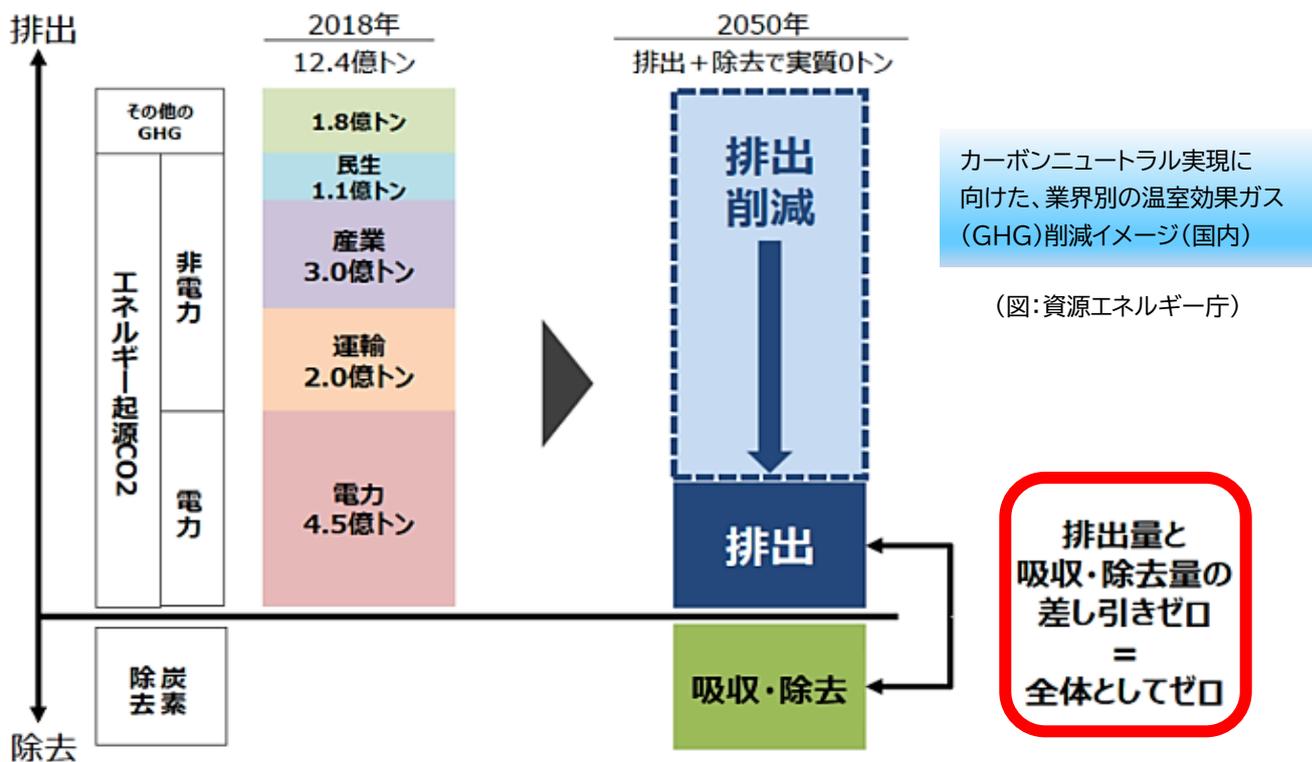


カーボンニュートラルに挑む 石炭×技術

一般財団法人 カーボンフロンティア機構

脱炭素技術で築く石炭の新時代 カーボンフロンティア

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 CO₂ 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 CO₂ 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は、**High Efficiency Low Emission(高効率・低排出)**であり、さらにその先の**ゼロエミッション(排出ゼロ)**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、その利用を今すぐに止めてしまうのではなく、**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、排出時に分離回収して「貯留」または「再利用」(CCUS/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(ネガティブエミッション、直接吸収 DAC) = 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べきです。

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、優先すべきことではないでしょうか。

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

① 微粉炭火力 Pulverized Coal Fired Power	② 石炭ガス化複合発電 Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC)	③ 石炭ガス化燃料電池複合発電 Integrated Gasification Combined Cycle (IGFC)
<p>最新火力(USC) Ultra Super Critical 600°C級</p> <p>A-USC Advanced USC 700°C級</p> <p>微粉炭ボイラ PC Boiler</p> <p>蒸気タービン Steam turbine</p>	<p>1500°C級 ガスタービン Gas turbine</p> <p>(排熱回収ボイラ)</p> <p>ガス化炉 Gasifier</p> <p>蒸気タービン Steam turbine</p>	<p>燃料電池 Fuel cell</p> <p>ガスタービン</p> <p>(排熱回収ボイラ)</p> <p>ガス化炉</p> <p>蒸気タービン</p>
<p>Gross Efficiency 発電端：43%(HHV) 送電端：41%(HHV) Net efficiency (比較ベース comparative model)</p>	<p>発電端：51~53% 送電端：46~48% CO₂低減：約▲13%</p>	<p>発電端：60%以上 送電端：55%以上 CO₂低減：約▲25%以上</p>

※ CO₂低減割合は最新石炭火力をベースにしており、既設石炭火力をベースにすれば更に大きくなる。

高効率な石炭火力発電の事例

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

(図:資源エネルギー庁資料を基に JCOAL 作成)

石炭火力発電をより高効率に活用して、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し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。

さらに、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。

また、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。

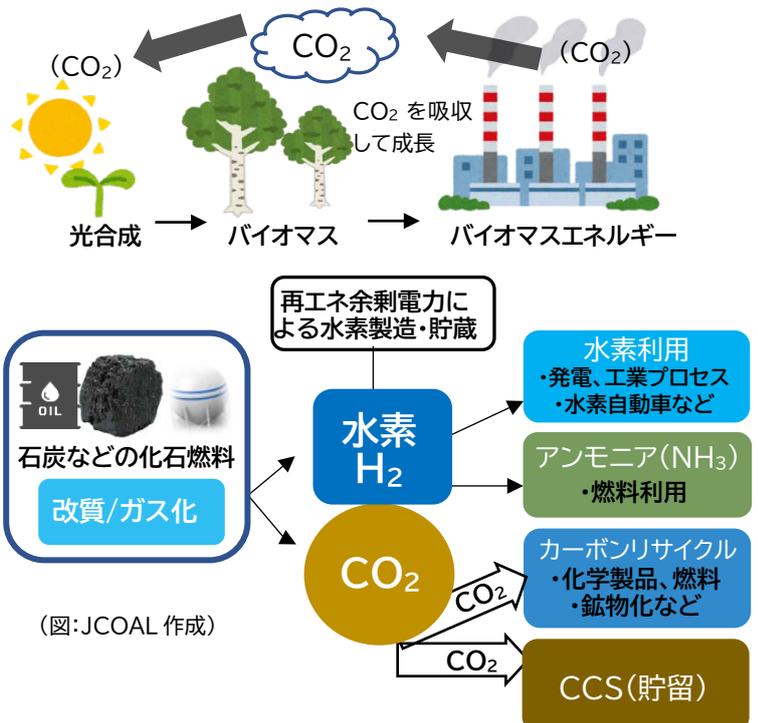
IGCC・IGFC は従来の火力発電よりも高効率なためCO₂排出量が少なく、また、負荷追従性が高く、排出ガスからの CO₂ 分離・回収するプロセスを組み合わせやすいなどの利点を有し、その信頼性向上や低コスト化、CCUS への取組に期待が集まる技術です。

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。

バイオマスは利用時に CO₂ を排出しますが、CO₂ 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 CO₂ 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、燃料の一部をバイオマスと置き換えて利用することで、CO₂ 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 CO₂ を排出しないことから、FCV や家庭・事業用燃料電池の普及が先行しています。水素の安価かつ安定供給に向けて、CCS を伴いながら石炭などの化石燃料からの水素製造を進めることで、再生可能エネルギーによる CO₂ フリー水素活用への移行が期待されています。



(図:JCOAL 作成)

アンモニアは、直接燃焼が可能な上、燃焼時に CO₂ を排出しません。

水素と同様に化石燃料や再生可能エネルギーからアンモニアを製造して、火力発電や工業炉、船舶等の燃料としての活用が注目されています。

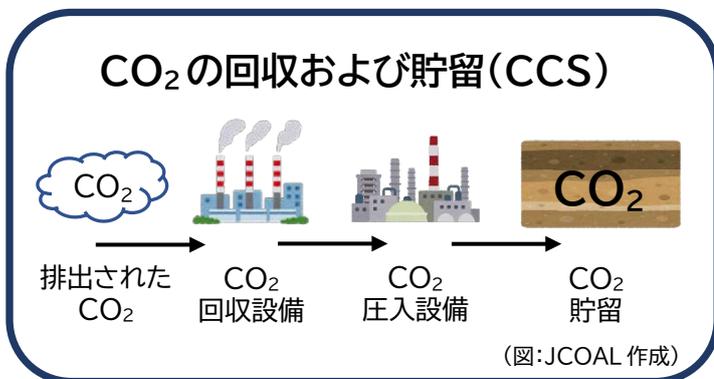
	高炉法		直接還元法
	COURSE50技術	カーボンリサイクル技術	水素直接還元技術
構成			
技術特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・水素直接吹込み ・水素予熱 	<ul style="list-style-type: none"> ・水素間接吹込み ・純酸素吹込み 	<ul style="list-style-type: none"> ・水素直接吹込み

(図:資源エネルギー庁)

製鉄分野では、鉄鉱石と石炭(コークス)から鉄を還元して銑鉄(せんてつ)を製造します。製造プロセスでの省エネ、CO₂ 分離回収、さらに水素を活用した新たなプロセスによる CO₂ 排出削減の取組が進められています。

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供給電源です。そのため、火力発電の CO₂ 排出量削減となる 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。

火力発電 + CCS で CO₂ 排出量を削減



CCS(CO₂ 分離・回収・貯留)技術は、発電所や工場などから排出された CO₂ 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、CO₂ 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。

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ガス CO₂ を選択分離し、海底下の井戸に目標の約 30 万トンの CO₂ を貯留し、CO₂ が漏れ出さないように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燃焼排ガスからの CO₂ 分離・回収技術については、アミン吸収液など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、大気中に存在する CO₂ 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。

燃焼排ガスからの CO₂ 分離・回収技術事例

- ・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 回収技術事例

- ・DACCS(Direct Air Capture with Carbon Storage)
:大気中の CO₂ 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

CCUS/カーボンリサイクルで CO₂ を資源としてリサイクル

CCUS(Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)は、分離・貯留した CO₂ を炭素資源として活用するものです。

CCUS における CO₂ の利用となる CCU(CO₂ 分離・回収・利用)/CR(カーボンリサイクル)では、CO₂ 資源のリサイクルにより、大気中への CO₂ 排出の削減に貢献するものとして注目されています。カーボンリサイクルでは、化学品、燃料、鉱物等、色々な分野での利用技術の研究・開発・普及が進められています。

燃料



- ・ガス燃料(メタン)
- ・バイオ燃料
(エタノール、メタノール)
- ・藻類からのオイル生成

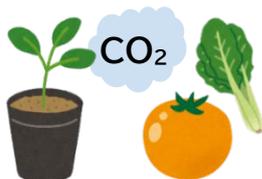
化学製品



包装材・容器等の原料

回収した
CO₂
利用方法
(例)

植物工場など



植物育成促進

コンクリートなどの建材



鉱物

カーボンリサイクルは、日本が目指す「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す。直接的に CO₂ 削減に貢献できるのはもちろん、水素や再生可能エネルギーとの活用・相乗効果も期待できるためです。

また、カーボンリサイクルは、幅広い分野に適用できる考え方であり、日本の産業育成や競争力拡大がグリーン成長戦略として期待されます。

その分野は基礎研究から生活に身近な製品まで多種多様です。化学、セメント、化石燃料、バイオなど、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を進めていけば、グローバルに展開できる可能性もあります。

図: JCOAL 作成

実用化が進むカーボンリサイクルの事例をご紹介します。すでに社会の中で商品化され、流通している製品もあります。

1. 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 排出量も削減するもの。舗装ブロック、フェンス基礎ブロックなど製品化も実現済。

2. ポリカーボネート

パソコンの外装、DVD などに広く利用されている材料。ポリカーボネートを、アルコール、CO₂、フェノールを原料として開発・実用化。

3. ポリエチレン

排ガス中の CO₂ を再利用した化粧品用ポリエチレン容器が開発され、化粧品容器などへの使用拡大に期待。



JCOAL ウェブサイト
<http://www.jcoal.or.jp>

