

「トランジションファイナンス」に関する 石油分野におけるロードマップ（案）

2022年1月

経済産業省

目次

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">石油分野におけるロードマップの必要性ロードマップの目的・位置づけ石油分野ロードマップの基本的な考え方、範囲
2. 石油産業について		<ul style="list-style-type: none">国内における石油の位置づけ、重要性石油産業の生産規模・需要先等CO2排出量脱炭素に向けた方向性
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋	①CNに向けた低炭素・脱炭素技術	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本ロードマップで想定する技術およびCO2排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">他分野との連携本ロードマップの今後の展開

目次

1. 前提

2. 石油産業について

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

1. 前提 | 石油分野のロードマップの必要性

- トランジションファイナンスに関するロードマップ（以下ロードマップ）は、CO2多排出産業であり、かつ排出ゼロのための代替手段が技術的・経済的に現状利用可能ではなく、トランジションの重要性が高いことなどを理由に分野を選定している。
- **石油は、日本の一次エネルギー供給の約4割を占めており、運輸・民生・電源等の幅広い燃料用途や化学製品など素材用途を持つとともに、災害時にはエネルギー供給の「最後の砦」となるなど、平時のみならず緊急時のエネルギー供給に貢献するエネルギーとして、引き続き、国民生活・経済活動に不可欠なエネルギー源として、官民一体となって安定供給の確保に努めていく。**
- 日本では、石油製品の燃焼に伴い約3.1億トンのCO2が排出されているものの、石油産業の特性上、石油分野単独で2050年にカーボンニュートラルを達成することは困難。石油分野のネットゼロに向けては、**石油精製プロセスの低炭素・脱炭素化に向けた取組のみならず、CCS・CCUをはじめとする脱炭素技術の導入や、バイオ燃料・合成燃料をはじめとする脱炭素燃料の供給体制へのシフトなど、あらゆる選択肢を視野にトランジションを進めることが不可欠。**
- また、脱炭素に向けた技術革新や事業構造の変革は企業の強みとなる。2020年時点で3,500兆円(35兆ドル：世界持続的投資連合調べ) 規模にまで拡大した世界のESG資金を呼び込むために、投資家の視点も理解しながら、多排出産業もその戦略を開示することが求められている。
- こうした日本のエネルギー事情や石油産業の特性等も踏まえ、**石油分野におけるトランジションの大きな絵姿及び現時点の見通しに基づくトランジション技術の道筋を示す**ため、技術、金融の有識者および石油分野の事業者の代表を含めて議論を行い、本ロードマップを策定した。

1. 前提 | ロードマップの目的・位置づけ

- 本ロードマップは、「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本方針」（2021年5月金融庁・経済産業省・環境省）を踏まえ、我が国石油産業における企業にとっては、トランジション・ファイナンス（注）を活用した気候変動対策を検討するにあたり参照することができるもの、また、銀行、証券会社、投資家等にとっては、我が国石油産業における企業が行う資金調達において、脱炭素に向けた移行の戦略・取組がトランジション・ファイナンスとして適格かどうかを判断する際の一助とするものとして、策定するものである。
- 現時点において、石油分野におけるカーボンニュートラルを実現する技術は確立されておらず、2050年に向けては未だ確立されていない技術の研究開発が不可欠。
- 他方、2030年や2040年を見据えたトランジション期間においては、研究開発のみならず、引き続き製油所の脱炭素化を進めていくことが何よりも重要。我が国石油産業においては、カーボンニュートラルを実現する技術の確立を待つことなく、本ロードマップも参考としつつ、脱炭素化に向けた省エネなどの「移行」に取り組むことが求められる。
- 本ロードマップは、2050年のカーボンニュートラル実現を最終的な目標とし、現時点で入手可能な情報に基づき、2050年までに実用化が想定される低炭素・脱炭素技術や、それらの実用化のタイミングについて、イメージを示すものである。
- なお、本ロードマップは、パリ協定に基づき定められた国の排出削減目標（NDC）※¹やグリーン成長戦略※²、グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画※³と統合的なものとなっている。

※1 : <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kaisai/dai41/siryou1.pdf>

※2 : <https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>

※3 : <https://www.meti.go.jp/press/2021/09/20210915001/20210915001-2.pdf>

(注) 「トランジション・ファイナンス」とは、基本指針において、『気候変動への対策を検討している企業が、脱炭素社会の実現に向けて、長期的な戦略に則った温室効果ガス削減の取組を行っている場合にその取組を支援することを目的とした金融手法をいう』とされている。

1. 前提 | 石油分野のロードマップの基本的な考え方

- 本ロードマップは、石油分野におけるトランジションの大きな絵姿を示すことで、企業のトランジション戦略の妥当性を評価する際の指針となるとともに、現時点の見通しに基づくトランジション技術の道筋を示すことで、個別の企業がこれらの技術を活用して進めていく具体のプロジェクトのトランジション適格性についての指針になるものである。
- なお、2050年のカーボンニュートラル達成という大目標は多くの国で共通しているものの、そのトランジションの経路は個別の国の事情によって変わり得るものであり、我が国におけるトランジションへの取組については、エネルギー基本計画をはじめとする我が国のエネルギー政策と一体的に進めていくべきものである。このため、本ロードマップに示す内容についても、我が国のエネルギー政策と整合的なものとなっている。
- また、トランジションを進めるにあたっては、足元で国民生活・経済活動に不可欠なエネルギー源とされる石油の安定供給は大前提である。石油は、最終需要者への供給体制及び備蓄体制が整備され、機動性等に利点があるため、災害時にはエネルギー供給の「最後の砦」となる。各社のトランジション戦略を策定する際及び金融機関や第三者機関が各社の戦略や個別の資金調達のトランジション適格性を判断する際にもこの点は考慮されるべきである。
- 本ロードマップでは、石油分野における今後有望な技術の道筋について、具体的なトランジション戦略の策定及びトランジションファイナンスの判断に資するよう、可能な限り定量的に示すものとする。その際、各社によってどの技術に投資するかは、2050年カーボンニュートラル達成を目指すという前提の下で、各社の戦略に依拠する点には留意が必要である。
- なお、本ロードマップについては、今後の脱炭素及びトランジションに関する技術の開発や実用化の動向等を踏まえ、必要に応じ、随時改定を行うものとする。

1. 前提 | 石油分野のロードマップの範囲

- 各社のコーポレートレベルでのトランジション戦略の妥当性の検証にあたっては、脱炭素化に向けた道筋が具体的に示されているかという点が重要。特に、個別の取組が、全社的なカーボンニュートラルの取組にしっかり紐づいていることが大前提。
- その際には、各種省エネや燃料転換推進等による着実な低炭素化への取組や、CO2フリー水素やCCS・CCU等を用いた脱炭素化への取組を進めつつ、脱炭素燃料（水素・アンモニア・バイオ燃料・合成燃料等）の供給体制へのシフトといった取組の促進が重要。脱炭素化への取組は、技術の導入のみならず、カーボンクレジットの活用やカーボンオフセット商品の購入等も考えられる。
- コーポレートレベルで考えれば、製油所・SS等の事業再構築といった燃料供給機能の適正化に向けた取組や再生可能エネルギー事業への展開も、トランジションの範疇だと考えられる。
- また、省燃費エンジンオイルの供給といった他分野のトランジションに貢献する取組も、間接的に脱炭素化を押し進めるという意味において、トランジションであると言える。
- さらに、「クライメートトランジション・ファイナンスに関する基本指針」で示されているとおり、事業者による直接的な排出削減への取組のみならず、経済的な不利益を被る立場にある者への支援を含む「公正な移行」への取組や、他社の脱炭素化の取組への支援も含まれる。例えば、製油所やSS等の統廃合にあたっては、地域経済や雇用への影響を踏まえながら、地域の実情に応じてトランジションを進めていく必要がある。
- こうしたことに十分に留意しつつ、本ロードマップでは、我が国における石油安定供給の中心的役割を担う石油精製業のトランジションファイナンス推進に資する今後有望な技術について、その見通しを可能な限り定量的に示すこととする。

目次

1. 前提

2. 石油産業について

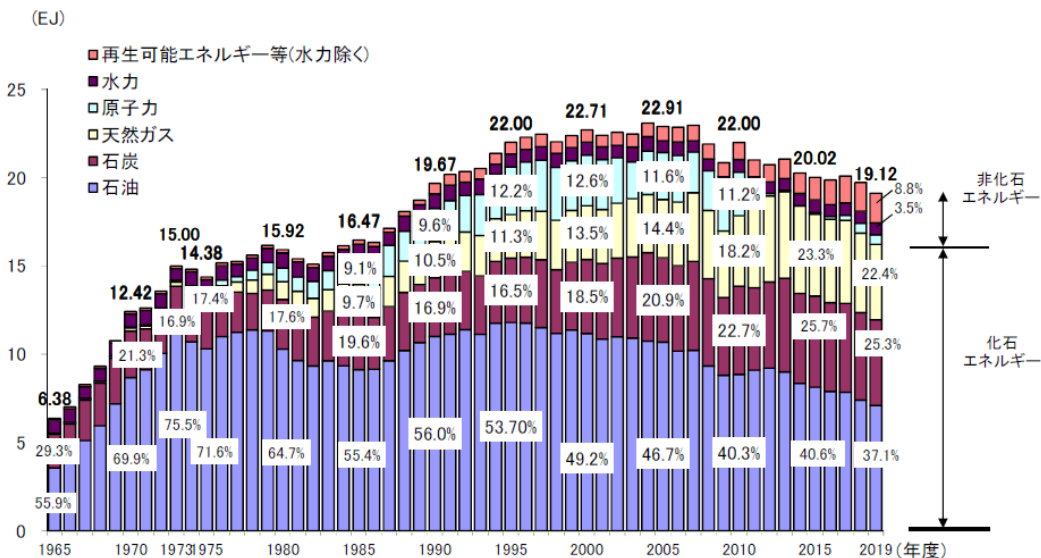
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

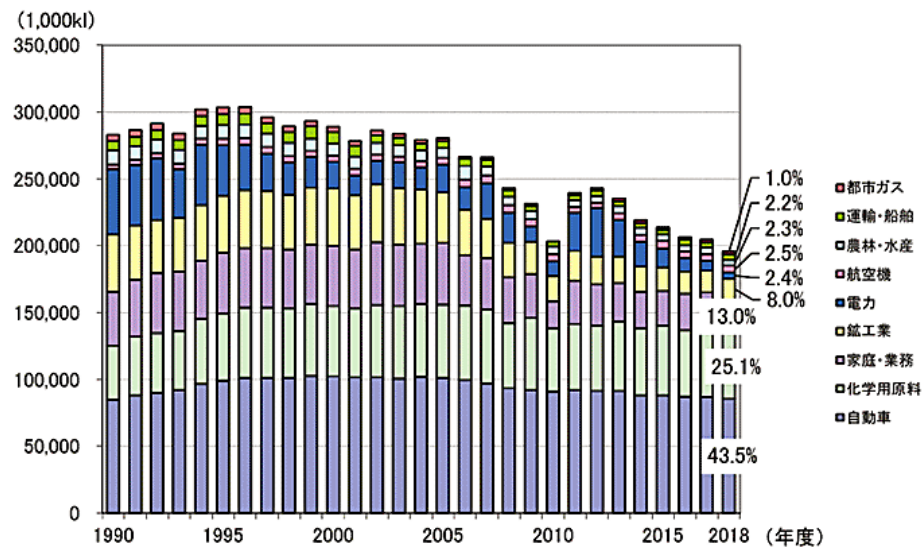
2. 石油産業について | 石油の位置づけと重要性

- 石油は一次エネルギー国内供給の約4割を占める、最大のエネルギー源。
- 石油製品の種別別販売量としては、ガソリン（約30%）、ナフサ（約26%）、軽油（約21%）が多い。用途別では、自動車が約44%と最大。
- 石油はエネルギー密度が高く、経済効率性や災害時における可搬性・機動性等の観点から多くの分野で利用されており、カーボンニュートラルへの移行期間においても、引き続き重要なエネルギー源。

一次エネルギー国内供給の推移



石油製品の用途別消費量の推移



(注1)「総合エネルギー統計」は、1990年度以降、数値について算出方法が変更されている。

(注2)「再生可能エネルギー等(水力除く)」とは、太陽光、風力、バイオマス、地熱などのこと(以下同様)。

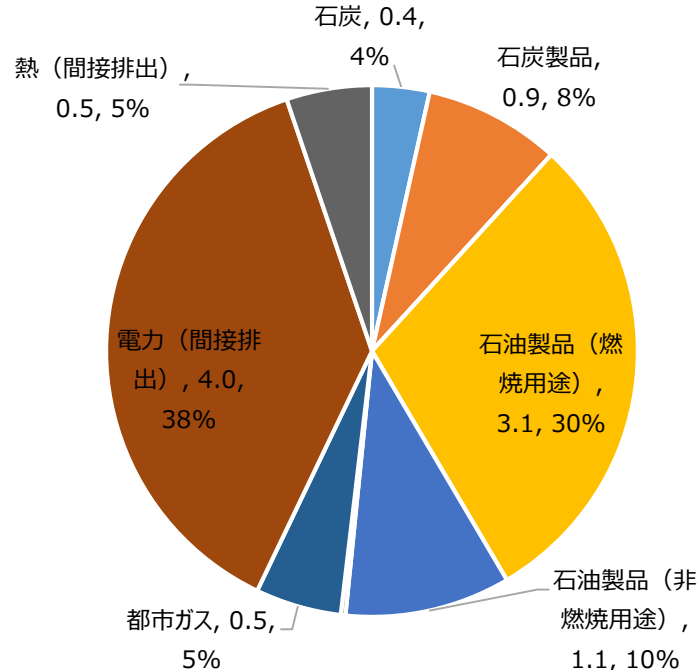
出典:経済産業省「総合エネルギー統計」を基に作成

(出所) 経済産業省「エネルギー白書2021」

2. 石油産業について | CO2排出量

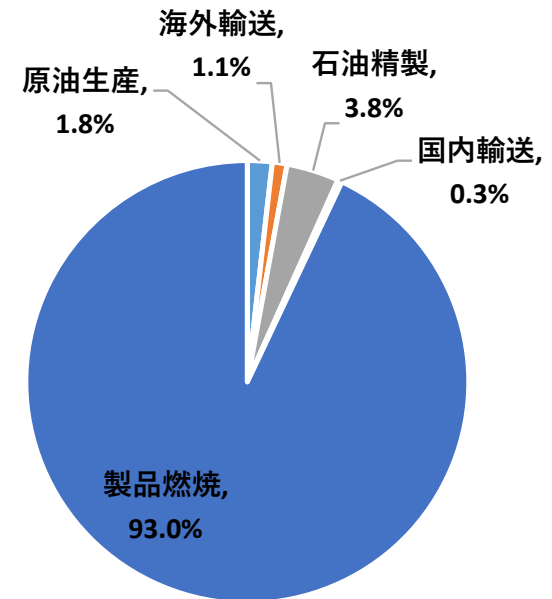
- 2019年度の我が国の最終エネルギー消費あたりCO2排出量のうち、**石油製品は約4割。**
うち3割（約3.1億トン）が燃焼用途、1割（約1.1億トン）が非燃焼用途（化学原料等）。
- 石油のライフサイクルCO2排出量のうち、**原油生産・輸送・石油精製に起因する排出量は1割弱。**
石油分野におけるカーボンニュートラルの実現に向けては**石油精製プロセスの低・脱炭素化に加え、石油製品自体を脱炭素燃料に転換していくことが重要。**

最終エネルギー消費あたりCO2排出量
(億トン、2019年度実績)



(出所) 経済産業省「総合エネルギー統計」(2019年度確報値)

石油のライフサイクルインベントリ分析結果の一例

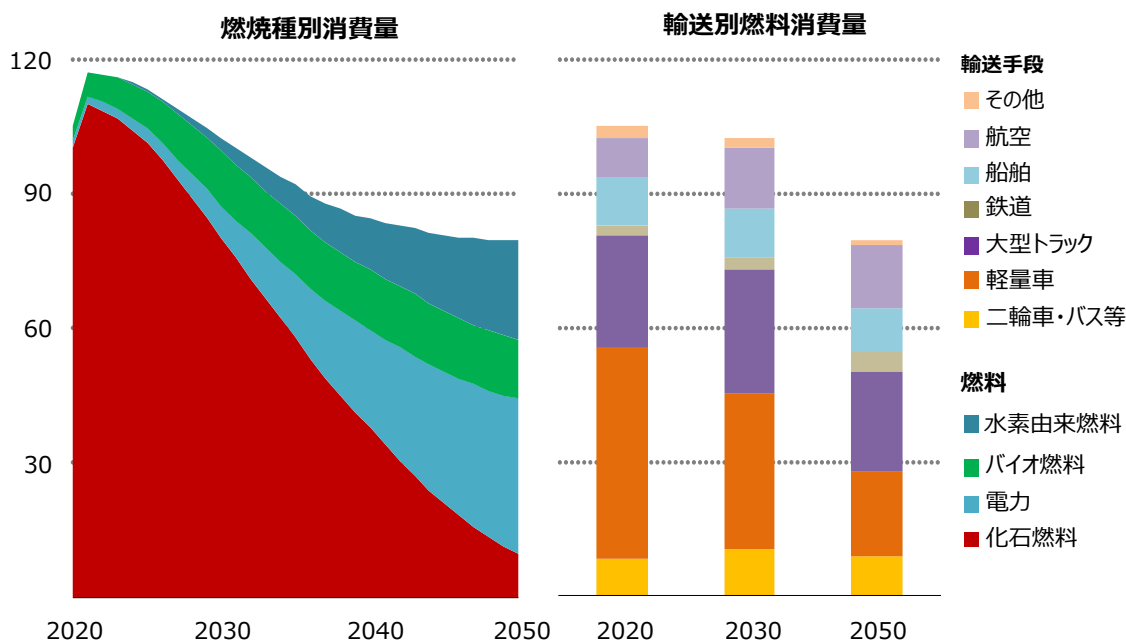


(出所) 日本エネルギー経済研究所「わが国における化石エネルギーに関するライフサイクル・インベントリ分析」

2. 石油産業について | 将来の石油需要見通し、CNに向けた動き

- 今後、世界全体がカーボンニュートラルに向かう中で一部部門では石油需要が残るものの、**大部分はバイオ燃料や合成燃料等に転換されていくことが想定されている。**
- 海外石油会社も、**バイオ燃料や水素、アンモニア、CCUS等の技術開発に積極的に取り組んでいる。**

運輸部門における種類別、利用形態別の燃料需要見通し



(出所) IEA "Net Zero by 2050"

主な海外石油会社の動向

- 2030年までにScope 1と2で30～35%を削減し（2019年対比）、2050年までにネットゼロ達成を目指している。**エネルギー効率化、メタン管理等に取り組む。**また、製品の炭素強度を2050年までに半減させることを目指し、**バイオエネルギー、水素、CCUS等に取り組む。**
(BP：英国)
- 2030年までに、Scope 1と2で50%を削減し（2016年対比）、2050年までにネットゼロ達成を目指している。Scope 3でシェルが販売する全てのエネルギー製品の利用でネットゼロを目指している。**バイオ燃料、水素、CCS等に取り組む。**
(Shell：英蘭)
- 2030年までに権益シェアに応じたScope 1と2で30%を削減し（2016年～2020年の平均対比）、2050年までにネットゼロ達成を目指している。**水素、アンモニアを含む新しいエネルギー技術、CCSの開発に取り組む**、植林活動に投資している。
(Woodside：豪州)

(出所) 各社公表資料より作成

2. 石油産業について | 石油等のCNに向けた方向性

- 石油分野^{※1}のカーボンニュートラル実現に向けては、**①原油処理の低炭素・脱炭素化、②脱炭素燃料への転換による製品燃焼の脱炭素化**が必要になる。特に、大部分の排出を占める製品燃焼の削減することが重要だが、原油処理プロセス（精製等）についても、着実に低炭素・脱炭素化を進める必要がある。

% 排出に占める割合^{※2}

主な排出源	概要	低炭素・脱炭素に向けた方向性
<p>約4%</p> <p>①原油処理</p>	<p>石油精製時の熱利用や、自家用電力等による排出</p>	<p>→ P25</p> <ul style="list-style-type: none"> 省エネ・高効率化 低・脱炭素燃料への転換 CO2回収の導入 など
<p>約93%</p> <p>②製品燃焼</p>	<p>石油産業が生産した石油等製品を燃焼した際の排出</p>	<p>低・脱炭素燃料への転換 → P26~27</p> <ul style="list-style-type: none"> 水素・アンモニア → P14~15 バイオ燃料 → P16 合成燃料 → P17 低炭素燃料 → P19 など
<p>約3%</p> <p>その他</p>	<p>輸送・採掘等に係る排出</p>	<ul style="list-style-type: none"> 本ロードマップの対象外^{※1}

※1：本ロードマップの対象範囲については、P6を参照

※2：P9右図、「石油のライフサイクルインベントリ分析結果の一例」を参照して記載。原油処理は精製部分が該当すると想定。

2. 石油産業について | 第6次エネルギー基本計画における石油関連の記載

- 石油については、将来にわたって途切れなく必要な資源・燃料として、安定的に確保を図りながら、水素・アンモニアのサプライチェーン構築等に取り組む。
- 燃料供給体制の強靱化を図ると共に、製油所の生産性向上に加え、CO2フリー水素の活用等の脱炭素化等に取り組む。
- 水素・アンモニアを安定的かつ大量に供給するための海外水素活用、国内での水素製造基盤確立に加え、需要サイドでの利用拡大の推進、水素ステーションの戦略的整備等に取り組む。

2030年に向けた政策対応のポイント【資源・燃料】

- カーボンニュートラルへの円滑な移行を進めつつ、将来にわたって途切れなく必要な資源・燃料を安定的に確保。
 - 石油・天然ガス・鉱物資源の安定供給確保に加え、これまで資源外交で培った資源国とのネットワークを活用した水素・アンモニアのサプライチェーン構築やCCS適地確保等を一体的に推進すべく、「包括的な資源外交」を新たに展開。また、アジアの現実的なエネルギー転換に積極的に関与。
 - JOGMECが、水素・アンモニア、CCSといった脱炭素燃料・技術の導入に向けた技術開発・リスクマネー供給の役割を担えるよう、JOGMECの機能強化を検討。
 - 石油・天然ガスについて、自主開発比率を2019年度の34.7%から、2030年に50%以上、2040年には60%以上を目指す。また、メタンハイドレートを含む国産資源開発などに取り組む。
 - 鉱物資源について、供給途絶が懸念されるレアメタル等へのリスクマネー支援を強化。海外権益確保とベースメタルのリサイクル促進により2050年までに国内需要量相当の確保を目指す。また、海底熱水鉱床やレアアース泥等の国産海洋鉱物資源開発などに取り組む。
- 平時のみならず緊急時にも対応できるよう燃料供給体制の強靱化を図るとともに、脱炭素化の取組を促進。
 - 災害時などの有事も含めたエネルギー供給を盤石なものとするため、石油やLPガスの備蓄機能を維持するとともに、コンビナート内外の事業者間連携等による製油所の生産性向上に加え、CO2フリー水素の活用等による製油所の脱炭素化などに取り組む。
 - 地域のエネルギー供給を担うSSについて、石油製品の供給を継続しながらEVやFCVへのエネルギー供給等も担う「総合エネルギー拠点」化や、地域ニーズに対応したサービス提供も担う「地域コミュニティインフラ」化などに取り組む。
 - 熱需要の脱炭素化に大きな役割を果たす、需要サイドにおける天然ガスシフトや、メタネーション等によるガスの脱炭素化などを追求する。また、更なるガスのレジリエンス強化に取り組む。

11

2030年に向けた政策対応のポイント【水素・アンモニア】

- カーボンニュートラル時代を見据え、水素を新たな資源として位置付け、社会実装を加速。
- 長期的に安価な水素・アンモニアを安定的かつ大量に供給するため、海外からの安価な水素活用、国内の資源を活用した水素製造基盤を確立。
 - 国際水素サプライチェーン、余剰再生エネ等を活用した水電解装置による水素製造の商用化、光触媒・高温ガス炉等の高温熱源を活用した革新的な水素製造技術の開発などに取り組む。
 - 水素の供給コストを、化石燃料と同等程度の水準まで低減させ、供給量の引上げを目指す。
コスト：現在の100円/Nm³→2030年に30円/Nm³、2050年に20円/Nm³以下に低減
供給量：現在の約200万t/年→2030年に最大300万t/年、2050年に2,000万t/年に拡大
- 需要サイド（発電、運輸、産業、民生部門）における水素利用を拡大。
 - 大量の水素需要が見込める発電部門では、2030年までに、ガス火力への30%水素混焼や水素専焼、石炭火力への20%アンモニア混焼の導入・普及を目標に、混焼・専焼の実証の推進や非化石価値の適切な評価ができる環境整備を行う。また、2030年の電源構成において、水素・アンモニア1%を位置付け。
 - 運輸部門では、FCVや将来的なFCトラックなどの更なる導入拡大に向け、水素ステーションの戦略的整備などに取り組む。
 - 産業部門では、水素還元製鉄などの製造プロセスの大規模転換や水素等の燃焼特性を踏まえたバーナー、大型・高機能ボイラーの技術開発などに取り組む。
 - 民生部門では、純水素燃料電池も含む、定置用燃料電池の更なる導入拡大に向け、コスト低減に向けた技術開発などに取り組む。

10

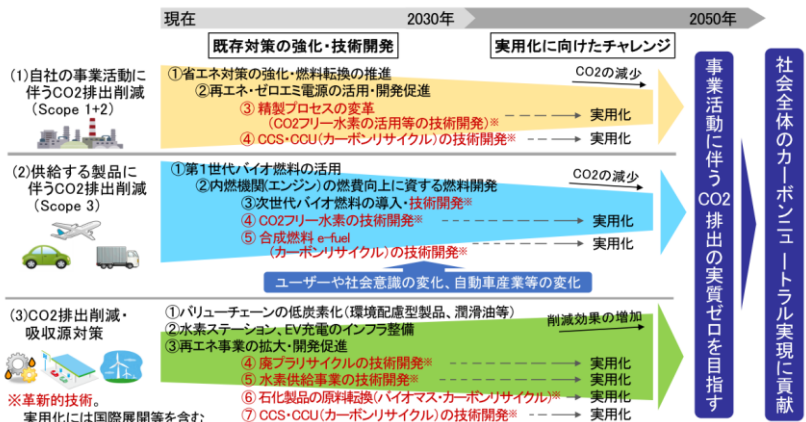
2. 石油産業について | 石油業界における取組

- 石油連盟は、「石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン（目指す姿）」を公表（2021年3月）。
- (1)自社の事業活動に伴う排出削減、(2)供給する製品に伴う排出削減、(3)CO2排出削減・吸収源対策の3本柱でカーボンニュートラルへの取組を進めて行くことが示されている。

石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン（目指す姿）



石油業界は、サプライチェーンや製品の脱炭素化の取り組みの加速化や、既存インフラが活用できる革新的な脱炭素技術(①CO2フリー水素、②合成燃料、③CCS・CCU(カーボンリサイクル)など)の研究開発と社会実装に積極的にチャレンジすることで、事業活動に伴うCO2排出の実質ゼロ(カーボンニュートラル)を目指すとともに、供給する製品の低炭素化等を通じて、社会全体のカーボンニュートラルの実現に貢献します。



対策No.	技術開発	年度															
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2050				
(2)②	内燃機関(エンジン)の燃費向上に資する燃料開発			研究開発													
(2)③	次世代バイオ燃料の導入・技術開発																
(1)③	CO2フリー水素の技術開発																
(2)④	CO2フリー水素の技術開発																
(2)⑤	合成燃料e-fuel(カーボンリサイクル)の技術開発																
(3)④	廃プラリサイクルの技術開発																
(3)⑥	石化製品の原料転換(バイオマス・カーボンリサイクル)																
(1)④	CCS・CCU(カーボンリサイクル)の技術開発																
(3)⑦	具体的には、CCU(炭酸塩プロセス)等																

社会実装を含む
実用化に向けた
チャレンジ

(出所) 石油連盟「石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン（目指す姿）」

2. 石油産業について | 水素供給及び水素需要の見通し

- 水素の供給について、**短期的には既存供給源（副生水素等）、中長期的には輸入水素や新たな国内供給源（電解水素等）**の活用が想定されている。
- 需要面は輸送、発電、産業など様々な部門にわたるが、**石油産業においては精製プロセスで利用する水素のグリーン化等**が期待されている。

水素供給源と需要先の想定

		短期（～2025年頃）	中期（～2030年頃）	長期（～2050年）
供給源	実績・目標量	約200万トン	最大300万トン	2000万トン程度
	既存供給源（副生水素等）	主要な水素供給源として最大限活用	供給源のグリーン化（CCUSの活用等）	
	輸入水素	実証・準商用化等を通じた知見蓄積、コスト低減	商用ベースの大規模国際水素サプライチェーンの構築	調達源多様化・調達先多角化を通じた規模拡大
	新たな国内供給源（電解水素等）	実証を通じた知見蓄積、コスト低減	余剰再エネ等を活用した水電解の立ち上がり	電解水素の規模拡大・新たな製造技術の台頭
		短期（～2025年頃）	中期（～2030年頃）	長期（～2050年）
需要先	部門・目標量	約200万トン	最大300万トン	2000万トン程度
	輸送部門	FCV、FCバスに加え、FCTラック等への拡大	船舶（FC船等）等の市場投入	航空機等への水素等（合成燃料等）の利用
	発電部門	定置用燃料電池、小型タービンを中心に地域的に展開	大規模水素発電タービンの商用化（SCと一体）	電力の脱炭素化を支える調整力等として機能
	産業部門（工業用原料）	原油の脱硫工程で利用する水素のグリーン化、製鉄、化学分野の製造プロセス実証等の実施	水素還元製鉄、グリーンケミカル（MTO等）等	
	産業・業務・家庭部門の熱需要	水電解装置の導入や、既存ガス管を含む供給インフラの脱炭素化等に伴い化石燃料を代替等する		インフラ整備や水素コスト低減を通じた供給拡大

2. 石油産業について | 水素キャリア

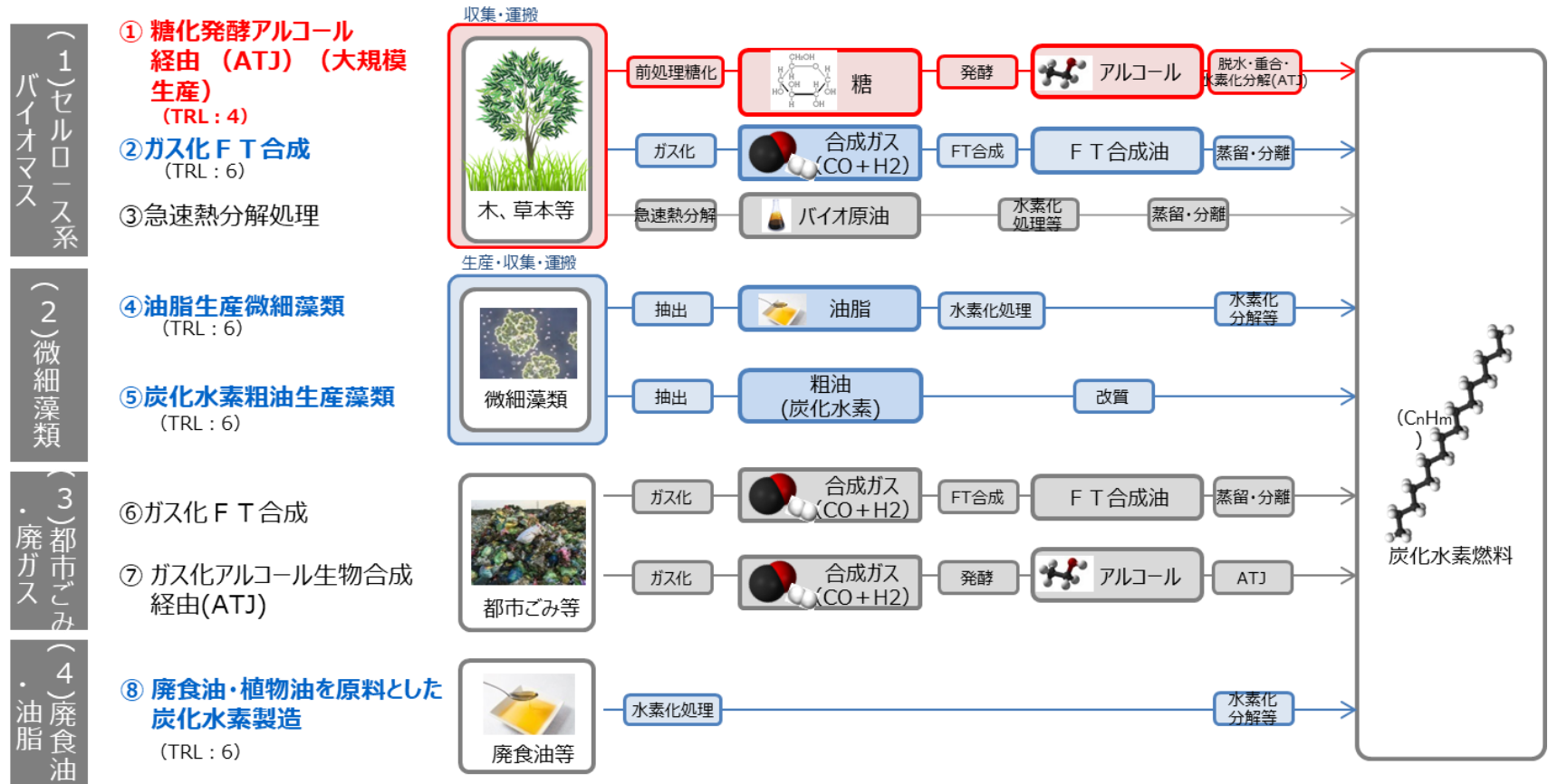
- 水素の輸送に用いられる水素キャリアについて、液化水素、MCH、アンモニア、メタネーション（メタン）の4種類が存在。
- それぞれに特性の違いや利点、技術的課題等が存在するため、**現時点でキャリアを絞り込まず、各技術の実用化を目指すことが必要。**

キャリア	液化水素	MCH	アンモニア	メタネーション
体積(対常圧水素)	約1/800	約1/500	約1/1300	約1/600
液体となる条件、毒性	-253℃、常圧 毒性無	常温常圧 トルエンは毒性有	-33℃、常圧等 毒性、腐食性有	-162℃、常圧 毒性無
直接利用の可否	N.A.(化学特性変化無)	現状不可	可（石炭火力混焼等）	可（都市ガス代替）
高純度化のための追加設備	不要	必要（脱水素時）		
特性変化等のエネルギーロス	現在:25-35% 将来:18%	現在:35-40% 将来:25%	水素化:7-18% 脱水素:20%以下	現在：-32%
既存インフラ活用、活用可否	国際輸送は不可（要新設）。国内配送は可	可（ケミカルタンカー等）	可（ケミカルタンカー等）	可（LNGタンカー、都市ガス管等）
技術的課題等	大型海上輸送技術（大型液化器、運搬船等）の開発が必要	エネルギーロスの更なる削減が必要	直接利用先拡大のための技術開発、脱水素設備の技術開発が必要	製造地における競争的な再エネ由来水素、CO2供給が不可欠

2. 石油産業について | バイオ燃料について

- **バイオ燃料**は、**植物や廃棄物等を原料とするカーボンニュートラルな燃料**。現在、世界的に利用が進んでいるのは、**バイオエタノール（ガソリン代替）、バイオディーゼル（軽油代替）**。
- 現在、ICAO（国際民間航空機関）のCO2排出削減枠組の達成に向け、**持続可能な航空燃料（SAF：Sustainable Aviation Fuel）の導入が必要**とされており、各国で製造技術開発やサプライチェーン構築の検討が活発化。

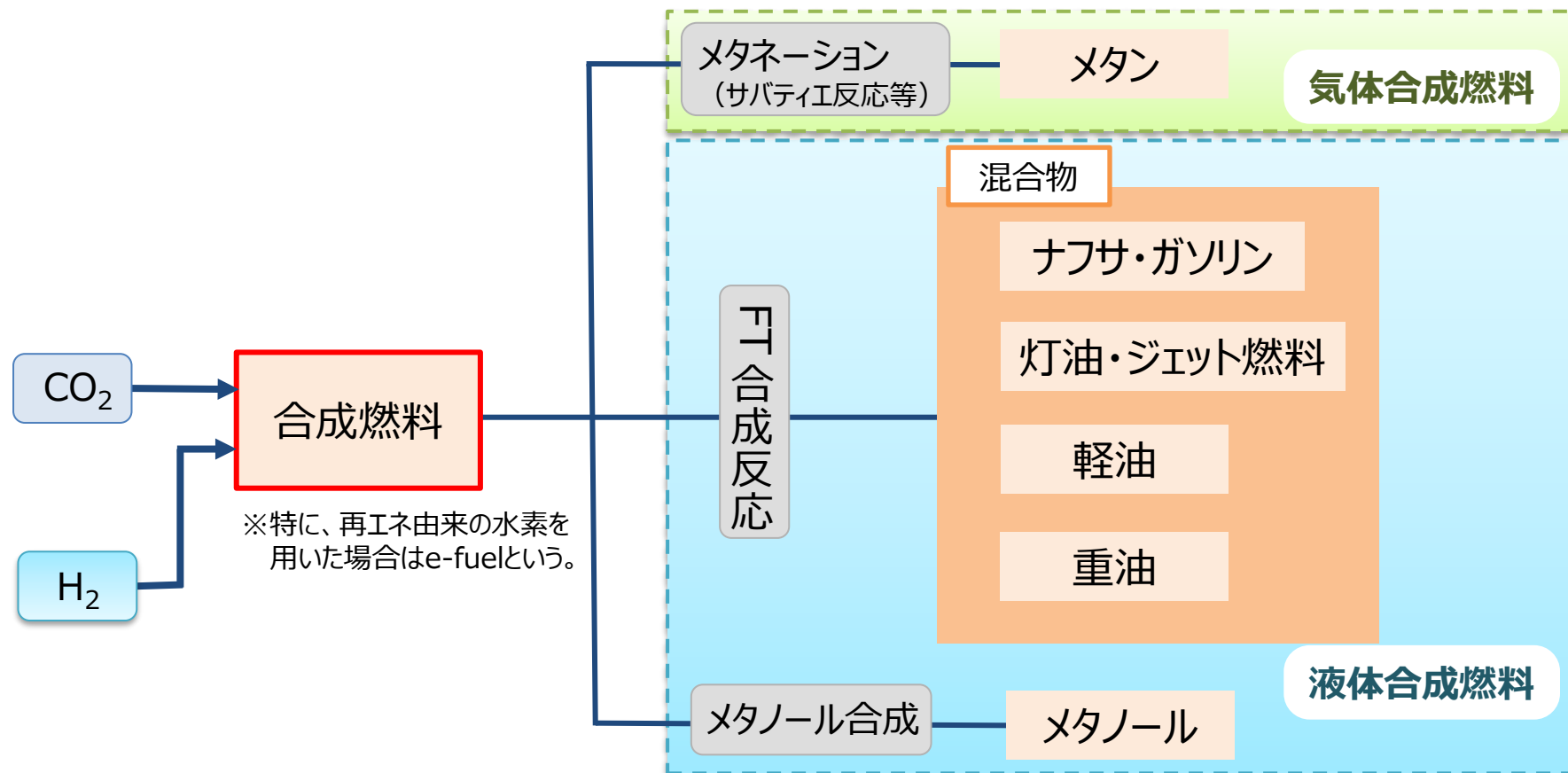
＜主なSAFの原料と製造技術の類型＞



赤字：本プロジェクトの支援とする予定の類型 青字：既存プロジェクトで支援する類型 黒字：現時点において、商用化の可能性を事業者において検討中のもの

2. 石油産業について | 合成燃料について

- 合成燃料とは、**CO₂と水素を合成して製造される燃料**を指す。合成燃料の原料となる水素は、**再生可能エネルギー電力等で水電解を行って製造するCO₂フリー水素の利用**が基本となる。

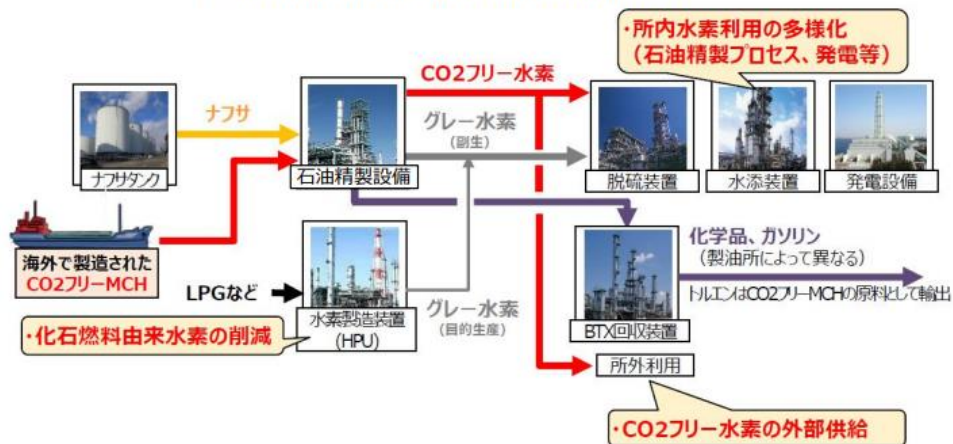


2. 石油産業について | (参考) 日本国内の研究開発動向

- 水素サプライチェーンや燃料アンモニア、合成燃料等に関する事業がGI基金プロジェクトとなっている他、NEDO等の事業においても研究開発が進められており、官民一体となって取組を実施している。

GI基金 大規模水素サプライチェーン構築事業の一例

＜製油所既存設備を活用したMCH脱水素＞



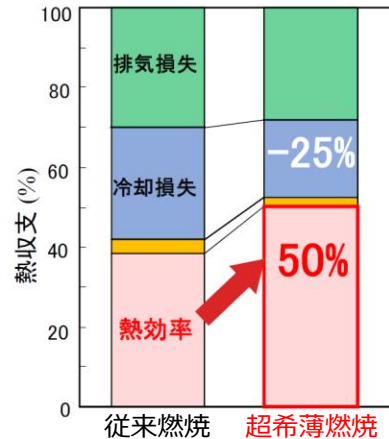
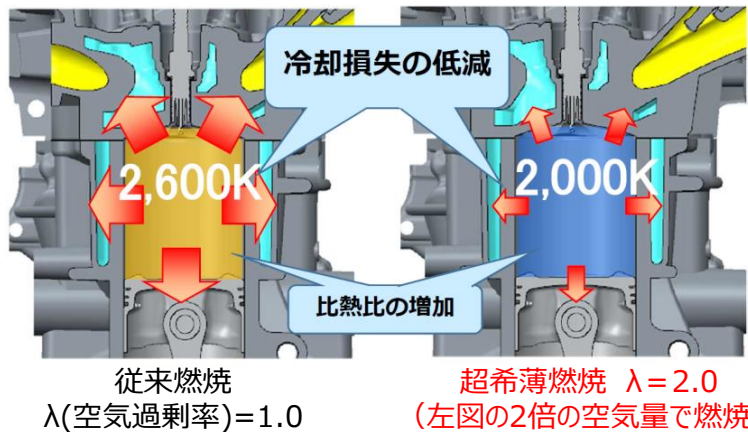
NEDO バイोजェット燃料生産技術開発事業



2. 石油産業について | 内燃機関の燃費向上に資する新燃料

- 2017年のIEAの分析によると、2040年時点においてもエンジン搭載車の割合は84%を占める。
- エンジン搭載車がEVなどと共存できるWell-to-WheelのCO2削減と更なるエミッション改善を目指し、2020年4月より石油連盟と自動車工業会の共同研究が行われている。
- 将来の革新的な高効率燃焼エンジン（ガソリンエンジンの超希薄燃焼など）では、求められる燃料特性が従来と異なる可能性があるため、これら高効率燃焼エンジンに最適な液体燃料の組成（レシピ）を明確にし、2030年以降のガソリン・軽油の製品規格への反映を目指すもの。
- 当初は石油系基材を中心に、漸次、バイオ燃料基材や合成燃料基材を利用して燃料を製造する。

将来の燃焼方法のイメージ（ガソリンエンジンの例）



熱効率向上の手段として、排出ガス（NOx他）を十分に抑制しつつ、燃焼温度を下げ、エネルギー損失を低減させる方法が今後の主流（欧米でも同様の検討を実施中）

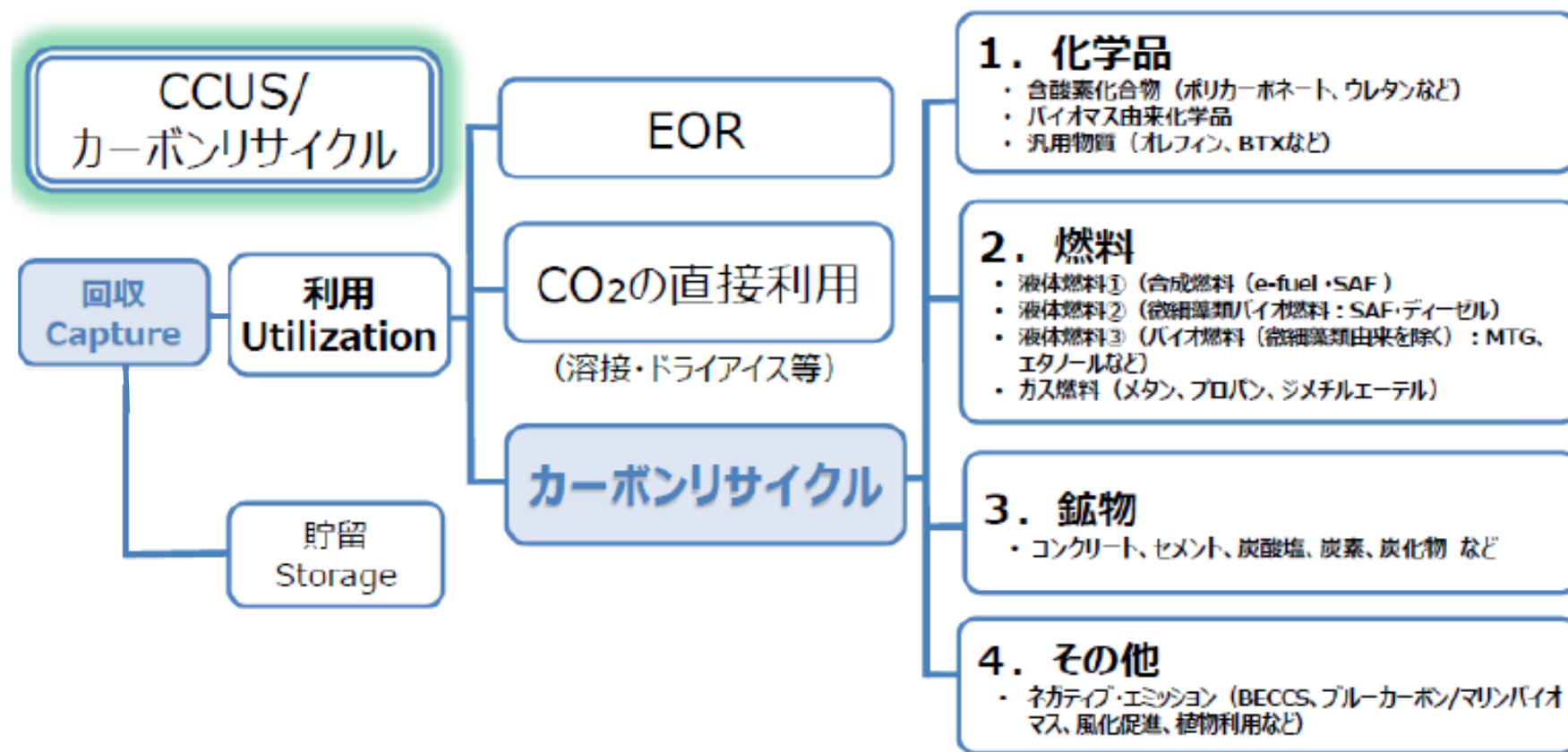
燃焼時に求められる燃料特性が大きく異なってくる可能性大

研究プロジェクトのスケジュール

年度	ガソリン研究	軽油研究
2020	単体燃料×各種燃焼	単体燃料×各種燃焼
2021	混合燃料×各種燃焼	混合燃料×各種燃焼
2022	基礎研究フェーズ	基礎研究フェーズ
2023～2025	基礎研究フェーズで確認された方向性を踏まえて、市場導入に向けた課題の検討	
～2030	市場導入準備	
	市場導入開始	

2. 石油産業について | カーボンリサイクル・CCUS

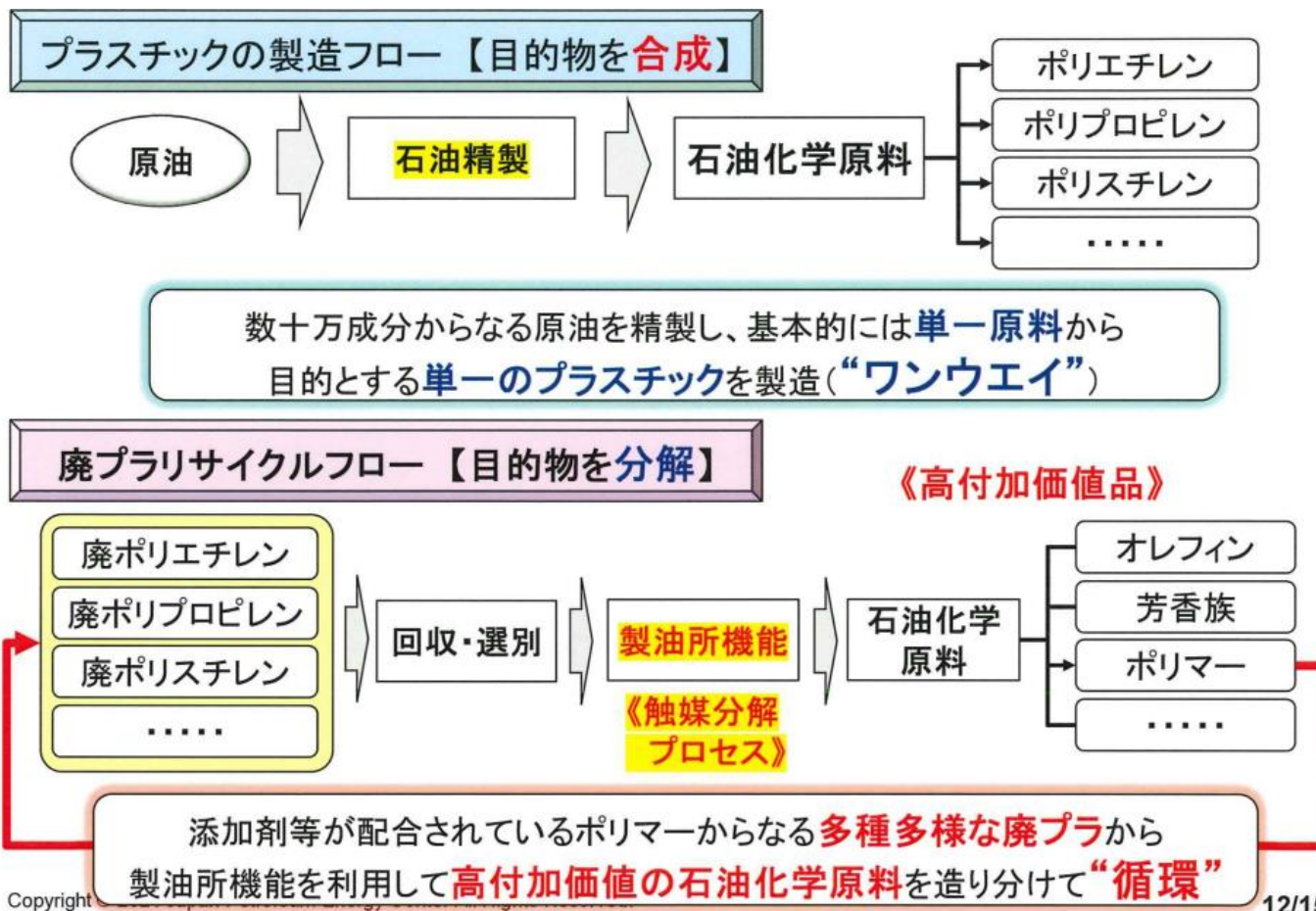
- カーボンリサイクルにおいて、回収されたCO₂は、CO₂フリー水素等との化学反応等を経て、鉱物（コンクリート）、燃料、化学品等に再利用される。
- CO₂分離回収はそれらの共通技術でありカーボンリサイクルの社会実装にむけての必須技術である。



2. 石油産業について | 石油精製プロセスにおける廃プラリサイクル

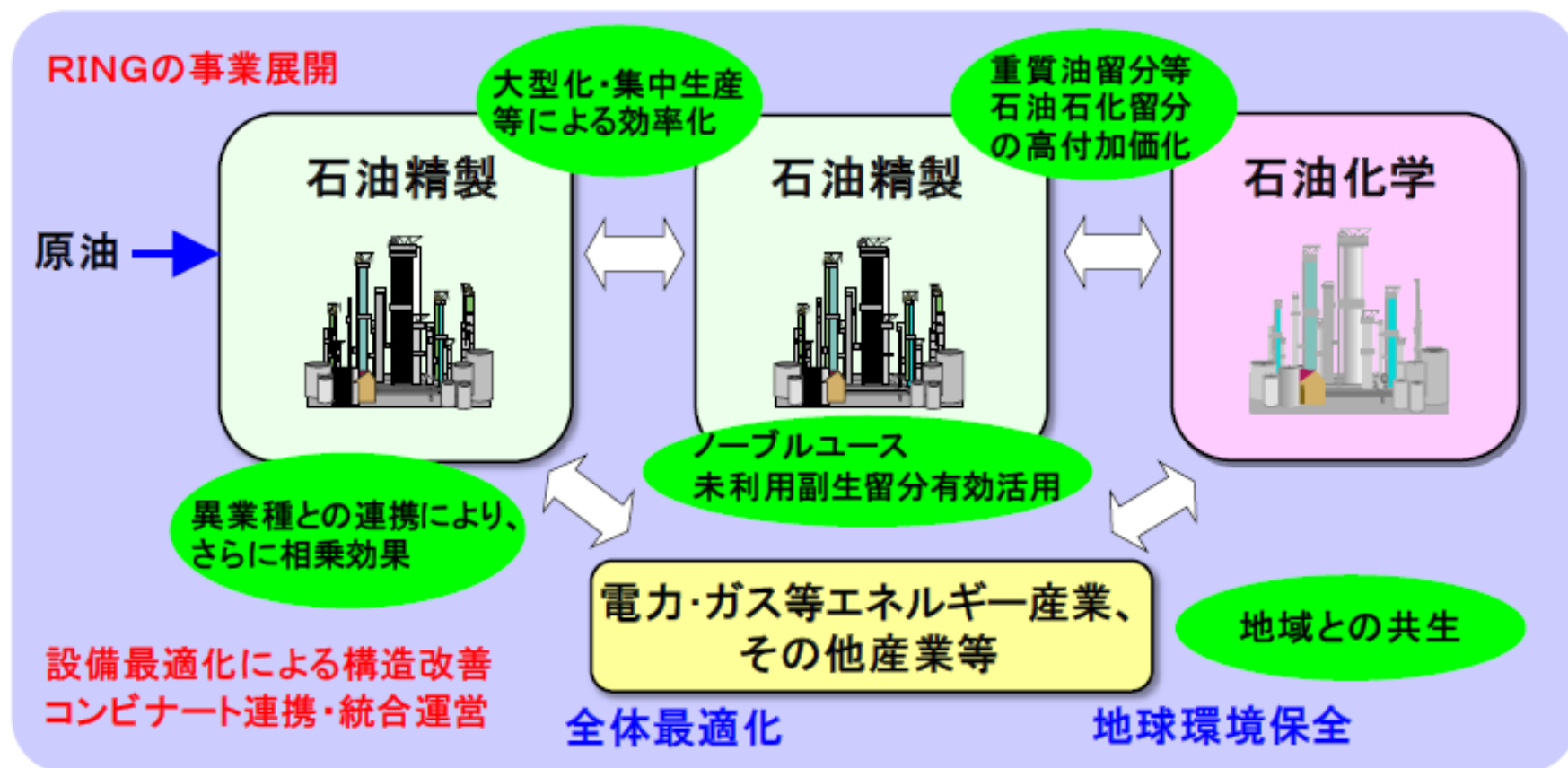
- 石油事業者は、廃プラを油化し石油精製装置によって化学原料へと再生する、ケミカルリサイクルに取り組んでいる。

＜石油精製プロセスにおける廃プラリサイクルフローの例＞



2. 石油産業について | 【参考】製油所の統合・連携

- 石油分野のカーボンニュートラル化に向けては、製油所における精製技術の高度化等への対応に加えて、**製油所間の連携や統合による全体最適化**も重要となる。
- また、石油分野において脱炭素燃料（バイオ燃料、合成燃料等）の製造の取組を進めることは、その下流にある**化学分野における原料転換を通じた脱炭素化にも貢献**し得る。



2. 石油産業について | 脱炭素に貢献する製品の例

- 石油事業から生み出される製品は、自動車等の輸送分野、有機EL・電池材料等のエレクトロニクス分野などで利用され、省エネ化等の高効率化により、他分野における経済活動の低炭素化に貢献している。

<脱炭素に貢献する製品の例>

省燃費エンジンオイル



最新規格 (ILSAC※ GF-6) は
従来規格比1%以上の省燃費性

※日米の自動車メーカー団体が策定したガソリンエンジンオイルの規格。GF-5とGF-6Aの比較

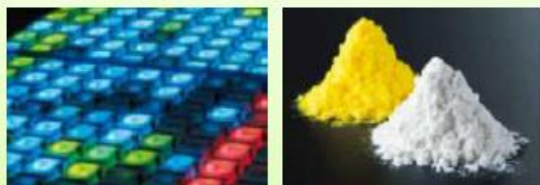
炭素繊維複合材料



強度 鉄の約10倍
比重 鉄の約1/4

耐摩耗性、耐酸性、
熱伝導率なども
優れた性能を示す

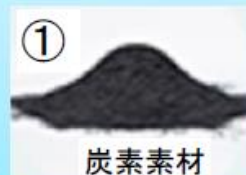
有機EL材料



電流を流すと自ら発光するため
液晶パネルのバックライトが
不要になり省エネ化

電池材料

- ① リチウムイオン電池用負極材
- ② エネルギー密度、充放電性に優れる全固体電池の開発



目次

1. 前提

2. 石油産業について

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 |

①-1 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「原油処理」

原油処理

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
省エネ対策強化	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 熱の有効利用、高度制御・高効率機器の導入、動力系の効率改善、プロセスの大規模な改良・高度化等 	-	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> • エネルギー基本計画 • 低炭素社会実行計画
燃料転換の推進	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 石油系燃料から天然ガス等への転換等 	-	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> • エネルギー基本計画
脱炭素燃料への転換	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 化石燃料からCO2フリー水素等の脱炭素燃料への転換 	最大100%削減	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> • エネルギー基本計画 • <u>GI基金-社会実装計画</u>※4
再エネ・ゼロエミ電源の活用、開発促進	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 石油精製プロセスにおける電力のグリーン化 	最大100%削減	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> • エネルギー基本計画 • グリーン成長戦略
精製プロセスの変革	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CO2フリー水素の活用による精製プロセスの脱炭素化 	最大100%削減	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> • エネルギー基本計画 • <u>グリーン成長戦略</u>
CCS・CCU	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 精製プロセス等からのCO2回収 ✓ 回収したCO2から燃料・素材（炭酸塩）等を生産 ✓ CCS導入 	最大100%削減	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> • エネルギー基本計画 • グリーン成長戦略 • <u>GI基金-社会実装計画</u>

※ 1 : 既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※ 2 : 社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※ 3 : 実装年の参照先には下線を付加。

※ 4 : グリーノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 |

①-2 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「低・脱炭素燃料・製品」

既存燃料の改善・利用効率化
 低・脱炭素燃料・製品
 水素・アンモニア

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
廃プラのケミカルリサイクル	✓ 廃プラを油化し石油精製装置を用いてケミカルリサイクルを行い、燃料や化学原料を製造	—	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略
内燃機関の燃費向上に資する新燃料	✓ 将来の革新的なエンジン燃焼方法と燃料との組合せ最適化による排出削減等	—	2020年代後半	<ul style="list-style-type: none"> 石油連盟「石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン（目指す姿）」
CO2フリー水素・アンモニアサプライチェーンの構築	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 製造・輸送技術の高効率化 ✓ 製油所設備を活用した脱水素・貯蔵 ✓ 国内供給・自社利用（発電用・自動車燃料用・原料用等） 	最大100%削減	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> GI基金-社会実装計画※4 グリーン成長戦略 エネルギー基本計画
水素ステーション等の整備	✓ 燃料電池自動車等向けに水素を供給	—	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー基本計画 グリーン成長戦略

※ 1 : 既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※ 2 : 社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※ 3 : 実装年の参照先には下線を付加。

※ 4 : グリーイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 |

①-3 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「低・脱炭素燃料・製品」

低・脱炭素燃料・製品

● バイオ燃料等 ● 合成燃料等 ●

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
バイオ燃料等 (バイオエタノール、バイオディーゼル、SAF、化学原料等)	✓ 植物や廃棄物等から液体燃料や化学原料を製造	最大100%削減	一部導入済み (SAFの製造技術等は2030年頃の実装)	<ul style="list-style-type: none"> GI基金-社会実装計画※4 グリーン成長戦略 低炭素社会実行計画 エネルギー基本計画 IEA-ETP2020
合成燃料等 (自動車燃料、SAF、化学原料等)	✓ 水素とCO2から液体燃料や化学原料を製造	最大100%削減	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> GI基金-社会実装計画 グリーン成長戦略 エネルギー基本計画 IEA-ETP2020

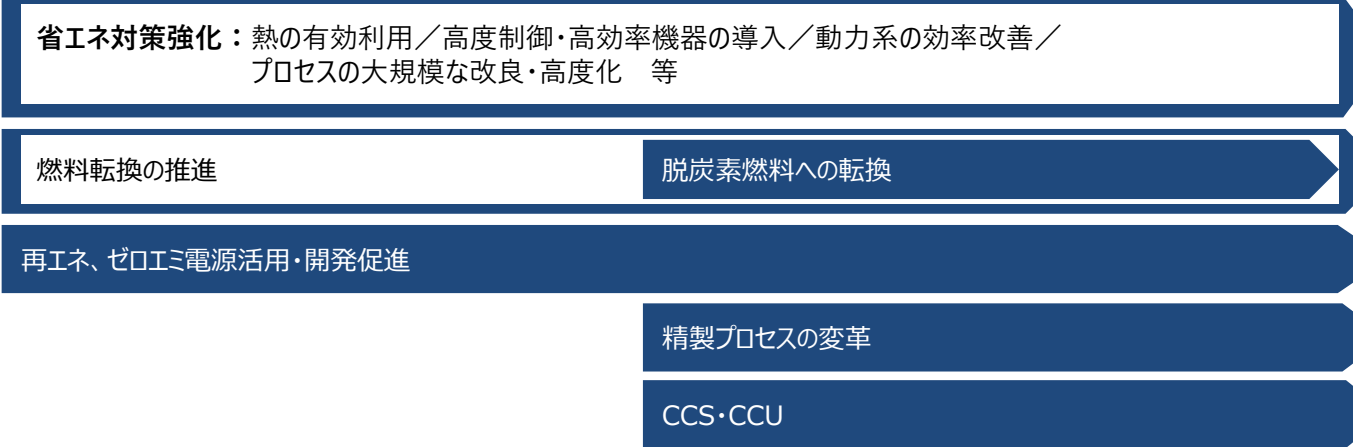
※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。
 ※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。
 ※3：実装年の参照先には下線を付加。
 ※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ^o

脱炭素化への方向性
(他分野との連携で更に推進)

2020 2025 2030 2040 2050

原油
処理



+CCUS

・省エネ、再エネ、精製プロセス変革、廃プラリサイクル等により、原油処理プロセス及び石油製品の脱炭素化を実現

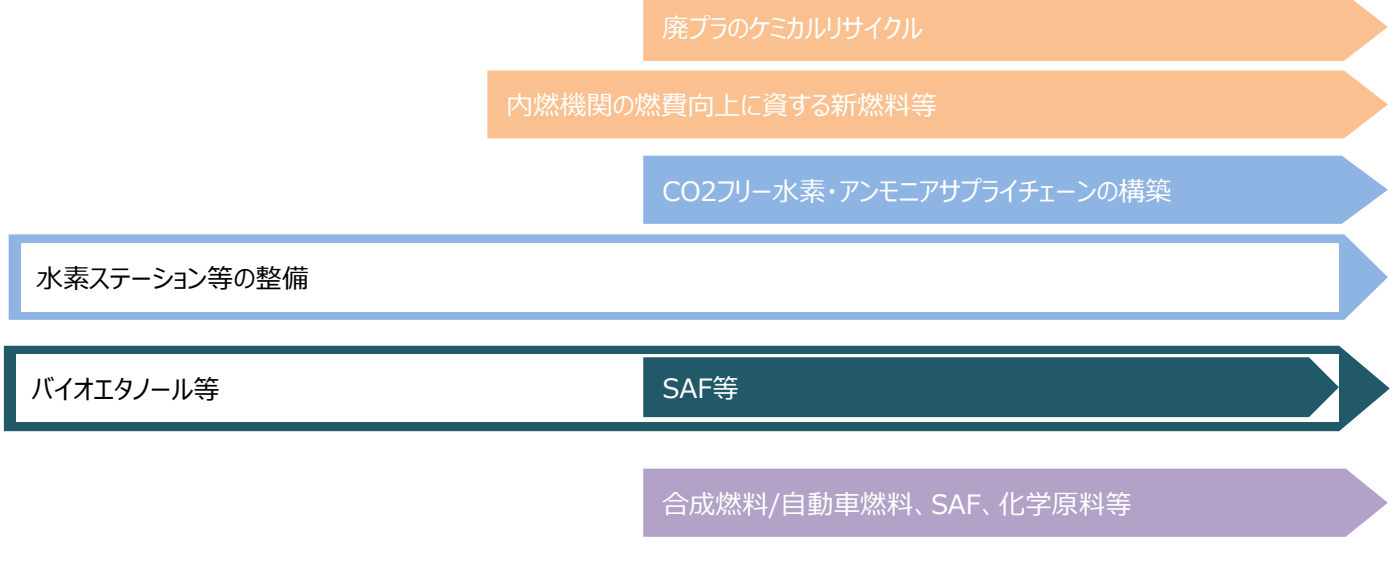
低・脱炭素燃料・製品

既存燃料の改善・利用効率化

水素・アンモニア

バイオ燃料等

合成燃料等



+脱炭素電源

・廃プラリサイクルは化学分野の脱炭素化にも貢献

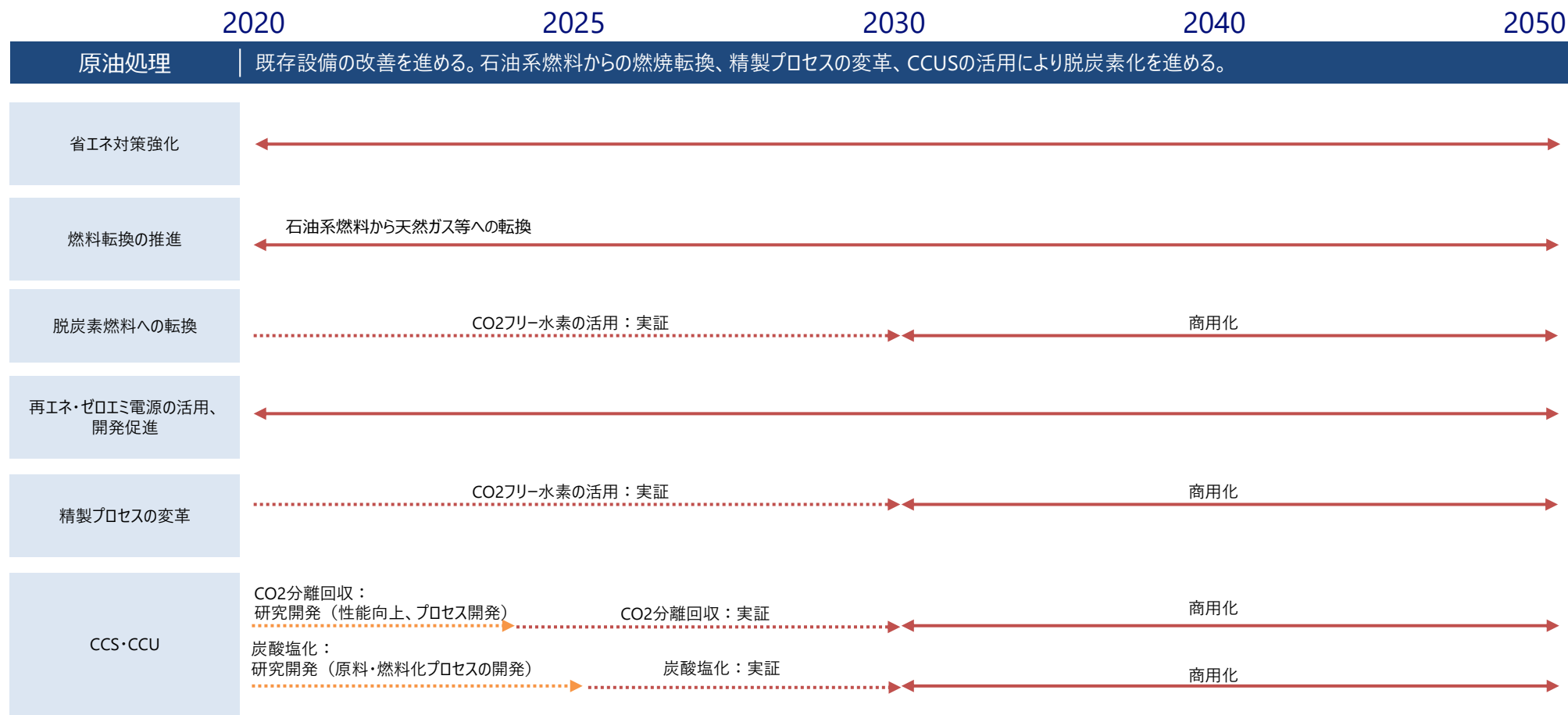
+脱炭素電源

・脱炭素燃料を供給し、製品の使用・廃棄段階における脱炭素化を実現

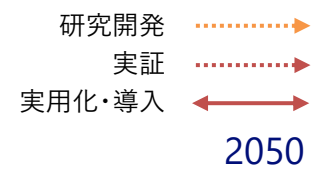
・バイオ燃料や合成燃料の製造技術は、化学分野の脱炭素化にも貢献

研究開発 
 実証 
 実用化・導入 

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】



3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】



2020

2025

2030

2040

2050

低・脱炭素燃料・製品

既存燃料の改善・利用効率 | リサイクル・燃費向上により、効率化を進める。

廃プラのケミカルリサイクル

研究開発（基盤技術確立、触媒等高性能化開発等）

実証

商用化

内燃機関の燃費向上に資する新燃料

研究開発

実証・市場導入準備（製品規格化等）

商用化

水素・アンモニア

製造・輸送技術の高効率化等を進め、国内供給・自社利用（発電用・自動車燃料用・原料用など）を拡大する。

CO₂フリー水素・アンモニアサプライチェーンの構築

液化水素： 商用化に向けた実証（液化効率を更に高める革新的技術開発も含む）

商用化

MCH： 商用化に向けた実証（液化水素関連機器の評価基盤の整備技術確立、コスト低減に資する技術開発も含む）

商用化

アンモニア： 研究開発（機器開発等）

アンモニア： 実証

商用化

水素ステーション等の整備

バイオ燃料等

技術開発を進め、脱炭素燃料であるバイオ燃料等の供給を拡大する。

バイオ燃料等
 （バイオエタノール、バイオディーゼル、SAF、化学原料等）

バイオエタノール等

SAF等：研究開発

SAF等：商用化

合成燃料等

既存技術の効率化、革新的技術の開発を進め、脱炭素燃料である合成燃料等の供給を拡大する。

合成燃料等
 （自動車燃料、SAF、化学原料等）

研究開発
 （既存技術の効率化、製造設備の設計開発）
 （革新的製造技術の開発）

実証

商用化

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ③科学的根拠/パリ協定への整合

- 本ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照したもので、パリ協定と整合している。
- 原油処理に関しては、各種省エネや燃料転換推進等による着実な低炭素化に加え、精製プロセスの変革やCCS・CCUなどの革新的技術の導入による脱炭素化を図る。さらに、合成燃料をはじめとする脱炭素燃料の供給体制へのシフトなどにより、2050年カーボンニュートラルを実現していく。

主な参照先・作成根拠

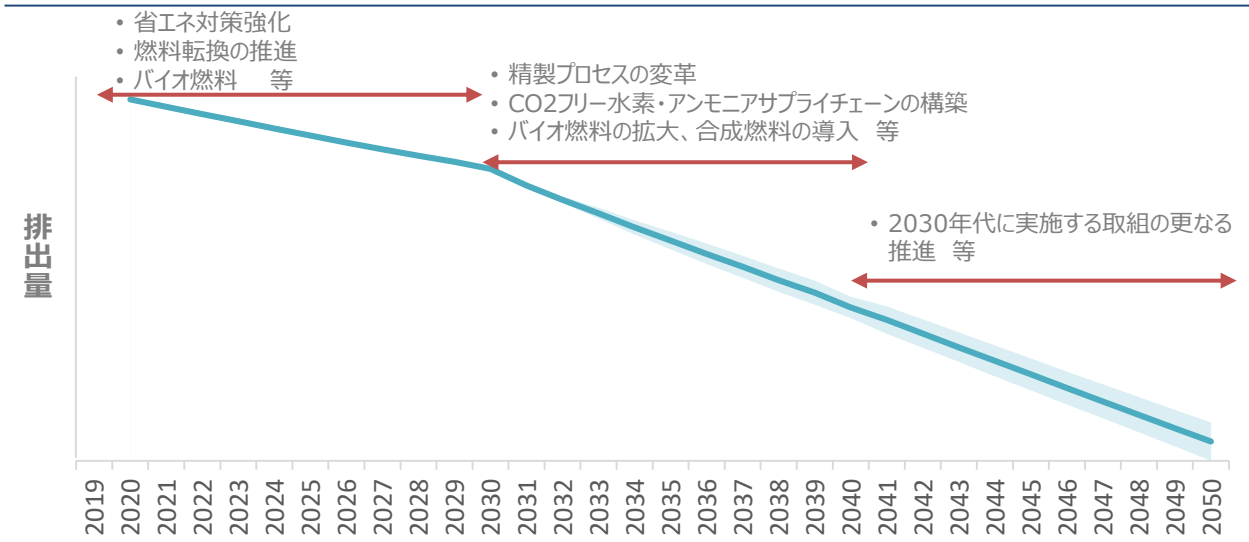
各種政府施策

- ✓ エネルギー基本計画、基本政策分科会資料
- ✓ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
- ✓ 「CO2の分離・回収等技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「大規模水素サプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「CO2等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画

パリ協定と整合する海外のシナリオ・ロードマップ等

- ✓ Clean Energy Technology Guide (IEA)
- ✓ World Energy Outlook 2021 (IEA)
- ✓ Science Based Target initiative

CO2排出の削減イメージ※1,2



- 省エネ対策強化
- 燃料転換の推進
- バイオ燃料 等
- 精製プロセスの変革
- CO2フリー水素・アンモニアサプライチェーンの構築
- バイオ燃料の拡大、合成燃料の導入 等

• 2030年代に実施する取組の更なる推進 等

- 2020~2030**
石油精製における省エネ対策の強化や燃料転換の推進により、着実な低炭素化を図っていく。また、既に実用段階にあるバイオ燃料（SAF等）等の脱炭素燃料の活用拡大に取り組む。
- 2030~2040**
石油精製プロセスの変革やCO2フリー水素、アンモニア、バイオ燃料、合成燃料等の脱炭素燃料関連技術を確立し、カーボンニュートラルに向けた取組を加速する。
- 2040~2050**
脱炭素燃料やCCUSの導入拡大により大幅な排出削減を行い、カーボンニュートラルを実現。

※1 我が国における石油産業のうち本ロードマップの対象分野としての削減イメージであり、実際には石油各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない点は留意。
 ※2 2050年カーボンニュートラルの達成は他産業との連携によるDAC等を含めたCCUSやその関連のインフラ等が整備され、サプライチェーン全体でネットゼロとすることを前提としている。

目次

1. 前提

2. 石油産業について

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

- 本ロードマップは、現時点で想定されている低炭素・脱炭素技術を選択肢として示すとともに、これら技術の実用化のタイミングについて、イメージを示すものである。
- 石油分野における技術開発は長期にわたることが想定されており、経済性など不確実性も存在する。そのため、本技術ロードマップに記載されている以外の低炭素・脱炭素技術が開発・導入される可能性もある。
- また、石油分野における低炭素・脱炭素技術の実用化は、脱炭素電源、CCUSなど他分野との連携を含む社会システムの整備状況にも左右されるため、他分野と連携しつつカーボンニュートラルの実現に向けた取組を進めていくこととなる。
- 今後、本分野における技術開発や各社・政策の動向、その他技術の進展や、投資家等との意見交換を踏まえ、ロードマップの妥当性を維持し、活用できるよう、定期的・継続的に見直しを行うこととする。
- 石油各社においては、長期的な戦略の下で、各社の経営判断に基づき、本ロードマップに掲げた各技術を最適に組み合わせ、カーボンニュートラルの実現を目指していくこととなる。
- また、各事業主体の排出削減の努力は本ロードマップの「技術」にとどまらず、カーボンクレジットの活用やカーボンオフセット商品の購入等も考えられる。

経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会

石油分野 委員名簿

【座長】

秋元 圭吾 公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）
システム研究グループリーダー・主席研究員

【委員】

押田 俊輔 マニュライフ・インベストメント・マネジメント株式会社クレジット調査部長
梶原 敦子 株式会社日本格付研究所 執行役員サステナブル・ファイナンス評価本部長
関根 泰 早稲田大学 理工学術院 教授
高村 ゆかり 東京大学 未来ビジョン研究センター 教授
竹ヶ原 啓介 株式会社日本政策投資銀行 設備投資研究所エグゼクティブフェロー／
副所長 兼 金融経済研究センター長
松橋 隆治 東京大学 大学院工学系研究科電気系工学専攻 教授

【専門委員】

井上 昌泰 石油連盟 政策委員会 政策問題小委員会 委員長
里川 重夫 成蹊大学 理工学部 物質生命理工学科 教授
田畑 光紀 一般財団法人石油エネルギー技術センター（JPEC） 合成燃料部 部長