

# Contents

## CHAPTER 1

### 脱炭素や再エネに関わる現状 11

SECTION 01	地球温暖化により引き起こされる気候変動 気候変動問題とは？	12
SECTION 02	温室効果ガスの種類とCO <sub>2</sub> 排出の根源 温室効果ガスってどんな物質？	14
SECTION 03	大気の成分とCO <sub>2</sub> 増加の原因 なぜCO <sub>2</sub> が増えているのか	16
SECTION 04	気候変動の現状 (IPCCレポート・第1作業部会) 5つのシナリオによるCO <sub>2</sub> 排出量と平均気温の変化	18
SECTION 05	気候変動で何が起ころか (IPCCレポート・第2作業部会) 気候変動に向けた適応策とレジリエントな開発	20
SECTION 06	気候変動は回避できるか？ (IPCCレポート・第3作業部会) カーボンニュートラル実現のための投資拡大の必要性	22
SECTION 07	グリーンニューディールとグリーンリカバリー 気候変動対策や生物多様性を意識した投資の拡大	24
SECTION 08	SDGsと気候変動対策 脱炭素に取り組むことはSDGsの課題に取り組むこと	26
SECTION 09	気候変動問題の国際交渉 気候変動枠組条約に基づく締約国会議で国際交渉を実施	28
SECTION 10	パリ協定 パリ協定によりCO <sub>2</sub> 排出の削減目標を規定	30
SECTION 11	各国の削減目標とカーボンニュートラル 削減目標との差を埋めるためのカーボンニュートラルの必要性	32
SECTION 12	国際エネルギー機関のエネルギーアウトック 国際エネルギー機関が指摘する再エネ投資の重要性	34
SECTION 13	TCFD (気候関連財務情報開示タスクフォース) TCFDへの賛同により企業に求められる気候変動対策	36
SECTION 14	CDPと環境イニシアチブ 企業の気候変動対策を先導する金融系NPOと環境イニシアチブ	38

SECTION 15	環境NGOと若い世代 将来の深刻な危機に対して気候変動対策に取り組む組織	40
Column	実感しにくい気候変動問題	42

## CHAPTER 2

### 脱炭素市場に向けた各国の動向としくみ 43

SECTION 01	欧州 国際交渉や政策立案・導入をリードする欧州	44
SECTION 02	米国 各地で再エネ開発が進みCO <sub>2</sub> 排出削減50%超を目指す米国	46
SECTION 03	日本 脱炭素対策の遅れが目立ち追加政策が必要な日本	48
SECTION 04	中国 CO <sub>2</sub> 排出量が多いながらも再エネ導入やEV開発が急伸する中国	50
SECTION 05	ロシア 世界経済とのつながりを確保し資源依存からの脱却が必須のロシア	52
SECTION 06	オーストラリア、カナダ 化石燃料からの脱却を目指すオーストラリアとカナダ	54
SECTION 07	中東 石油依存経済からの脱却を目指す中東諸国	56
SECTION 08	東南アジア、南アジア、中南米 資金不足や環境破壊などの課題が多い新興国地域	58
SECTION 09	小島嶼国、アフリカ 気候変動の影響が大きい小島嶼国と持続可能な開発が必要なアフリカ	60
SECTION 10	カーボンプライシング CO <sub>2</sub> 排出にコストをかけて排出削減を目指す制度	62
SECTION 11	炭素国境調整措置 気候変動対策の導入の不平等を調整するためのしくみ	64
SECTION 12	ESG投資 持続可能性や社会的な影響を考慮した投資の拡大	66

Column 日本は化石賞の常連? ..... 68

## CHAPTER 3

### 脱炭素化によるビジネスの変革 ..... 69

**SECTION 01 金融・保険**  
持続可能な投融資とリターンの大きい事業への転換 ..... 70

**SECTION 02 自動車**  
EV化とクリーンエネルギーによるゼロエミッション車の開発 ..... 72

**SECTION 03 石油**  
石油会社の脱石油に向けた戦略 ..... 74

**SECTION 04 電力・ガス**  
再エネ発電によりシステム変更が迫られる電力・ガス事業 ..... 76

**SECTION 05 鉄鋼**  
CO<sub>2</sub>排出を削減する電炉と水素による製鉄 ..... 78

**SECTION 06 非鉄金属**  
レアメタルや銅の需要拡大と回収やリサイクルの技術の開発 ..... 80

**SECTION 07 セメント・石油化学**  
製造の脱炭素・省エネ化とともにCO<sub>2</sub>吸収などの技術開発も進展 ..... 82

**SECTION 08 電機(発電・送配電機器など)**  
電気の効率利用を促進する技術開発が進む ..... 84

**SECTION 09 製造業**  
製品のライフサイクル全体を通じた省エネ化・脱炭素化を図る ..... 86

**SECTION 10 流通**  
店舗や商品、配送を含めたサプライチェーン全体の脱炭素化 ..... 88

**SECTION 11 鉄道、航空、船舶**  
電動化を目指すか持続可能な燃料でCO<sub>2</sub>排出を削減 ..... 90

**SECTION 12 建設、不動産、エンジニアリング**  
脱炭素化に貢献する建物・都市とプラントの開発 ..... 92

**SECTION 13 情報通信**  
データセンターの省エネ化とITを駆使したGX実現が急務 ..... 94

**SECTION 14 総合商社**  
再エネやカーボンクレジットなどの新しいビジネスへの挑戦 ..... 96

**SECTION 15 農業、漁業、畜産業**  
環境負荷を軽減して持続可能な農畜水産物の供給を目指す ..... 98

Column 気候変動問題はお金で解決? ..... 100

## CHAPTER 4

### サプライチェーンと ライフサイクルの脱炭素化戦略 ..... 101

**SECTION 01 CO<sub>2</sub>排出量とスコープ1, 2**  
事業活動を通じて排出されるCO<sub>2</sub>を把握する ..... 102

**SECTION 02 スコープ3の脱炭素化戦略**  
サプライサイドとデマンドサイドの脱炭素化の取り組み ..... 104

**SECTION 03 スコープ1の脱炭素化戦略①**  
建物や設備、機器などの省エネとエネルギー管理 ..... 106

**SECTION 04 スコープ1の脱炭素化戦略②**  
使用する燃料を石炭・石油から天然ガスやバイオマス、電化へ ..... 108

**SECTION 05 スコープ2の脱炭素化戦略①**  
非化石証書やカーボンクレジットとセットにしたグリーン電力の利用 ..... 110

**SECTION 06 スコープ2の脱炭素化戦略②**  
再エネ由来の電気を直接供給してもらうPPA ..... 112

**SECTION 07 スコープ3の脱炭素化戦略①**  
再エネ電力の導入を促進するための新しいPPA事業と技術 ..... 114

**SECTION 08 スコープ3の脱炭素化戦略②**  
データセンターの消費電力の抑制と再エネ化 ..... 116

**SECTION 09 スコープ3の脱炭素化戦略③**  
テレワークやサテライトオフィスで通勤時のCO<sub>2</sub>排出を削減 ..... 118

**SECTION 10 スコープ3の脱炭素化戦略④**  
トラックから鉄道・船舶での輸送にモダリティシフト ..... 120

<b>SECTION 11</b>	<b>スコープ3の脱炭素化戦略⑤</b> ライフサイクルアセスメントを考えCO <sub>2</sub> 排出を減らす製品を製造	122
<b>SECTION 12</b>	<b>スコープ3の脱炭素化戦略⑥</b> カーボンフットプリントによる商品・サービスのCO <sub>2</sub> 排出の可視化	124
<b>SECTION 13</b>	<b>サプライチェーン全体①</b> 地域のエネルギーサービスによるエネルギーの地産地消	126
<b>SECTION 14</b>	<b>サプライチェーン全体②</b> 省エネとスマート化による地域循環型社会・経済の確立	128
<b>Column</b>	<b>スコープ3がなくなる日までのロードマップ</b>	130

## CHAPTER 5

### エネルギーの脱炭素化に関する技術 131

<b>SECTION 01</b>	<b>太陽光発電①</b> さらなる導入量拡大と技術開発が求められる太陽光発電	132
<b>SECTION 02</b>	<b>太陽光発電②</b> 未利用スペースを活用して多様な場所に設置できる太陽電池	134
<b>SECTION 03</b>	<b>ソーラーシェアリング</b> 農作物の栽培と発電を同時に行うソーラーシェアリング	136
<b>SECTION 04</b>	<b>陸上風力発電</b> さまざまな課題があるもののポテンシャルが高い陸上風力発電	138
<b>SECTION 05</b>	<b>洋上風力発電</b> 日本近海に適した浮体式の技術開発が急務の洋上風力発電	140
<b>SECTION 06</b>	<b>水力発電</b> 地域に根差した安定供給源として期待される水力発電	142
<b>SECTION 07</b>	<b>地熱発電とそのほかの再エネ</b> 日本の豊富な資源を活用し開発拡大が求められる地熱発電	144
<b>SECTION 08</b>	<b>バイオマス利用</b> 森林伐採や輸送などの課題が多いバイオマス利用	146
<b>SECTION 09</b>	<b>グリーン水素とブルー水素</b> 再エネやCCSなどの活用によるカーボンニュートラルな水素	148

<b>SECTION 10</b>	<b>グリーンアンモニアとメタネーション</b> クリーンな燃料としての活用が期待されるアンモニアとメタン	150
<b>Column</b>	<b>原子力は脱炭素化に役立つか</b>	152

## CHAPTER 6

### エネルギー利用の高効率化を実現する技術 153

<b>SECTION 01</b>	<b>電気自動車(EV)</b> 電気自動車の普及だけではなく電気の再エネ化や効率的利用も重要	154
<b>SECTION 02</b>	<b>燃料電池自動車(FCV)</b> 燃料電池自動車はグリーン水素でゼロエミッション化を実現	156
<b>SECTION 03</b>	<b>水素エンジン</b> 水素を燃料とするエンジンや水素を利用した発電設備の開発	158
<b>SECTION 04</b>	<b>蓄電池(バッテリー)</b> 航続距離の向上に向けて小型化と大容量化が課題の蓄電池	160
<b>SECTION 05</b>	<b>エネルギー貯蔵システム</b> エネルギーを蓄えて有効活用する技術が研究されている	162
<b>SECTION 06</b>	<b>EV充電システム</b> 充電の利便性をカバーするための充電システムとアプリ	164
<b>SECTION 07</b>	<b>非接触充電</b> 非接触式の充電技術により走行中や停止信号での充電も可能	166
<b>SECTION 08</b>	<b>V2X</b> EVの蓄電池に蓄えた電気を家庭や社会で利用する	168
<b>SECTION 09</b>	<b>ZEH・ZEBとデジタルツイン</b> 建物のゼロエネルギー化のための効率化とデータ活用	170
<b>SECTION 10</b>	<b>ヒートポンプ</b> 熱エネルギーが効率よく得られて省エネにつながるヒートポンプ	172
<b>SECTION 11</b>	<b>SAFと合成燃料</b> 電動化の難しい航空機は燃料の脱炭素化から着手	174
<b>Column</b>	<b>航空機の利用は恥か</b>	176

## CHAPTER 7

### CO<sub>2</sub>を直接的に削減する技術 177

SECTION 01	CCS (CO <sub>2</sub> 回収・貯留) コストや適地などの課題を抱えるCO <sub>2</sub> の地中への貯留	178
SECTION 02	CCU (CO <sub>2</sub> 回収・利用) CO <sub>2</sub> からメタンを生成し製品の原料や燃料として利用	180
SECTION 03	BECCS/BECCU バイオマス燃料を使うことでエネルギー利用とCO <sub>2</sub> 削減を両立	182
SECTION 04	DACCS (CO <sub>2</sub> 直接回収・貯留) 大気中からCO <sub>2</sub> を回収するには多くのエネルギーが必要	184
SECTION 05	水素直接還元製鉄 鉄を取り出すために直接反応させる水素の供給が鍵	186
SECTION 06	CO <sub>2</sub> 吸収コンクリート 製造時に排出されるCO <sub>2</sub> をコンクリートに戻す技術	188
SECTION 07	エネルギー管理システム ピークカットだけではなくエネルギー効率を高める改良が必要	190
SECTION 08	植林・森林管理 CO <sub>2</sub> 吸収の増強と生態系の回復を目的として十分な管理が必要	192
SECTION 09	ブルーカーボン 海洋によるCO <sub>2</sub> 吸収を高めるため生態系の保全・回復が急務	194
SECTION 10	人工光合成 太陽光で水を酸素と水素に分解しCO <sub>2</sub> を利用	196
Column	2050年を想像してみよう	198

## CHAPTER 8

### 環境評価が高い企業のビジネス戦略 199

SECTION 01	ソニーグループ 再エネ利用の先駆者として2040年ネットゼロを目指すソニー	200
------------	--	-----

SECTION 02	イオングループ 発電設備を店舗に設置するとともにサプライチェーンの排出削減に挑む	202
SECTION 03	花王 CO <sub>2</sub> を排出しない原材料調達と環境負荷の少ない製品の開発	204
SECTION 04	不二製油グループ 食品加工において持続可能な原料調達が必須	206
SECTION 05	東京製鐵 再エネの余った電気の活用で電炉のCO <sub>2</sub> 排出を削減	208
SECTION 06	大和ハウス工業 ZEHやZEBへの建物の改修と設備の効率改善で脱炭素化に寄与	210
SECTION 07	古河電気工業 再エネ利用と銅製造の経験のもと電力ケーブルなどに事業を展開	212
SECTION 08	日産自動車 EVの量産だけではなく生産・使用のエコシステムを構築	214
SECTION 09	SGホールディングスグループ EV化やモーダルシフトなど物流のビジネスモデルを変革	216
Column	持続可能性の大切さはお酒から教わった	218

おわりに	219
索引	220

## 国際エネルギー機関が指摘する 再エネ投資の重要性

エネルギー需給の報告書として影響力のあるものに、国際エネルギー機関が毎年発行する「エネルギーアウトルック」があります。石油業界を背景とした保守的な報告書ですが、それでも近年は再エネが主役と断言しています。

### エネルギーの主役は石油から再エネに

国際エネルギー機関（IEA）は、**石油危機**の経験から、**経済協力開発機構（OECD）**加盟国によって設立された機関です。さまざまな報告書がありますが、代表的なものに毎年秋に発行する「エネルギーアウトルック」があります。かつては気候変動問題に前向きではないIEAでしたが、世界の潮流の変化から**2050年カーボンニュートラルを実現するシナリオを検討する**ようになり、2020年の「エネルギーアウトルック2020」では「石油に代わって太陽光発電がエネルギーの王様になる」と表現しました。石油業界寄りの機関でも気候変動対策を重視するようになったことは、エネルギー業界にインパクトを与えました。

### IEAのネットゼロのシナリオと投資

エネルギーアウトルックではCO<sub>2</sub>排出について、いくつかのシナリオを提示しています。右図は**ゼロエミッション**のシナリオです。電力の脱炭素化は急速に進む一方、**産業部門と運輸部門の脱炭素化は少し時間がかかる**と見込まれています。また、とりわけ産業部門では化石燃料消費をゼロにできませんが、その分はCO<sub>2</sub>を除去する技術で相殺するというシナリオになっています。

IEAは現状、**ネットゼロ**は難しいと警告しています。ネットゼロ達成に向け、**圧倒的に不足しているのが投資**です。今後、新規の油田やガス田への投資は抑制し、再エネへ投資すべきとしており、これを促進することでネットゼロ達成の可能性はまだ残されていると考えられています。ただ、化石燃料への投資抑制が、短期的なエネルギー需給のひっ迫につながっているのも事実です。

#### 石油危機

1970年代に発生した原油の需給ひっ迫と高騰。1973年の第一次石油危機は第四次中東戦争、1979年の第二次石油危機はイラン革命がきっかけとなった。石油危機を契機に省エネや石油代替エネルギーの開発が推進されるようになった。

#### 経済協力開発機構（OECD）

第二次世界大戦後、欧州経済を復活させるため、1948年に設立された欧州経済協力機構が母体。1961年に発展的に改組され、現在の組織となった。北米だけでなく、南米や日本を含むアジアにも加盟国を広げている。

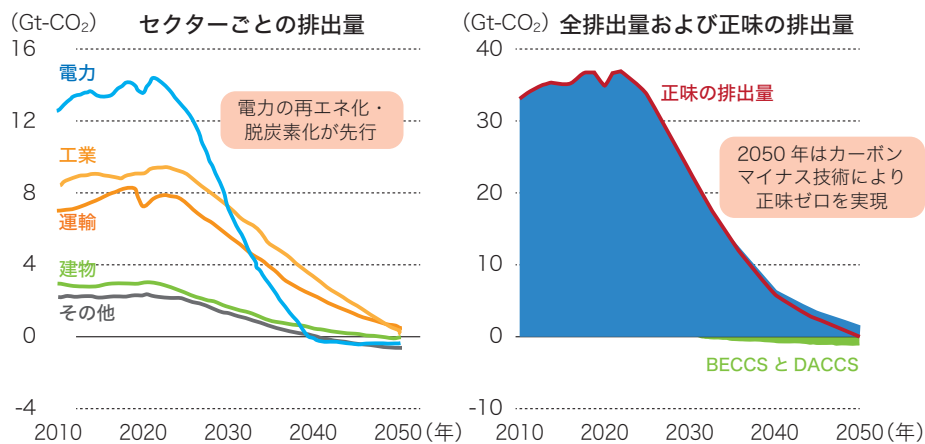
#### ゼロエミッション

排出量ゼロのこと。ここではCO<sub>2</sub>排出ゼロを指す。

#### ネットゼロ

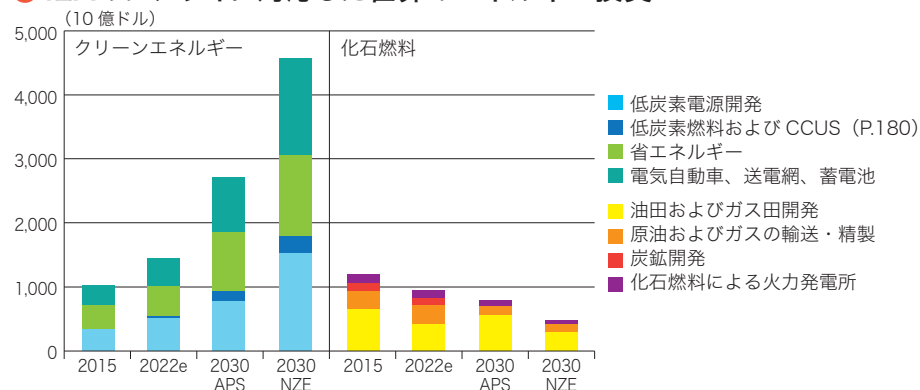
CO<sub>2</sub>を排出しても、ほかの手段でCO<sub>2</sub>を吸収することで、全体としてCO<sub>2</sub>排出ゼロにすること。カーボンニュートラルと同じ意味。

### CO<sub>2</sub>排出量の部門別内訳とゼロエミッションのシナリオ（2010-2050年）



出典：国際エネルギー機関（IEA）「World Energy Outlook 2022」（Figure 3.1）をもとに作成

### IEAのシナリオに対応した世界のエネルギー投資



※ APSは現行政策によるシナリオ、NZEはネットゼロのシナリオ  
出典：国際エネルギー機関（IEA）「World Energy Investment 2022」をもとに作成

## ! One Point

### グリーンフレーション

化石燃料の生産に対する新規投資を抑制したことで、需給がひっ迫し、エネルギー価格が上昇しています。その結果、不況とインフレが同時に起こるスタグフレーションも引き起こしています。これは、脱炭素化に伴って発生するため、「グリーンフレーション」といわれます。また、ロシアによるウクライナ侵攻により、この傾向はさらに強まっています。

## 石油依存経済からの脱却を目指す 中東諸国

中東の産油国はこれまで、気候変動対策に消極的な国々と見られてきました。しかし、近年は再生エネルギーと原子力発電の開発が進められています。近い将来、石油が売れなくなる時代に備えているといえます。

### 太陽光発電所の建設などが進むサウジアラビア

中東の産油国では、将来的に石油が売れなくなることを想定し、**脱石油が進められています**。比較的進んでいる国の1つが、中東最大の産油国であるサウジアラビアです。2016年に「**ビジョン2030**」を策定し、そこに当面の目標として950万kWの再生エネルギー導入が示されています。実際、砂漠に大規模な太陽光発電所が建設されており、グリーン水素（P.148参照）やグリーンアンモニアの製造設備の建設も進められています。また、CCUS（P.180参照）やブルー水素（P.148参照）事業も検討されています。このほか、**すべてのエネルギーを再生エネルギーで賄う100万人都市「NEOM」**を建設する予定もあります。

脱炭素では2060年のカーボンニュートラルを目指しています。

### UAEではマスタードールが注目される

サウジアラビアと並んで脱炭素が進められているのが、UAE（アラブ首長国連邦）です。特に注目されているのは、2006年に設立された、**再生エネルギー100%都市として建設されるマスタードール・シティ**、およびこの事業を推進する企業である**マスタードール・シティ**です。マスタードール・シティでは、ゼロエミッションを意識した工場誘致などがなされるほか、**国際再生可能エネルギー機関（IRENA）**の本部も置かれています。マスタードールは都市開発の経験を生かし、**海外でも事業を展開**しており、石油にとって代わる再生エネルギーの一角を目指しているといえます。また、原子力発電所の開発も進められており、4基の韓国製原子炉が稼働中、ないしは稼働間近です。

脱炭素では2050年のカーボンニュートラルを目指しています。

#### ビジョン2030

石油依存経済からの脱却を目指した成長戦略。脱炭素や再生エネルギーだけでなく、教育や産業振興、スポーツ・文化など多岐にわたる。

#### 国際再生可能エネルギー機関（IRENA）

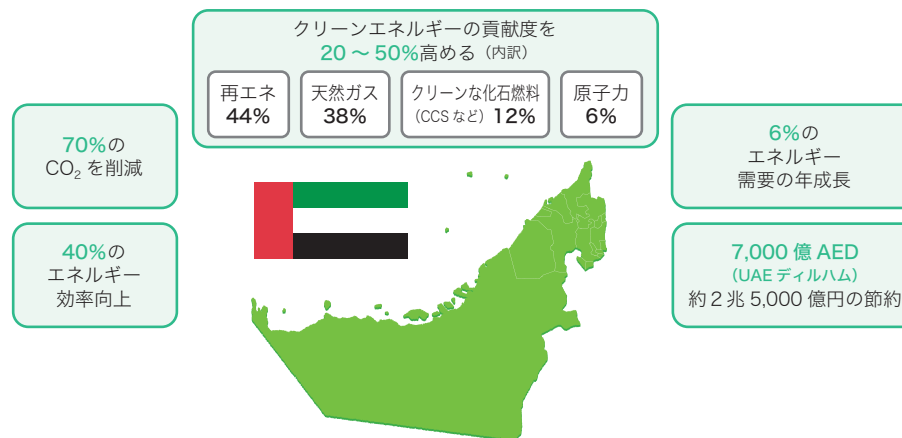
再生エネルギーの普及および持続可能な利用の促進を目的として設立された国際機関。2011年に正式に設立され、日本を含む160か国とEUが加盟する。

### サウジアラビアのグリーン化目標



出典：サウジ&中東グリーンイニシアチブ「SGI and MGI Media resources」をもとに作成

### UAEのエネルギー戦略2050



出典：国際再生可能エネルギー機関（IRENA）「UAE National Energy Strategy 2050」をもとに作成

## ! One Point

### そのほかの中東の産油国

中東諸国は脱炭素以上に、政治的な安定や民主化が課題となっており、脱炭素や脱石油の経済はなかなか進展していません。一方で、小島嶼国のバーレーンのように気候変動の影響を受けやすい国もあります。今後の展望は、石油生産から得られる収入をいかに脱炭素事業に投資し、経済や産業の構造を転換させていくか、にあるといえます。

## 石油会社の脱石油に向けた戦略

石油は現在でも世界経済を支える主要なエネルギーです。しかし、脱炭素社会に向け、今後は消費が大きく減少していくことが想定されます。それでは、石油会社はどのような脱炭素化の戦略を描いているのでしょうか。

## CCSと再エネ開発を目指す石油会社

## 石油メジャー

石油会社のうち世界経済に影響を与える大企業を指す。しかし、その地位は国有石油企業（サウジアラムコなど）にとって代われ、石油事業そのものの市場価値も低下している。

## 合理的

CCSについては、油田やガス田へ埋め戻すほうが、CO<sub>2</sub>を埋める場所の少ない発電所付近で行うよりも合理的。そのため、油田やガス田でブルー水素をつくり、現在の化石燃料のサプライチェーンを維持していく。米国系石油メジャーにはこうした考えが根強い。再エネ開発にシフトする傾向にある欧州系石油メジャーとは対照的。

## 店舗展開

bpのクレジットカードの購入履歴データを活用し、顧客ニーズに沿った店舗展開を進めている。

石油メジャーを含めた海外石油会社の方針は、大きく2つに分かれます。1つは**CCS (P.178 参照) を活用し、ブルー水素を生産して供給していく**ものです。主に天然ガスを分解して水素とCO<sub>2</sub>に分け、CO<sub>2</sub>を地層中に埋め戻してカーボンニュートラルの実現を目指します。油田やガス田へのCO<sub>2</sub>注入はすでに行われており、火力発電所でCCSを実施するより**合理的**です。

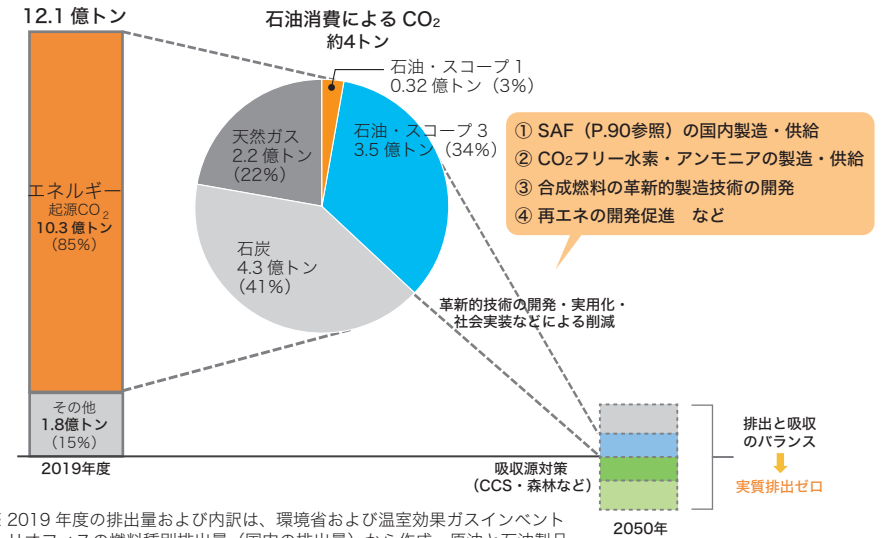
もう1つは、**石油事業から再エネ事業へシフトする**方針です。代表的な企業はデンマークのオーステッドです。かつては石油会社でしたが、風力発電事業に進出し、現在では洋上風力をはじめとする風力メジャーに成長しています。英bpやオランダのシェルも再エネ開発に積極的な姿勢を見せており、日本ではENEOSなどが再エネ事業に参加しています。このほか、カーボンニュートラルな合成燃料やバイオマス燃料の開発も進めています。

## ガソリンスタンドをどう変えるか

電気自動車が主流となると、ガソリンスタンドが減少し、充電設備が必要となります。充電設備の設置に広い敷地は必要ありませんが、**急速充電器でも80%の充電に30分程度かかる**という課題があります。そのためbpは、米国でコンビニエンスストアを買収し、充電スタンド併設の**店舗展開**を進めています。また、英国では、充電スタンド付きのカフェの開発が進められています。充電の時間をカフェでくつろいでもらうという戦略です。

日本ではENEOSが、**ガソリンスタンドを地域のエネルギー拠点**として役割を担わせていくことを検討しています。

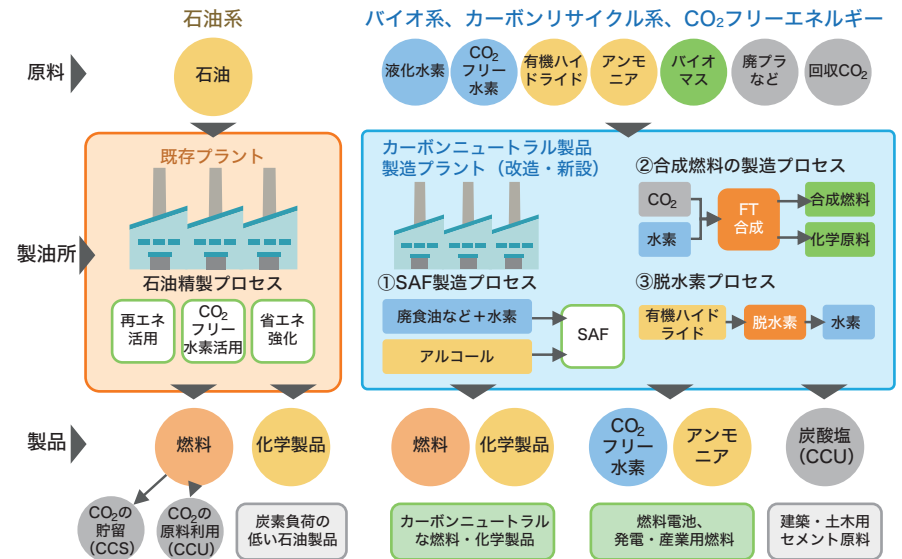
## 石油会社のカーボンニュートラルに向けた挑戦のイメージ



※ 2019年度の排出量および内訳は、環境省および温室効果ガスインベントリオフィスの燃料種別排出量（国内の排出量）から作成。原油と石油製品の排出量から、製油所のCO<sub>2</sub>排出量（石油分）を控除し、石油のスコープ3排出量とした

出典：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）【2022年12月版】」をもとに作成

## カーボンニュートラルを目指す製油所の将来像



出典：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）【2022年12月版】」をもとに作成

## テレワークやサテライトオフィスで 通勤時のCO<sub>2</sub>排出を削減

スコープ3には、従業員の働き方によるCO<sub>2</sub>排出も含まれています。近年はコロナ危機の影響によりテレワークが普及し、通勤によるCO<sub>2</sub>排出量は減少傾向にあります。さらに、サテライトオフィス（P.126参照）によるCO<sub>2</sub>排出削減なども取り組まれています。

### テレワーク普及によるCO<sub>2</sub>排出の変化

#### テレワーク

テレワークでは、パソコンなどを使って自宅で作業をするほか、会議などはオンライン会議のアプリで実施する。

テレワークとは、ここでは自宅やコワーキングスペースなどを利用し、オフィスに出勤しない働き方を指します。2019年末からの世界的なコロナ危機の影響で、対面によるコミュニケーションを回避するため、日本でもテレワークが普及しました。

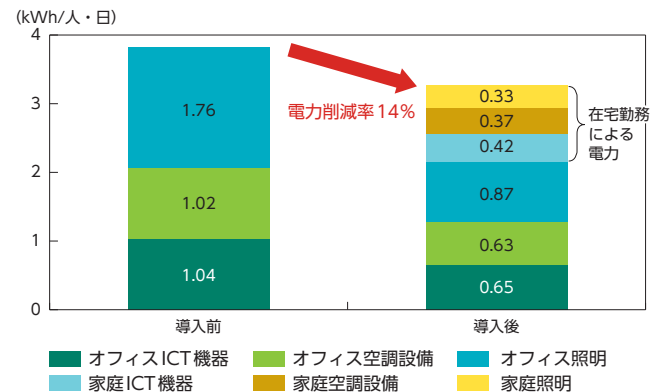
テレワークを活用すると、CO<sub>2</sub>排出を削減できます。右ページの図のように、通勤（とりわけ自動車通勤）からのCO<sub>2</sub>排出削減に加え、オフィスの空調や照明、OA機器の利用によるCO<sub>2</sub>排出も削減できます。一方、自宅などでのCO<sub>2</sub>排出は増加することになります。ただし、一定規模以上の事業所の場合、自宅からの排出増を考慮しても、全体としては削減になるようです。

### サテライトオフィスによるCO<sub>2</sub>排出削減

オンライン会議などが普及したことにより、従業員が一か所のオフィスなどに集まる必要性が減り、事業所を分散化できるようになりました。もし居住地の近くで働くことができれば、**テレワークと同様、通勤時のCO<sub>2</sub>排出削減**につながります。

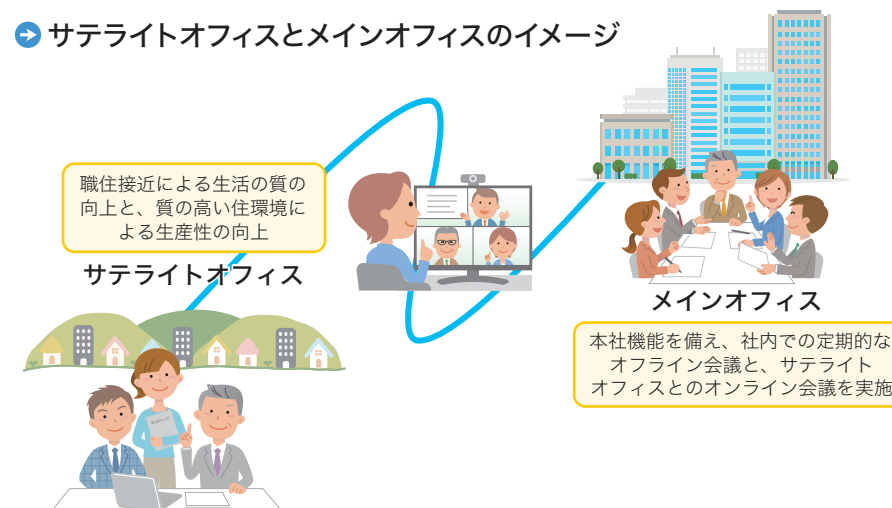
米国では、自動車による通勤が一般的なので、サテライトオフィスによるCO<sub>2</sub>排出削減効果が高いという調査結果があります。日本の場合、大都市圏を離れたサテライトオフィスで勤務すると、かえって自動車通勤が増えてしまいかねません。しかし、通勤時間の減少と、住宅環境の改善により、生活の質が向上する可能性があります。**再エネ電力の利用や自転車通勤、EV利用などをセツトにして、サテライトオフィスによる脱炭素化**を考えることになるでしょう。

### テレワークによるオフィスでのCO<sub>2</sub>排出削減効果



出典：総務省「平成22年度次世代のテレワーク環境に関する調査研究」  
出所：環境省「平成30年版環境・循環型社会・生物多様性白書」をもとに作成

### サテライトオフィスとメインオフィスのイメージ



### ! One Point

#### オンライン会議は出張のCO<sub>2</sub>排出抑制にも貢献

人が乗り物を使って移動する場合、その乗り物がCO<sub>2</sub>を排出します。したがって、オンライン会議の活用により、なるべく出張などの移動を控え、移動する際は航空機以外の公共交通機関を利用することが、CO<sub>2</sub>排出削減につながります。特に航空機はCO<sub>2</sub>排出が多いことから、移動手段の検討が求められています。



## 農作物の栽培と発電を同時に行う ソーラーシェアリング

太陽光発電の新たな取り組みとして注目されているのが、ソーラーシェアリング（営農型太陽光発電）です。発電事業と農業とを両立させることで、電力供給だけではなく、農村地域の経済発展にも寄与することにつながります。

### 農作物と発電設備で日光をシェア

ソーラーシェアリング（営農型太陽光発電）とは、農地で農業とともに発電を行う取り組みです。農作物の生育には、キノコなどを除き、日光が必要とされます。ただし、必ずしも**強い日光が必要**ではなく、多くの農作物は少し影ができてでも十分に育ちます。そこで、**太陽光発電設備を設置し、日光を農作物と発電設備でシェアすることで、農業と発電の両方を実現**できるのです。

夏などは日影ができるため、農作業がしやすくなる一方、耕作のための機械使用を考えた設備設置が必要という課題もあります。また、架台の設置部分のみを**農地から転用**するための許可なども必要になります。さらに制度上、農家は農作物の収穫を、ソーラーシェアリング導入前の8割以上にしておくことも求められます。

### 農作物を考慮したソーラーシェアリング

ソーラーシェアリングの主役はあくまで農業です。栽培する**農作物の特性に合わせて太陽光発電を行うことになるので、育てる農作物を何にするかを考えていく必要**があります。日影でも育つミョウガやアサタバなどの農作物をはじめ、さまざまなものが育てられています。今後、ソーラーシェアリングに適した農作物や栽培方法などの研究も進んでいくことでしょう。

また、**畜産でのソーラーシェアリング**も試みられています。牧場に東西から日光が当たるよう、垂直に太陽光発電設備を設置すると、発電量そのものは低下しますが、設置しやすいというメリットがあります。また、朝方や夕方などの電気の市場価格が高い時間帯に発電できるというメリットもあるようです。

強い日光は必要わけではない

ほとんどの植物は、一定の強さ以上の日光が当たっても光合成に限界がある（光飽和点）。光飽和点は農作物により異なるため、太陽光発電設備の配置も変わってくる。トウモロコシのような光飽和点がない農作物には基本的にソーラーシェアリングは向かない。

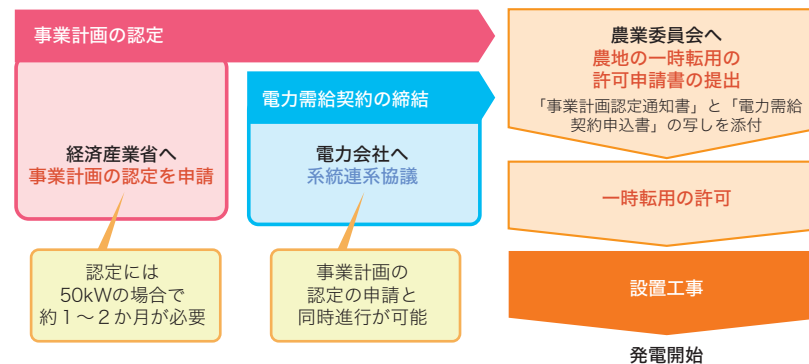
農業と発電の両方を実現

売電による農業以外の収入や、自家発電によるコスト削減などにより、農家の経営を安定させることにつながる。

農地の転用

農地は農地法により耕作以外での使用が制限されている。ソーラーシェアリングを導入する場合、架台の杭を打つ部分は耕作以外の使用となるため、農地の一時転用許可を得る必要がある。転用期間は10年間で、その後は再度、転用許可を得ることになる。

### → ソーラーシェアリングに必要な手続き（神奈川県例）



出典：神奈川県庁「ソーラーシェアリングの魅力」をもとに作成

### → ソーラーシェアリングのイメージ



写真提供：photoAC

### ! One Point

#### ソーラーシェアリングに適した主な農作物

ソーラーシェアリングの場合、ミョウガのように比較的日影を好む農作物が適しているといわれています。しかし、ほとんどの農作物は光飽和点があり、多少日影があっても十分に育ちます。たとえば、ナスやジャガイモ、大豆などの一般的な農作物も育てられており、ブルーベリー農園やワイン用ブドウ畑、水田の事例もあります。また、最近ではビニールハウスと一体になったソーラーシェアリングで、さまざまな園芸作物が栽培されています。

## 建物のゼロエネルギー化のための効率化とデータ活用

日本ではCO<sub>2</sub>排出量の4分の1から3分の1が、建物使用時の排出といわれています。そのため、建物からのCO<sub>2</sub>排出をゼロに近づけることが課題となっており、ゼロエネルギー住宅（ZEH）やゼロエネルギービル（ZEB）といった取り組みが進められています。

### ZEHやZEBの実現に向けた取り組み

#### 未利用熱の利用

空調や給湯などのために、これまで使われていなかった河川や地中の熱などを利用すること。たとえば、地中の熱は気温に対し、夏は低く、冬は高いため、空調のヒートポンプの熱源を地中にすることで、効率化される。

#### CAD

Computer Aided Designの略で、コンピューターによる設計のこと。効率的な作業が可能で、単純ミスなどが防げる。

#### デジタルツイン

現実とコンピューター上のデータが一致していることが強み。建物単体だけではなく、スマートシティや送配電網に活用することも可能。さらに地球全体をデジタルツイン化する構想もある。これにより、地球上のどこで気温上昇をしているのか、氷床の融解が起きているのか、山火事が発生しやすいのかといったことをスーパーコンピューターで計算し、実際の地球の状況に当てはめていくことができる。

建設業では、工事や資材の脱炭素化以上に、**建物使用時の脱炭素化が重要であり、ZEHやZEBの取り組みが進められています。**

ZEHについては、断熱性能の向上に加え、住宅用太陽光発電の活用や蓄電池の設置などで改善が可能です。一方、ZEBの場合、消費エネルギーが住宅より多く、太陽光発電設備の設置場所も限られていることから、完全な「ゼロエネルギー」は簡単ではありません。そこで、ZEBに近づけるための段階が定義されています。

ZEBは今後、地中熱などの**未利用熱の利用を含めたエネルギーの効率化を進めるとともに、PPA（P.112参照）などを利用した再エネ供給**を通じてカーボンニュートラルにしていくことでしょう。

### 建物のデータ化により無駄や効率性を把握

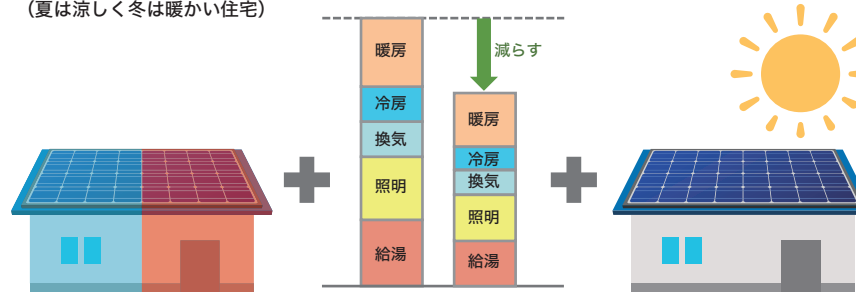
建物の設計図面は、コンピューター（CAD）化され、さらに3次元化されて3D-CADとなり、配管や柱などの立体的な構造が可視化されました。さらに、完成した図面をデータベース化し、その後の管理や運用にも活用できるようになりました。**建設時だけでなく、改修や改築などのデータも加え、利用できるようなシステムがBIM（Building Information Modeling）**です。

この3Dのデータに、温度や人流、照度、設備の稼働状況などのデータを組み合わせ、リアルタイムで現実と整合させ、コンピューター上で制御できるようにしたものが**デジタルツイン**です。

この技術により、エネルギーの無駄や再エネ由来の電気の効率性の把握、エネルギー需給の監視や制御などを行うことで、脱炭素化を大きく推進できるとして期待されています。

### ➔ ZEHの特徴

高断熱でエネルギーを極力必要としない  
(夏は涼しく冬は暖かい住宅)

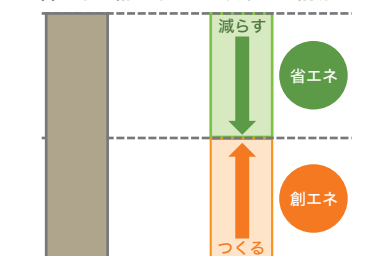


出典：資源エネルギー庁「ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）」（2019.03.25）をもとに作成

### ➔ ZEBの定義（ZEB ← ニアリー-ZEB ← ZEBレディ ← ZEBオリエンテッドの4段階）

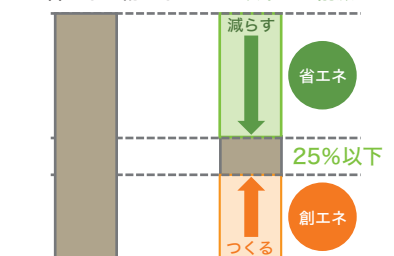
#### ● ZEB

省エネ+創エネで0%以下まで削減



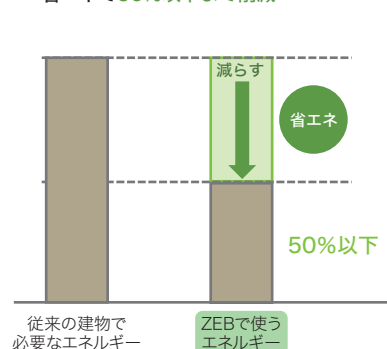
#### ● ニアリー-ZEB

省エネ+創エネで25%以下まで削減



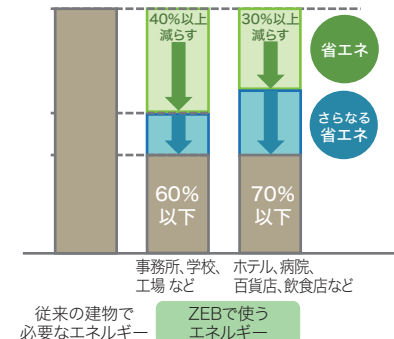
#### ● ZEBレディ

省エネで50%以下まで削減



#### ● ZEBオリエンテッド

延べ面積が10,000m<sup>2</sup>以上の建物  
省エネで用途ごとに既定する削減量達成  
+未評価技術の導入によるさらなる省エネ



出典：環境省「ZEB PORTAL 5. ゼロエネルギー化って本当にできるの？」をもとに作成

# 太陽光で水を酸素と水素に分解し CO<sub>2</sub>を利用

人工光合成は、植物に頼らず、太陽光を使ってカーボンニュートラルなエネルギー資源などをつくり出す技術です。植物の光合成より高効率で、直接グリーン水素をつくることのできるため、期待が寄せられています。

## 水素をつかってCO<sub>2</sub>と反応させる人工光合成

光合成とは、植物などが太陽光のエネルギーを使い、CO<sub>2</sub>と水からデンプンなどの養分（有機化合物）をつくり出すしくみです。こうした化学反応を人工的に行うものが人工光合成です。

光合成は、**水を分解して水素イオンを生成する反応**と、**CO<sub>2</sub>と水素イオンから養分を生成する反応**の2段階で構成されます。人工光合成でも水素を生成したあと、CO<sub>2</sub>と反応させて有機化合物をつくります。

メタネーション（P.150 参照）や**オレフィン**など、水素を使って有機化合物をつくる技術は、人工光合成以外でも研究されています。そのため、**人工光合成は主に水素の製造が中心**となります。一般的な方法では、光触媒を使い水を酸素と水素に分解するため、太陽光のエネルギーを効率よく使える光触媒の開発が必要です。

## 人工光合成の用途

人工光合成の技術があれば、**再エネで電気をつくらなくても、グリーン水素を製造**できます。また、水素はそのまま、ないしはCO<sub>2</sub>と化合させ、化学工業の原料や燃料にすることもできます。

現状では、**太陽光のエネルギーに対し、約10%の効率で水素を製造**するところまで技術が進んでいます。最近では豊田中央研究所が、水とCO<sub>2</sub>から高効率で**ギ酸**をつくる技術を開発しました。

植物の光合成より効率は高いですが、太陽光発電のエネルギー変換効率より低いです。しかし、水素は電気より貯蔵しやすいなどの利点があります。将来は太陽光発電と人工光合成、太陽熱利用を含めた、さまざまな太陽の利用が進むと考えられます。

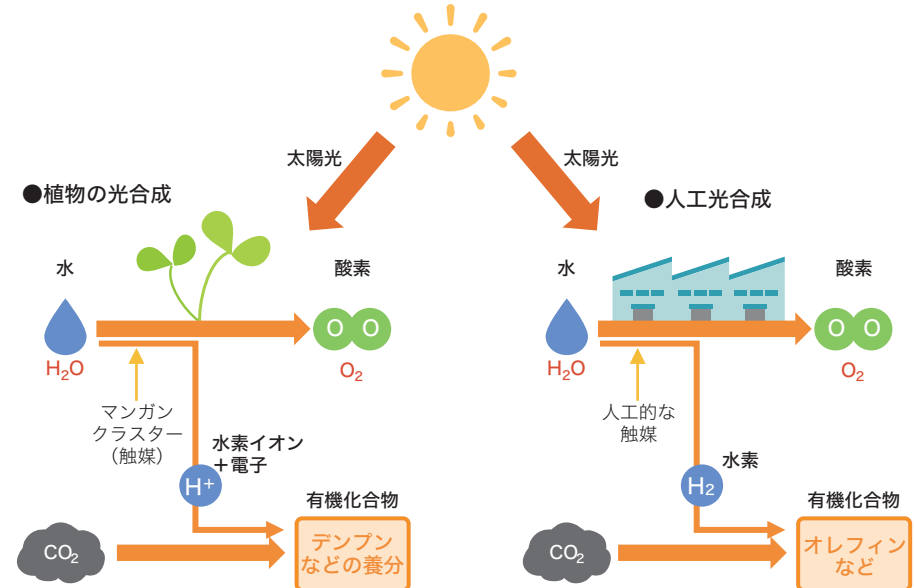
### オレフィン

エチレンやプロピレンなど、炭素の二重結合をもつ炭化水素の総称。ポリエチレンやポリプロピレンなどのオレフィン樹脂の原料や化学工業の原料となる。

### ギ酸

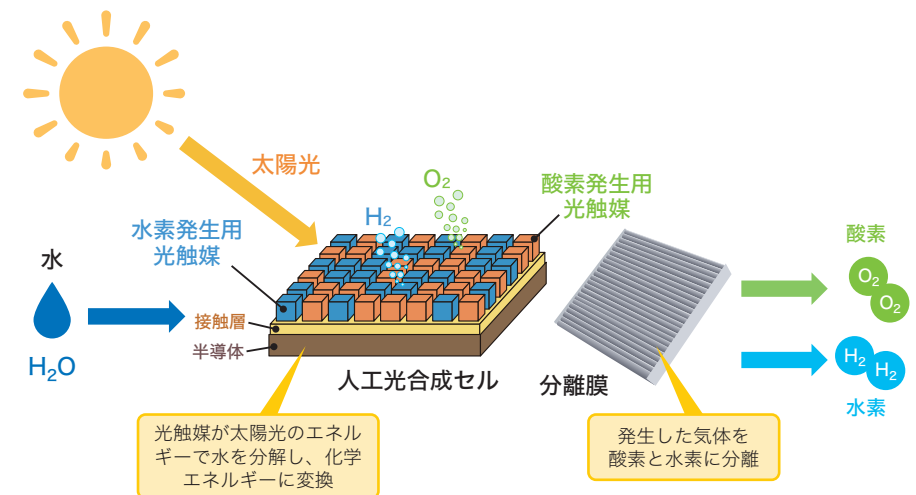
化学式はHCOOH、漢字で書くと蟻酸、すなわちハチやアリの一部がもつ毒性の物質である。常温では液体なので、貯蔵しやすく、そのまま燃料にするほか、必要時に分解して水素を取り出すこともできる。

## 2段階で構成される人工光合成



出典：資源エネルギー庁「CO<sub>2</sub>を“化学品”に変える脱炭素化技術『人工光合成』（2018-07-05）をもとに作成

## 人工光合成セルのイメージ



出典：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「人工光合成の水素製造で世界最高レベルのエネルギー変換効率2%を達成」（2015年3月31日）を参考に作成