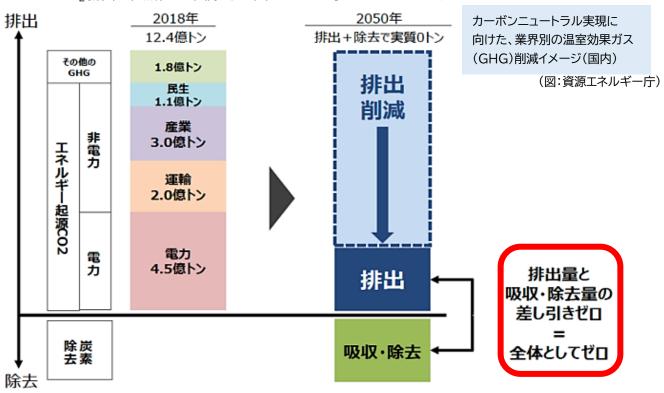
## カーボンニュートラルに挑む 石炭×技術

J-COAL 一般財団法人 石炭フロンティア機構(JCOAL)

# 石炭の新しい利用を進める「カーボンニュートラル」に挑戦していく時代が始まっています。

カーボンニュートラル(温室効果ガス排出量の実質ゼロ)の実現に向けて、化石燃料の利用に伴う CO<sub>2</sub>のエミッション(排出)を減らすことが重要です。これまでの化石燃料の利用方法を改善し、あらゆる資源・エネルギー利用における CO<sub>2</sub> 排出の低減化に、国際的に取組むことが求められています。



こうした状況の中で、今後の石炭利用が目指す方向性の一つに、High Efficiency Low Emission(高効率・低排出)があり、さらにその先のカーボンニュートラルに向けて、技術革新の加速と普及を進めることが大切です。

石炭は幅広く社会で活用されており、利用方法を改善しながら、**再生可能エネルギーの主力電源化や、石炭利用に伴う CO2 排出削減、カーボンリサイクルへの挑戦**など、段階を経た移行が重要です。

化石燃料の利用に伴い排出される CO2 は、分離回収して「貯留(CCS)」または「再利用(CCU/カーボンリサイクル)」 するか、排出と同量分を「吸収」・「除去」することで、差し引きゼロ、正味ゼロ=カーボンニュートラルを実現します。

「世界の全ての人々のエネルギーアクセス改善」と「気候変動問題への対応」という二つの重要課題の同時解決を目指し、必要とされるエネルギーを長期的に充足して、SDGs が目指す「誰も置き去りにしない」持続可能で多様性と包摂性のある社会の実現に向けて、取組を加速し国際貢献していくことが求められています。

現時点で、特定のエネルギーや技術を特定して選んだり排除したりすることなく、多くの選択肢を保持しながら、それぞれに必要な技術革新への挑戦を通して CO₂排出抑制のコスト低減を図り、普及を進めることが重要です。

## カーボンニュートラルの実現に貢献する取組事例の紹介

### 石炭火力の高効率化による CO2 排出削減

発電方式	超々臨界圧 (USC)	石炭ガス化複合 発電 (IGCC)	石炭ガス化燃料 電池複合発電 (IGFC)
概要	蒸気タービンのみで発電 する方式。現在の石炭火 力の主流。 蒸気の温度・圧力を上げ ることで効率が向上。	石炭をガス化した上で燃焼 させて発電する技術。ガス タービン発電と、そごからの 排熱で発生させた蒸気を 利用する蒸気タービン発電 の2つを複合させることで 高効率化が可能となる。	I G C C にさらに燃料電 池を組み合わせたトリブル 複合発電方式。更に高 効率化が可能。現在広 島県の大崎上島で20 22年度の実証試験開 始に向けて準備中。
構造	ボイラ 蒸気タービン	ガス化炉 ガスタービン 蒸気タービン	ガスタービン燃料電池ガス化炉蒸気タービン
発電効率	41%~43%程度	46~50%程度	55%程度
蒸気圧力蒸気温度	221barを超えるもの 593℃以上	ガス温度:1300℃~	ガス温度:1300℃~

#### 高効率な石炭火力発電技術

発電効率:送電端 HHV(高位発熱量) IGCC/IGFC:ガスタービン入口温度

(図: 資源エネルギー庁資料を基に JCOAL 作成)

少ない石炭で、より多く発電する ことは、CO2 排出削減に貢献しま す。

USC(超々臨界圧発電)は、石炭を微粉砕して燃焼させて発生する高温高圧の蒸気により発電する方式です。また、USC よりも蒸気温度を向上させた A-USC(先進型 USC)の技術開発も継続中です。

また、発電効率の向上につながる **IGCC(石 炭ガス化複合発電)**は、石炭をガス化してガスタービンと蒸気タービンによるダブル発電を行います。

さらに、IGCC に SOFC(固体酸化物形燃料 電池)を追設してトリプル発電となる **IGFC(石 炭ガス化燃料電池複合発電)**は、発電実証試験 の準備が進められています。

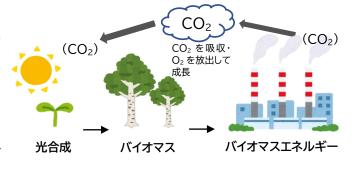
IGCC・IGFC は従来の火力発電よりも高効率なため、 $CO_2$ 排出量が少ない、負荷追従性が高い、排出ガスからの  $CO_2$  分離・回収プロセスを組合わせやすい、などの利点を有し、信頼性向上や低コスト化、 $CO_2$  排出削減への取組に期待が集まる技術です。

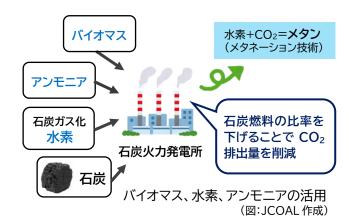
## 石炭 + バイオマス、水素、アンモニア の活用で CO2 排出削減

バイオマスは、森林の間伐材、家畜の排泄物など、生物由来の資源として活用されるほか、燃料にして発電や熱供給などのエネルギー利用が可能です。

バイオマスは燃焼時に CO<sub>2</sub>を排出しますが、CO<sub>2</sub>を 吸収して成長する木材などを材料として使っているため、全体で見れば大気中の CO<sub>2</sub>の量に影響を与えない「カーボンニュートラル」なものです。石炭火力では、石炭の一部をバイオマスと置き換えて燃焼することで、CO<sub>2</sub>排出削減が進められています。

次世代のエネルギーとして注目される水素は、多様な資源から製造できて、利用時に CO<sub>2</sub> を排出しないことから、FCV(燃料電池自動車)や家庭・事業用燃料電池の普及が進んでいます。発電分野の水素の利用拡大に向けて、CCS を伴いながら褐炭等の未利用資源を活用した水素製造による安定供給や低コスト化への取組が進められています。





肥料などとして工業利用が進むアンモニアは、燃焼時に CO<sub>2</sub>を排出しないため、火力発電や工業プロセスにおいて、石炭に置き換えた燃料として活用することによる CO<sub>2</sub>排出削減方法として注目されます。

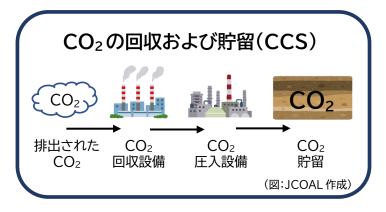
これらの発電所や工場からの  $CO_2$  排出量を削減する取組と合わせて、排出された  $CO_2$  を CCUS/カーボンリサイクル技術を利用した取組も重要です。

製鉄分野では、鉄鉱石とコークス(原料炭を加工したもの)から鉄を還元して銑鉄を製造しています。新たな製造 プロセスとして、省エネ、CO₂分離回収、さらに水素を活用した CO₂排出削減の取組が進められています。

製鉄分野における CO2 排出削減 (表:資源エネルギー庁)

	現行	革新技術
高炉法	○溶解まで行う高いエネルギー効率 ○不純物除去による高級鋼製造が可能 ×石炭(コークス)を利用するためCO2 排出量が多い	○溶解まで行う高いエネルギー効率 ○不純物除去による高級鋼製造が可能 ×最低限必要なコークスが残るため製銑プロセスから CO2が発生
直接還元法	○天然ガスを利用するため高炉法よりも CO2排出量が少ない ×溶解プロセスが別途必要なためエネル ギー効率が低い ×不純物除去ができず原料制約あり	○100%水素還元によりCO2排出ゼロが可能 ×溶解プロセスが別途必要なためエネルギー効率が 低い ×不純物除去ができず原料制約あり

## 火力発電+CCSでCO2排出量を削減



日本では、北海道・苫小牧で大規模 CCS 実証実験により、製油所から供給された CO<sub>2</sub> を選択分離し、海底下に目標の約 30 万トンの CO<sub>2</sub> を圧入して\*、貯留状態のモニタリングを継続中です。

発電所や工場などで発生する CO<sub>2</sub> の分離・回収技術に ついては、既に実用化された方法もありますが、コスト低減 化を目指して、新たな技術開発・実証が進められています。

また、DACCS や BECCS といった、大気中の CO<sub>2</sub> やバイオマス燃料使用時に排出される CO<sub>2</sub> を回収して貯留する**ネガティブエミッション技術**の開発に向けた取組も進んでいます。

※2016 年 4 月より年間 10 万トン規模の二酸化炭素(CO2)圧入を目標に、海底下約1,000mの地層及び約2,400mの地層に圧入し、2019 年 11 月に累計圧入量が目標の30 万トンを達成。

CCS(CO<sub>2</sub> 分離・回収・貯留)技術は、発電所や 工場などから排出された CO<sub>2</sub> を分離・回収し、地 中深くに貯留・圧入するというものです。海外の 油田等では、原油回収増進法(EOR)としても活 用されています。

CCS を進める対象地域の選定や、CO<sub>2</sub> を排出する工業地帯と貯留場所を結ぶパイプラインや船舶による長距離輸送手段の検証実証などの取組の加速、アジア諸国との国際連携が必要です。

#### CO2分離·回収技術

- ・吸収液法(化学吸収法:気/液の化学反応利用)
- ・吸収液法(物理吸収法:高圧下で吸収液溶解)
- ・固体吸収法(固体吸収剤、吸着材の利用)
- ・膜分離法(ガス分離機能固体膜で CO2 を選択分離)
- ・CO2回収型次世代 IGCC 法(排ガス CO2を循環再利用)

#### 大気中からの CO2 回収技術

- ・DACCS(Direct Air Capture with Carbon Storage)

  :大気中の CO<sub>2</sub> を直接回収して貯留
- ・BECCS(Bioenergy with Carbon Capture and Storage)
  :バイオマス燃料使用時の排出 CO2 を回収して貯留

石炭、天然ガス等の化石燃料を使う火力発電は、カーボンニュートラルの実現に向けて、再生可能エネルギーの主力電源化への移行を支える天候等に左右されない安定的な発電方法の一つです。そのため、火力発電と CCS、CCUS/カーボンリサイクルと組合せた技術開発や実証が取組まれています。

## COっを資源としてリサイクル

#### 化学品・燃料の製造



化学品原材料、合成燃料の 製造、藻類からバイオ ジェット燃料製造

カーボン リサイクル

の事例

作物育成促進、早生樹、 ブルーカーボン等で活用



農林水産業での排出削減

#### カーボンリサイクル 拠点化事業



北海道苫小牧、 広島県大崎上島にて、 技術実証拠点を整備

CO2をコンクリートに 吸収・固定化してセメント 原材料や建材として活用



鉱物化製品の製造

カーボンリサイクルは、2050 年カー ボンニュートラルの実現のカギを握るテ クノロジーの一つであり、日本の産業育 成や競争力拡大を掲げる 14 分野の「グ リーン成長産業」の一つです。

回収した CO2 の利用方法は多種多様 です。カーボンリサイクルは、化学、セメン ト、化石燃料、バイオテクノロジーなど、 様々な事業分野にて取組可能なもので、 コスト削減や社会実装に向けて、取組が 加速化しています。

最新鋭の石炭火力発電所(広島県大崎 上島)において、分離回収した CO2 でカ ーボンリサイクル技術の研究開発を実施 する施設を整備しています(カーボンリサ イクル拠点化事業)。

図:JCOAL 作成

#### 特に注目される研究開発

#### メタネーション

発電所等から回収した CO2を水素によって熱化学的にメタンへ変換すること で、化学品原料や代替燃料として活用することができます。

#### 人工光合成

植物が太陽エネルギーを使って CO2と水から有機物(でんぷん)と酸素を生 み出す「光合成」を模して、CO2と水を原材料に、太陽エネルギーを活用して 化学品を合成する技術です。

#### CO2吸収型コンクリート

コンクリートの混和材に CO2 を吸収する材料を使うとともに、セメント使用 量を減らして製造時の CO2 排出量も削減することで、CO2 削減が可能で す。

カーボンリサイクル技術を活用して、すでに社会の中で商品化され、流通している製品もあり、今後のさら なる技術開発が期待されています。















2021年4月より(一財)石炭エネルギーセンタ ー(JCOAL)から(一財)石炭フロンティア機構 (JCOAL) に名称変更しました。