



(イ) イノベーションの早期実現

脱炭素社会の実現に向けて、産業分野で必要となる電力や熱需要を、再生可能エネルギーや水素などの脱炭素エネルギーで対応することが必要となります。しかし、こうしたエネルギーで全ての需要をまかなうことは困難なため、火力発電等において、化石燃料から発生する CO<sub>2</sub>を回収・再利用する技術(CCUS)もあわせて活用していくことが求められますが、イノベーションが必要な領域です。

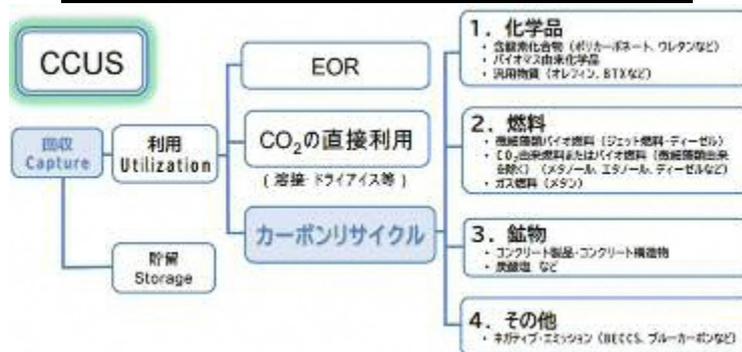
こうした技術の早期の社会実装を目指すためには、地元の優秀な人材が市内企業で技術開発に取り組める人材育成の体制づくりも必要であり、産学官で連携して推進する必要があります。

【ポイント】CCUS/カーボンリサイクル(炭素の循環)

CO<sub>2</sub>を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化や人工光合成、メタネーションによる素材や燃料への再利用等とともに、大気中への CO<sub>2</sub> 排出を抑制するものです。

現時点で、カーボンリサイクル製品の多くは、国際的にみても研究開発・実証段階であり、既存製品と比べて高コストです。社会実装に向けて、引き続き、研究開発・実証によるコスト低減、生産性向上や製品の性能向上が求められます。

CCUS/カーボンリサイクル技術



出典:「カーボンリサイクル技術ロードマップ(2019年6月/経済産業省)」より

脱炭素製品のコスト低減

脱炭素製品を普及させるためには、現状コストを既存の同等製品の価格レベルまで下げる必要があります。

		現状	既存の同等製品の価格
化学品	バラキシレン	数万円/kg (※燃費換)	約100円/kg
	合成燃料 (e-fuel)	- <small>※燃料製造コストは燃料製造 研究開発段階の仮定による推定値</small>	約100-150円/L <small>※燃料製造コストは燃料製造 研究開発段階の仮定による推定値</small>
燃料	ジェット燃料	約1,600円/L	100円/L
	メタン	約350円/Nm <sup>3</sup>	約40-50円/Nm <sup>3</sup>
鉱物	コンクリート	約100-150円/kg	30円/kg

出典:「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討(2021年12月資源エネルギー庁)」より



## (i) カーボンリサイクル

CO<sub>2</sub>を原料に水素等と結合させて、化学品や燃料等を製造することで、CO<sub>2</sub>を資源として有効活用する技術です。一貫した基礎技術は確立済みですが、社会実装につながる大規模化・商用化に向け、さらなる技術開発と実証によるコスト低減、生産性や製品性能の向上が必要です。

また、カーボンリサイクルでは、その工程で水素を利用します。大量かつ安価に水素を調達できるサプライチェーンの構築が必要となるため、水素調達量の拡大や製品の用途拡大が必須となります。なお、国では、水素を必要としない製品は2030年頃から、必要とする製品は2050年頃からの普及を想定しています。

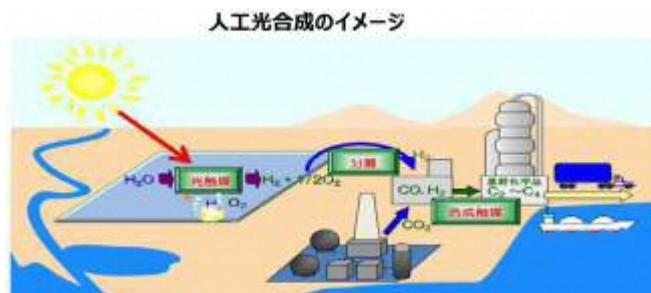
## (a) 石油化学

石油化学の脱炭素化に向けては、原料・燃料双方の観点から、製造プロセスを見直す必要があります。国内で人工光合成の技術開発が進められていますが、コストや生産性の向上に課題があります。

## 【ポイント👉】2050年に向けたイノベーション(化学工業)

産業プロセス中の排ガス等から分離回収したCO<sub>2</sub>と、人工光合成により得られる水素等を原料とすることにより、基幹化学品を製造するための要素技術開発を進め、2030年までに技術を確認するとしています。

人工光合成とは、植物の光合成を模したもので、CO<sub>2</sub>と水を原材料に、太陽エネルギーを活用する形で化学品を合成する技術であり、日本が国際的に強みを持つ「触媒技術」が鍵となります。



出典:「第3回グリーンイノベーション戦略推進会議(2020年11月/経済産業省)」より

## (b) メタネーション

家庭や産業で必要とされる熱を、脱炭素化、あるいはCO<sub>2</sub>の排出がより少ない形でどのように供給するのかというのは、脱炭素社会の実現に向けて大きな課題となります。

CO<sub>2</sub>を原料に水素を合成するメタネーションによって得られるメタンは、天然ガスの主成分です。火力発電所や製鉄所等から排出される



CO<sub>2</sub>を分離・回収し、メタネーションの原料として利用して、化石燃料であるガスの代替となる燃料を作り出すことで、CO<sub>2</sub>の削減に貢献します。

また、都市ガスと同等の品質・性状で供給することが可能なため、導管等の既存インフラを有効活用でき、投資コストの抑制にもつながることから、熱需要の脱炭素化と、電力以外のエネルギー確保によるエネルギーの多様化(エネルギーセキュリティ)といった点で、大きなポテンシャルを持っています。

一方で、実用化に向けては、CO<sub>2</sub>の分離・回収やメタネーション設備の大型化に加え、必須となるCO<sub>2</sub>フリー水素の安価で安定的な供給等の課題への対応が必要です。さらに、CO<sub>2</sub>の分離回収やメタネーションに要する多大なエネルギーを、脱炭素の形でどのようにして得るかという課題も含めて検討する必要があります。

#### (c) セメント製造

セメントの主原料である生石灰(CaO)は、石灰石(CaCO<sub>3</sub>)からCO<sub>2</sub>を脱することで作られるため、CO<sub>2</sub>の発生が不可避です。

セメントの一部を、CO<sub>2</sub>を吸収しながら固まる特殊な混和材に代替する手法は確立しており、この技術を活用すればコンクリート内に吸収する分だけCO<sub>2</sub>を削減することができますが、一方で錆びやすくなるため、現状では鉄筋を使わない道路や舗装ブロックに用途が限定されます。

#### 【ポイント👉】2050年に向けたイノベーション(セメント工業)

2030年以降、製造工程で発生するCO<sub>2</sub>を回収し、炭酸塩として固定化後、原料や土木資材として再資源化するセメント製造プロセス構築を目指しています。

また、製造時にCO<sub>2</sub>を吸収するコンクリートについて、用途拡大等に向けた新しい製造プロセス構築を目指しています。



出典:「第3回グリーンイノベーション戦略推進会議(2020年11月/経済産業省)」より



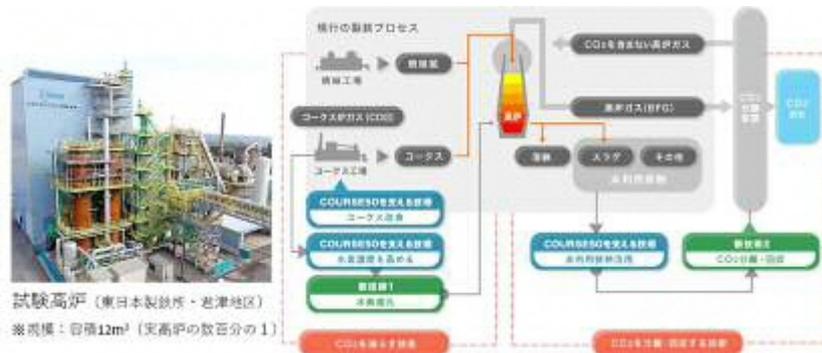
(ii) 水素還元

製鉄の過程では古来、炭素(木炭や石炭)を鉄鉱石の還元を用いる技術が使われてきました。炭素と鉄鉱石中の酸素を結合させるこの技術では CO<sub>2</sub>の発生が不可避であることから、製鉄の工程を脱炭素化するためには、炭素ではなく水素で還元するというイノベーションが必要となります。

ただし、現在と同等の競争力・生産量を維持するためには、安価(約 8 円/N m<sup>3</sup>)でかつ大量(約 700 万トン/年)の CO<sub>2</sub>フリー水素供給が不可欠と試算されています。さらに、水素還元は熱を吸収する吸熱反応であり、還元することによって高炉が冷えてしまうため、熱を外部から補給する必要があります。その熱を、脱炭素エネルギーを使ってどのように調達するのかという課題もあり、こうした高いハードルに挑戦していく必要があります。

**【ポイント】2050 年に向けたイノベーション(鉄鋼業)**

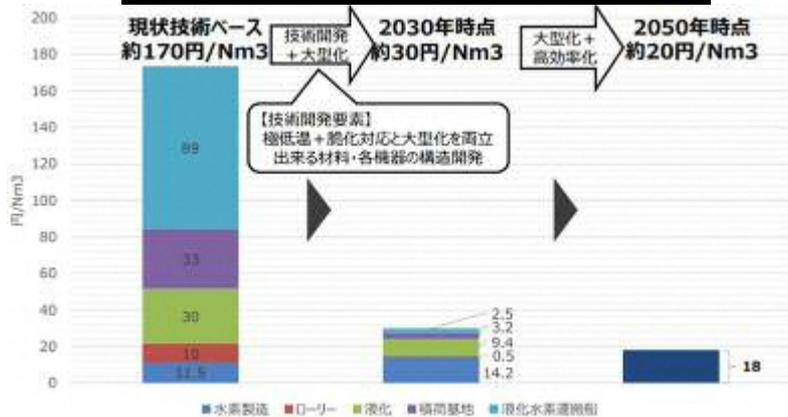
日本製鉄等が参加し、製鉄所から発生する CO<sub>2</sub>の約 30%を削減する革新的な低炭素製鉄プロセス技術の確立を目指す「COURSE50 プロジェクト」が進められています。鉄鉱石の還元を利用するコークスの代わりに、その一部を水素で代替して鉄鉱石を還元する技術開発を行うため、2030 年頃までに1号機を実用化し、その後の段階的な普及を目指して試験高炉で実証中です。



試験高炉(東日本製鉄所・岩手地区)  
※規模: 容積12m<sup>3</sup>(実高炉の数百分の1)

出典: NEDO、日本鉄鋼連盟ホームページより

**水素供給コストの将来想定【再掲】**



出典: 「2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた検討(2020 年 12 月/資源エネルギー庁)」より