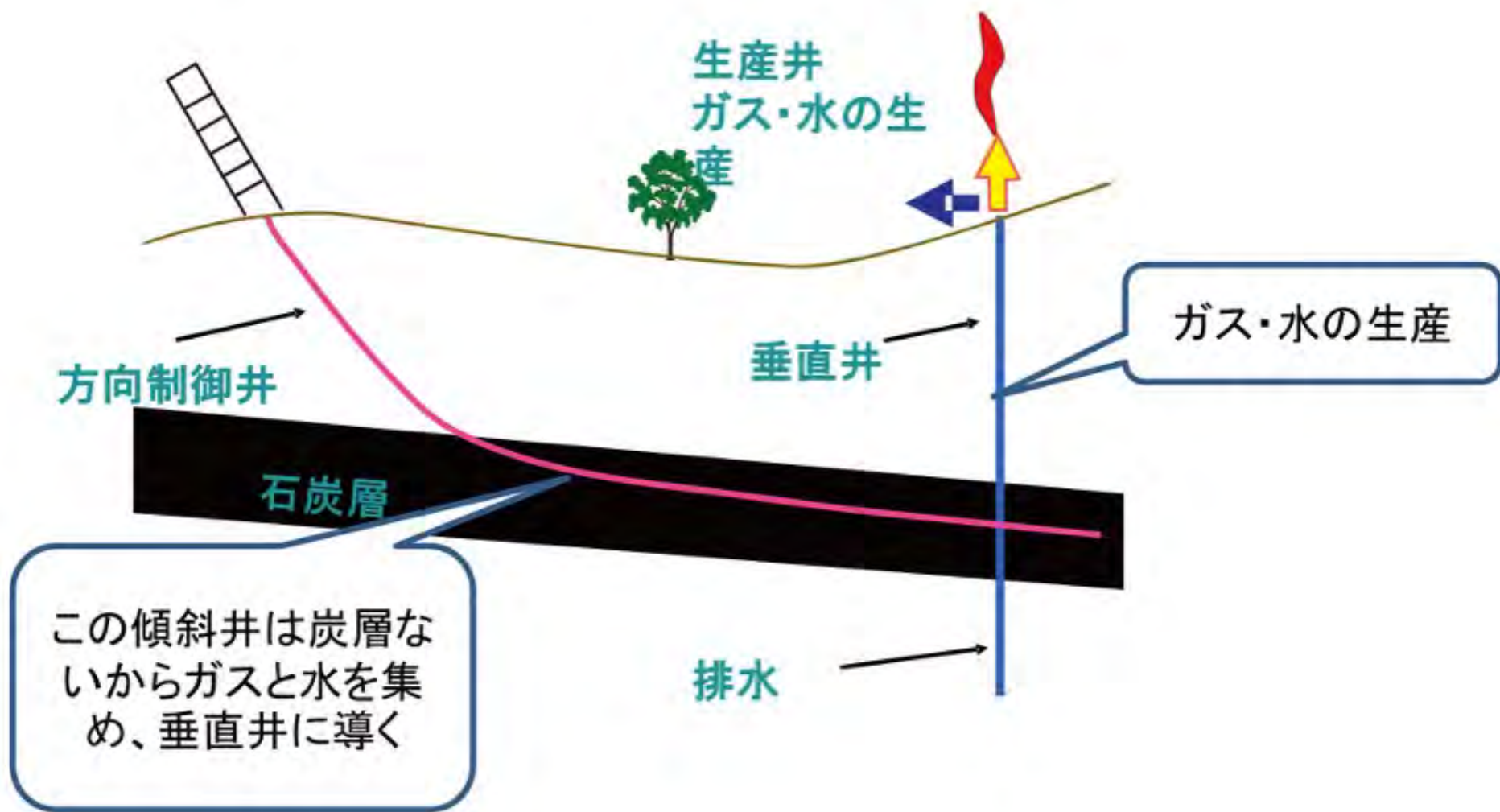
アメリカの天然ガス生産の10%はCBM

豪州では近年開発・利用が急増、LNG化も

中国では大幅なCBM増産計画 (2010年までの5年間で20倍)







## CBM集中発電のイメージ

中国陝西省大仏寺炭鉱  
CMM発電所の事例

1台500kWのガスエンジンと発電機





## 埋蔵メタンガス CBMはクリーンなエネルギー

- CBMは天然ガスと同じメタンが主成分
- 発熱量：36~40MJ/m<sup>3</sup> （天然ガス：44~55MJ/m<sup>3</sup>）

石炭を100とした場合の排出量比較（燃焼時）

CO<sub>2</sub>(二酸化炭素)

NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)

SO<sub>x</sub>(硫黄酸化物)

天然  
ガス

60

40

0

石油

80

70

70

石炭

100

100

100

# CBMの資源量（北海道）

## 炭層メタンガス

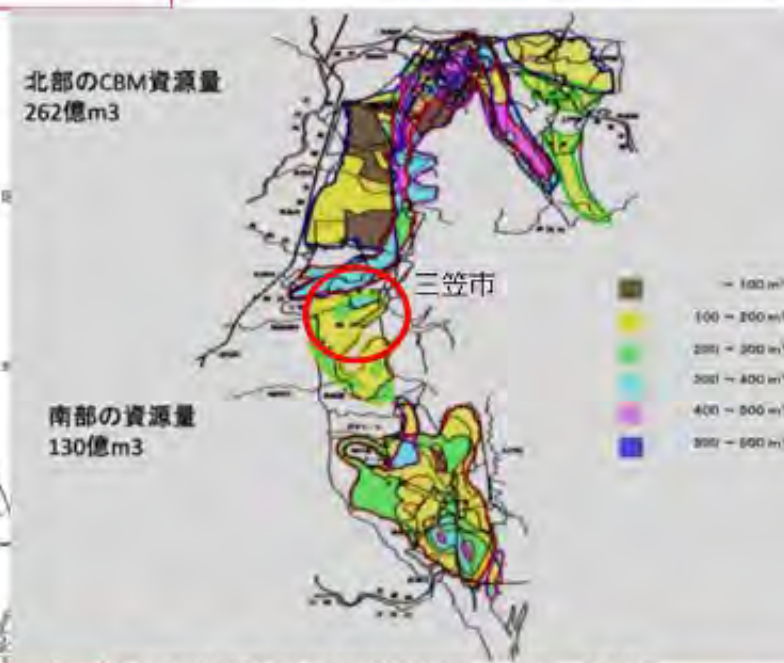
NEDO調査によるCBM賦存有望地域



- 石狩炭田全体では  
約400億 $m^3$ の資源量
- 我が国の天然ガス生産量\*  
約33億 $m^3$ /年（2011）
- 勇払（北海道）生産量\*  
約5億 $m^3$ /年（2011）

### 北海道の有望区域の資源量

	滝川東部	清水沢～ 南大夕張	夕張西部
面積 km <sup>2</sup>	83.2	40.0	32.0
埋蔵炭量 億トン	17.1	5.3	2.8
CBM資源量 億 $m^3$	162.5	50.4	26.6



NEDO: 国内CBM資源調査可能性調査

（北海道地区）, 1998

単位面積当たりのCBM賦存量（北大, 2009）



- ◆ 夕張市まちづくりマスタープランとの連携

### 夕張市地域再生計画認定

「コンパクトシティと夕張再生エネルギー活用による元気創造への挑戦」

- ◆ 調査井掘削/生産テスト－資源量の確認/生産性予測
- ◆ CBM活用トライアル事業－調査井を活用するCBM活用モデル
- ◆ 詳細FS
- ◆ 本格事業展開

調査井掘削  
生産テスト

CBM活用  
トライアル

CBM  
開発・利用  
プロジェクト

## アメリカでのCBM開発

1980年後半より、San Juan, Black Warriorで開発が進む。

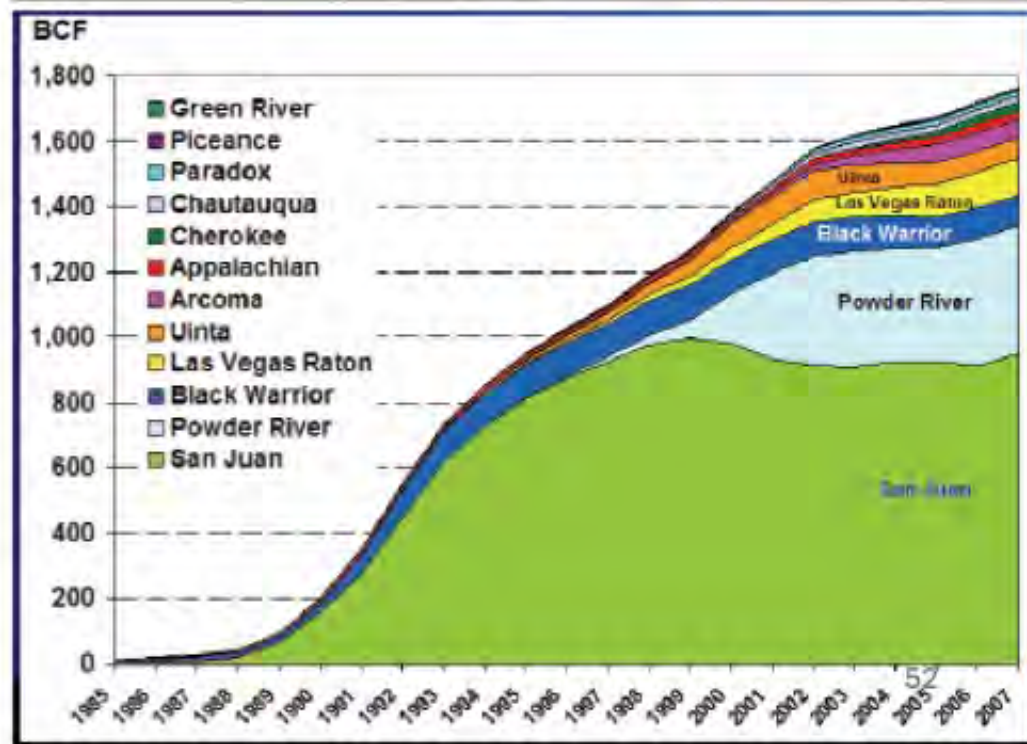
1995年頃、Powder River, Uinta, Raton等で開発が進み  
現在、9炭田で生産が行われている。

## 二つの開発タイプ

San Juan等 瀝青炭～亜瀝青炭  
ガス包蔵量 10m<sup>3</sup>/t  
浸透率 数十md.

Powder River等 低品位炭  
ガス包蔵量 2～3m<sup>3</sup>/t  
炭層厚が厚く、単位面積当たりガス包蔵量は高く、浸透率が高い。  
現在、Illinois, Appalachiansで開発

## Major Coalbed Methane Basins





## Bowen 炭田（オーストラリア）

ガス包蔵量が高いが浸透率が1md以下と低い。  
地上からの指向性ボーリング技術の発達により  
CBM生産が行われるようになった。

## Surat 炭田

ORIGIN ENERGY, Talinga

炭層賦存深度:300~700m

炭層枚数: 20~30枚、総炭層厚:20~25m

ガス包蔵量:8~10m<sup>3</sup>/t, 浸透率:数百md.

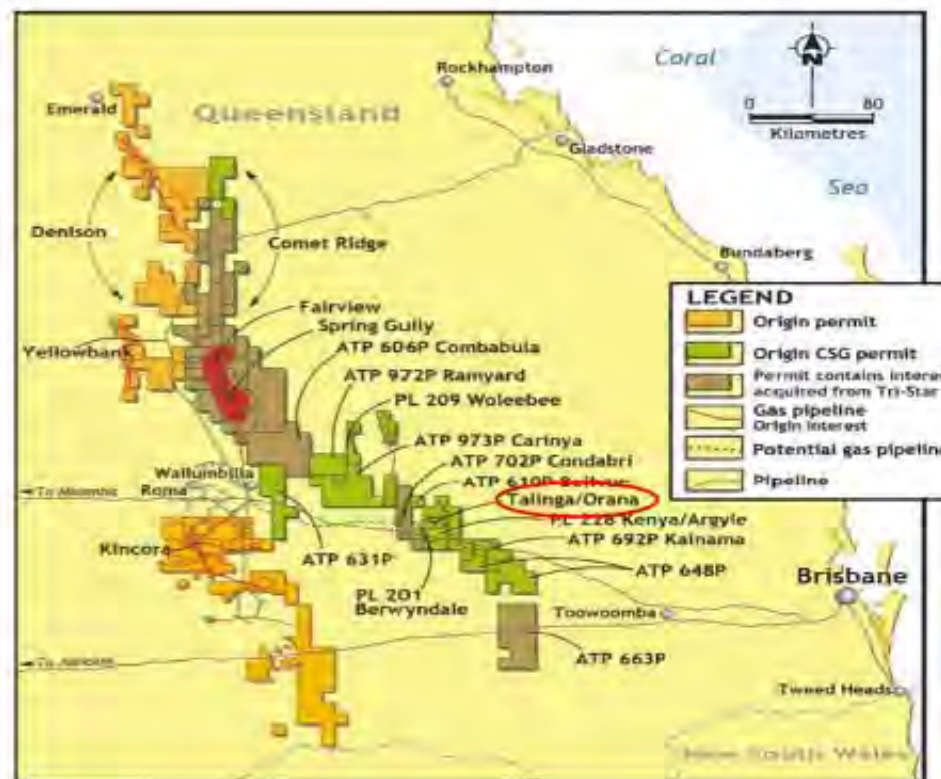
坑井間隔: 1000m,

ガス生産量:93000m<sup>3</sup>/day

水生産量:1590m<sup>3</sup>/day

ガスはQLDガス会社へ、将来グラッドストーンのLNG基地へ。

水は現在蒸発池、将来は水処理後近隣炭鉱の選炭水



# CBMの開発（オーストラリア）

坑井ヘッド・ポンプ・セパレーター



コンプレッサー



発電所



パイプ  
ライン

蒸発池



掘削機械



炭層



# オーストラリアにおけるCBM開発

近年、QLD州での生産は2003年から2007年で約3倍

表 QLD、NSWでのCBM生産量の推移(PJ)

州	2003	2004	2005	2006	2007
QLD	31	35	52	73	93
NSW	9	10	11	7	9
Total	40	45	63	80	102

現在の資源量 3000億m3

1PJ≒1兆CF≒278億m3

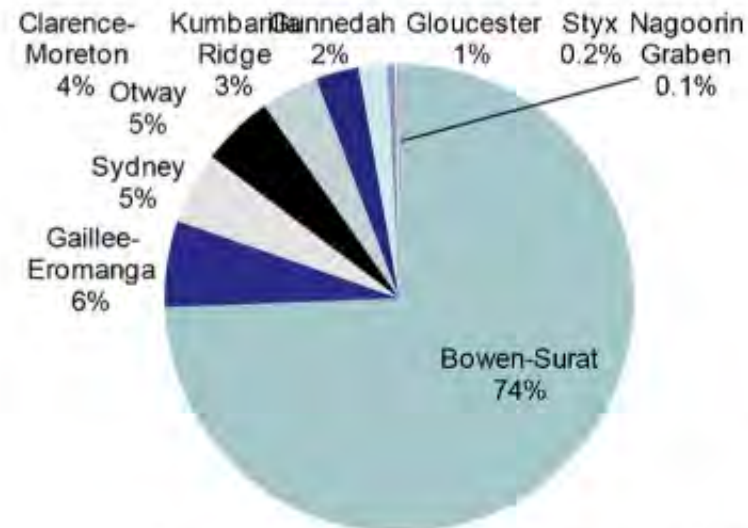


図 各炭田からのCBM生産量

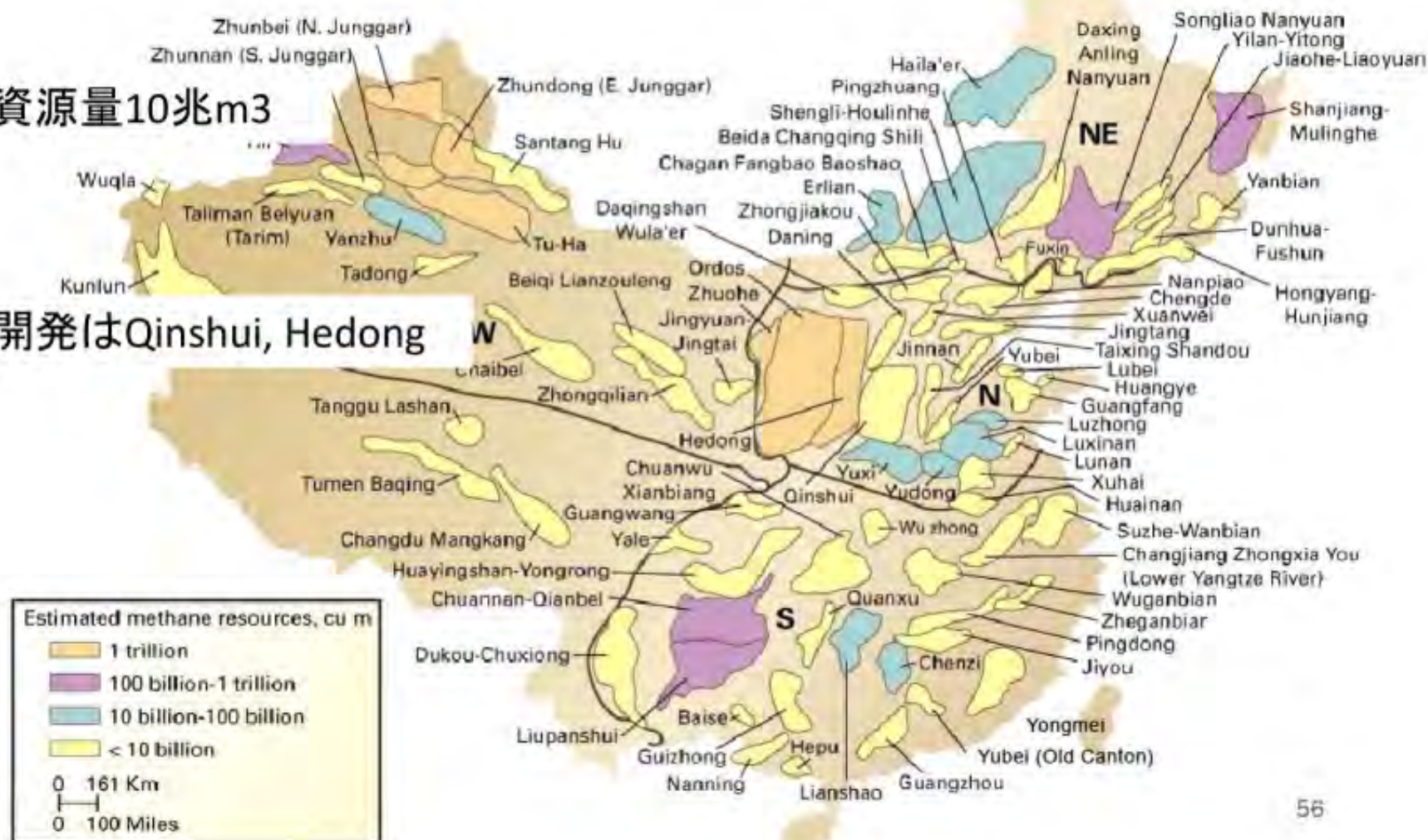
図 オーストラリアにおける主要CBM生産炭田

## 中国におけるCBM開発

近年、経済成長とともにエネルギー需要の増大、中国政府は地球環境をも考慮して、一部エネルギーの天然ガスへの転換をすすめる、石炭開発に伴うCMM(Coal Mine Methane)、CBM開発に積極的に取り組んでいる。

CBM資源量10兆m<sup>3</sup>

CBM開発はQinshui, Hedong





## 背景 地域エネルギーとしての活用

豊富に賦存する石炭資源  
石炭層にはメタンガスが吸着

「まちづくり」の視点に立った  
クリーンで安定した地域エネルギーの活用

地域未利用  
資源

開発負荷の少ない  
クリーンなエネルギー

地球環境  
地域環境

CBM  
開発

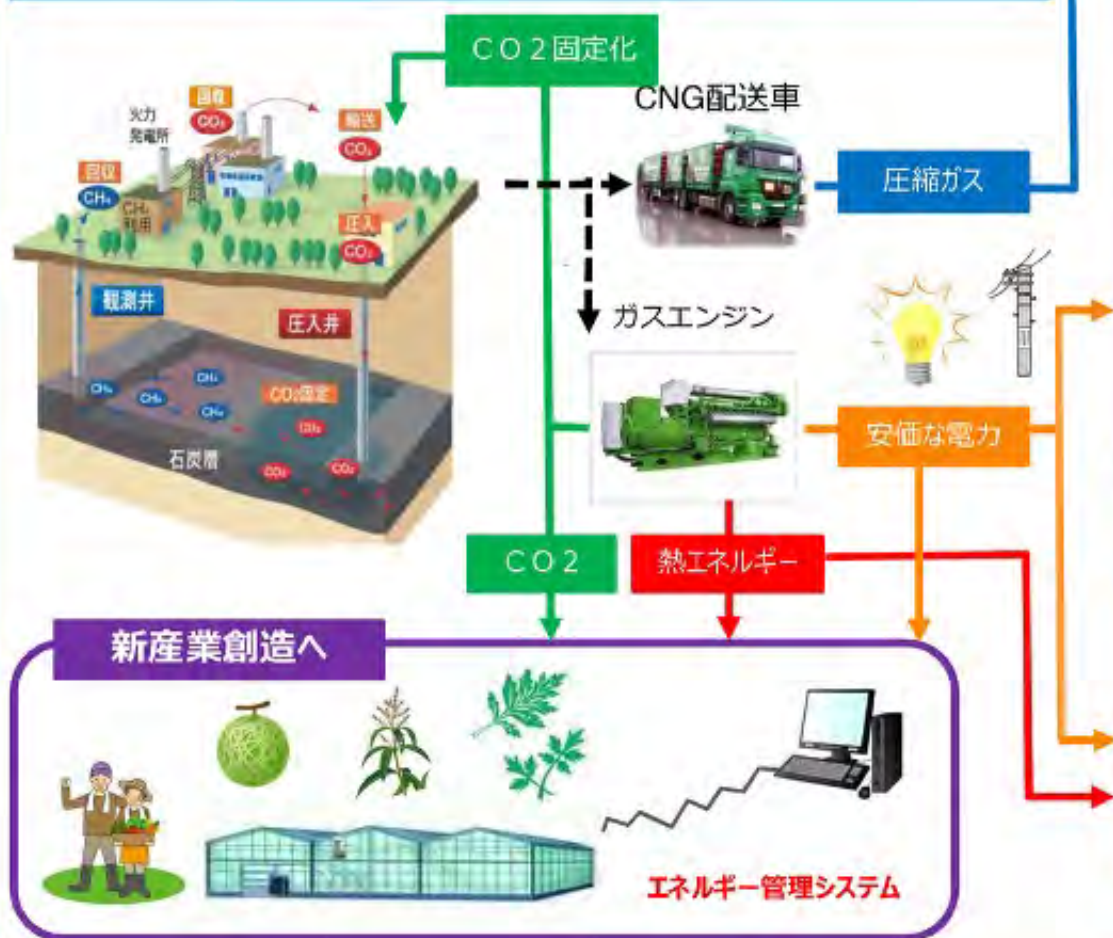
コンパクトシティ  
エネルギーの地産地消

まち  
づくり

地域資源の活用  
エネルギーの自給  
資金の地域内循環  
地域活性化  
低炭素社会

# 背景 地産地消のイメージ

- ・エネルギーの“生産地”に止まらない地域資源の地産地消  
地元企業、農家、公共施設等に対し電力や燃料を供給し、  
地元で消費する仕組み



## 頑張る農家へ

### 夕張市



## 頑張る地元企業へ

CITIZEN. 石田鉄工株式会社



株式会社 豊田 小笠原 T.O. OGASAWARA



マルハニチロ



自然と健康と科学の  
漢方の ツムラ



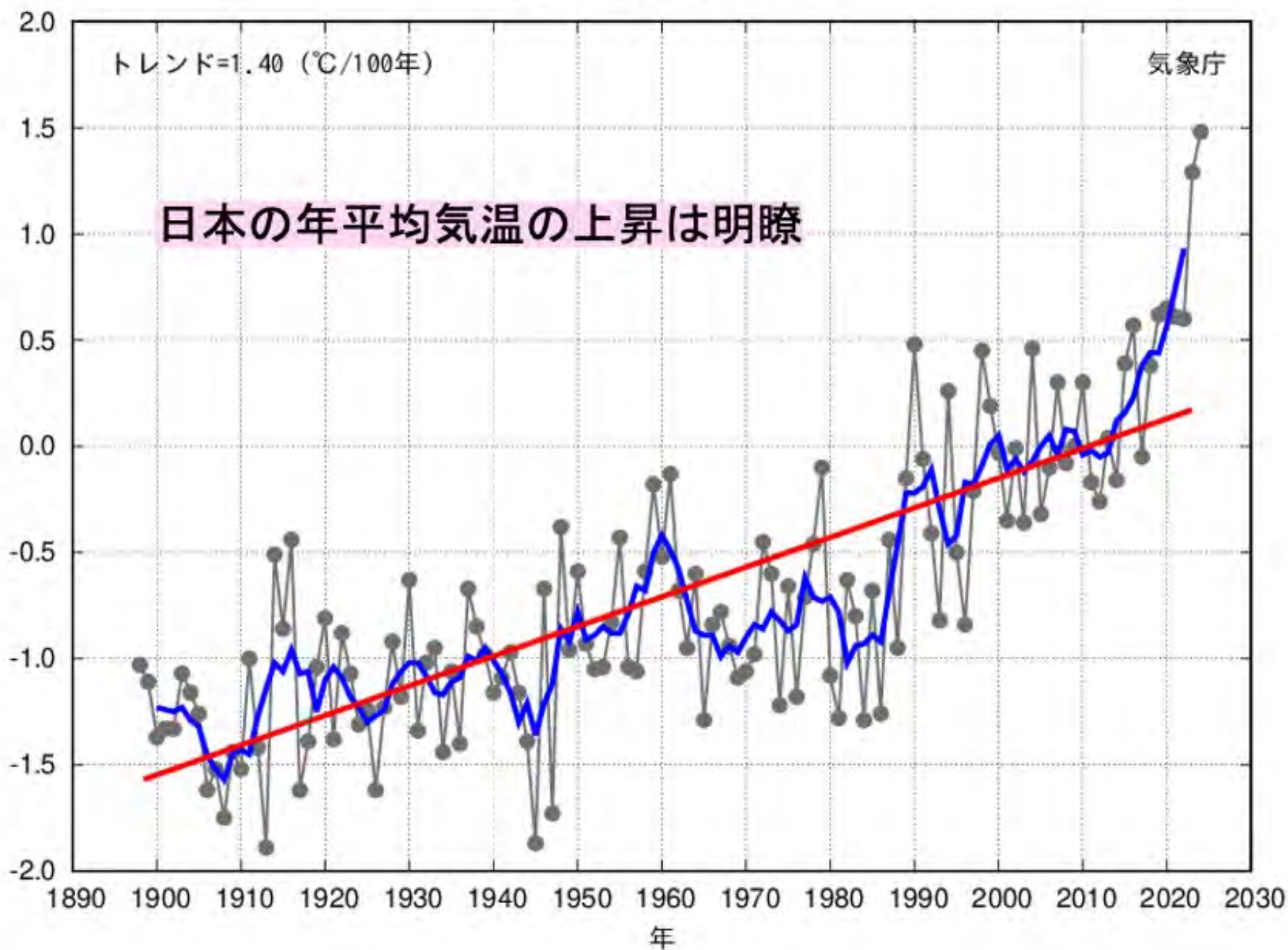
## 公共施設等へ





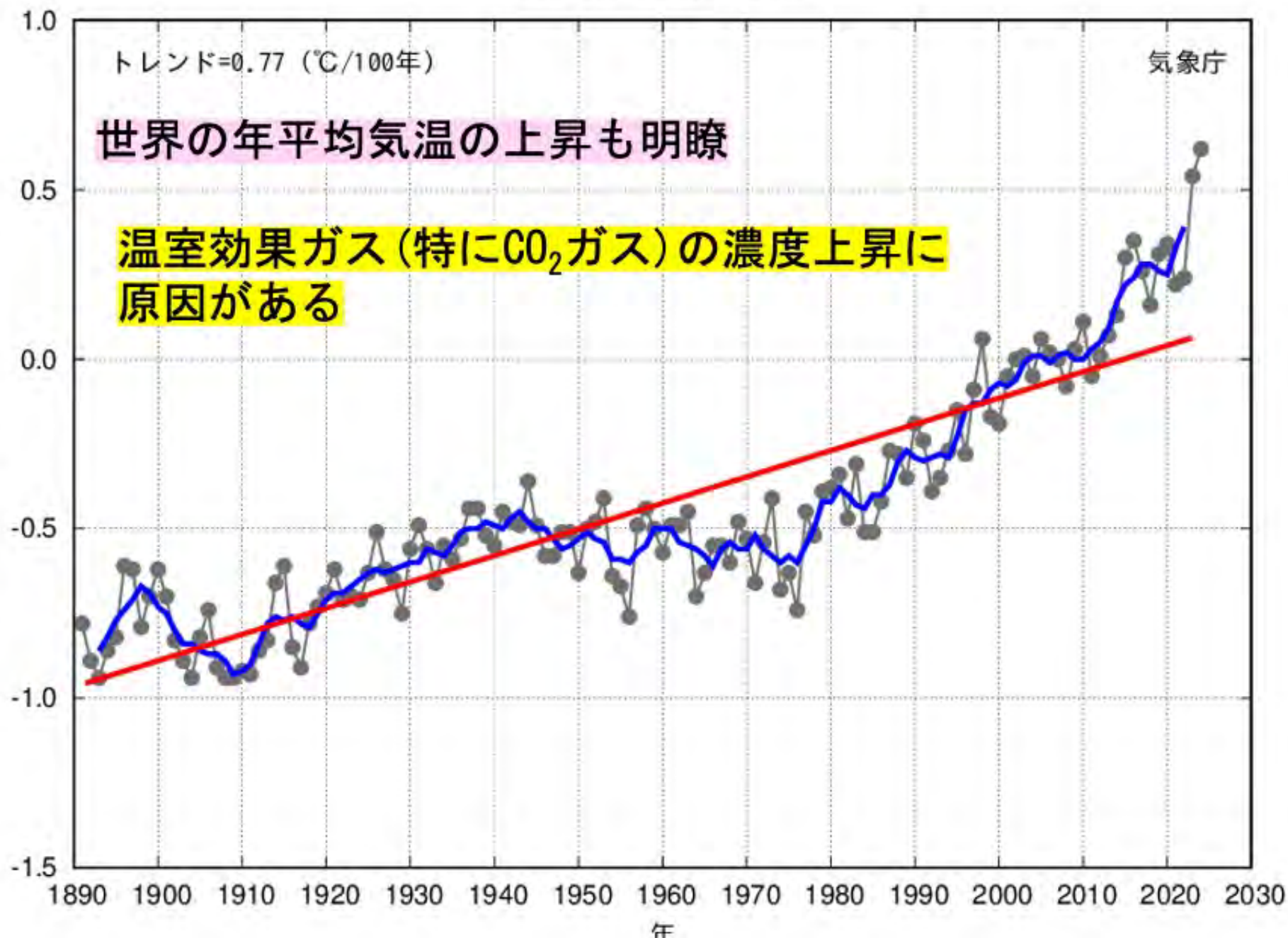
# 日本の年平均気温偏差

1991-2020年平均からの差 (°C)



# 世界の年平均気温偏差

1991-2020年平均からの差 (°C)





二酸化炭素濃度

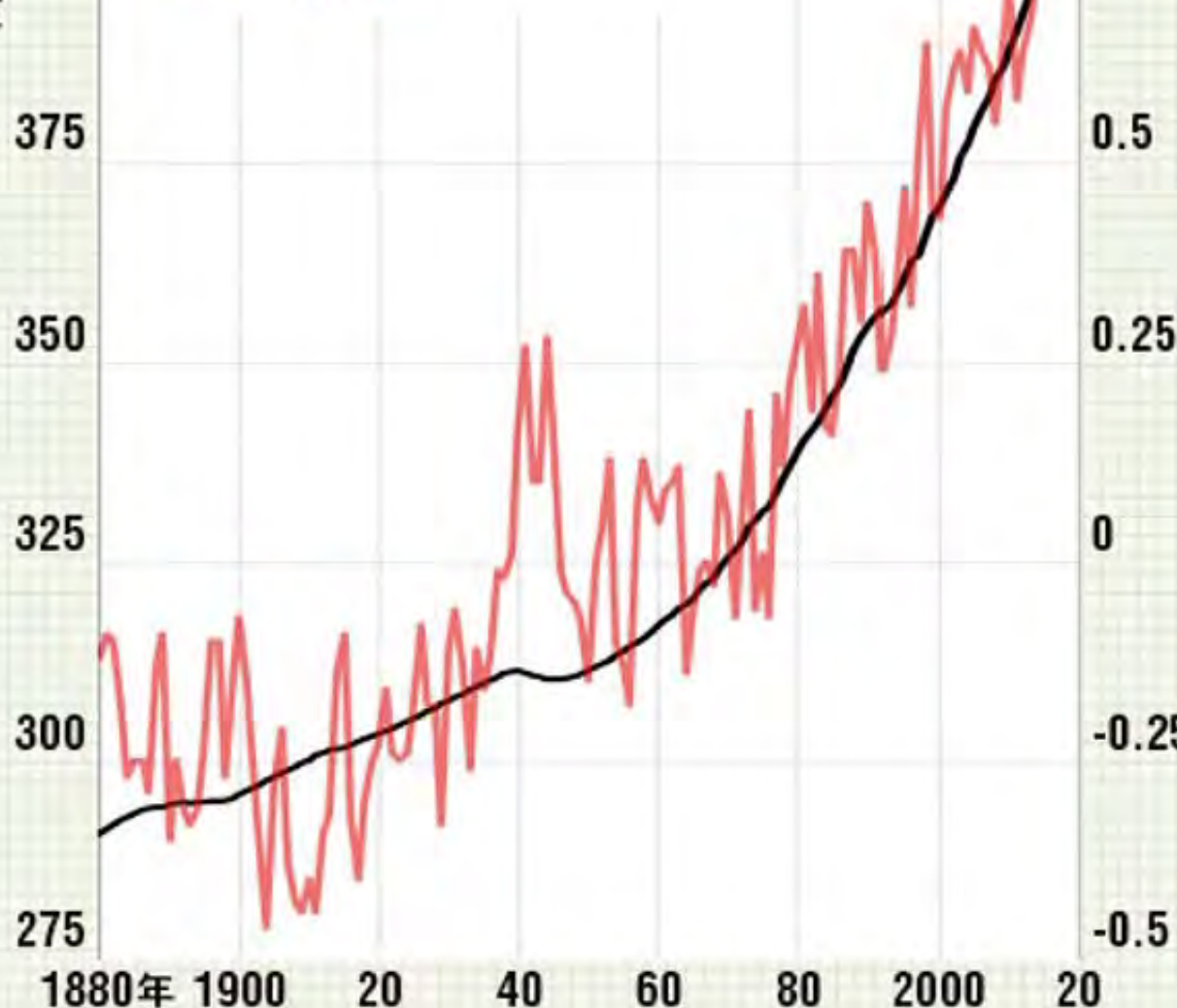
425 (ppm)

(度、対1950年比) 1

気温

## 緊急課題

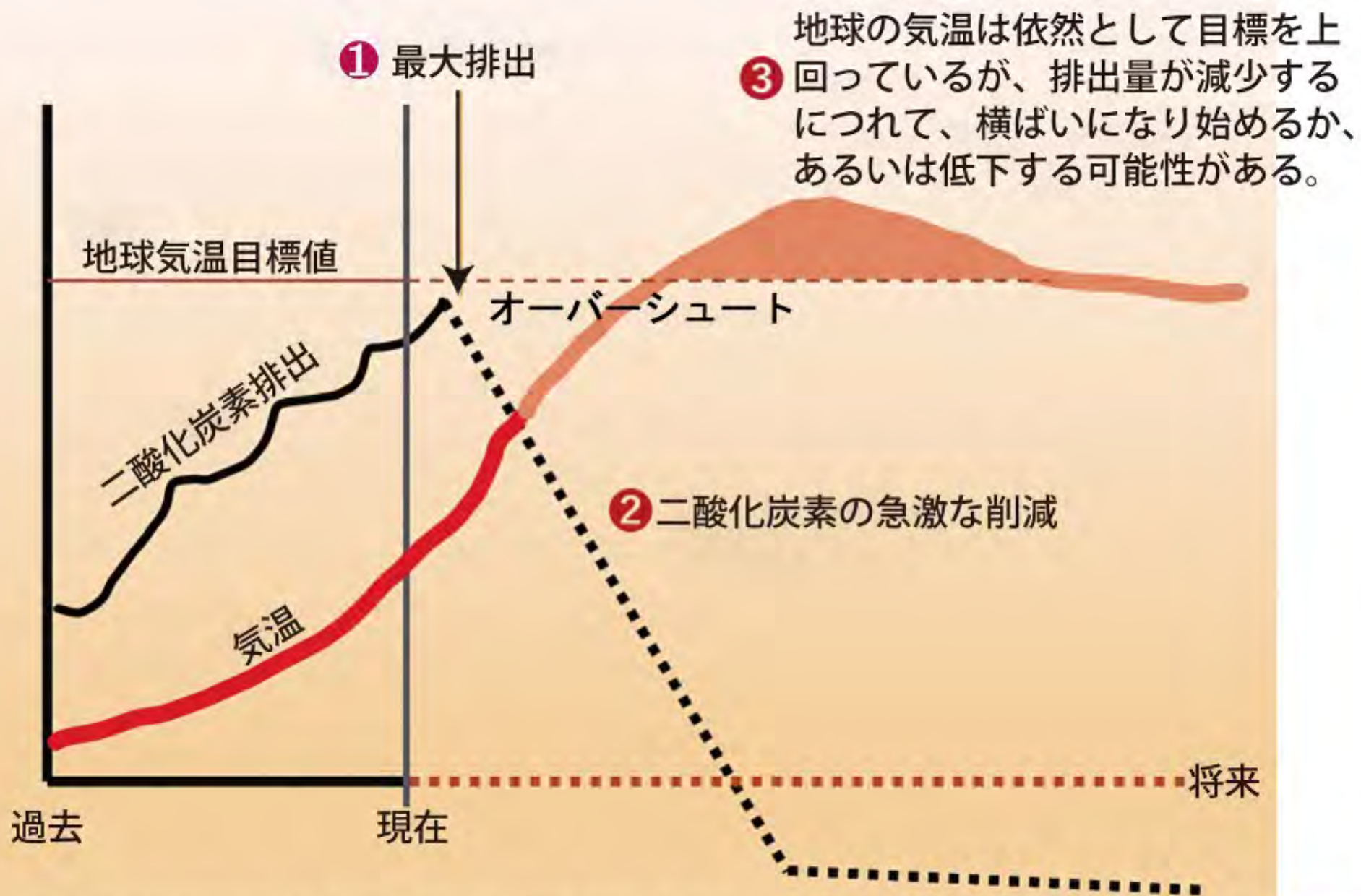
— 二酸化炭素濃度  
— 気温



現在取り組まれているのはCO<sub>2</sub>ガスの削減のみ

大気中のCO<sub>2</sub>ガス濃度が高いままでは気温は下がらない

大気中のCO<sub>2</sub>濃度を人為的に減少させなければならない



二酸化炭素の排出量を差し引きゼロにすると気温は安定する。ただし、下がらない。差し引きマイナスにすると気温は下がる。



# CCSの流れ

CO<sub>2</sub>排出源

CO<sub>2</sub>回収

CO<sub>2</sub>貯留

製油所  
発電所  
化学プラント  
など

回収設備

CO<sub>2</sub>圧入

CO<sub>2</sub>を貯留

貯留層

すき間の多い砂岩などの層。  
岩石のすき間にCO<sub>2</sub>を貯留。

遮へい層

CO<sub>2</sub>を通さない泥岩などの層。

# CCSの仕組み

二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )を回収し、貯留する

**CCS=**  
**Carbon dioxide Capture and Storage**



製鉄所や製油所、  
発電所、化学工場など



排ガスから $\text{CO}_2$ を分離・回収

**CCS**

$\text{CO}_2$ を液体のような状態  
にして圧力をかけて入れる



圧入

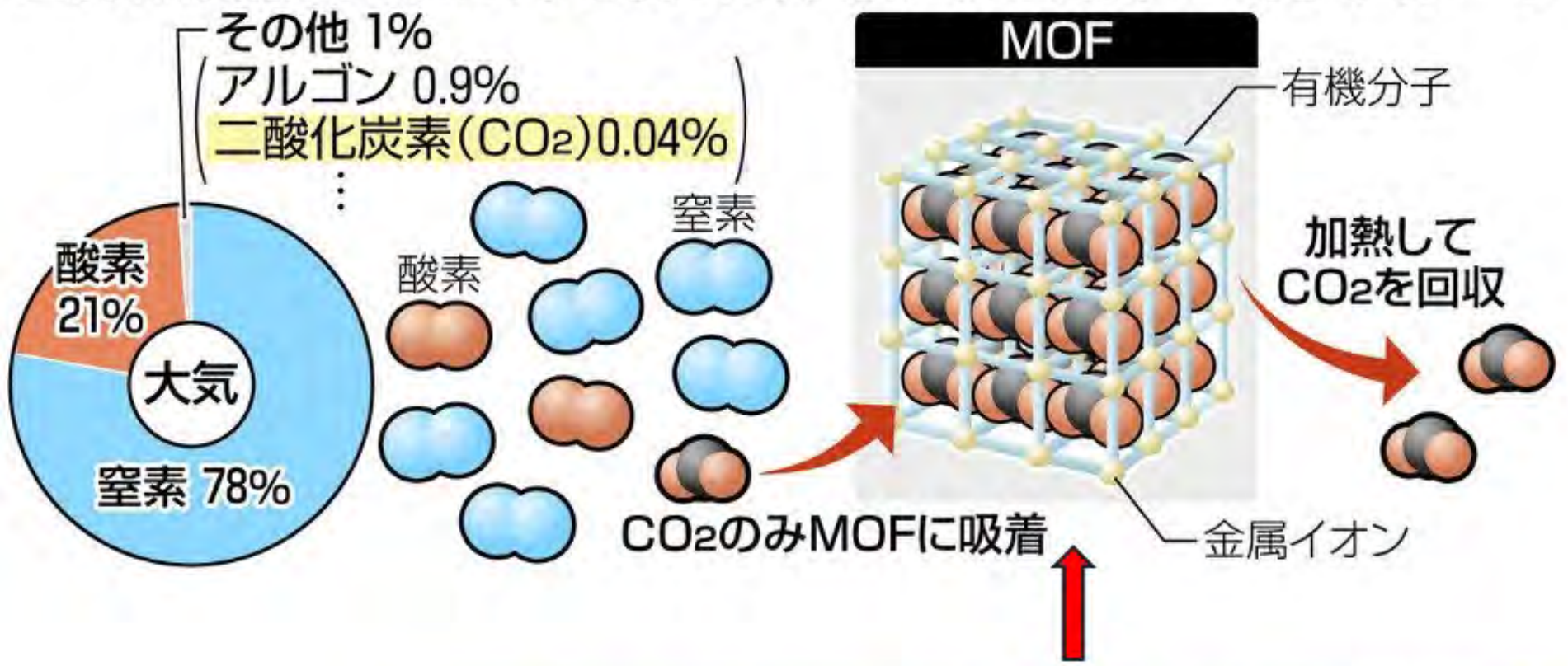
海

砂岩層

$\text{CO}_2$

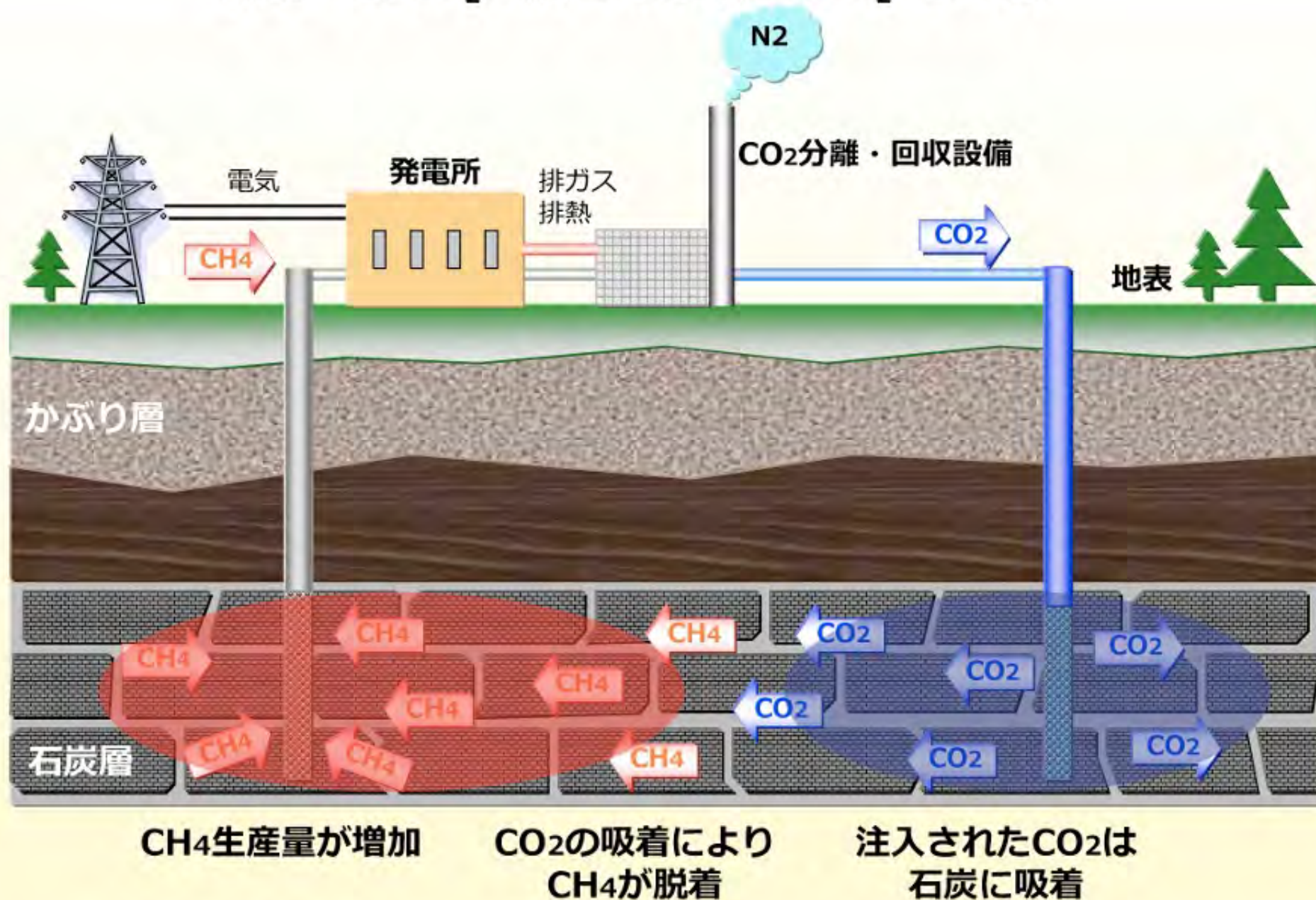


金属有機構造体 (MOF) を使った「直接空気回収 (DAC)」のイメージ



北川さんがノーベル賞を受けた研究成果

# 炭層へのCO<sub>2</sub>固定とCBM増産(CO<sub>2</sub>-ECBM)





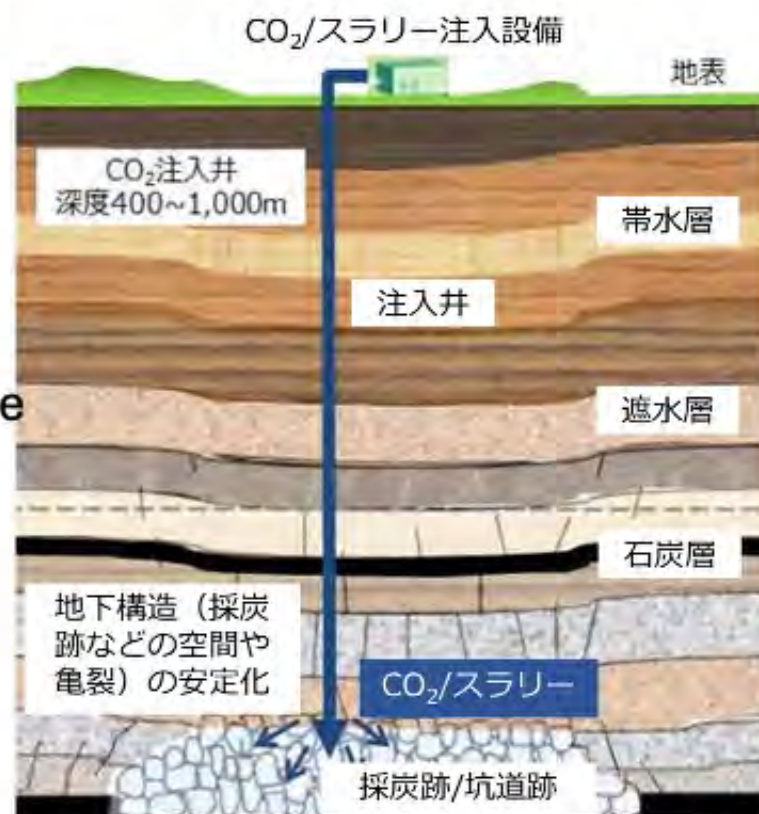
## 低炭素水素（ブルー水素）製造に向けて：CO<sub>2</sub>地下固定（石炭採掘跡への圧入）

- 三笠市は、地域資源の石炭と木質バイオマスを用いた**ブルー水素（低炭素水素）サプライチェーン構築実証事業**に取り組んでいる
- 低炭素水素を実現するには、水素製造過程で排出される**CO<sub>2</sub>を分離・回収**し、処理する必要がある
- 三笠市内に存在する**石炭採掘跡**にCO<sub>2</sub>やCO<sub>2</sub>と反応して固化するスラリーを圧入することで**CO<sub>2</sub>を地下に貯留/固定**

### Carbon dioxide Capture and Storage

#### CO<sub>2</sub>の圧入（CCS）

- CO<sub>2</sub>マイクロバブル水（MB水）の圧入
- CO<sub>2</sub>固定メカニズム
  - ・ 地層水への溶解/鉱物化
  - ・ 未採掘石炭への吸着
  - ・ 微細亀裂/空隙内への残留



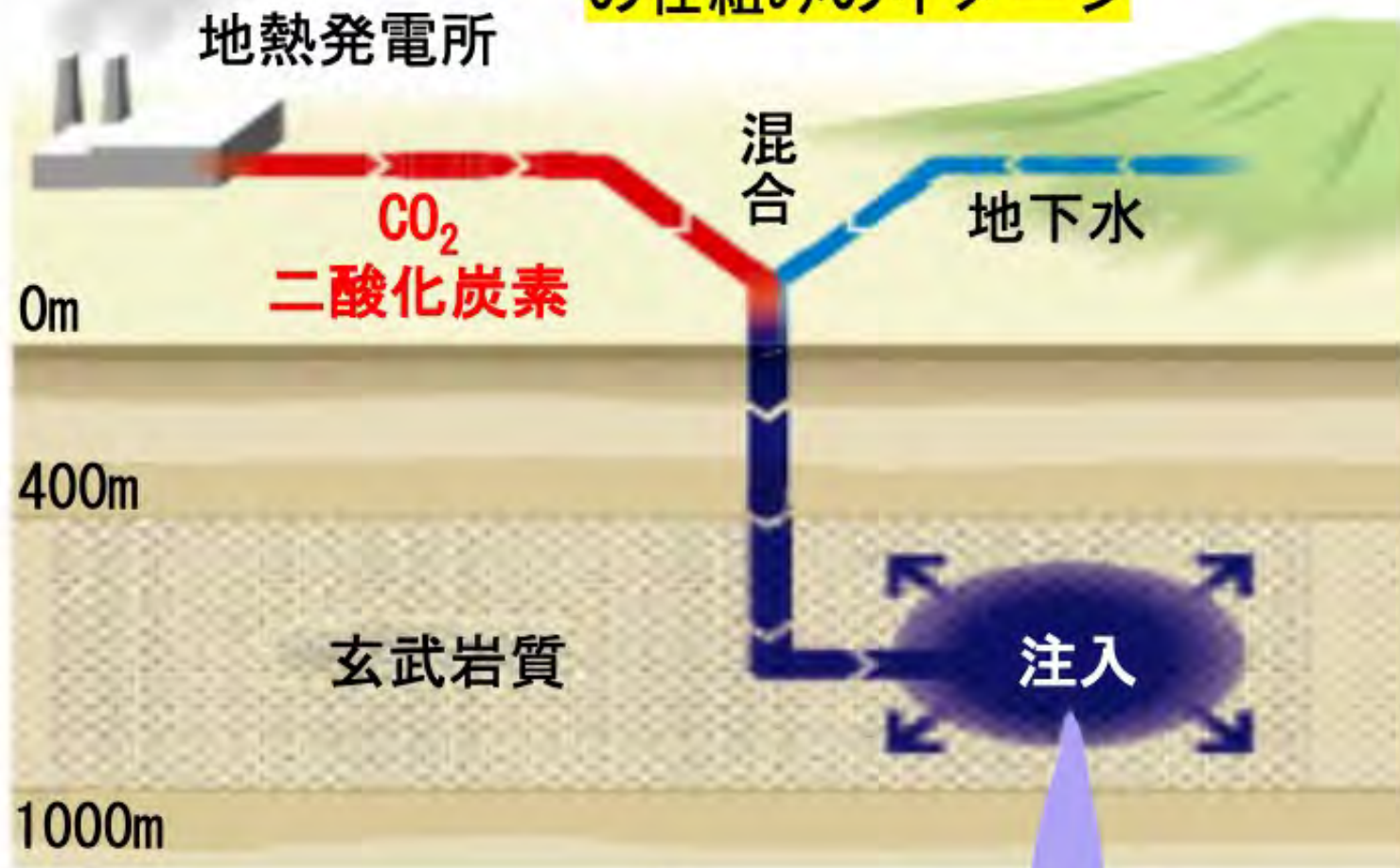
### Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage

#### CO<sub>2</sub>固化スラリーの圧入（CCUS）

- CO<sub>2</sub>と反応して固化するスラリー（高炉スラグ(BFS)・フライアッシュ(FA)など）
- 鉱物化による固定メカニズム
- 坑道跡等地下空洞の安定化
- 地表近傍の空洞安定化にも適用可



# アイスランドのCCS (CO<sub>2</sub>回収・貯蔵) の仕組みのイメージ



石  
CaSiO<sub>3</sub>  
玄武岩質中の  
ケイ酸塩鉱物

+

気体  
CO<sub>2</sub>  
二酸化  
炭素

約  
2年  
間

石  
CaCO<sub>3</sub>  
炭酸塩

+

石  
SiO<sub>2</sub>  
二酸化ケイ素

カルシウムと反応する場合



## 日本で進められているCarbon dioxide Capture and Storage (CCS)の大規模実証実験

日本では、2012年から、北海道・苫小牧でCCSの大規模な実証実験がおこなわれています。2016年度からは、港内の海底の下にCO<sub>2</sub>を高い圧力で貯留する作業を開始しました。

製油所から供給されたガスの中からCO<sub>2</sub>とそれ以外の気体を分離し、海底の深くに掘った井戸に、年10万トン規模のCO<sub>2</sub>を3年間埋めこむ計画です。終了後は2年間、CO<sub>2</sub>が漏れ出さないようにモニタリングする予定です。

日本での商用化の実績はない。

日本企業が参加して、2022年からオーストラリアでCCSの商用化を計画中。



朝日新聞  
2025. 10. 25

## 苫小牧CCS実証施設



# 国内で計画されている 二酸化炭素の 回収・貯留 (CCS) 事業

経済産業省の資料から

苫小牧地域  
CCS

国内各地から

日本海側  
東北地方  
CCS

東新潟地域  
CCS

九州西部沖  
CCS

想定排出エリア  
想定貯留エリア

輸送方法など

パイプライン

船舶

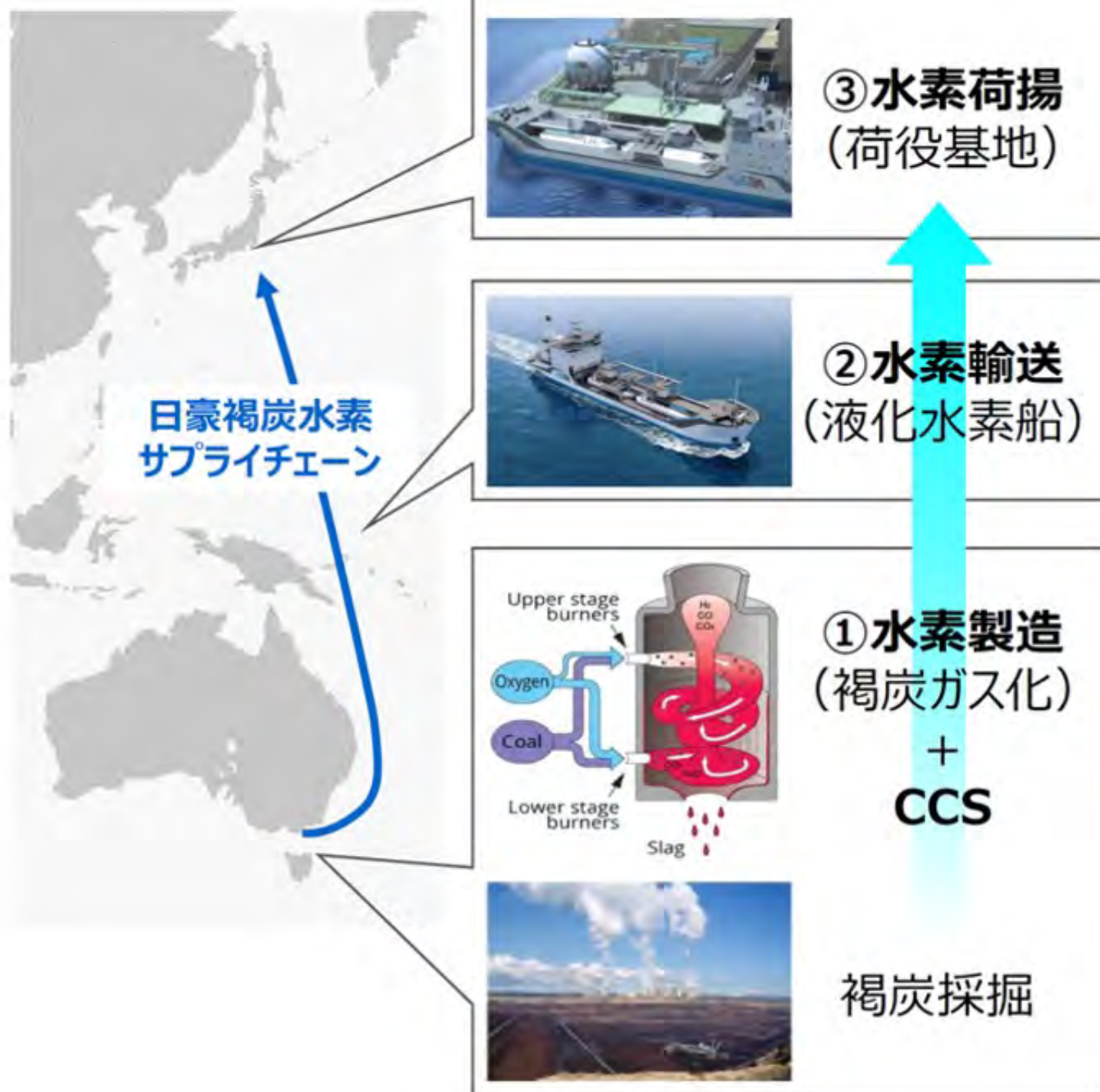
首都圏CCS

マレー半島沖  
北部CCS

大洋州CCS

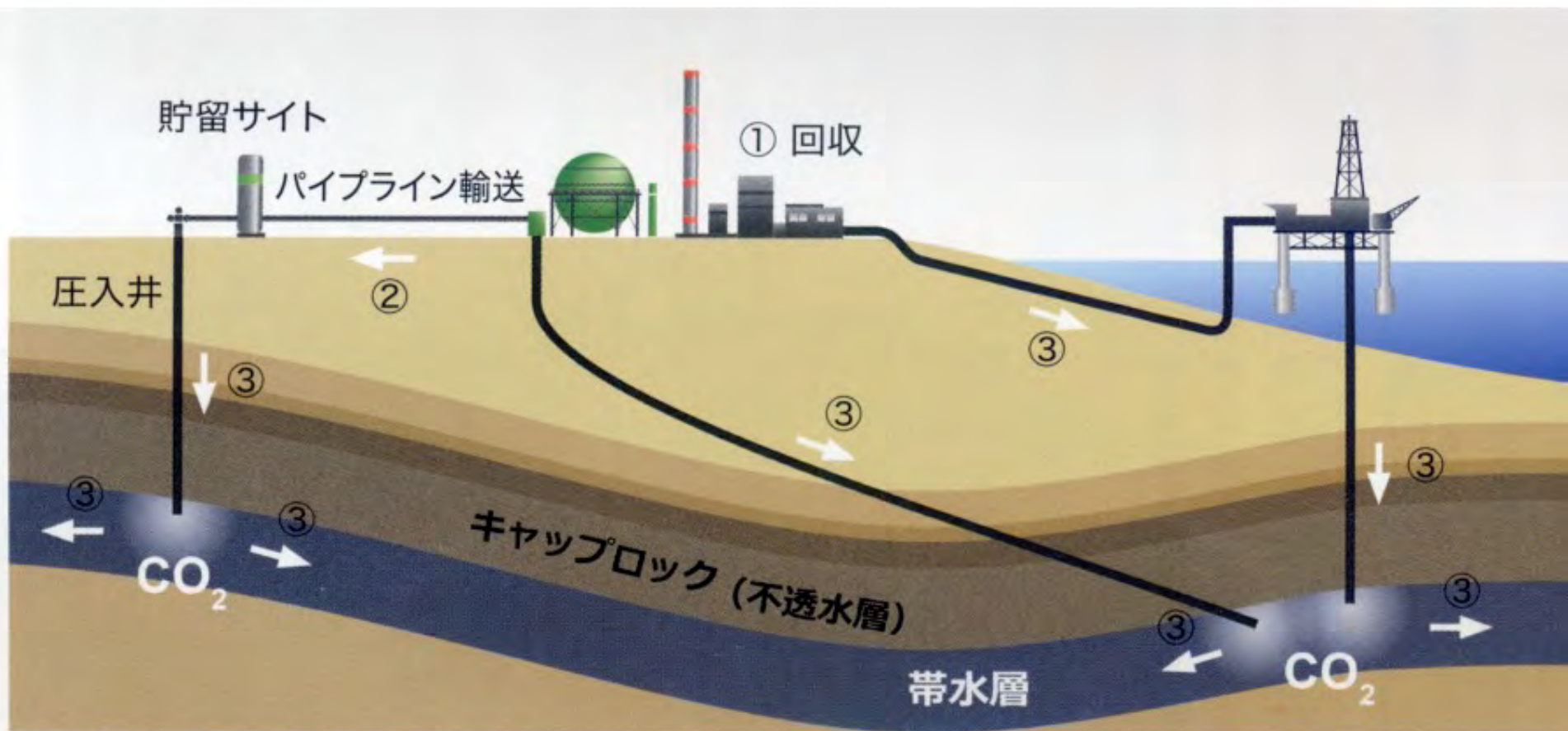
海外へ

サラワク沖  
CCS・  
マレー半島沖  
南部CCS





## CCSの3つの工程



CCS の3つの工程 (①回収、②輸送、③地中貯留)。

## 石炭をメタンガスに変えるオナラ菌

メタン生成菌って何？ どこにいるの？

メタン生成菌って、どんな菌ですか？

酸素がない環境下で有機物が微生物によって分解されると、水素、二酸化炭素、酢酸、メタノールなどができます。それらの有機物を食べ切ってメタンとして放出するのがメタン生成菌です。いわば、有機物分解過程の最後のプレーヤーです。

メタン生成菌は水田や沼、地下、牛の胃など酸素のない環境に住んでいますが、じつは私たちのお腹の中にも住んでいます。おならに火が点くのも、お腹の中でメタン生成菌がメタンをつくっているから。例外はありますが、微生物由来のメタンは、ほぼすべてメタン生成菌がつくっています。



メタン生成菌は細胞内に核膜をもたない「原核生物」の仲間で、生物学的には、大腸菌や乳酸菌、納豆菌などが含まれるバクテリア（細菌）ではなく、アーキア（古細菌）に分類される。

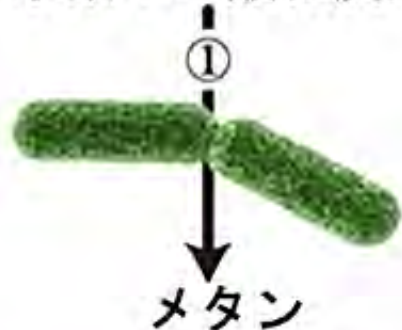
これまでに発見されたメタン生成菌は、およそ160種。いずれも、（1）水素と二酸化炭素、（2）メタノールなどのメチル化合物、（3）酢酸、のいずれかの経路からメタンを生成している。割合としては、水素と二酸化炭素を使ってメタンを生成している菌が最も多く、全体の4分の3ほどを占め、残り4分の1はほぼメチル化合物を利用している。酢酸を使ってメタンを生成している菌も一部にいるが、これまでメタン生成菌が利用できる基質（エサ）は、おおよそこの3つに限られていた。

基質（エサ）の中に石炭が含まれる。

メタン生成菌 AmaM 株は、石炭に含まれるメトキシ芳香族化合物を利用し、メタンを生成する。

# メタン生成菌がメタンを発生する4種の反応

水素＋二酸化炭素



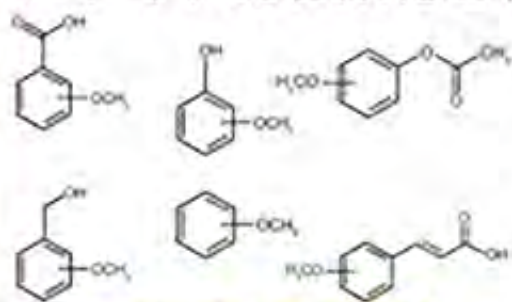
酢酸



メタノール

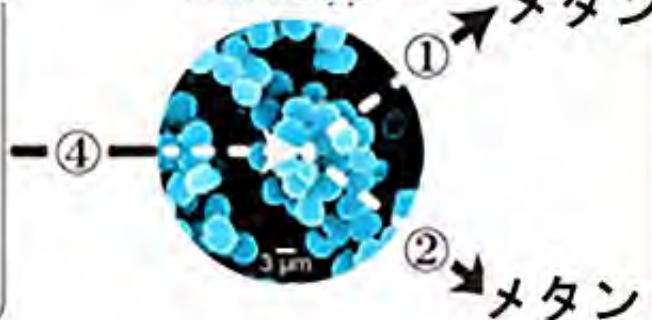


メトキシ芳香族化合物



石炭の成分

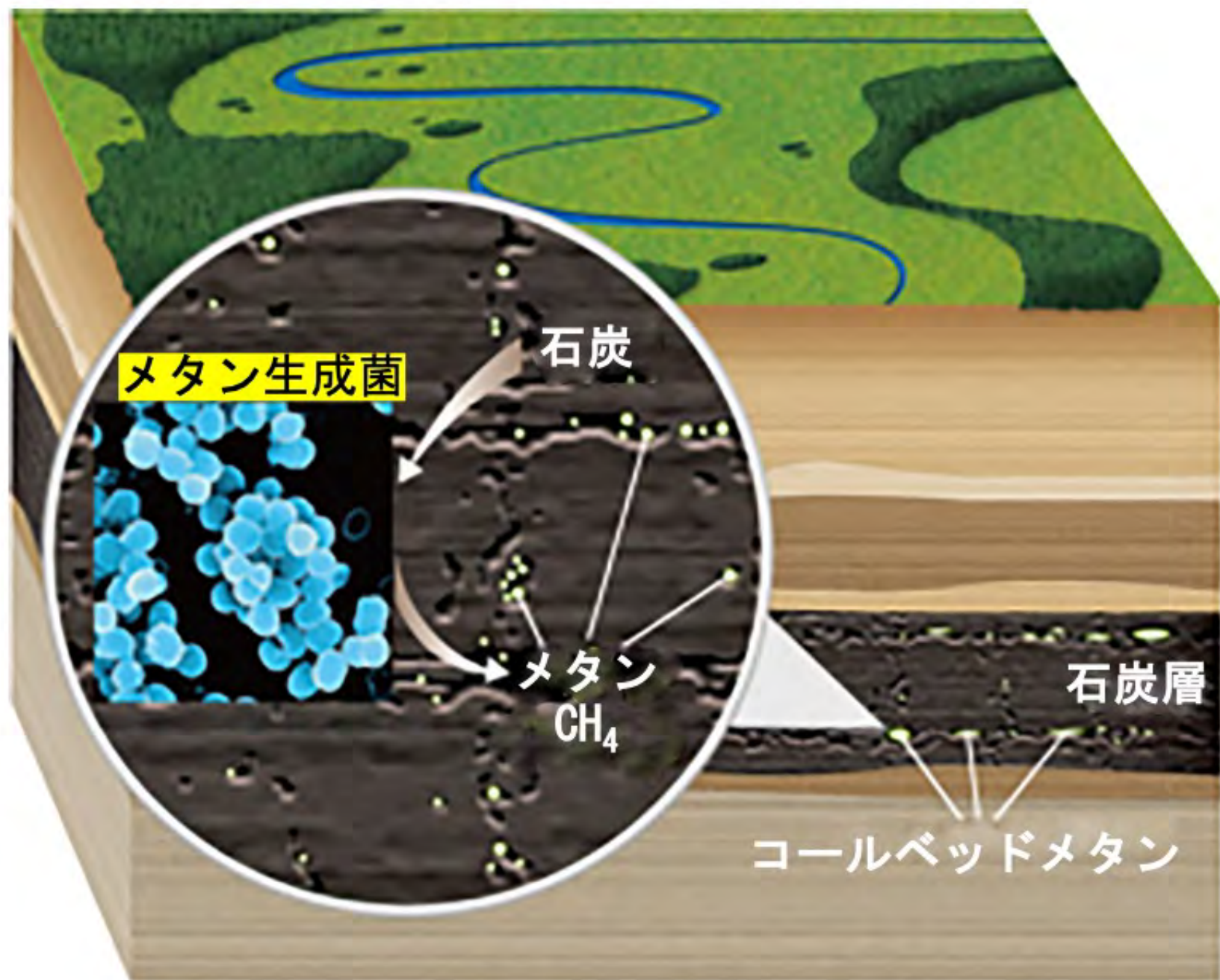
AmaMカブ



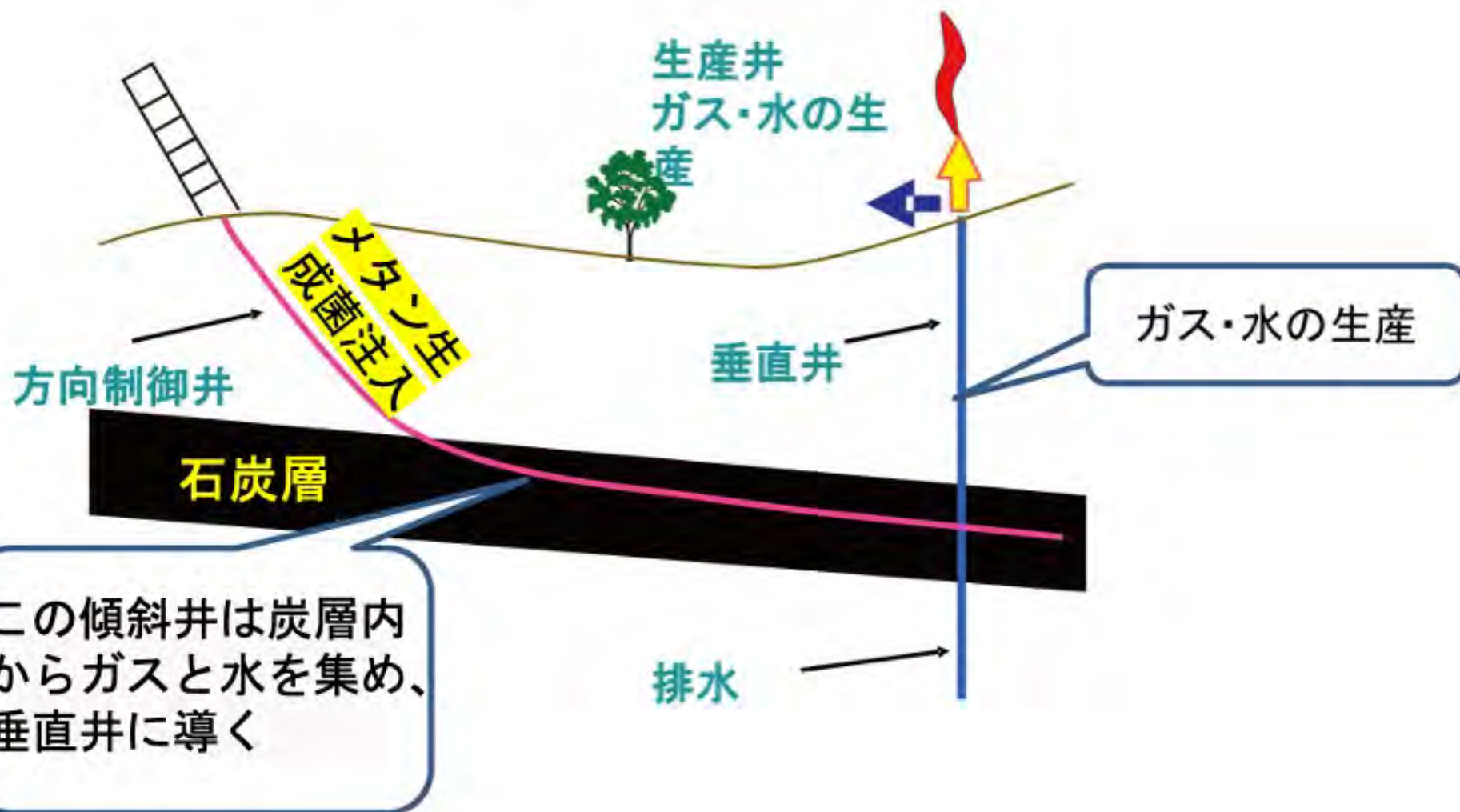
- ① 二酸化炭素還元経路
- ② 酢酸分解経路
- ③ メチル化合物分解経路
- ④ 脱メチル化反応



# 石炭鉱山におけるメタンの発生

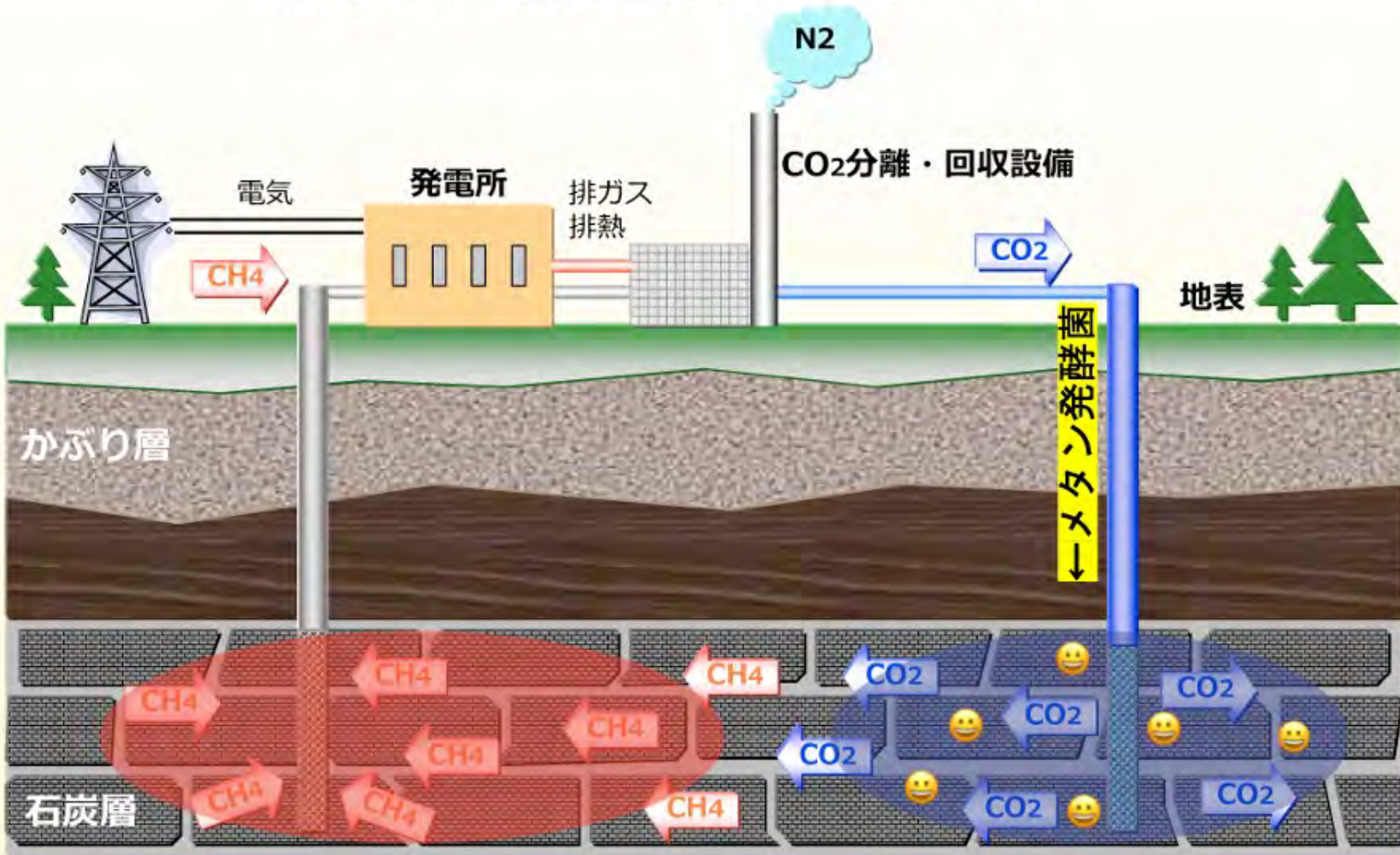


## 将来の炭層メタンの回収モデル





# CCSとメタン発酵菌を注入するモデル



CH<sub>4</sub>生産量が増加

CO<sub>2</sub>の吸着により  
CH<sub>4</sub>が脱着

注入されたCO<sub>2</sub>は  
石炭に吸着

メタン発酵  
より石炭が

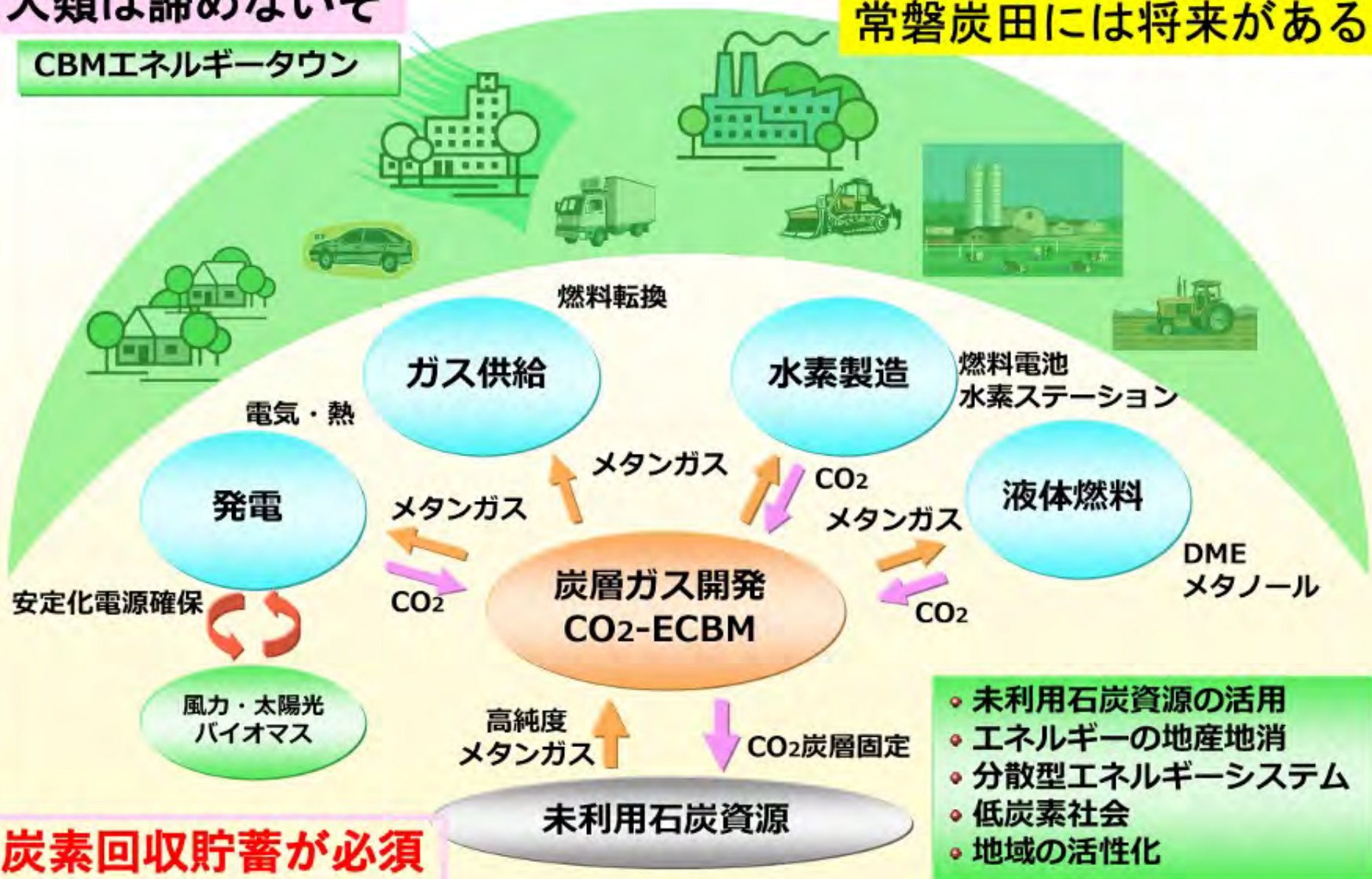


# 炭層メタン（CBM）を核とした低炭素地域エネルギー構想

人類は諦めないぞ

CBMエネルギータウン

常磐炭田には将来がある



炭素回収貯蓄が必須

- 未利用石炭資源の活用
- エネルギーの地産地消
- 分散型エネルギーシステム
- 低炭素社会
- 地域の活性化