

# カーボノミクス

## 第1回カンファレンスの10大テーマ

当社は11月12日、30人の企業CEOと主要政策当局者を登壇者として招いた第1回カーボノミクス・カンファレンスを開催した。登壇者は投資家、企業幹部、規制当局者、業界専門家あわせて合計およそ5,000人を前に、経済の脱炭素化と持続的な成長促進に向けた戦略について論じた。当社のカーボノミクスレポートでは、政策支援を追い風とする技術・金融革新によって脱炭素化コストカーブがフラット化しており、「温室効果ガス排出の実質ゼロ」に向けた取り組みにかかるコストが低下しつつあることを示した。投資家や企業は脱炭素化と持続的な成長に関する以下の10大テーマに深く関与することでクリーンテック革命を牽引しており、本稿ではこれを深く掘り下げて分析する：資本配分の劇的な変化をもたらし、1トン当たり40-80ドルの炭素価格を示唆するサステナブル投資・資金調達；エネルギー業界を一変させ、2030年までに世界で1600兆円超(16兆ドル)のグリーンインフラ投資と1,500-2,000万人の純雇用創出につながり得る再生可能電力、ビッグオイルの転換、クリーン水素の台頭、モビリティの再構築；消費者がカーボンフットプリントの可視化を求める中でのサーキュラーエコノミー(循環型経済)とファーム・トゥ・フォーク(農場から食卓へ)の取り組みおよび持続可能性の確保；排出量削減が最も難しいセクターでの持続可能な飛行、炭素隔離、原材料の脱炭素化。

**Michele Della Vigna, CFA**

+44 20 7552-9383  
michele.dellavigna@gs.com  
Goldman Sachs International

**Zoe Stavrinou**

+44 20 7051-2816  
zoe.stavrinou@gs.com  
Goldman Sachs International

**Alberto Gandolfi**

+44 20 7552-2539  
alberto.gandolfi@gs.com  
Goldman Sachs International

**John Ennis, CFA**

+44 20 7552-9608  
john.ennis@gs.com  
Goldman Sachs International

**George Galliers**

+44 20 7552-5784  
george.galliers@gs.com  
Goldman Sachs International

Goldman Sachs does and seeks to do business with companies covered in its research reports. As a result, investors should be aware that the firm may have a conflict of interest that could affect the objectivity of this report. Investors should consider this report as only a single factor in making their investment decision. For Reg AC certification and other important disclosures, see the Disclosure Appendix, or go to [www.gs.com/research/hedge.html](http://www.gs.com/research/hedge.html). Analysts employed by non-US affiliates are not registered/qualified as research analysts with FINRA in the U.S.

**The Goldman Sachs Group, Inc.**

For the full list of authors, see inside.



# AUTHORS

**Michele Della Vigna, CFA**  
+44 20 7552-9383  
michele.dellavigna@gs.com  
Goldman Sachs International

**Zoe Stavrinou**  
+44 20 7051-2816  
zoe.stavrinou@gs.com  
Goldman Sachs International

**Alberto Gandolfi**  
+44 20 7552-2539  
alberto.gandolfi@gs.com  
Goldman Sachs International

**John Ennis, CFA**  
+44 20 7552-9608  
john.ennis@gs.com  
Goldman Sachs International

**George Galliers**  
+44 20 7552-5784  
george.galliers@gs.com  
Goldman Sachs International

**Daniela Costa**  
+44 20 7774-8354  
daniela.costa@gs.com  
Goldman Sachs International

**Heather Bellini, CFA**  
+1 212 357-7710  
heather.bellini@gs.com  
Goldman Sachs & Co. LLC

**Robert Koort, CFA**  
+1 713 654-8480  
robert.koort@gs.com  
Goldman Sachs & Co. LLC

**Patrick Creuset**  
+44 20 7552-5960  
patrick.creuset@gs.com  
Goldman Sachs International

**Venetia Baden-Powell**  
+44 20 7552-2139  
venetia.baden-powell@gs.com  
Goldman Sachs International

**Chris Hallam**  
+44 20 7552-2958  
chris.hallam@gs.com  
Goldman Sachs International

**Mark Delaney, CFA**  
+1 212 357-0535  
mark.delaney@gs.com  
Goldman Sachs & Co. LLC

**Nikhil Bhandari**  
+65 6889-2867  
nikhil.bhandari@gs.com  
Goldman Sachs (Singapore) Pte

**Suhasini Varanasi**  
+44 20 7774-3722  
suhasini.varanasi@gs.com  
Goldman Sachs International

**Kota Yuzawa**  
+81 3 6437-9863  
kota.yuzawa@gs.com  
Goldman Sachs Japan Co., Ltd.

**Theodora Lee Joseph, CFA**  
+44 20 7051-8362  
theodoralee.joseph@gs.com  
Goldman Sachs International

**Georgina Iwamoto, Ph.D.**  
+44 20 7552-5984  
georgina.iwamoto@gs.com  
Goldman Sachs International

**Neil Mehta**  
+1 212 357-4042  
neil.mehta@gs.com  
Goldman Sachs & Co. LLC

**Geydar Mamedov**  
+7 495 645-4041  
geydar.mamedov@gs.com  
OOO Goldman Sachs Bank

**Ajay Patel**  
+44 20 7552-1168  
ajay.patel@gs.com  
Goldman Sachs International

**Keyur Parekh**  
+44 20 7552-9939  
keyur.parekh@gs.com  
Goldman Sachs International

**Jack O'Brien**  
+44 20 7552-2998  
jack.obrien@gs.com  
Goldman Sachs International

**Vinit Joshi**  
+91 22 6616-9158  
vinit.joshi@gs.com  
Goldman Sachs India SPL

**Michael Lapidés**  
+1 212 357-6307  
michael.lapides@gs.com  
Goldman Sachs & Co. LLC

**Roberta De Luca**  
+44 20 7051-2264  
roberta.deluca@gs.com  
Goldman Sachs International

**Jean-Francois Neuez**  
+44 20 7552-9362  
jean-francois.neuez@gs.com  
Goldman Sachs International

**Jerry Revich, CFA**  
+1 212 902-4116  
jerry.revich@gs.com  
Goldman Sachs & Co. LLC



**Derek R. Bingham**  
+1 415 249-7435  
derek.bingham@gs.com  
Goldman Sachs & Co. LLC

**Sharmini Chetwode, Ph.D.**  
+852 2978-1123  
sharmini.p.chetwode@gs.com  
Goldman Sachs (Asia) L.L.C.

**Evan Tylanda, CFA**  
+44 20 7774-1153  
evan.tylanda@gs.com  
Goldman Sachs International

# 第1回カーボノミクス・カンファレンスを開催：持続的成長に向けた10大テーマ

当レポートは2020年11月12日付当社レポート「Carbonomics 10 key themes from the inaugural conference」の和訳版です。

当社は11月12日、30人の主要企業CEOおよび政策当局者を登壇者として招き、およそ5,000人の投資家、企業幹部、規制当局者、そして業界専門家に向けて「**カーボノミクス：景気回復のグリーンエンジン**」と題したカンファレンスをロンドンで開催した。脱炭素化とサステナブル投資への注目が高まり、株主エンゲージメントが拡大する中、カンファレンスでは世界の主要産業（電力、モビリティ、建造物、農業、工業）を一変させている新たな脱炭素化トレンドと技術に関する主なテーマに焦点を当てた：

1. **サステナブル投資・資金調達**：サステナブル投資に弾みがついており、PRI（責任投資原則）署名機関の運用資産残高（AUM）は103兆ドルに膨らんでいる。また、GS SUSTAINの分析によると、ESGパフォーマンスの上位銘柄は2012年以降、下位の銘柄に対して年間平均+320bpのアルファを創出した。国連気候対策・ファイナンス特使のMark Carney氏、欧州最大の資産運用会社アムンディの経営陣、そして当社CEOのDavid Solomonは、サステナブル投資のビジネスケースを提示し、低炭素社会への移行で民間資金が果たす重要な役割について議論した。約1年後に国連気候変動枠組み条約第26回締約国会議（COP26）を主催する英国のビジネス・エネルギー・クリーン成長担当閣外大臣は、政策と規制枠組みの重要性を強調した。資本市場による気候変動への関与の高まりによって資本配分が劇的に変化しており、当社推計によると市場は新たな炭化水素資源開発に1トン当たり40-80ドルの暗黙的な炭素価格を示唆している。
2. **再生可能エネルギー**：再生可能エネルギーはエネルギー業界の状況を一変させ、当社の**脱炭素化コストカーブ**で最も経済的に魅力のある事業機会の1つとなっている。当社調査によると、再生可能エネルギーは2021年に史上初めて上流石油・ガス事業をしのいで最大のエネルギー投資先となるほか、クリーン技術は2030年までに**16兆ドルのグリーンインフラ投資を呼び込み、1,500-2,000万人の雇用創出につながる**可能性がある。風力・太陽光発電世界最大手NextEraのCEO、IberdrolaとEDPのCEO、そしてRWEとSiemens GamesaのCFOが今回のカンファレンスに参加し、再生可能エネルギー分野の成長と事業機会について論じた。
3. **サーキュラーエコノミーとファーム・トゥ・フォーク**：サーキュラーエコノミー（循環型経済）は世界的な脱炭素化と資源・エネルギー管理の向上に必要な不可欠な柱で、現行の業界慣行や消費者の習慣を塗り替えるものだ。UnileverとCovestroのCEOがカンファレンスに参加し、どのようにサーキュラーエコノミーへの移行を加速させて持続可能な生活を一般的なものにしていく意向かを説明した。DanoneのCEOやBayer経営陣が指摘したように、拡大する世界人口を養いつつ、農業効率の向上や食品革命を進めることが二酸化炭素排出量の削減において大きな役割を果たす。
4. **クリーン水素の台頭**：クリーン水素はネットゼロカーボンへの取り組みで注目を集めている技術で、長距離輸送、鉄鋼、化学、暖房、長期電力貯蔵など、カーボノミクスのコストカーブにおける最も脱炭素化が難しい分野でソリューションを提供する。当社は、Air Products、SNAM、Ballard PowerのCEOやAir Liquide、Cummins、Lindeの幹部など、クリーン水素の製造、輸送、利用で業界を率いる大手とこのバリューチェーンについて議論した。
5. **ビッグオイルの転換**：大手石油会社は地球の平均気温上昇を2度未満に抑える世界的

な取り組みと並んで事業の在り方を見直しており、従来より広範に及ぶ低炭素エネルギー企業に生まれ変わろうとしている。今回のカンファレンスではBP、TOTAL、ENI、OMV、Lundin EnergyのCEOが事業転換に関するビジョンを語った。

6. **モビリティの再構築**：道路交通は電気化、自動運転、そして脱炭素化の取り組みで中核をなすクリーン水素など、ここ100年で最大の技術的な変化を遂げ始めたところだ。DaimlerとNikola MotorのCEOがカンファレンスに参加し、このクリーンテック革命をもたらす事業機会と課題について論じた。
7. **持続可能な飛行**：航空業界はカーボノミクス・コストカーブの最上位にあり、脱炭素化が最も難しい業界の1つである。バイオ燃料世界最大手NesteのCEOや、ルフトハンザ、エアバス、ロールスロイスの経営陣がカンファレンスで述べたように、バイオ燃料、合成燃料、効率向上が解決策の重要な要素となる。
8. **炭素隔離**：炭素隔離技術はコスト効率の高い方法でネットゼロを実現するのに重要となる。このトピックについては、OGCI Climate Investments、CCS Institute、Storegga GeotechnologiesのCEOと議論した。Carbon EngineeringのCEOとClimeworksの創業者も直接的な炭素回収が有効となる根拠について説明した一方、Microsoftは2030年までにカーボンネガティブを実現するための戦略を明らかにした。
9. **持続可能性の確保**：IntertekのCEOやカーボンクレジット認証を提供するVerra、そしてGold Standard FoundationのCEOが論じたように、気候変動の重要性に対する消費者の認識が高まり、低炭素製品やサービスを求める声が強まる中、異なるプロセスの炭素含有量を明らかにすることが大きな事業機会となっている。
10. **原材料の脱炭素化**：産業の脱炭素化は炭素削減で最も複雑かつ重要な分野の1つだ。アルセロールミッタルとLafargeHolcimの経営陣は鉄鋼およびセメント生産における脱炭素化の計画について語った。

# カーボノミクス・カンファレンスのアジェンダ



## Live Agenda: Thursday, 12 November 2020

UK times:

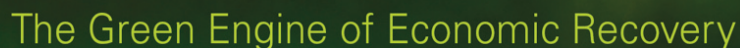
- 08.00-09.00 **Opening remarks**  
**Richard Gnodde**, CEO of Goldman Sachs International
- Opening Keynote**  
**Mark Carney**, United Nations Special Envoy on Climate Action & Finance
- 09.00-09.30 **The Business Case for Sustainable Investing**  
**Amundi**, Jean-Jacques Barberis, Head of Institutional and Corporate Clients & Member of Executive Board  
 Moderator: Sam Morgan, Co-Head of EMEA FICC Sales
- 09.30-10.00 **The Future of Energy**  
**Eni**, Claudio Descalzi, CEO  
 Moderator: Michele della Vigna, Head EMEA Natural Resources Research
- 10.00-10.30 **Re-imagining Big Oils for a Low Carbon Future**  
**BP**, Bernard Looney, CEO  
 Moderator: Anthony Gutman, Co-Head Investment Banking in EMEA
- 10.40-11.20 **The Dual Challenge: providing more energy with lower carbon emissions**  
**Lundin Energy**, Nick Walker, COO & incoming President & CEO  
**OMV**, Rainer Seele, CEO  
**Royal Dutch Shell**, Elisabeth Brinton, EVP New Energies  
 Moderator: Sheila Patel, Chairman, GSAM
- 11.30-12.00 **Driving a Profitable Transition to a Broad Energy Company**  
**TOTAL**, Patrick Pouyanné, CEO  
 Moderator: Pierre Hudry, Head of Paris Office
- 12.00-12.30 **Assuring Sustainability and Carbon Emissions**  
**Intertek**, André Lacroix, CEO  
 Moderator: Anna Skoglund, Head EMEA Financial & Strategic Investor Grp
- 12.30-13.00 **Making Sustainable Living Commonplace**  
**Unilever**, Alan Jope, CEO  
 Moderator: Gilberto Pozzi, Co-Chairman Global Mergers & Acquisitions
- 13.00-13.30 **Rethinking Mobility**  
**Daimler**, Ola Kallenius, CEO  
 Moderator: Wolfgang Fink, CEO Germany and Austria

## On-Demand Agenda: Pre-recorded sessions available from 6pm (UK) on 11 November

- COP26 – 12 months to the landmark UN Climate Change Conference**  
**The Rt Hon Kwasi Kwarteng MP**, UK Minister of State for Business, Energy, and Clean Growth  
 Moderator: Kathleen Hughes, Global Head of Liquidity Solutions, GSAM
- Farm to Fork – De-carbonizing Agriculture**  
**Bayer**, Matthias Berninger, SVP Head of Public Affairs, Science & Sustainability  
 Moderator: Keyur Parekh, European Pharmaceutical Equity Research
- Financing a Lower Carbon Future**  
**BNP Paribas**, Constance Chalchat, Global Head of Engagement, BNP Paribas Corporate and Institutional Banking  
 Moderator: Charlotte Keenan, Head of the Office of Corporate Engagement International
- Making Direct Air Carbon Capture a reality**  
**Carbon Engineering**, Steve Oldham, CEO  
 Moderator: Edward Emerson, Head of Global Commodities Trading
- DACS – Taking CO2 back from the Atmosphere**  
**Climeworks**, Dr. Christoph Gebald, Director, Founder and Member of the Board & Dr. Jan Wurzbacher, Director, Founder and Member of the Board  
 Moderator: Alberto Gandolfi, Head of European Utilities Research
- Accelerating the shift to a Circular Economy**  
**Covestro**, Dr. Markus Steilemann, CEO  
 Moderator: Dr. Georgina Iwamoto, European Chemicals Equity Research
- Accelerating the Food Revolution**  
**Danone**, Emmanuel Faber, CEO  
 Moderator: David Solomon, Chairman and Chief Executive Officer
- Scaling up the Path towards Net Zero**  
**EDP**, Miguel Stilwell de Andrade, CFO and Interim CEO  
 Moderator: Alberto Gandolfi, Head of European Utilities Research

Continues to page 2 >






### Live Agenda: Thursday, 12 November 2020 - continued

#### UK times:

- 13.30-14.15 **Flying Sustainably**  
**Airbus**, Jean-Brice Dumont, EVP Engineering  
**Lufthansa**, Christina Foerster, Member Exec Board Customer, IT & CR  
**Neste**, Peter Vanacker, Chief Executive Officer  
**Rolls Royce**, Paul Stein, Chief Technology Officer  
 Moderator: Kathryn Koch, Co-Head of Fundamental Equity GSAM
- 14.15-14.45 **De-carbonizing Basic Materials**  
**ArcelorMittal**, Alan Knight, GM, Corporate Responsibility  
**LafargeHolcim**, Géraldine Picaud, CFO  
 Moderator: John Goldstein, Head of Sustainable Finance
- 14.50-15.45 **The Rise of Clean Hydrogen**  
**Air Liquide**, Pierre-Etienne Franc, Head of Hydrogen Energy  
**Ballard Power**, Randall MacEwen, President & CEO  
**Cummins**, Amy Davis, President New Power  
**Linde**, David Burns, VP Clean Hydrogen  
**Snam**, Marco Alverà, CEO  
 Moderator: Alison Mass, Chairman, Investment Banking Division
- 15.45-16.15 **The Clean Hydrogen Opportunity**  
**Air Products**, Seifi Ghasemi, Chairman, President and CEO  
 Moderator: Clare Scherrer, Global Co-Head, Industrials Group, IBD
- 16.20-16.50 **Beyond Net Zero: Carbon Negative by 2030**  
**Microsoft**, Brian Janous, GM, Datacenter Energy & Sustainability  
 Moderator: Heather Bellini, Co-Head of TMT Research
- 16.55-17.25 **A New Era for Clean Energy**  
**NextEra Energy**, Jim Robo, Chairman and CEO  
 Moderator: John Waldron, President and Chief Operating Officer
- 17.30-18.00 **De-carbonizing Heavy Transport**  
**Nikola Motor**, Mark Russell, Chief Executive Officer  
 Moderator: Daniela Costa, Head of European Industrials Research
- 18.00-18.30 **Closing Keynote**  
**David Solomon**, Chairman & CEO of Goldman Sachs  
 Moderator: Dina Powell, Partner, Investment Banking Division

### On-Demand Agenda: Pre-recorded sessions available from 6pm (UK) on 11 November- continued

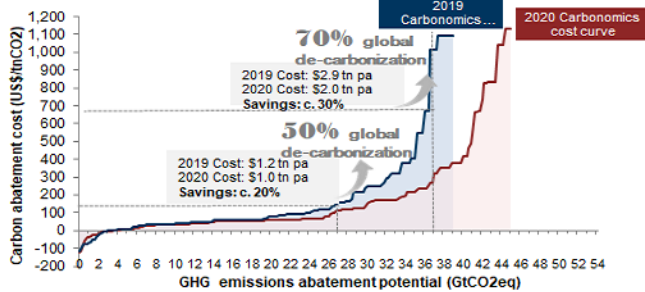
- Accelerating the deployment of carbon capture and storage**  
**Global CCS Institute**, Brad Page, CEO  
 Moderator: Sharmini Chetwode, Head of ESG Research for Asia
- The profitable path towards Green Electrification**  
**Iberdrola**, Ignacio Galán, Chairman & CEO  
 Moderator: Gonzalo Garcia, Co-Head Investment Banking Division in EMEA
- Financing Carbon Innovation**  
**OGCI Climate Investments**, Pratima Rangarajan, CEO  
 Moderator: Kara Mangone, COO, Sustainable Finance Group
- Our Energy for a Sustainable Life**  
**RWE**, Markus Krebber, CFO  
 Moderator: Alberto Gandolfi, Head of European Utilities Research
- The Future of Wind Power**  
**Siemens Gamesa**, Thomas Spanning, CFO  
 Moderator: Ajay Patel, European Utilities Equity Research
- Carbon Storage and Hydrogen technology solutions**  
**Storegga Geotechnologies**, Nick Cooper, CEO  
 Moderator: Chris Pilot, Head of EMEA Energy Services, IBD
- Common practices to calculate de-carbonization**  
**The Gold Standard Foundation**, Maggie Kim, CEO  
 Moderator: Sharmini Chetwode, Head of ESG Research for Asia
- Standards for a Sustainable Future**  
**Verra**, David Antonioli, CEO  
 Moderator: Sharmini Chetwode, Head of ESG Research for Asia
- Goldman Sachs 10,000 Small Businesses and a Sustainable Future**  
**Toast Ale**, Rob Wilson, Founder  
**Forster Communications**, Amanda Powell-Smith, CEO  
**Walker-Miller Energy Services**, Carla Walker-Miller, Founder and CEO  
 Moderator: Asahi Pompey, Global Head of Corporate Engagement

Updated: 11 November 2020. Subject to change.

# カーボノミクス：12の図表で見るテーマ

図表 1: 技術・金融革新によって脱炭素化のコストカーブがフラット化し、ネットゼロ実現に向けたコストが年間1兆ドル減少している...

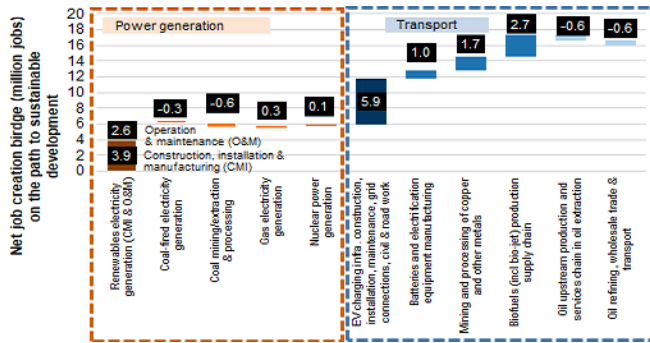
異なる脱炭素化レベルにおける人為的温室効果ガスと関連コストの炭素削減コストカーブ



出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

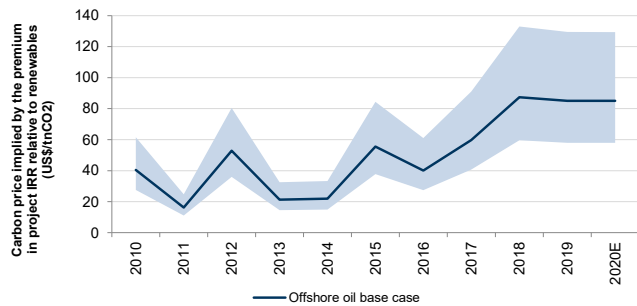
図表 3: ...世界的に1,500-2,000万人の雇用創出につながる可能性がある

エネルギーサプライチェーンの持続可能な軌道に向けた純雇用創出(100万人)



出所：IEA, IRENA, EuropeOn, UNEP ILO IOE ITUC

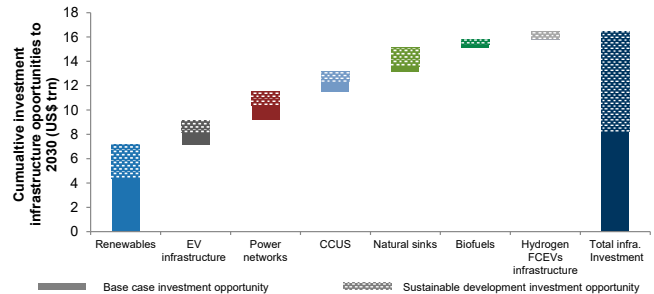
図表 5: ...炭化水素資源開発の資本コストは上昇しており、1トン当たり80ドルの炭素価格が示唆される... IRRプレミアムが示唆する炭素価格；オフショア石油プロジェクトと再生可能エネルギーの比較(CO2トン当たり米ドル)



出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 2: ...これが景気回復を牽引しており、2030年までに16兆ドルのインフラ投資が行われ...

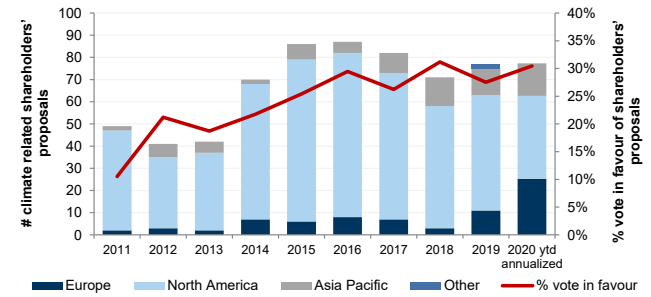
2030年までのクリーンエネルギー移行に伴う累計投資(兆ドル)



出所：IEA WEO (2019), ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 4: 投資家は企業との対話を通して気候変動の議論を牽引している...

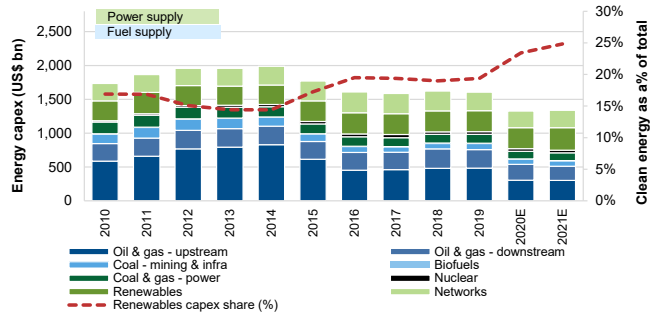
気候関連の株主提案数と賛成率(%)



出所：ProxyInsight, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

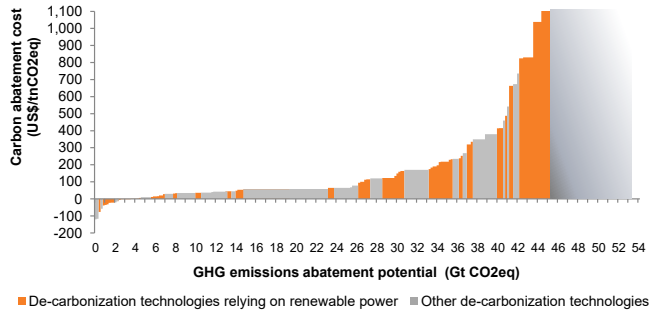
図表 6: ...これにより資本配分が前例のない変化を遂げている：再生可能エネルギー投資が史上初めて石油・ガスを上回る見込み

エネルギー供給の設備投資(米10億ドル、左軸)とクリーンエネルギー(再生可能エネルギー、バイオ燃料)の割合(%、右軸)



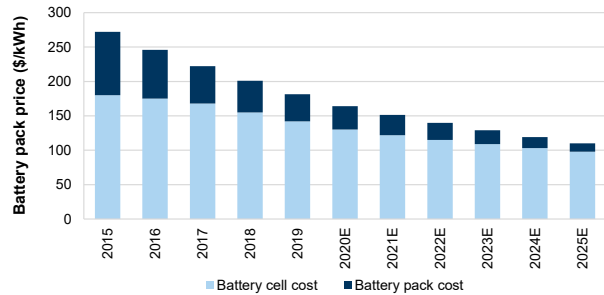
出所：IEA WEI (historicals), ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 7: 再生可能エネルギーは世界の様々なセクターで排出量を約35%削減するのに必要不可欠な要素である... 人為的な温室効果ガス排出量の2020年炭素削減コストカーブ; オレンジ色は再生可能エネルギーに依存する技術を表す



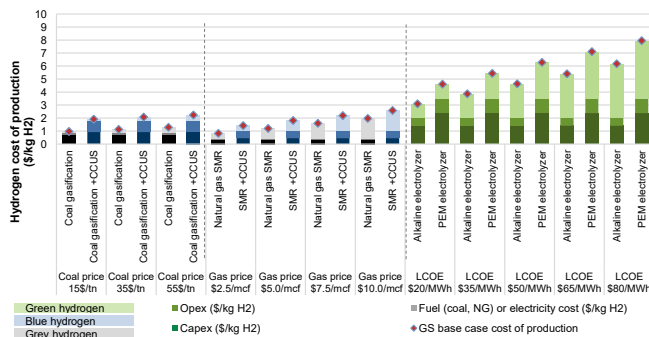
出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 9: ... 電池技術の向上と... 電池パックとセルの価格(米ドル/kWh)



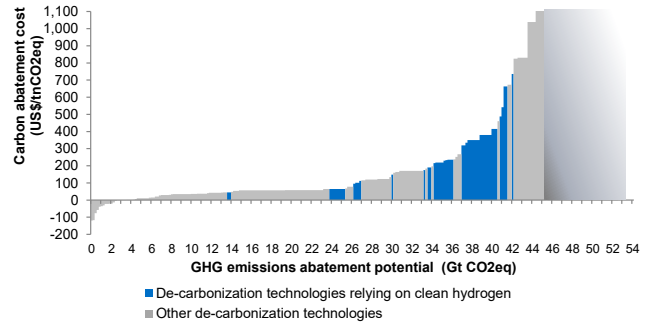
出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 11: クリーン水素: ブルー水素とグリーン水素の著しい技術的進化が見込まれる... 製造方法別の水素の均等化原価(LCOH); ドル/kgH2



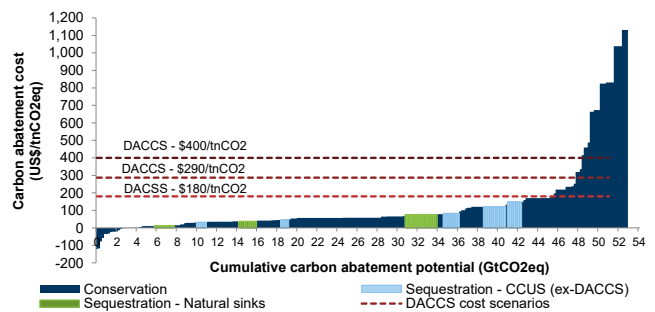
出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 8: ... クリーン水素がさらに20%の削減に寄与し、脱炭素化のエコシステムを生んでいる... 人為的な温室効果ガス排出量の2020年炭素削減のコストカーブ; 青色はクリーン水素に依存する技術を表す



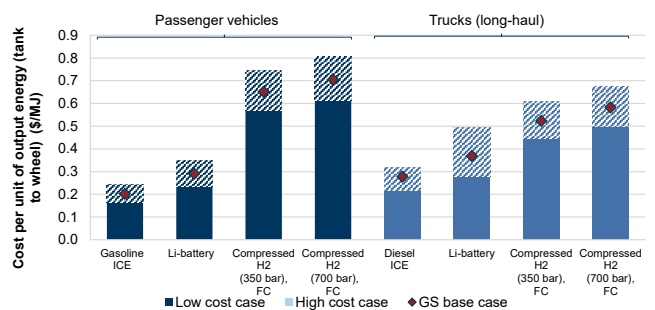
出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 10: ... 炭素隔離技術も寄与している 人為的な温室効果ガスの脱炭素化の抑制および隔離のコストカーブ; 現行の技術と関連コストに基づく



出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 12: ... これが工業、暖房、長距離輸送の脱炭素化を牽引する エネルギー生産単位当たりコスト(タンク・トゥ・ホイール、ドル/MJ)



出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部



## カーボノミクス：景気回復のためのグリーンエンジン

気候変動は技術革新と資本市場の圧力を通して世界の投資の枠組みを劇的に変化させている。当社は昨年カーボノミクスに関するレポートをシリーズ化し、気候変動と脱炭素化の時代にあつて投資家の最大の関心事となっている主要技術、トレンド、そしてテーマの分析を行ってきた。初回のレポート「[Carbonomics: The Future of Energy in the Age of Climate Change](#)」では、**グローバル脱炭素化コストカーブ**を導入した。

**技術・金融革新によって脱炭素化の取り組みには従来ほどコストがかからなくなっている：当社推計によると、カーボノミクス・コストカーブの変化によって世界的に70%の脱炭素化の実現にかかるコストは年間約1兆ドル減少する**

カーボノミクス・コストカーブは、直近で報告された人為的な温室効果ガス排出量に対する潜在的な削減量を表している。これは、現在商業スケール(商業的運営・開発)で利用可能な100を超える脱炭素化技術から成り、各技術の導入に伴う現在のコストを示している。発電、工業・産業廃棄物、輸送、建造物、農業など、世界の排出量に主に寄与する業界における省エネ技術も盛り込んでいる。最新のレポート「[Carbonomics: Innovation, Deflation and Affordable De-carbonization](#)」では、世界の主な二酸化炭素排出セクターのコストカーブをアップデートした。当社推計によると、カーボノミクス・コストカーブの変化によって世界的に70%の脱炭素化の実現にかかるコストは年間約1兆ドル減少する。

図表 13にあるように、コストカーブの変化によって、比較的低コストの脱炭素化機会がさらに拡大し、現行の技術を用いて削減可能な排出量の割合上昇とコストカーブのフラット化につながっている。これは、「[Carbonomics: The green engine of economic recovery](#)」で示した**新型コロナ危機後の景気回復局面には低コストの脱炭素化機会が加速する**との見方とも一致している。実際、こうした投資分野は今後数カ月の政府の優先課題である投資と雇用の拡大を引き起こすカタリストとなり得る。

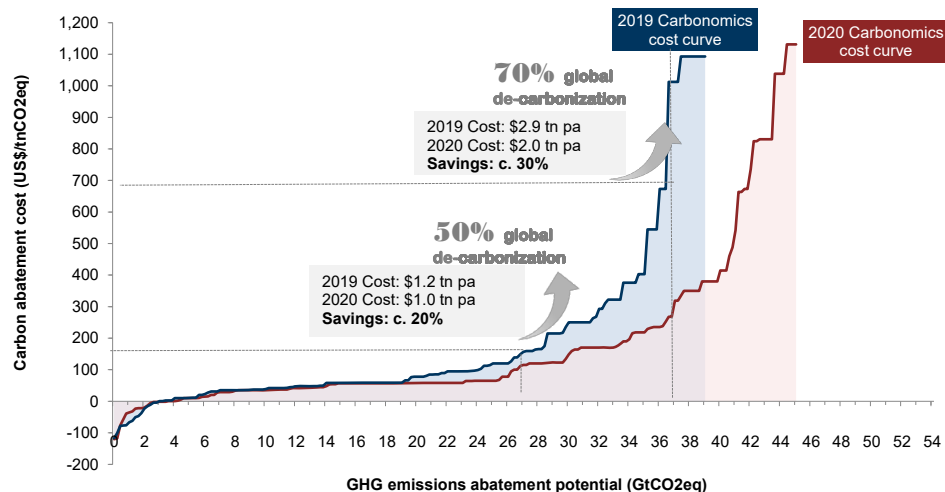
コストカーブの変化に伴って、大規模な商業スケールで現在利用可能な技術を用いて脱炭素化を達成するのに必要な世界の年間コストが大幅に減少する。図表 13にあるように、世界の人為的な温室効果ガス排出量の約50%は「**低コスト脱炭素化**」と当社が分類するもので、この削減にかかる年間コストは2019年に発行した当初のコストカーブに基づく約1.2兆ドルから、アップデートした2020年のコストカーブに基づく年間約1.0兆ドルへと約20%減少した。だがこれ以上に重要なのは、70%の脱炭素化に向かうにつれて「**高コスト脱炭素化**」の分野に入り、2つのカーブ—および脱炭素化の目標達成に必要なコスト—には大きな開きが生じることだ。コストカーブの上部では世界的なコストが2019年時点の2.9兆ドルから2020年にアップデートした2.0兆ドルまで約30%減少するとみられる。総じて、これは**2050年のネットゼロ実現に向けて年間1兆ドル前後のコスト削減につながる**。また、世界の年間投資額を一定に維持すると、2019年の脱炭素化コストカーブに基づく約75%の脱炭素化に対し、コストカーブの変化によって約85%の脱炭素化を達成できることになる。つまり、今年のコストカーブの変化は実質的に脱炭素化余地を約10%押し上げたということだ。

また、当初の脱炭素化コストカーブでは人為的な温室効果ガス排出量のうち、当時大規模なスケールで利用可能だった商業的技術を用いても約25%が(炭素保全のため)削減不可能であると推計されたが、その後多くの技術が商業スケールに達し、当社のコスト

カーブ分析に反映されたため、アップデート後の脱炭素化コストカーブではこの割合が約15%へと低下した。この顕著な例はクリーン水素だ。これについては詳細なレポート「[Carbonomics: The rise of clean hydrogen](#)」でも説明したが、クリーン水素の技術によって、長距離重貨物輸送、発電システムにおける再生可能エネルギーの季節貯蔵、工業用燃焼の高温熱、その他の工業用途(鉄・鉄鋼、石油化学など)、建物の暖房システムなど、削減が難しいセクターでの脱炭素化が可能になるかもしれない。

図表 13: 当社推計によると、カーボノミクス・コストカーブの変化によって、世界的に70%の脱炭素化の実現にかかるコストは年間約1兆ドル減少する

様々な脱炭素化レベルによる人為的な温室効果ガス排出量の炭素削減コストカーブと関連コスト

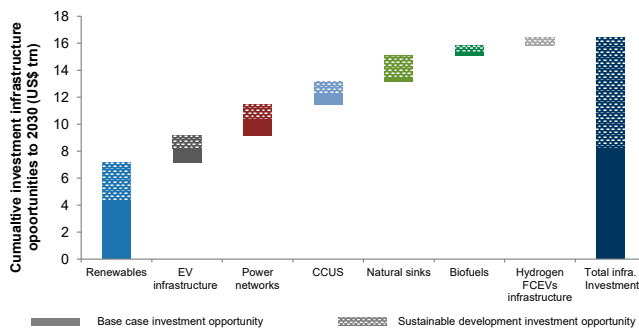


出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

景気回復のグリーンエンジン：2030年までに約8-16兆ドルのクリーンエネルギーのインフラ投資機会と1,500-2,000万人の純雇用創出につながる可能性がある。従来、マクロ経済が不況に陥るとサステナビリティよりアフォードビリティ（価格の手頃さ）が優先されるため、世界的に脱炭素化の取り組みは鈍化する傾向があった。だが今回は異なり、いまや成熟して大規模なスケールでの利用が可能で、資本コストの低下や魅力的な規制の枠組みによる恩恵を受ける技術では特に、史上有数のインフラ投資機会が生まれるとみられる。以下の図表 14では、エネルギーのバリューチェーンを脱炭素化するのに必要な主要技術に関連する様々な投資を示している。これには、再生可能エネルギーやバイオ燃料の利用拡大、電気化の新たな時代を可能にするインフラへの重点的な投資、自然のカーボンシンク、クリーン水素、炭素隔離技術への注目の高まり（二酸化炭素の回収・利用・貯留[CCUS(Carbon dioxide Capture and Storage)]）などが含まれる。概して、地球の気温上昇を2度未満に抑える世界的な目標に沿ったシナリオでは、2030年までの投資機会が最大16兆ドルに上る可能性があるとみられる。

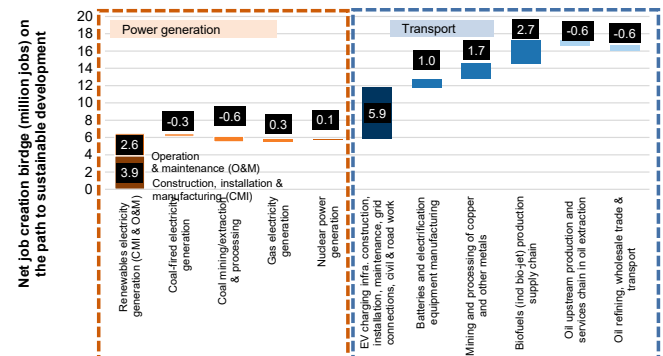
さらに、パリ協定で設定された目標に向けてエネルギー移行が加速すれば、2030年までに世界で現水準に比べて1,500-2,000万人の純雇用創出につながる可能性がある。当社は主にエネルギーエコシステム内の低炭素化に注目し、分析を2つの部分に分けた：(1) 世界の気温上昇を2度未満に抑える軌道(IEAの持続可能な開発シナリオに一致)に沿ってクリーンな代替エネルギーを用いる発電方法に移行した場合の現水準からの純雇用創出機会；(2) 輸送産業での脱炭素化の可能性。当社は分析の両部分でサプライチェーン全体における雇用の直接的な影響に注目し、間接的ないし誘発された雇用の影響は考慮しない。英ビジネス・エネルギー・クリーン成長担当閣外大臣のKwasi Kwarteng氏は、英国政府が2050年までのネットゼロ達成を目指す方針の一環として、2030年までにグリーン関連の雇を200万人分創出する目標を明らかにした。

図表 14: 当社はエネルギー業界の脱炭素化に伴い、約8-16兆ドルの投資機会があると推計している...  
2030年までのクリーンエネルギー移行に伴う累計投資額(兆ドル)



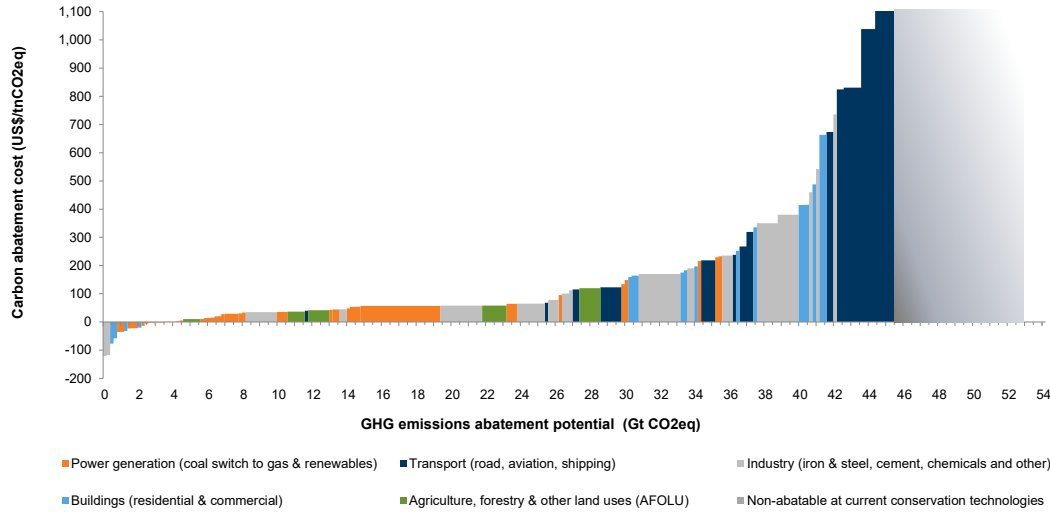
出所：IEA WEO (2019), ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 15: ... 2030年までに1,500-2,000万人の純雇用創出につながる可能性がある  
エネルギーサプライチェーンの持続可能な軌道における純雇用創出(100万人)



出所：IEA, IRENA, UNEP - ILO - IOE - ITUC, Europe0n, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 16: カーボノミクス・コストカーブの詳細: 主要二酸化炭素排出セクターの100以上の脱炭素化技術を分析



TRANSPORTATION	POWER GENERATION	AGRICULTURE	BUILDINGS	INDUSTRY & WASTE
<p><b>De-carbonization technologies</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aviation:</b> The switch to a more efficient aircraft model is considered a viable option for partial de-carbonization in the near-term. Sustainable aviation fuels (SAFs, biojet) remain the sole commercially available de-carbonization route longer term.</li> <li><b>Shipping/marine:</b> LNG ships a technological option for ships meeting a threshold size, marine biofuels another viable technology, with clean ammonia run ships the key de-carbonization technology longer-term.</li> <li><b>Road short-haul transport:</b> EVs the key technology for road passenger transport, with a small proportion of de-carbonization achieved through road biofuels for places with constrained electrification infrastructure.</li> <li><b>Road long-haul transport:</b> Electrification of short and medium haul trucks and buses a viable option. Hydrogen FCEVs the most promising de-carbonization option for long-haul heavy truck routes and forklifts.</li> </ul>	<p><b>De-carbonization technologies</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Switch from coal to gas:</b> Natural gas a key transition fuel for the near term, particularly in heavily coal-reliant power generation systems globally. Biogas and clean hydrogen co-firing in power plants is another possible technology considered longer-term.</li> <li><b>Switch to renewables:</b> The ultimate de-carbonization route for power generation, which could achieve full de-carbonization in the presence of energy storage.</li> <li><b>Energy storage:</b> Batteries a key technology for intraday storage with clean hydrogen the ultimate solution for seasonal storage enabling the full uptake of renewables in the power generation system.</li> </ul>	<p><b>De-carbonization technologies</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Improved land management and livestock management practices:</b> Improved cropland, grazing land and livestock management practices can help to optimize resource use for the agriculture sector.</li> <li><b>Precision agriculture:</b> the use of technology to optimize crop yields, minimize excess use of nutrients and pesticides could all potentially contribute to reduced raw material and energy needs for the sector.</li> </ul>	<p><b>De-carbonization technologies</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Heating:</b> Hydrogen and renewable electricity-run heat pumps are the two key technologies currently commercially available for de-carbonization of buildings. We consider both in our cost curve, both for new developments and retrofits, for commercial and residential buildings.</li> <li><b>Efficiency:</b> Efficiency improvements can reduce the energy needs for heating and electricity and are thus viable options for de-carbonization. Switch to LED lighting, addition of cavity wall insulation, use of thermostats and highest efficiency HVAC systems can all contribute to efficiency improvements.</li> </ul>	<p><b>De-carbonization technologies</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Industrial combustion/ heating:</b> Across major emitting industrial sectors, c. 40% of emissions are associated with the use of energy, primarily through industrial combustion (heat) processes. Switch from coal, natural gas to biomass, biogas or hydrogen are the key technologies in de-carbonizing energy-related emissions in industry.</li> <li><b>Cement:</b> Process emissions (c60%) associated with the materials involved such as clinker. Reducing the ratio of clinker to cement a key technology, along with CCUS.</li> <li><b>Iron &amp; Steel:</b> The switch from BF-BOF process to natural gas or hydrogen based DIR-EAF a possible near term de-carbonization option.</li> <li><b>Petrochemicals:</b> Clean hydrogen (either blue or green) could aid the de-carbonization of process/raw material-related emissions.</li> <li><b>Efficiency:</b> Across all industrial processes, improvements in efficiency &amp; recycling have the potential to aid de-carbonization.</li> </ul>
<p><b>2020 Cost curve technology additions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Clean hydrogen FCEVs for long-haul trucks</li> <li>Switch to most efficient aircraft in aviation</li> <li>Clean ammonia-run ships</li> </ul>	<p><b>2020 Cost curve technology additions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Clean hydrogen-based seasonal storage for full uptake of renewables</li> <li>Hydrogen and biogas based CCGTs (co-firing)</li> </ul>		<p><b>2020 Cost curve technology additions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Clean hydrogen for heating (including switch from conventional gas boilers to hydrogen boilers)</li> <li>Heat pumps run on renewable electricity supported by hydrogen seasonal storage</li> </ul>	<p><b>2020 Cost curve technology additions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hydrogen for full de-carbonization of iron &amp; steel</li> <li>Clean hydrogen as a raw material for ammonia and petrochemicals production (ie. methanol)</li> <li>Hydrogen for high temperature heat/combustion</li> </ul>

出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## テーマ#1：サステナブル投資・資金調達：前例のないモメンタム

**サステナブル投資が勢いを増しており、AUMは今年50兆ドルに達する可能性がある**

ESG投資戦略を採用する世界の運用資産残高が急増し続けている... 当社GS SUSTAINチームが「PM's Guide to the ESG Revolution 2」で説明したように、ESG関連の投資が規模と影響力の両面で拡大し続けている。現在では3,000以上の責任投資原則(PRI)署名機関が合計で103兆ドル超の資産を運用している(前年比20%増)([図表 17](#))。PRIは目下、署名機関に対して2020年末までに運用資産残高の少なくとも50%に関してESGを考慮に入れるよう義務付けている。よって今年は50兆ドル以上がESGを意識した投資に充てられる公算が大きい。PRI署名機関の運用資産残高は世界市場全体での拡大を反映しているが、SUSTAINチームはESGファンドへの一貫した資金流入トレンドとも一致するとみている。ESGファンドの運用資産残高が年初来1,350億ドル増加したのに対し、その他の株式ファンドは4,220億ドルの売り越しとなっている([図表 18](#))「[ESG Nifty Fifty Series: How have ESG fund favorites changed in 2020](#)」参照。

... データの改善と投資家が利用しやすいESGの報告が求められている。この3年間に企業が開示するESGデータポイントは倍増したが、報告される情報はいまだに曖昧で比較しにくい方針表明が大部分を占めており(全体の70%)、数値指標の54%は開示率が依然として20%を下回っている。データの品質が欠如しているために企業のESGパフォーマンスを評価するのは難しく、これによってサステナビリティ会計基準審議会(SASB)や気候関連財務情報開示タスクフォース(TCFD)などESG報告の枠組みへの注目が高まった。当社SUSTAINチームがS&Pグローバル1,200構成銘柄の財務報告を分析したところ、SASBに言及した企業数は2016年の73社から2020年6月には268社と、年間平均38%の勢いで伸びていることが分かった。一方、TCFDに関しても、賛同する企業・機関が2016年のわずか12社から2020年6月時点では515社を上回るまでに増加した([図表 19](#))。

**GS SUSTAINの総合E&Sスコアの最上位銘柄(Q1)は2012年以降、最下位銘柄(Q5)に対して320bpアウトパフォーマンスしている**

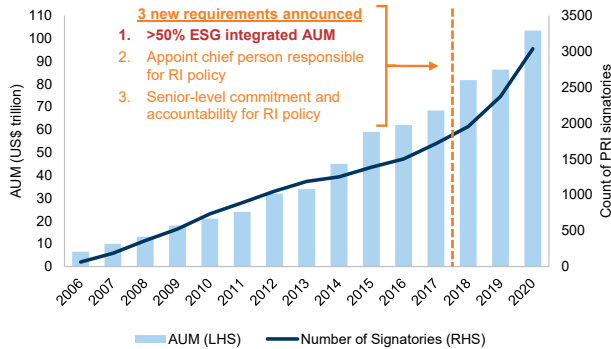
セクター別の重要かつ測定可能で入手可能な指標に注目する当社GS SUSTAINチームE&Sスコアリングの枠組みでは、単独指標と総合指標の両方でアルファとのつながりが確認された。E&Sスコアの低い銘柄は著しいアンダーパフォーマンスと高いリスクを記録した一方、E&Sスコアの低い銘柄は近年になってアウトパフォーマンスし始めている。2012年以降、最下位五分位(Q5—すなわちE&S総合スコアの観点から最も不利な位置付けにある銘柄)のドル建て累計トータルリターンは最上位五分位(Q1)を年率3.2%アンダーパフォーマンスし(年率リターンは7.5%と10.7%)、ボラティリティがその他すべての五分位を上回った([図表 20](#))。

**ESGは独立したファクターになりつつあるのか？**E&Sスコアの最上位五分位が上げた136%のトータルリターンのうち50%近くが個別要因によってもたらされ、その他の共通したマルチファクターでは説明できなかった。最下位五分位では84%のトータルリターンのうち、この比率が15%だった(2012-2020年)。

- **アルファ創出に有効なカーボン関連指標**：素材・製造業では二酸化炭素総排出量(スコープ1・2基準)の相対的の少なさが有効で、最下位五分位に対して最上位五分位はそれぞれ平均149bpと166bpの年間超過リターンをもたらした。電力・総合公益ではスコープ1基準の排出量の相対的な少なさが高いリターンにつながった(128bpと715bpの年間超過リターン)。石油・ガスでは埋蔵化石燃料の排出量(820bp)とガス燃焼処理量(377bp)がアルファ創出に寄与した。

図表 17: PRI署名機関の運用資産残高はすでに高い水準から伸びが加速している...

PRI署名機関と運用資産残高の推移(2006-2020年年初来)\*

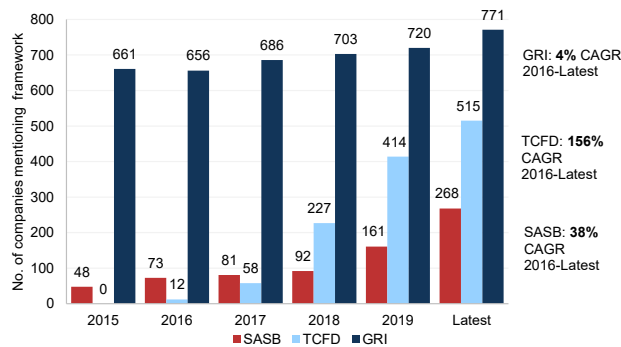


\*2020年6月現在

出所: PRI, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 19: ... 投資家が利用しやすい形でESGデータを開示するよう企業に求める圧力が高まっている

S&Pグローバル1,200構成銘柄のうち開示資料でSASB、TCFD、GRIに言及した企業数(2015年-現在)\*

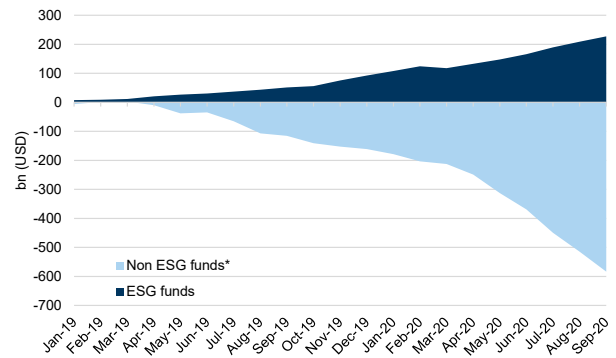


\*2020年6月現在

出所: ブルームバーグ, 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 18: ... ESGファンドへの一貫した資金流入を促している...

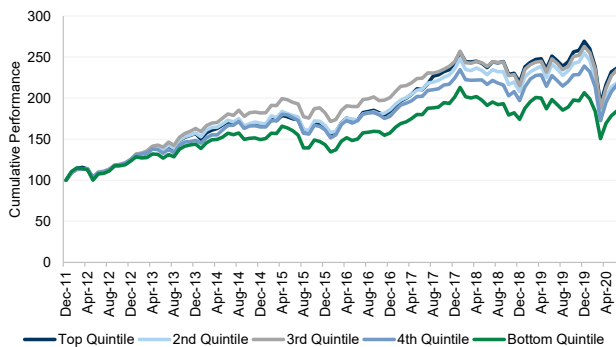
ESGおよび非ESG株式ファンドの累計月間資金フロー(2019年1月-2020年9月)



出所: モーニングスター

図表 20: 総合E&Sスコアが最下位五分位の銘柄は著しくアンダーパフォームし、最上位五分位の銘柄はアウトパフォームしている

SUSTAIN E&S総合パーセンタイルに基づく各五分位の累計パフォーマンス(2012年1月-2020年6月)

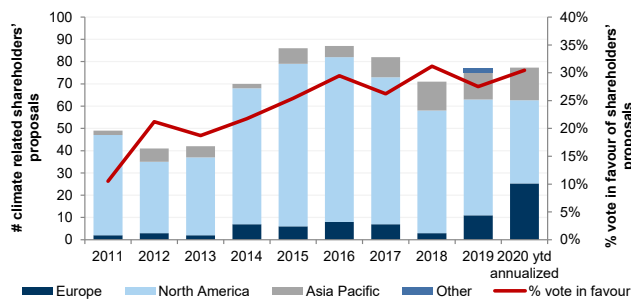


出所: ブルームバーグ, Refinitiv, ファクトセット, MSCI, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

### 投資家はエンゲージメントの拡大と株主提案を通して気候変動議論を主導する重要な役割を果たしている

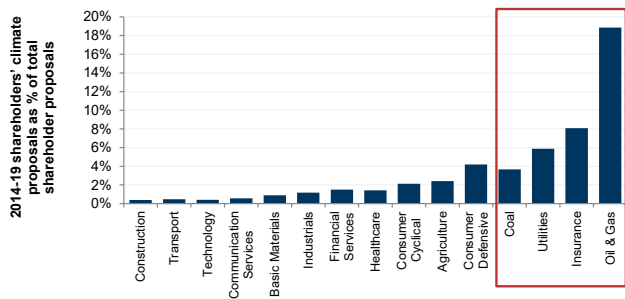
世界的な温室効果ガス排出量がここ数年に増加傾向をたどる中、投資家は企業の事業計画や戦略に気候変動への対応を盛り込むよう働きかけ、気候変動議論を主導する重要な役割を果たしてきた。気候関連の株主提案数(ProxyInsightのデータに基づく)は2011年以降にほぼ倍増しており、賛成率は同期間に3倍に上った。2020年は新型コロナ危機にもかかわらず、今のところ気候変動関連の活発な株主エンゲージメントが続いており、年初来の気候関連の株主提案数は年率ベースで昨年を上回っている(欧州が最も顕著に伸びている)。同様に、賛成率も前年比で上昇しており、現在は約30%の株主が支持を表明している。だが投資家の圧力は様々なセクターに均等に広がっているわけではなく、2014年以降のデータでは株主提案の50%がエネルギー生産者(石油・ガス、公益)を対象としている一方、エネルギー最終消費の大部分を占めるセクターはわずか30%とエネルギー消費者に比べて生産者に明らかにバイアスが傾いている。

図表 21: 気候関連の株主提案数と賛成率は今年も上向き続けている...  
気候関連の株主提案数と賛成率



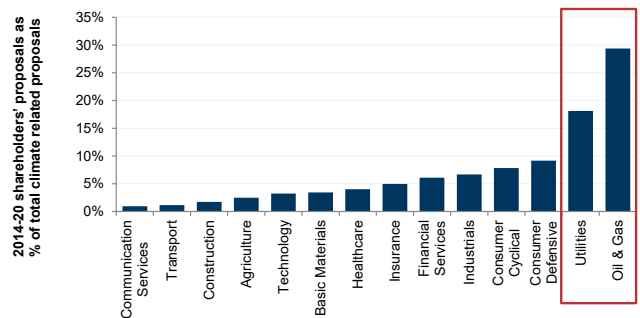
出所: ProxyInsight, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 23: ... これらセクターは株主提案の総数に占める気候関連の割合も大きい  
気候関連の株主提案の割合(%, 2014-2019年)



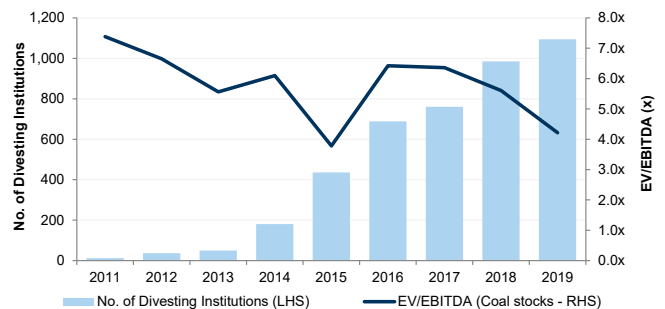
出所: ProxyInsight, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 22: ... 特にエネルギー生産者(石油・ガス、公益)を標的とするものが多い...  
気候関連の株主提案の業界別割合(%, 2014-2020年)



出所: ProxyInsight, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

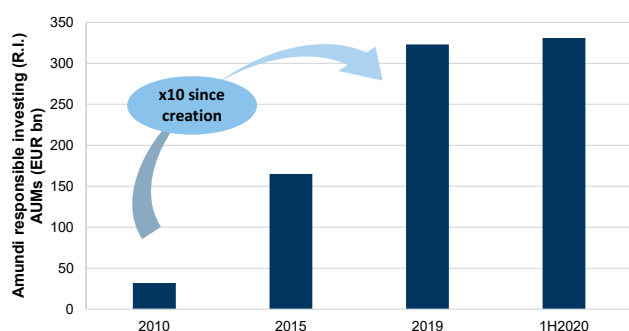
図表 24: 石炭業界ではすでに投資の引き揚げが進んでいる  
投資引き揚げを行っている機関投資家数(左軸)と石炭銘柄のEV/EBITDA(右軸)



出所: Thomson Reuters Datastream, DivestInvest, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

株主エンゲージメントの拡大とサステナブル投資の前例のない勢いは多くの事例で見られている。その1つが欧州最大の資産運用会社**アムンディ**で、同社の機関投資家・企業顧客担当役員のJean-Jacques Barberis氏がカーボノミクス・カンファレンスに参加した。アムンディは2018年秋に3ヵ年計画を打ち出し、アクティブ運用のオープンエンドファンド資産すべてにESG条件を適用し、株価指数連動型(および投資全体)を上回るESGスコアを維持する方針を発表した。同社によると、2020年上期にはESG関連の資金流入が最大で3,310億ユーロに達し、2010年から10倍以上に膨らんでいる。同社はまた、図表 24に示したように、売上高に占める採炭と石炭火力発電の割合が50%を超えるすべての企業と、この割合が25-50%ながら引き下げる努力を行っていない企業を投資対象から除外するなど、石炭資産の処分も積極的に行っている。

図表 25: アムンディの責任投資 (RI) 運用資産は2010年から10倍以上に膨らんでいる...  
アムンディの責任投資運用資産(10億ユーロ)



出所: 会社資料

図表 26: ... この大半がアムンディの「多次元ESG統合ソリューション」アプローチに該当する  
アムンディの責任投資アプローチ

Responsible Investment AUMs € 331 bn		
Multi Dimensional ESG Integration solutions € 311 bn	Thematic Solutions	
ESG certified & labelled ESG integration Over/under weighting ESG/ Specific exclusions/ In accordance with Amundi repository, benchmarks and/or customers' reference values	Environment € 19bn	Social € 0.3 bn
	De-carbonization Green bonds Green equity Green private & real assets	Social projects

出所: 会社資料

国連気候変動対策・ファイナンス担当事務総長特使で、COP26に向けて英国首相顧問を務めるMark Carney氏は、COP26の優先課題の一環としてネットゼロの実現に向けた民間金融システム確立の重要性に言及した。同氏は民間セクターのイニシアティブとクリーンテック革命は大きな進展と前向きなモメンタムがみられていると強調し、報告、リスク管理、リターン、民間金融の活用の4本柱に基づいてすべての金銭的な決定で気候変動を確実に考慮に入れる枠組みを提示した。



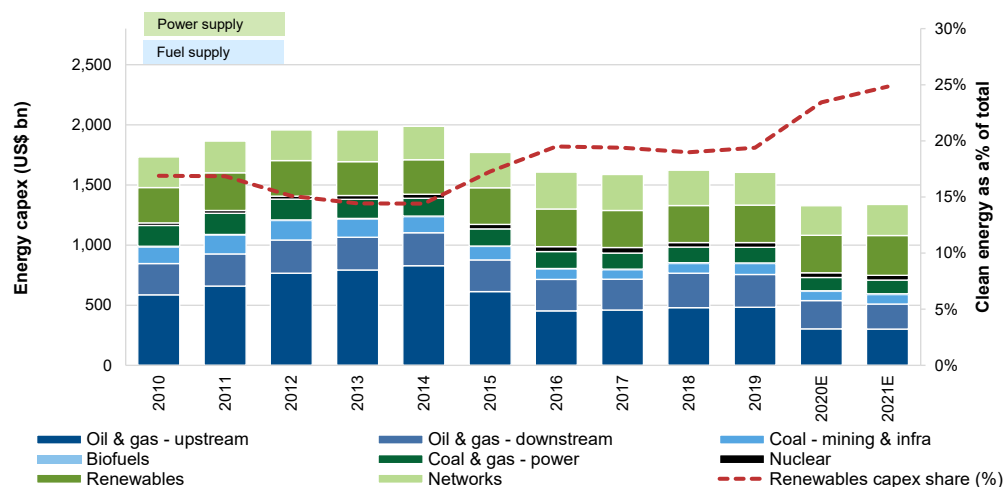
## テーマ#2：再生可能エネルギー：「低コスト脱炭素化」の根幹をなす低炭素技術

### 2021年には史上初めて、再生可能エネルギーの設備投資が上流石油・ガス分野を上回る

従来、マクロ経済が不況に陥るとサステナビリティよりアフォーダビリティが優先されるため、世界的に脱炭素化の取り組みは鈍化する傾向があった。だが今回は異なり、いまや成熟して大規模なスケールでの利用が可能で、資本コストの低下や魅力的な規制の枠組みによる恩恵を受ける技術では特に、史上有数のインフラ投資機会が生まれるとみられる。脱炭素化のカーボノミクス・コストカーブから見て取れるように、カーブの低コスト側は主に発電と建物のエネルギー効率に関係しており、これらが重なることで地域の雇用創出、低い資本コストと官民パートナーシップの成功による恩恵、そして国全体の予算への限定的なコスト上乗せという3重のメリットが期待できる。過去の景気後退局面にはクリーンエネルギー投資の伸びが鈍化したものの、エネルギーシステムのその他分野の方が投資が急激に落ち込んだため(特に上流石油・ガス事業)、結果として全エネルギー供給の設備投資に占めるクリーンエネルギー(バイオエネルギーを含む再生可能エネルギー)の割合が2014年の15%から2021年には約25%に拡大する可能性がある。よって、当社推計では再生可能エネルギーの設備投資が2021年に史上初めて上流石油・ガス事業を上回ることになる。

図表 27: 再生可能エネルギーは2021年に世界エネルギー供給投資の約25%に達し、当社推計では史上初めて上流石油・ガス事業を上回る

燃料・電源別エネルギー供給設備投資額(10億ドル；左軸)とクリーンエネルギー(再生可能エネルギー、バイオ燃料)の割合(%)；右軸)



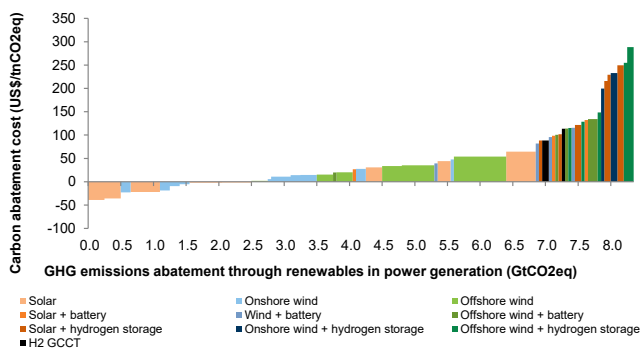
出所：IEA WEI (historicals), ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## 再生可能エネルギーのパワー：世界の人為的な温室効果ガス排出をゼロにする脱炭素化の約35%はクリーン発電へのアクセスが必要になる

再生可能エネルギーはエネルギー業界の状況を一変させ、規模の経済や資本コストの減少に伴う技術コストの低下によって、当社の脱炭素化コストカーブで最も経済的に魅力のある投資機会の1つとなっている。当社推計によると、(図表 29で示したように)輸送や様々な工業プロセスの電気化、暖房、およびその他用途に用いられる電力など、世界の人為的な温室効果ガス排出量をゼロにする脱炭素化の取り組みの約35%はクリーン発電へのアクセスが必要になる。

図表 28：再生可能エネルギーを通じた脱炭素化は、エネルギー貯蔵(電池や水素)が必要になってもコストカーブで有数の低コスト技術となる...

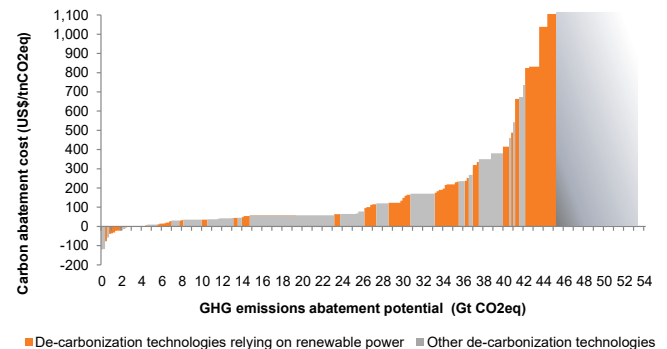
天然ガスから再生可能エネルギー(および貯蔵)への発電源の移行による脱炭素化のコストカーブ



出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 29：... 低炭素電力全般へのアクセスは世界の人為的な温室効果ガス排出量の約35%の脱炭素化(輸送の電気化、工業プロセス、建造物など)に必要不可欠である

2020年の人為的な温室効果ガス排出の炭素削減コストカーブ；オレンジ色は再生可能発電に依存する技術を表す



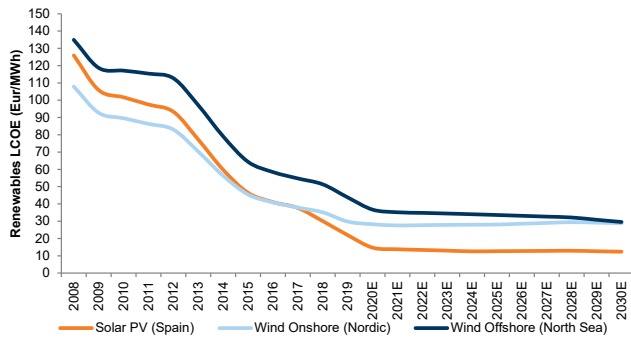
出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## 高炭素エネルギーと低炭素エネルギーの資本コストの分離が再生可能エネルギー全体のコスト削減の約3分の1に寄与した...

再生可能エネルギーは規模の経済によってここ10年に運営コストが低下したうえ、低炭素エネルギー開発の資本コストの低下傾向もクリーンエネルギーのアフォーダビリティと競争力に大きく寄与した。図表 32は、資本コストの低下が2010年以降に再生可能技術のLCOE(均等化発電コスト)低下の約3分の1に寄与したことを示している。反対に、当社は長期的な炭化水素資源開発にとっては金融環境が引き締められており、参入障壁の上昇、活動減退、そしていずれは石油・ガス供給の減少につながるとみている。これによって、図表 33で示したようにエネルギー供給の資本コストはこれまで以上に乖離しており、炭化水素投資から別の分野へのシフトが続く中で、欧州の規制投資のハードルレートが約3-5%であるのに対し、長期サイクルの石油・ガス開発は10-20%となっている。

図表 30: 様々な技術全体で再生可能エネルギーのLCOEは70%以上低下した...

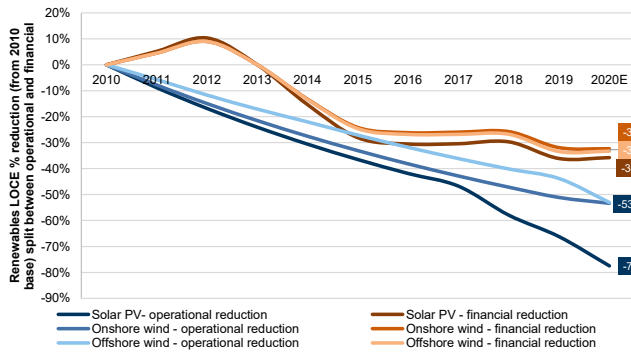
欧州の一部地域における太陽光発電と洋上・陸上風力発電のLCOE (ユーロ/MWh)



出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 32: ...だがクリーンエネルギー開発の資本コスト低下による恩恵も享受しており、これが2010年以降のコスト低下の約3分の1に寄与している

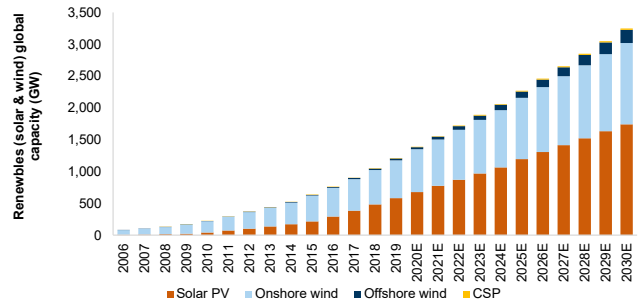
再生可能エネルギーのLCOEの2010年以降の低下率(%) ; 運営コストと金融コスト(資本コスト)に区別



出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 31: ...業界の成長に伴う規模の経済が奏功して運営コストが低下している...

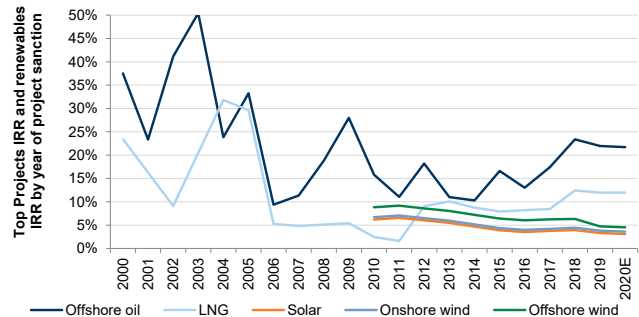
世界の再生可能エネルギー(太陽光・風力)の設備容量(GW)



出所: IRENA, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 33: 脱炭素化への投資家圧力を背景に炭化水素と再生可能エネルギー開発の資本コストの分離が広がっている

石油・ガスと再生可能エネルギー主要開発プロジェクトのIRR ; 認可された年別



出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

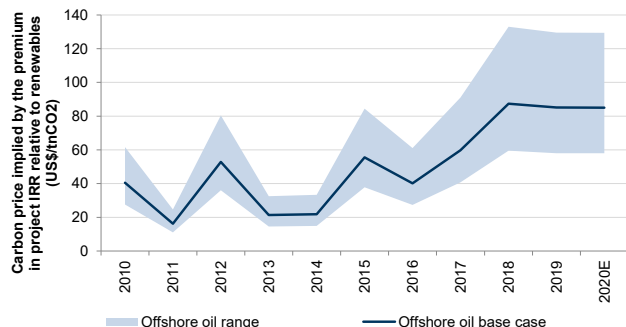
... 当社推計によると、炭化水素資源開発には40-80ドル/トンの炭素価格が示唆されている

以下の図表では、再生可能エネルギーに対する長寿命洋上石油開発プロジェクト(深海)とLNGプロジェクトのIRRプレミアムが示唆する炭素価格を示している。この価格は世界で最も重要な石油・ガスプロジェクトをまとめた当社の「トッププロジェクト」データベースを用いて算出した。各プロジェクトの「ウェル・トゥ・ホイール」炭素集約度(スコープ1+2+3)を推計し、炭素価格をフルで課したうえで(生産者が炭素価格による経済的な打撃を石油・ガス価格の引き上げを通して消費者に転嫁することなくすべて受けると想定)、石油・ガス分野ごとに異なる二酸化炭素価格に対するIRR感応度を算出し、各プロジェクトのIRRが同じ年に行われた低炭素プロジェクト(再生可能エネルギー)のIRRと一致する炭素価格を求める。石油・LNGプロジェクトのIRR感応度は炭素価格1ドル/トン当たり14-32bpで平均21bpと推定する。この分析は、2つの重要な前提の下に行う:(1)生産された石油・ガスの利用に伴う炭素コスト(スコープ3)は炭化水素の最終消費者ではなく生産者が負担するものと想定する;(2)政府が再生可能エネルギー向けに提供するインセンティブを踏まえて再生可能エネルギーと炭化水素の開発では異なるリ

スクプロファイルを想定し、示唆される炭素価格に反映させる。

図表 34: 再生可能エネルギーに対する洋上石油開発プロジェクトのIRRプレミアムは60-130ドル/トンの炭素価格を示唆する...

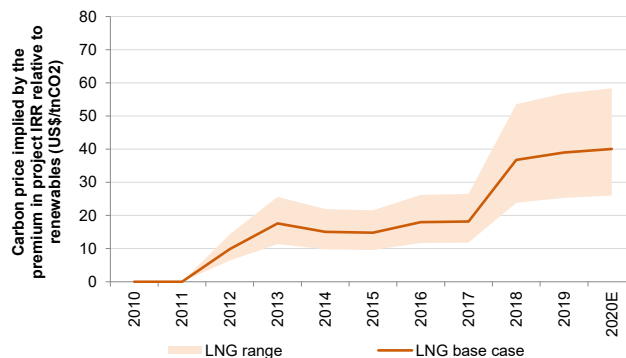
再生可能エネルギーと比較した洋上石油開発プロジェクトのIRRプレミアムが示唆する炭素価格(ドル/トン)



出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 35: ...LNGプロジェクトは30-60ドル/トンの炭素価格が示唆される

再生可能エネルギーと比較したLNGプロジェクトのIRRプレミアムが示唆する炭素価格(ドル/トン)



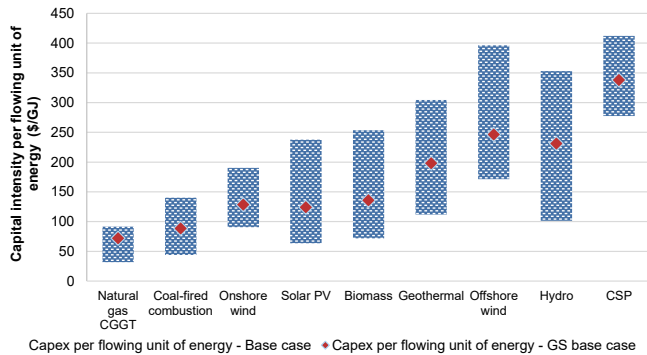
出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

### 資本集約度の上昇と資本コストの低下は官民パートナーシップを通して資金効率の高い雇用創出につながる

リセッション後の経済政策は、限られた財源という制約の中で雇用拡大を図る狙いがあるものが多い。当社はグリーンインフラが今回の経済回復で大きな役割を果たす可能性があると考えている。なぜなら、これらは従来型のエネルギー開発に比べて資本・労働集約度が高いだけでなく、適切な規制枠組みの下では資本コストもはるかに低くなり、成長・環境志向の官民パートナーシップの好例となり得るためだ。以下の図表では、各発電・輸送技術について生産エネルギー単位当たりの資本集約度(設備投資額)を示した。この分析結果は、エネルギー流量当たりの設備投資額(ドル/ピーク発電能力のGJ)と資産寿命を通じたエネルギー単位当たりの設備投資額(ドル/GJ)の両方で表す。ここから、発電と輸送でクリーン代替エネルギーに移行すると、エネルギー単位当たりの資本集約度が高まることを見て取れる。だが(魅力的で安定した長期規制枠組みの下)、伝統的な炭化水素資源開発に比べて低金利の資金調達と営業費用の低下が奏功するため、必ずしも消費者にとって価格が上昇するわけではない。

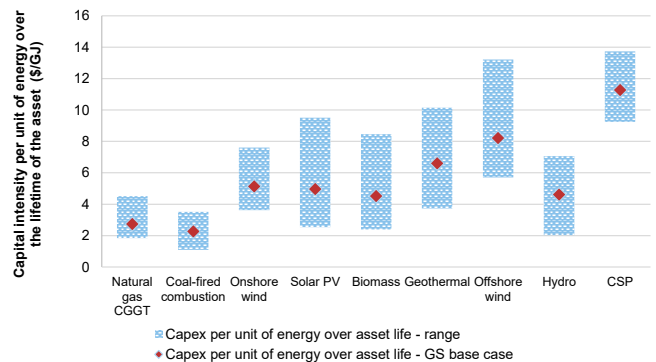
図表 36: すべての再生可能なクリーン発電技術は従来型の化石燃料に比べてエネルギー流量当たりの資本集約度が高い...

エネルギー流量当たりの設備投資額(ドル/GJ)



出所: IRENA, EIA, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 37: ... 資産寿命を通して資本集約度が高い 各技術の資産寿命を通じたエネルギー単位当たりの設備投資額(ドル/GJ)

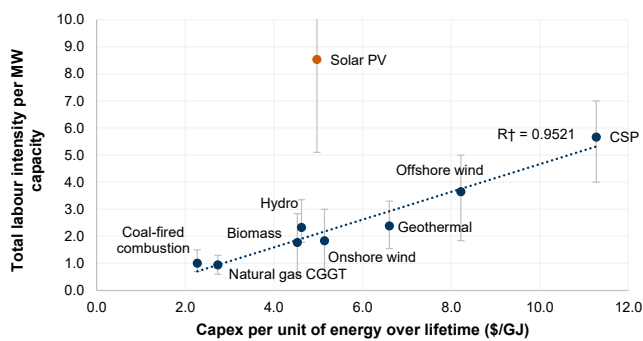


出所: IRENA, EIA, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

出力エネルギー流量と資産/技術寿命を通じたエネルギー単位当たりのいずれも、クリーン技術の資本集約度は炭化水素を著しく上回る。資本集約度が高い場合には、低い資本コストと明白な収入見通しが必要になる。さらに、以下の図表で示したエネルギー単位当たりの資本集約度と労働集約度(資産寿命を通じた平均生産能力当たりの雇用者数)の強い相関性のために、低炭素経済における高資本集約度は雇用創出を促す可能性が高い。国際労働機関(ILO)と国際再生可能エネルギー機関(IRENA)によると、太陽光発電が最も労働集約度の高い発電事業(建設、製造、設置、運営、維持管理を含む)だが、産業用か住宅用かで労働集約度には大きな開きがある。

図表 38: クリーンエネルギー技術は資本集約度と労働集約度が高く、低資本コストと魅力的な規制による恩恵を最も受ける...

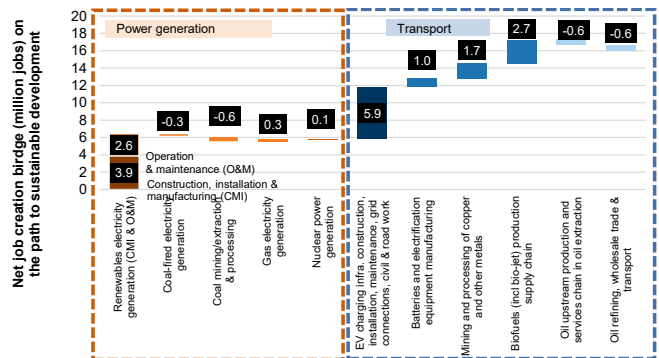
資産寿命を通じたエネルギー単位当たりの設備投資額と平均生産能力当たりの労働集約度



出所: Wet et al. - IRENA, UNEP-ILO-IOE-ITUC, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 39: ... 2030年までに1,500-2,000万人の雇用創出につながる可能性がある

エネルギーサプライチェーンの持続可能な軌道における純雇用創出(100万人)



出所: IEA, IRENA, EuropeOn, UNEP-ILO-IOE-ITUC, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

NextEra、Iberdrola、EDPのCEOとRWE、Siemens GamesaのCFOがカンファレンスに参加し、急拡大する再生可能エネルギー分野の投資機会について語った。NextEraは約45.5GWの純発電能力を有する太陽光・風力発電の世界最大手で、米国の有力インフラ資本投資家として2022年までに500-550億ドルの新規インフラ投資を計画している。Iberdrolaは70GWを超えるパイプラインを有し、脱炭素化と経済回復への取り組みとして最近2025年までに750億ユーロを投じる野心的な計画を打ち出した。EDPとRWEも中期的に純発電能力を拡大する可能性がある。当社の調査によると、両社とも向こう5年間で年間の能力拡大幅を倍増する可能性がある。そして、風力タービン大手のSiemens Gamesaは洋上・陸上風力発電市場の構造的な成長見通しから恩恵を受ける体制を整えている。これについては、当社公益チームが「[Europe Wind Manufacturer](#)」レポートでも取り上げている。

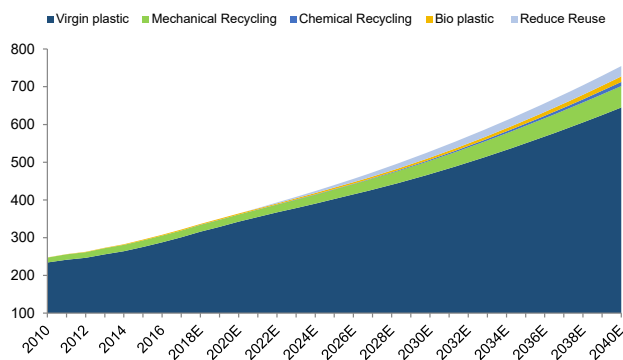
# テーマ#3：サーキュラーエコノミーとファーム・トゥ・フォーク

## サーキュラーエコノミーの加速に対応する

サーキュラーエコノミー(循環型経済)は世界的な脱炭素化と資源・エネルギー管理の向上に欠かせない主軸であり、現行の産業的慣行や消費者の習慣を根本から変えるものだ。サーキュラーエコノミーでは従来の生産・消費・廃棄アプローチと違って、資源が循環システムの中を回るため、再生・修復型の経済が形成されることになる。

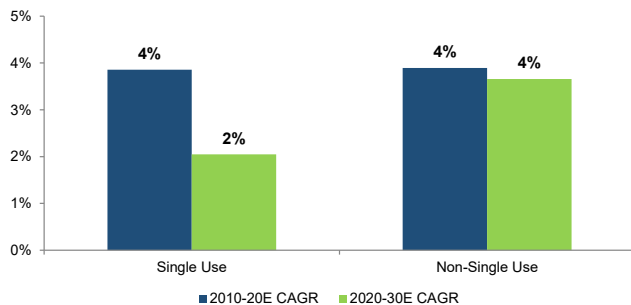
プラスチックは社会の近代化において極めて重要な役割を果たし、軽量でバリエーションがあり、変形が可能で資源効率が高いなど、その他の素材に比べて多くのメリットを持っている。当社化学チームはプラスチックについて掘り下げたレポート「[The Plastics Paradox](#)」で、分解できないことがプラスチックの最大の強みかつ最大の弱みであり、多くが埋立地や環境中に廃棄されると指摘した。当社は独自の世界プラスチック需要モデルに基づき、向こう10年間の需要の伸びに対する影響を60bpと試算している。

図表 40: 当社基本シナリオではバージンプラスチックの需要が向こう10年間に3.2%増加する...  
プラスチック需要(メトリックトン)



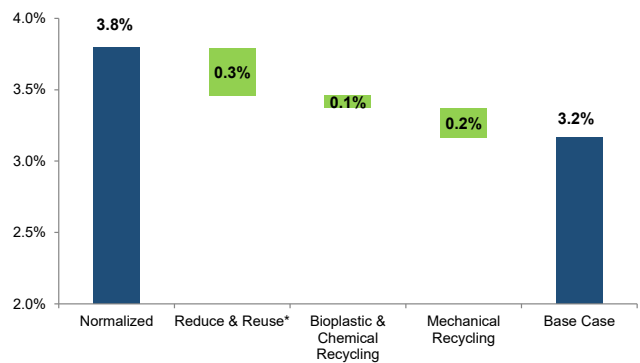
出所: IHS, ユーロスタット, US EPA, ユーロモニター, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 42: シングルユースのプラスチックはこれを標的とした規制のために伸びが鈍化するとみられる  
シングルユースと非シングルユースのプラスチックの2010-20年と2020-23年の年平均成長率



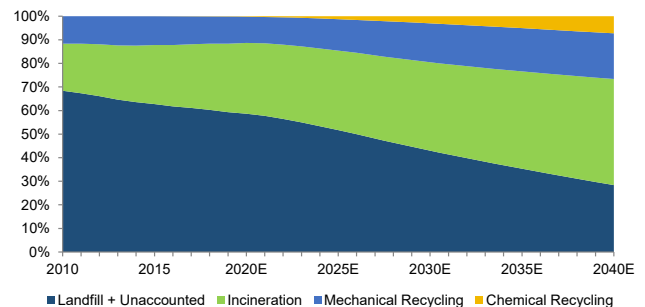
出所: IHS, ユーロスタット, US EPA, ユーロモニター, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 41: ...リサイクルと消費者行動の変化によって同期間に需要の伸びが60bp低減する可能性がある  
需要の年平均成長率(%)



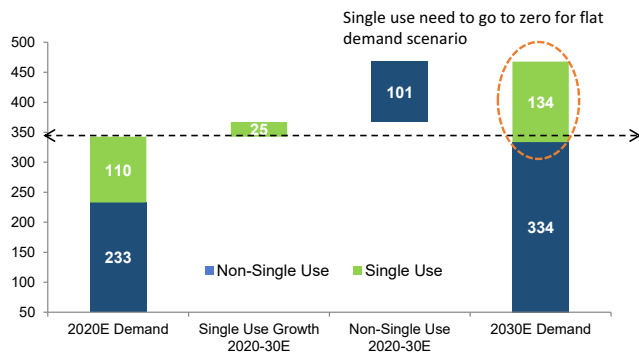
出所: IHS, ユーロスタット, US EPA, ユーロモニター, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 43: プラスチックごみの廃棄では今後も埋立地の利用が減るとみられる



出所: IHS, ユーロスタット, US EPA, ユーロモニター, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 44: プラスチック需要が横ばいで推移するシナリオでは、シングルユース・プラスチックの需要がゼロに減少する必要がある  
メトリックトン



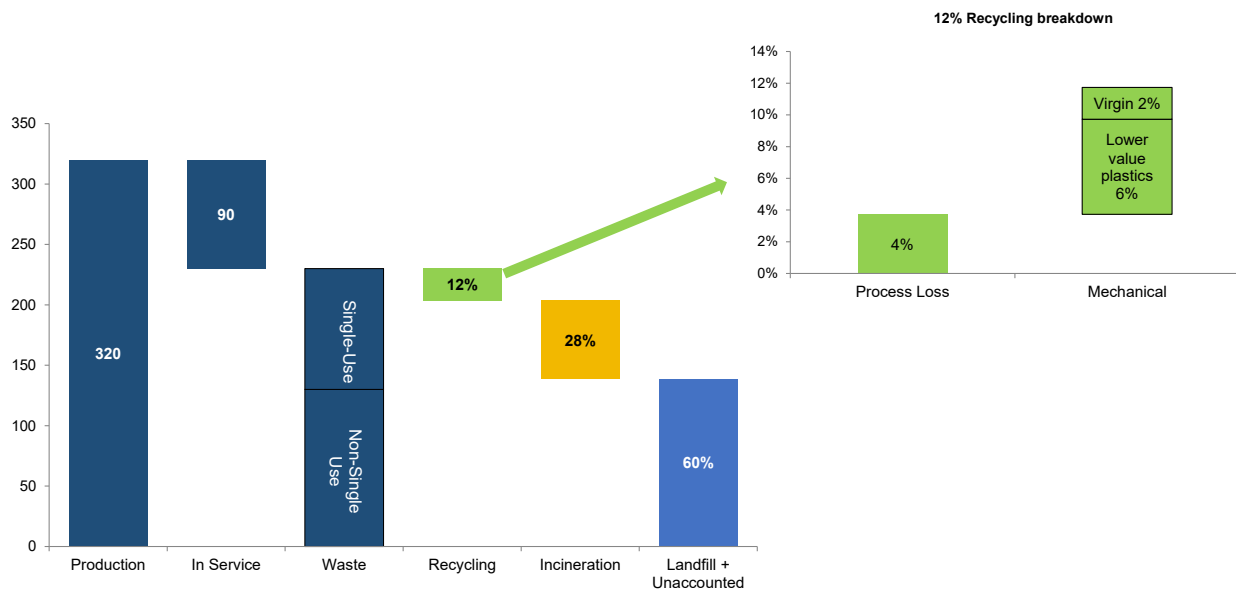
出所: IHS, ユーロスタット, US EPA, ユーロモニター, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 45: 需要を横ばいに維持するために使用を停止しなければならないシングルユース・プラスチックの応用例

Packaging Applications	Market share in Single-Use Plastics	Unintended Consequences
Food	c.50%	Food wastage and GHG emissions increase
Beverage (PET)	c.20%	Cost and transport related emissions rise
Healthcare	NA	Compromise on hygiene
Cosmetics	NA	Transport related emissions rise due to higher weight
E-Commerce & Others	NA	Transport related emissions rise due to higher weight

出所: IHS, ユーロスタット, US EPA, ユーロモニター, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 46: プラスチックごみの大半は埋立地に捨てられるか行方不明となる  
プラスチックのライフサイクル(2018年)



出所: IHS, ユーロスタット, US EPA, World Economic Forum, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部



## プラスチックをめぐる課題

プラスチックは使用するうえで様々な環境上の利点があるものの、プラスチックごみは埋立地に運ばれるか、海洋ごみとして海を漂うか、特に新興国ではごみ捨て場に蓄積するなど、この管理が大きな問題となっている。プラスチックに対する認識は変化しており、多くの国が一部のプラスチック製品(買い物袋、ストローなど)の禁止に踏み切っている。

1



**Single use plastic:** Single use plastics are mostly used in packaging applications. These plastics have an “in-service” life of less than one year and become waste thereafter. Single use plastics comprise ~32% of global plastic demand and ~42% of plastic waste generation every year. Almost one-third of single use plastics (~10% of total plastic demand) is a key target of government regulations and consumer perception, and face risk of phase-out over time.



**Leakage to oceans:** Plastics are featured most frequently among the top ten marine debris items. A lot of marine plastic waste is fed through river systems in Asia (10 rivers account for >90% of plastic waste in oceans, of which 8 rivers are in Asia.)

Source: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b02368>.

2



3



**Mismanaged waste:** Almost 60% of the plastic waste generated in a year finds its way either to land fill or is unaccounted for especially in emerging economies.



4



**Low recycling rates:** Plastic recycling rates are very low (~12%) versus other single use applications (eg. aluminum). Lower recycling rate is a function of (1) low volume mass, (2) contamination of plastic waste with food and additives, (3) poor waste mgmt. infrastructure in EMs, (4) lack of adequate recycling facilities in DMs who export part of their plastic waste to Asia and (5) poor economics at lower oil prices.

出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## プラスチック問題への対策

- **リデュース/リユース**：複数の国が買い物袋、ストロー、カトラリーなどのシングルユース・プラスチック製品の禁止に踏み切っている。これら製品は供給量こそ多いものの、軽量でプラスチック需要の約3%しか占めない(シングルユース・プラスチック需要の約9%)。
- **代替品**：バイオプラスチックや従来の代替品(金属やガラスなど)への置き換えは最優先課題となっている。バイオプラスチックの使用量はまだまだ少なく、生分解性を備えるのはわずか約42%であるうえ、分解には特定の環境条件が必要になる。当社は消費者のリスク認知が高まる中、従来の素材がペットボトル(プラスチック需要の約7%)の代替品となる可能性が最も高いとみている。
- **メカニカルリサイクル**：現在、プラスチックごみの12%がメカニカルリサイクルされ、収率ロスを加味すると再利用に回るのはわずか8%しかない。リサイクル率が低いのは、体積の小ささや複数のプラスチック材料を用いた容器包装、添加剤の使用、新興国における不適切な廃棄物管理、先進国におけるリサイクル施設不足、原油安に伴うリターンの悪化などが要因だ。リサイクル率の向上には消費者教育、容器包装のデザイン変更、政府によるインセンティブが極めて重要となる。
- **ケミカルリサイクル**：このリサイクル方法では、混合プラスチック廃棄物をモノマー化(化学構成単位)もしくは燃料化(石油/精製品)する。後者は熱分解と呼ばれ、複数のパイロットプログラムが実施されるなど、注目を集めつつある。熱分解に関連する技術はかなり以前から存在しているが、規模と経済性が主な課題となってきた。同技術の経済性は、(1)原油価格、(2)定期的に十分な廃プラを集められること、(3)政府によるインセンティブに大きく依存している。
- **焼却(廃棄物からエネルギーへ)**：この手法は、リサイクル不可能なプラスチック廃棄物の抑制燃焼を行い、エネルギーを回収する。政府承認の廃棄物管理では埋め立てより焼却が優先されているが、これは炭素排出量の増加にもつながる。さらに採算も取れておらず、政府のインセンティブによって支えられている。高度な廃棄物回収設備を備える先進国(日本、欧州、シンガポールなど)では、焼却率が上昇している。

図表 47: 廃プラ対策の概要

	Challenges	Notes
<b>Reduce</b>	Sticky consumer habits	Single use plastics like bags, straws, cutlery account for c.3% of global plastic demand
<b>Reuse</b>	Deterioration and limited life time	1% demand risk if 10% of bottles are re-used
<b>Bio alternatives</b>	Expensive, not always environment friendly	Biodegradation needs specific conditions
<b>Traditional alternatives</b>	Full cycle impact not carbon positive	Market share gains likely in Beverage bottles
<b>Mechanical Recycling</b>	Clean collection and sorting, contaminations, downcycling, volatile returns (oil linked)	Limited to PET, PE and PP plastics
<b>Chemical Recycling</b>	Clean collection, pilot stage	Limited to polyester
<b>Pyrolysis (Waste to Fuel)</b>	Scale, pilot stage, volatile returns (oil linked)	Feed is mixed plastic types ex of PET/PVC
<b>Incineration (Waste to Energy)</b>	Carbon emissions, capex intensive, needs government support	Incineration rates have picked up in DMs

出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

今回のカンファレンスにはUnileverとCovestroのCEOが参加し、両者ともに世界全体でコスト効率の高い脱炭素化を進めるにはサーキュラーエコノミーが重要であるとの見方を示しつつ、この目標達成に向けた各社の取り組みについて説明した。Unileverは2039年までに全製品のネットゼロ達成を目標に掲げているほか、同社のプラスチック利用を抜本的に変える以下の4つの方針を2025年を期限として打ち出している：商品包装に用いるバージンプラスチック使用量の半減とプラスチック廃棄物の10万トン超の削減；商品に使用する量を上回るプラスチック包装材の回収；再使用、リサイクル、堆肥化できるプラスチック包装材への変更；包装材の再生プラスチック使用率の少なくとも25%への引き上げ。UnileverのCEOは同社方針の概要を述べ、同社がどのようにサーキュラーエコノミーの加速に貢献しているかを強調した。

Covestroも当社レポート「Covestro: Distinctly leveraged to volume recovery and green investment themes」で取り上げたように、世界的なサーキュラーエコノミーへの移行に寄与する体制を整えているもう1つの企業だ。今回のカンファレンスにはCEOが参加し、このテーマの重要性と同社がこの移行加速に向けて行っている取り組みについて議論した。2019年に立ち上げた戦略的プログラムでは、代替原料、リサイクル、再生可能エネルギー、パートナーシップの4つを軸にサーキュラーエコノミーへの移行を目指している。Covestroはすでにバイオマスをういたバイオベースのアニリン生産や二酸化炭素を原料とする炭素を用いたプラスチック生産など、代替原料の使用を促進する取り組みを行っている。また、プラスチック廃棄物削減に向けた国際アライアンス「Alliance to End Plastic Waste (AEPW)」の設立メンバーとしても参加し、新たなリサイクル技術の開発(軟質ポリウレタンフォームの再利用など)や効率向上(ポリオール製造に伴う二酸化炭素排出量を20%削減する新たな手法を開発した)に取り組んでいる。

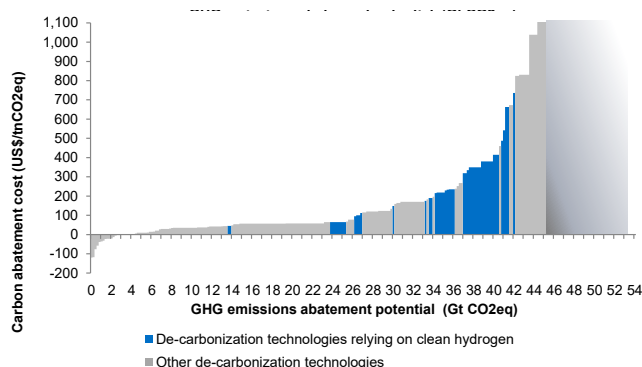
DanoneのCEOもカンファレンスに参加し、サーキュラーエコノミーと食の進化に関連する同社の貢献や取り組みについて語った。Danoneは以下などを目標に掲げている：2025年までに包装容器をすべて再利用、リサイクル、堆肥化可能な材料に切り替える；2025年までに包装用プラスチックの平均25%、水・飲料ボトルの平均50%にリサイクル材料を用いる；バイオプラスチック100%のペットボトルを商用化する。同社CEOは自然を活用した対策と生物多様性の重要性に関する見解も示した。

最後に、Bayer経営陣は「ファーム・トゥ・フォーク(農場から食卓へ)」の主なテーマについて取り上げ、どのようにすれば食料安全保障を脅かすことなく二酸化炭素排出量を減らして持続的に成長することができるかについて見解を示した。また、2030年までに気候中立を達成する目標をあらためて掲げ、世界の人為的な温室効果ガス排出量の約25%を占めるエコロジカル・フットプリントを削減するために農業事業で農家と協力する意向を明らかにした(2030年までに農作物の排出量フットプリントを30%削減する)。

## テーマ#4：クリーン水素の台頭：脱炭素化の難しいセクターで画期的技術として浮上

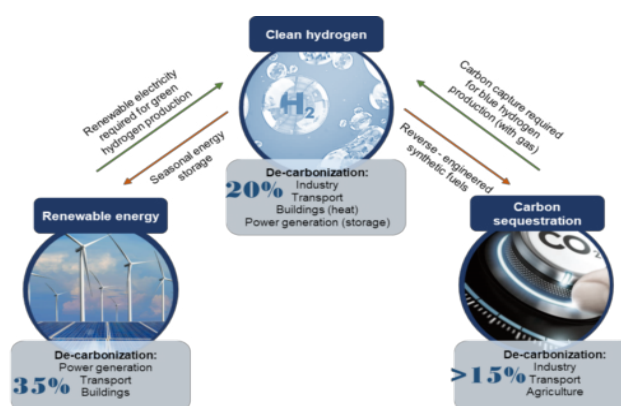
クリーン水素は脱炭素化に向けた2020年のカーボノミクス・コストカーブに追加された最も重要かつ革新的な技術で、今年アップデートしたコストカーブに盛り込まれた技術（長距離輸送用FCEV[燃料電池自動車]、再生可能エネルギーをフル活用した発電を可能にする水素エネルギー貯蔵、ビル暖房システムや鉄鋼・石油化学をはじめとするその他工業用途向けの水素など）の多くの根幹を成している。

図表 48：当社はクリーン水素を用いた脱炭素化技術によって人為的な温室効果ガス排出量の約20%を削減できると推計している...



出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 49：...水素は再生可能エネルギーと炭素回収を結びつける重要な柱となっている



出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

### 水素の復活：支援策と政策措置の新たな波

初回レポート「[Carbonomics: The rise of clean hydrogen](#)」でも取り上げたように、水素はその他の従来型燃料に比べて軽量で（水素は最も軽い物質）、単位質量当たりのエネルギー含有量が多いことから（単位質量当たりのエネルギー含有量は天然ガスとガソリンの2.5倍以上）、魅力的な燃料として注目されている。

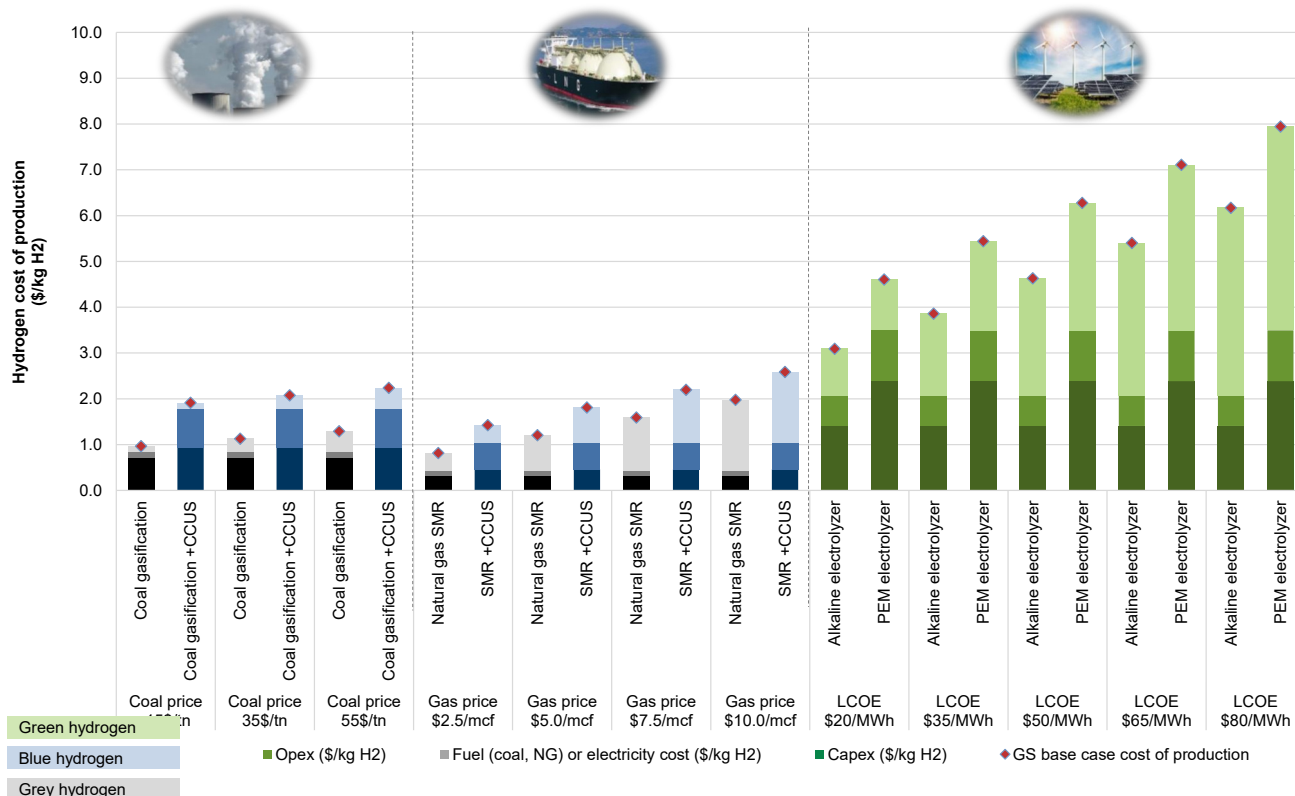
水素は過去50年に何度か脚光を浴びることがあったが、いずれも持続的な投資増加やエネルギーシステムへの幅広い適用にはつながらなかった。ところが近年の脱炭素化への注目と再生可能エネルギーなどの低炭素技術の規模拡大と成長加速を受けて、水素の性質とサプライチェーン拡充に対する関心が再び高まっている。ここ数年には脱炭素化の取り組みと気候変動対策が重視される中、クリーン水素の活用推進に向けた政策措置が新たに講じられている。政策支援と経済的要素、そして低コスト再生可能エネルギーと電気化インフラ整備の加速によって、水素利用には前例のないほど弾みがついており、水素技術と必要なインフラの整備や投資が急速に進む可能性がある。

クリーン水素は、炭素隔離とクリーン発電という脱炭素化技術エコシステムに必要不可欠な2つの要素を結び付け、ネットゼロ達成に向けて鍵を握る重要なピースとなるかもしれない

水素製造における炭素集約度の低い経路であり、水素をクリーンテックエコシステムの2つの主な技術である炭素回収と再生可能発電から恩恵を受けやすくしているのは「ブルー」水素と「グリーン」水素だ。「ブルー」水素は炭素回収と組み合わせた従来型の天然ガスベースの水素製造プロセス(SMRないしATR)を表す一方、「グリーン」水素はゼロ炭素(再生可能)エネルギーを原料とする水電解によって生成された水素を指す。

「ブルー」および「グリーン」水素は炭素集約度の最も低い水素製造経路だが、図表 50に示した当社の水素製造コスト分析によると、これら技術は従来型の炭化水素ベースの「グレー」水素製造に比べてまだコストが高い。「ブルー」水素の製造コストは数々の技術的・経済的要因に左右される。中でも天然ガス価格が最も重要で、SMRと組み合わせた炭素回収技術の追加コストがこれに続く。

図表 50: 「ブルー」および「グリーン」水素は脱炭素化の土台となる；現在は「ブルー」水素の方が「グリーン」水素より製造コストが低い、いずれもまだ従来型の「グレー」水素より製造コストが高い



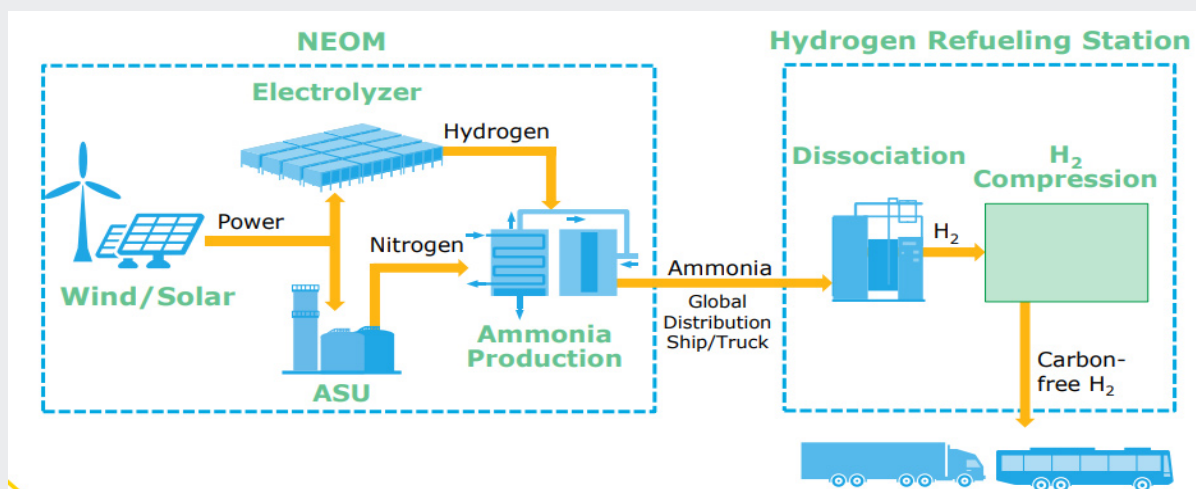
出所：会社資料，ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## クリーン水素プロジェクトに弾みがついている

### グリーン水素プロジェクトの例

サウジアラビアにおけるAir Products、NEOM、ACWA Powerの共同プロジェクト：Air Productsは水素供給の世界大手で、貯蔵から輸送、製造、分離システムまで水素サプライチェーンの全段階を手掛けるほか、インフラ整備の火付け役にもなっている。同社は今年、ACWA PowerおよびNEOMと50億ドルの大規模なグリーン水素ベースのアンモニア生産施設に関する契約に調印したと発表した。3社が等分所有するこのプロジェクトは、サウジアラビア北西部にある持続可能生活の新モデル都市NEOMに立地し、世界市場に輸出するグリーンアンモニアを生産する。Air Productsは1年前の2019年にCertifHyスキームの下、欧州における「発電源証明(GO)」の先駆けとしてオランダで持続可能かつ再生可能な水素を製造するパイロットプログラムを打ち出していた。

図表 51: Air Productsは今年、ACWA PowerおよびNEOMと50億ドルの大規模なグリーン水素ベースのアンモニア生産施設に関する契約に調印した(以下に概要を図示)



出所：Air Products, 会社資料

スペインにおけるIberdrolaのプロジェクト：Iberdrolaは今年、産業用グリーン水素を製造する欧州有数の規模の工場を建設すると発表した。シウダ・レアル県にあるプエルトリャノに建設予定の同工場は、太陽光発電設備(100MW)、リチウムイオン電池システム(貯蔵能力20MWh)、世界有数の電解水素製造システム(20MW)を兼ね備える。すべてのエネルギーが再生可能な資源によって発電される。

H2FUTURE：欧州委員会が欧州エネルギー同盟の進捗状況について2回目の報告書を公表した1週間後、FCH JUは最大のエネルギープロジェクトの1つとなるH2FUTUREを打ち出した。Voestalpine、Siemens、VERBUND、Austrian Power Grid (APG)に加え、K1-METやECNなどの調査機関がコンソーシアムを組んでおり、グリーン水素を製造する世界有数の電解工場の建設を目指す。同プロジェクトのパートナー企業らは、リンツのvoestalpineの拠点で革新的な水素実証工場の建設に向けて協業・共同調査を行う。

**オランダにおけるHyBalanceプロジェクト**：HyBalanceは、Air Liquide、CHN、Hydrogenics (Cummins)、Centricaをはじめ多くのグローバル企業が参加するオランダのグリーン水素プロジェクトだ。同プロジェクトは燃料電池水素共同実施機構 (FCH 2 JU) とEUDP理事会が管理するデンマークのEUDPプログラムから資金提供を受けている。同ユニットは電力網のバランスを保ち、余剰電力を水素の形で貯蔵したうえで、産業用や輸送用に用いられるようにする電解技術に特化する。1.2MWの能力を有する電解槽は二酸化炭素を排出することなく1日当たり500kg前後の水素を生成できる。

**ドイツにおけるBPとØrstedのプロジェクト**：BPとØrstedは産業用規模のグリーン水素を製造するプロジェクトの立ち上げで基本合意した。提案された「リンググリーン水素」プロジェクトを通して両社は当初、BPがドイツに保有するリング製油所で50MWの電解槽とこの周辺インフラを建設する計画。同プロジェクトはØrstedの北海洋上風力発電所で作られた再生可能エネルギーを用い、作成された水素はリング製油所で使用する。両社によると、適切な政策が講じられれば2022年序盤には最終的な投資決定を下し、2024年までには運営を開始できる可能性がある。

### ブルー水素プロジェクトの例

**H2H Saltend**：Equinorは今年、「Hydrogen to Humber Saltend (H2H Saltend)」プロジェクトを通して英国有数の規模のブルー水素製造工場の建設に関与すると発表した。ハンバー地域の脱炭素化を図る大規模な取り組みの先駆けとなる。H2H Saltendは2030年までに少なくとも1つの低炭素産業クラスターを形成する英国政府の取り組みを支持しており、2019年にEquinorとパートナー企業らが立ち上げた「ゼロ・カーボン・ハンバー」アライアンスの構想実現に向けた下地にもなる。同プロジェクトの初期段階では、炭素回収を組み合わせた600MWの自己熱改質法 (ATR) を採用する。

**Acorn CCSおよび水素プロジェクト**：Acornプロジェクトには炭素回収および貯蔵 (CCS) と水素の2つの要素がある。前者は、スコットランドと英国政府のネットゼロ目標達成に必要な二酸化炭素削減インフラを提供する炭素回収・貯蔵プロジェクトである。後者のAcorn水素プロジェクトでは北海の天然ガスがクリーン水素に改質され、排出される二酸化炭素はAcorn CCSインフラを通して削減される。水素は輸送用途のほか、ガス供給網を通して住宅用および産業用暖房の脱炭素化にも用いられる。Storegga GeotechnologiesのCEOがカンファレンスに参加し、Acornプロジェクトを主導するPale Blue Dot Energyとのパートナーシップについて語った。

当社カーボノミクス・カンファレンスには、クリーン水素サプライチェーンで活発な取り組みを行っている企業のCEOや経営幹部を招いた。今年、世界最大級のグリーン水素プロジェクトを発表したAir ProductsのCEOは、ネットゼロの達成に向けて水素が果たす重要な役割に関する見解を示した(上記参照)。欧州で初めて送電網に5%の割合で水素と天然ガスを混合することを発表したSNAMのCEOもカンファレンスに参加した。同社はエネルギー転換に強く関与している1社で、主に水素を含む新たなエネルギー技術の効率向上、排出量削減、革新促進に焦点を当てたSnamtecプロジェクトに8億5,000万ユーロを投じる計画を明らかにしている。産業ガス大手のAir LiquideとLinde経営陣は排出量削減が難しいセクターでの脱炭素化に向けた水素と革新の重要性を強調。両社ともに「ブルー」水素と「グリーン」水素の製造方法を開発している。

PEM燃料電池大手Ballard PowerのCEOは、クリーン水素の最終市場の大きさに期待を示した。この1つはモビリティで、フォークリフトから路線バス、大型長距離トラック、鉄道、海運まで用途は多岐に渡る。Cumminsの新電力事業部門担当プレジデントは、2019年に水素製造・燃料電池技術大手Hydrogenicsの買収を完了したことから、同社は燃料電池や電解槽の製造を含む総合的な水素ソリューションを提供できると説明した。



## テーマ#5：ビッグオイルの転換：変革の時代

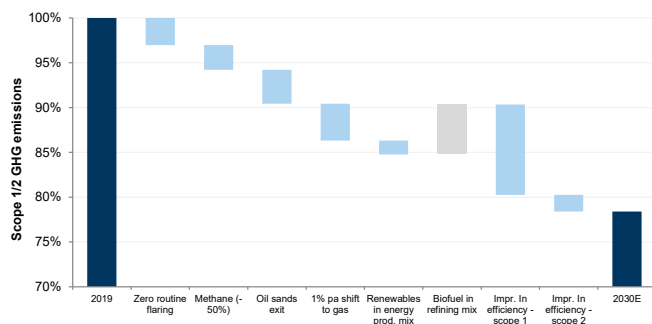
### 「ビッグオイル」から「ビッグエネルギー」へ、2030年までの炭素集約度の20%以上の削減に沿った脱炭素化への道程

ビッグオイルはその100年を超える歴史を通じて、技術変化に対する驚異的な適応力を示してきた。当社は、地球の温暖化を2°C以下に抑えるという野心的な目標に沿った低炭素への移行を推し進めることが現在、戦略的に重要であると考えている。当社主催のカーボノミクス・カンファレンスでは、BP、TOTAL、ENI、OMV、LundinのCEOとのディスカッションを開催したほか、RDSHELLの代表は、ビッグオイルがその技術的な専門ノウハウ、競争優位性、ブランド/顧客関係を活用していかにしてビッグエネルギーへと進化し、パリ協定における野心的な目標（IEAの持続可能な開発シナリオなど）に沿って事業ポートフォリオにおける炭素削減を実現できるかを分析した。以下の通り、ビッグオイルはビッグエネルギーへの移行を実現し、より広範囲にわたるよりクリーンなエネルギーの提供者となるための多くの手段を有している：小売り、EV充電、再生可能エネルギーを含む世界のガスおよび電力チェーンに深く根差した基盤；バイオ燃料；石油化学；上流部門および工業事業；クリーン水素；炭素隔離技術。

「ウェル・トゥ・ホイール」の炭素削減機会を的確に検証するために、当社は詳細な分析レポート「[Carbonomics: Re-Imagining Big Oils](#)」において、スコープ1、スコープ2、スコープ3の炭素排出量それぞれについて石油業界が実現可能な削減量を個別に分析した。この分析において当社は、ビッグオイルの炭素排出集約度（MtCO<sub>2</sub>eq(二酸化炭素換算百万トン)/Mtoe(石油換算百万トン)）の変化率を求め、これをIEAの集約度低減の道程と比較した。事業が縮小している企業に比べて事業を拡大させている企業が不利となることのないように、ここでは排出量の絶対水準は分析対象としていない。当社は、今後10年間の技術進歩により2030年以降の炭素戦略は一新され、現時点の分析結果が陳腐化することになると考えるため、分析期間を2030年までに区切った。当社の推定によると、[図表 53](#)に示す通り、ビッグオイルは生産および販売するエネルギー製品の構成比の変化を通じて2030年までにスコープ1および2の炭素排出量をおよそ22%削減し、スコープ3の排出量は同期間に20%強削減できる可能性がある。

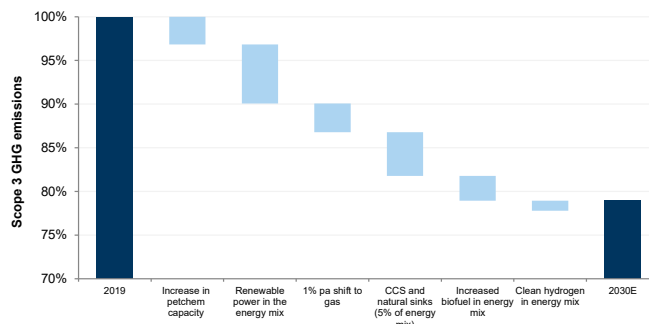
図表 52: 生産・販売するエネルギー製品の構成比の変化を通じて2030年までにスコープ1/2の温室効果ガス集約度の約22%の削減(2019年比)が可能と推定...

スコープ1/2の温室効果ガス集約度、2019-30年予



出所：会社資料，ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 53: ... スコープ3の排出量は約21%削減できる可能性  
スコープ3の温室効果ガス集約度、2019-30年予



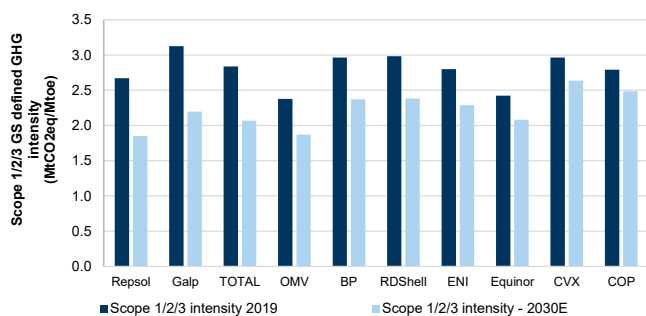
出所：会社資料，ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 54 は、各社の2019年と当社の炭素排出量削減予想に基づく2030年のスコープ1、2および3の炭素集約度の総計（各社の総排出量をスコープ3のエネルギー量で除して算出）を見たものである。これは、各社の「ウェル・トゥ・ホイール1」の炭素集約度の最も確かな概算値であると考えられる。図表 54は、今後10年間に導入される可能性のあるあらゆる低炭素戦略を踏まえた当社の推定に基づき、2030年までに各社が達成可能と考えられる炭素集約度の低減率を示している。製品売上高に基づいて試算した場合、生産量や精製量に基づく情報開示に比べて炭素集約度の低減のための戦略的な方策が数多く存在することになる。Equinor、ENI、CVX、COPなど、上流生産量手法を採用している企業の削減幅が小さくなっているのもこのためである（図表 55）。当社の分析により明らかになったもう一つの点は、欧州のビッグオイルは地球温暖化を2°C以下に抑えることを目指すパリ協定に沿ったペースでの炭素集約度の低減率を達成し、IEAの持続可能な開発シナリオの柱となっているエネルギー生産における炭素集約度の低減率（2030年までにエネルギー生産の炭素集約度の約20%の引き下げ）を満たすことができると考えられることである。

<b>GS Scope 1,2,3 GHG emissions intensity (MtCO2eq/Mtoe)</b>	<b>Definition:</b> Sum of Scopes 1,2,3 absolute emissions as reported by the companies ('use of products sold' for Scope 3 category)/ Energy volumes used by the company in deriving Scope 3 absolute emissions  * Implies volumes based on upstream production ** Implies volumes based on refined volumes and natural gas sales *** Implies volumes based on final sales of products
--	--

図表 54: 2030年までにビッグオイルは炭素集約度を約20%低下できる可能性...

企業別スコープ1+2+3 温暖化ガス集約度(2019年と2030年予)

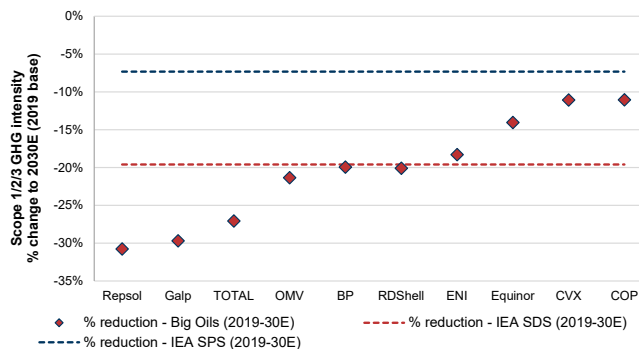


注: ExxonMobilとSaudi Aramcoは従来からスコープ3排出量を開示していないため、ここでの分析には含まなかった

出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 55: ... IEAの持続可能な開発シナリオでの想定に沿った削減幅

企業別スコープ1+2+3 温暖化ガス集約度の低減率(2019年~2030年予)

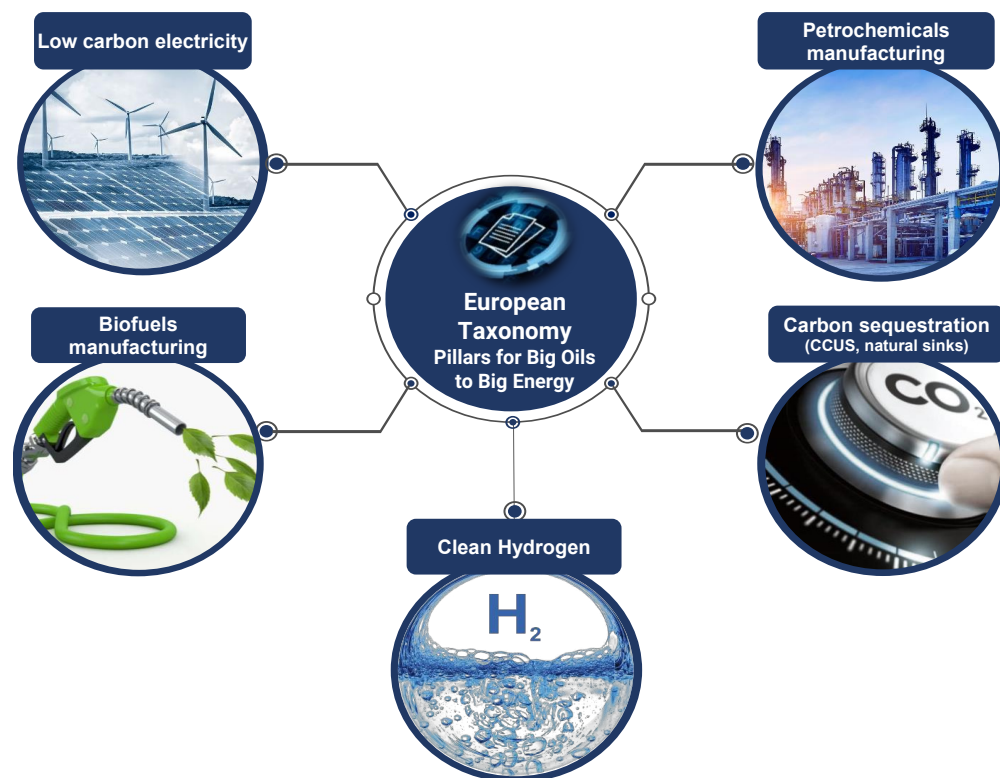


注: ExxonMobilとSaudi Aramcoは従来からスコープ3排出量を開示していないため、ここでの分析には含まなかった

出所: 会社資料, IEA WEO 2019, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## ビッグオイルがビッグエネルギーへの転換を模索する際の統合化、脱炭素化、EUタクソミーへの適合における5つの柱

脱炭素化のプロセスは1次元（再生可能エネルギー）から多次元のエコシステムへと変化しており、一段の複雑化、リスク管理、垂直統合を伴うようになってきている。従来から複雑な総合的バリューチェーンを管理する能力を発揮しているビッグオイルは、こうしたエネルギーのエコシステムから恩恵を享受することが可能な状況にあると考えられる。石油会社は、生産から小売りまで、10年以上にわたって石油事業における垂直統合を実践している。当社は、今後10年間にこれらの企業ではブランド/顧客関係、専門技術、電力顧客を獲得する取引面での能力を生かして、ガス事業（すでに顕在化）および電力事業でも垂直統合が進むと予想している。また、エネルギー・セクターで培ってきた長い経験が糧となって、現在投資が不十分で開発が遅れているものの、ネットゼロの実現に不可欠な炭素回収技術やクリーン水素（天然ガスに関する専門的知見とサプライチェーンの統合化を活用）といった分野で技術的に優位に立つ可能性がある。



出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## 持続可能性により経済活動を分類するための初の詳細基準であるEUタクソノミ

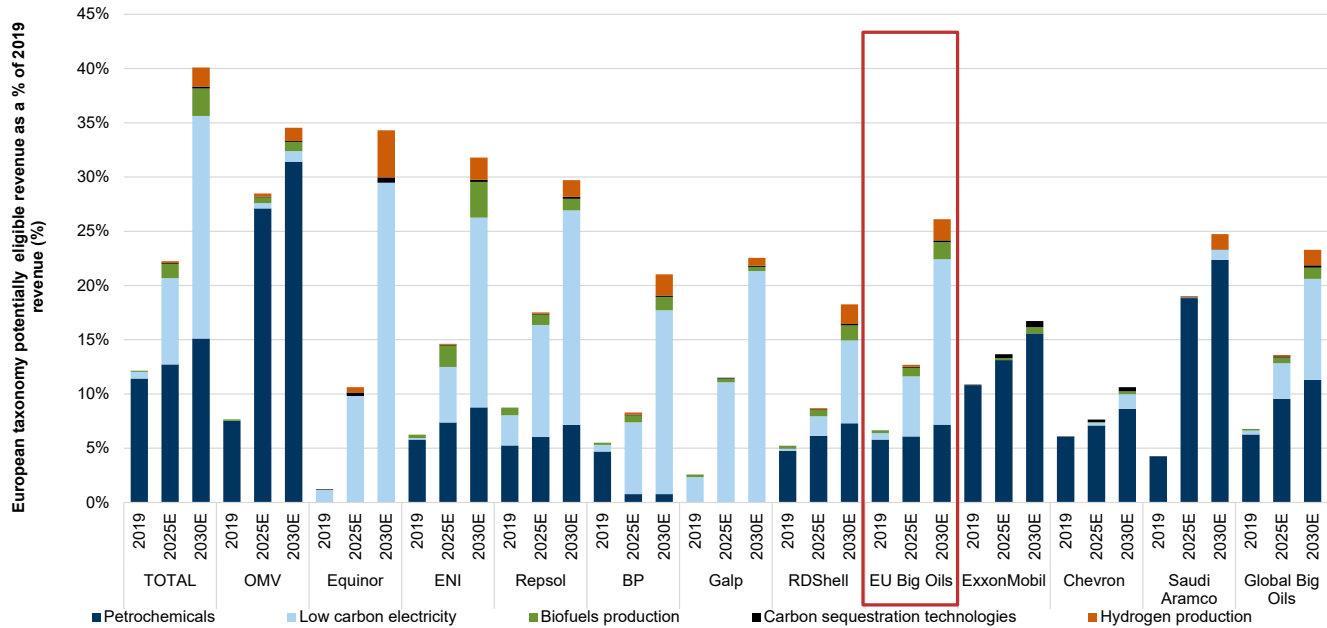
欧州委員会がテクニカル・エキスパート・グループ（TEG）の助言を受けて推進するEUタクソノミー（分類基準）は、持続可能性に基づいて経済活動を分類（タクソノミー適格、タクソノミー適合、タクソノミー不適格）する初の最も厳密な試みであり、投資家、企業、発行体、プロジェクト促進者にとって低炭素社会への移行に対応する一つの手段となる。EUタクソノミーは、以下の6つの主要な環境保護目標を満たすことを目指している：気候変動の緩和、気候変動への適応、水および海洋資源の持続可能性の高い使用と保全、循環型経済への移行、環境汚染の防止と抑制、生態系とその多様性の保護。

当社の推定によると、欧州のビッグオイルはビッグエネルギーへの変革を進める過程でグループ売上高全体に占めるタクソノミー適格の売上高の割合を**現在の約7%から2030年までに約25%**に引き上げることができると見られる。同様に、設備投資については、**ビッグオイルは設備投資（2019年基準）の約50%**を2030年までにタクソノミー適格の事業活動に振り向けることが可能と推測される（現在のこの割合は約10%）。当社は、こうした変革は以下の5つの要因により牽引されると見ている：（1）太陽光発電、地上および洋上風力発電の一段の浸透を背景とし、各社が掲げる目標に沿った形での電力小売りおよび取引事業の成長に支えられた低炭素電力事業の大幅な拡大。当社は2030年までに世界の再生可能エネルギー市場におけるシェアは現在の石油・ガス市場のシェアと同水準の約10%に達すると予想；（2）未燃焼炭化水素市場の拡大による恩恵を享受できる石油化学分野での強固な基盤；（3）先端バイオ燃料を中心としたバイオ燃料の生産能力拡大；（4）炭素隔離技術におけるリーダー的地位；（5）クリーン水素の台頭における先駆者的役割。短・中期的には（2030年まで）、最初の3つの分野（低炭素電力、石油化学、バイオ燃料生産）がタクソノミーに準じた設備投資および売上高の圧倒的な割合を占めることになり、残りの2分野（炭素隔離と水素）については、2030年以降に重要性が高まって広く普及する可能性が高く、EUのグリーンディールおよび各社の2050年のネットゼロ目標の達成に大きく貢献することになる。

ビッグオイルの低炭素への移行はこれまでのところ、「平常運転方式」で進められており、非連結関連会社や合弁事業を経由することにより収益指標への影響は最小化されてきた。「変革の時代」にはこうした戦略は持続不可能と考えられ、完全連結化と低炭素事業の情報開示が行われ、石油セクターの伝統的なROACE、WACC、負債指標に構造的な変化が生じることになると見られる。タクソノミー適格と適合に関しては、これらの事業活動を連結化する**必要**があり（エクスポージャーは利益ではなく売上高と設備投資により計測される）、適合問題に対応するためには**重要なスクリーニング基準に関する情報**（各石油化学製品分類の製品1トン当たりのtnCO<sub>2</sub>eqで示した炭素集約度の絶対水準、従来型バイオ燃料と先進バイオ燃料の比率、発電事業の炭素原単位など）を**投資家が入手可能**でなければならないことに留意する必要がある。

図表 56: 2030年までにビッグオイルの売上高（2019年基準）の約25%がタクソミー適格および適合になると推定（2019年はわずか約7%）

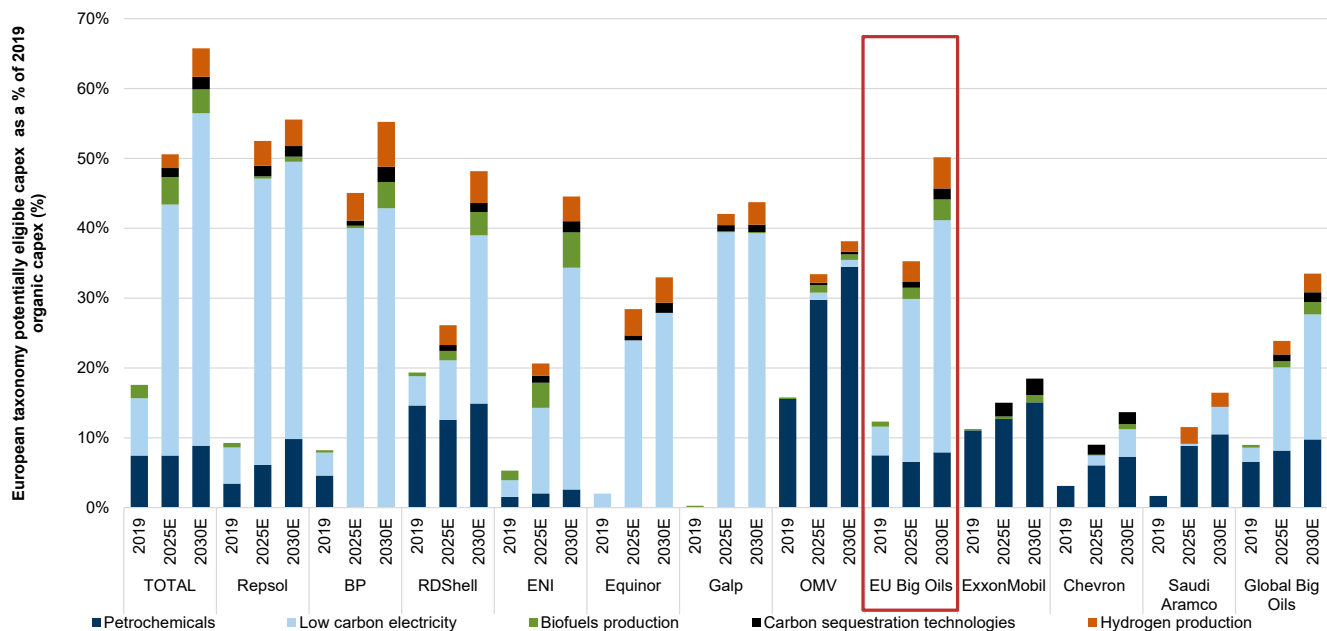
欧州のタクソミー適格となる可能性のある売上高の2019年のグループ売上高に対する割合 (%)



出所: European Commission - European Taxonomy, 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 57: 当社の推定では欧州および世界のビッグオイルは2030年までに設備投資のそれぞれ約50%および約35%をタクソミー適格の低炭素事業に振り向ける可能性がある（2019年はわずか約10%）

欧州のタクソミー適格となる可能性のある設備投資が2019年の既存事業の設備投資に占める割合



出所: European Commission - European Taxonomy, 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## Re-Imagining Big Oils: The path to net zero carbon

Company	Latest targets introduced	Details of targets introduced in 2019-2020 (ytd)	Net zero target
Repsol	 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>Repsol was the first company in the oil &amp; gas industry to aim to become a net zero company by 2050.</li> <li>To achieve this objective, Repsol has set goals for the reduction of its carbon intensity indicator from a 2016 baseline: 10% by 2025, 20% by 2030, 40% by 2040, and net zero CO2 emissions by 2050.</li> <li>Key pillars outlined to contribute to the low carbon transformation of the company include but are not limited to: natural gas expansion, energy efficiency (3 Mt CO2 reduction for 2018-25), power (renewable installed capacity to reach 7.5 GW by 2025), technological developments (such as CCUS), EV charging, natural sinks.</li> </ul>	 By 2050
BP	 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>Net zero across BP's operations on an absolute basis by 2050 or sooner.</li> <li>Net zero on carbon in BP's oil and gas production on an absolute basis by 2050 or sooner.</li> <li>50% cut in the carbon intensity of products BP sells by 2050 or sooner.</li> <li>Install methane measurement at all BP's major oil and gas processing sites by 2023 and reduce methane intensity of operations by 50%.</li> <li>Increase the proportion of investment into non-oil and gas businesses over time.</li> </ul>	 By 2050 or sooner
RDSShell	 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>Become a net-zero emissions energy business by 2050 or sooner (covering scope 1, 2, 3 emissions).</li> <li>An ambition to be net zero on all the emissions from the manufacture of all RDSShell products (scope 1 + 2) by 2050 at the latest.</li> <li>Accelerating its Net Carbon Footprint ambition, now aiming to reduce the Net Carbon Footprint of the energy products Shell sells to its customers by around 65% by 2050, and by around 30% by 2035.</li> <li>A pivot towards serving businesses and sectors that by 2050 are also net-zero emissions.</li> </ul>	 By 2050 or sooner
TOTAL	 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>Net Zero across Total's worldwide operations by 2050 or sooner (scope 1+2)</li> <li>Net zero across all its production and energy products used by its customers in Europe by 2050 or sooner (scope 1+2+3).</li> <li>60% or more reduction in the average net carbon intensity of energy products used worldwide by Total customers by 2050 (less than 27.5 gCO2/MJ) - with intermediate steps of 15% by 2030 and 35% by 2040 (scope 1 + 2 + 3).</li> <li>20% of capex in low carbon electricity by 2030 or sooner.</li> <li>Re-affirmation of strategy in action since 2015, with Total having reduced its global scope 1,2 &amp; 3 net carbon intensity by 6% in 2019, compared to 2015, and setting its target for its scope 1,2 &amp; 3 net carbon intensity to be reduced to less than 27.5 GCO2/MJ by 2050.</li> </ul>	 By 2050 or sooner
ENI	 2019, enhanced 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>Net zero emissions in the upstream by 2030 (Scope 1 &amp; 2).</li> <li>Net zero carbon footprint for ENI group businesses' scope 1 &amp; 2 emissions by 2040.</li> <li>80% reduction in absolute net GHG lifecycle emissions (Scope 1, 2, 3) by 2050, 30% reduction by 2035.</li> <li>55% reduction in net carbon intensity (scope 1, 2, 3) by 2050 and a 15% reduction by 2035.</li> <li>Zero process flaring by 2025 and reduction of methane emissions from operated assets.</li> <li>The company is leveraging on a number of pillars including sequestration with forest and CCS, renewables (installed capacity expected to grow to over 55GW by 2050, 3GW by 2023 and 5GW by 2025), expansion of customer base in gas &amp; power, increased bio-refining and recycling in refining and chemicals.</li> </ul>	 By 2030 for upstream By 2040 (scope 1,2) -80% by 2050 (Scope 1,2,3)
Equinor	 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equinor announced its ambition to become net zero company by 2050 including emissions from production and final consumption of energy (scopes 1,2,3)</li> <li>Equinor targets to reach &lt;8 kg per boe CO2 upstream emissions intensity by 2025, become carbon neutral in its global operations by 2030 and reduce absolute GHG emissions from operated offshore fields and onshore plants in Norway towards net zero by 2050 without offsets.</li> <li>Eliminate routine flaring before 2030 and maintain methane emissions intensity near zero.</li> <li>The company aims to increase its equity generation renewables capacity to 4-6 GW by 2026 and 12-16 GW by 2035.</li> </ul>	 By 2050
OMV	 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>Net-zero emissions in operations is the ambition by 2050 or sooner</li> <li>By 2025, OMV will reduce the carbon intensity of its operations by at least 30% (from 2010 base)</li> <li>In absolute numbers, at least 1 mn metric tons of CO2 emissions will be reduced in the period 2020-2025 from operated assets</li> <li>Low/zero-carbon products to make up at least 60% of the portfolio by 2050</li> </ul>	 By 2050 or sooner on Scope 1
Galp	 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>The investment in low-carbon energy and new business models is expected to account for c. 5% of total capital by 2020, and 5% to 15% from 2020 onwards.</li> <li>Aims to scale new upstream projects to zero flaring under normal operating conditions.</li> <li>The company is focused on expanding its renewable power generation business, with 10 GW of total installed capacity expected by 2030.</li> </ul>	

出所：会社資料， ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## テーマ#6：モビリティの再構築

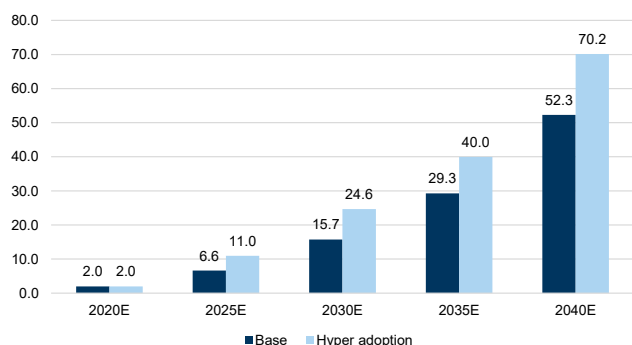
### モビリティ再構築：電化、自動運転、クリーン水素がここ100年で最も重要な技術変革への道を開く

道路輸送は現在、ここ100年で最も重要な技術変革の端緒にあり、電化、自動運転、クリーン水素が脱炭素化という課題への対応の中核となっている。当社主催のカンファレンスでは、DaimlerとNikola MotorのCEOを招いてこのクリーンテクノロジー革命の機会と課題について論じた。Daimlerはモビリティの再構築で先行する企業の一つであり、道路輸送にかかわるあらゆる種類の脱炭素化技術への取り組みを加速させている。同社は、2039年までに全乗用車をカーボンニュートラルとし、短期的（2030年）には販売する乗用車の半数以上をプラグインハイブリッド車あるいは電気自動車にすると発表している。同社の目標は、技術開発から原材料の採取、生産、耐用年数、リサイクルまで、自動車のバリューチェーンのすべての側面を対象としている。Nikola Motorも道路輸送の脱炭素化に焦点を当てている企業で、特に長距離大量輸送向けのバッテリー式電気自動車および燃料電池車に重点を置いている。

### 電化：モビリティの技術進化の中核

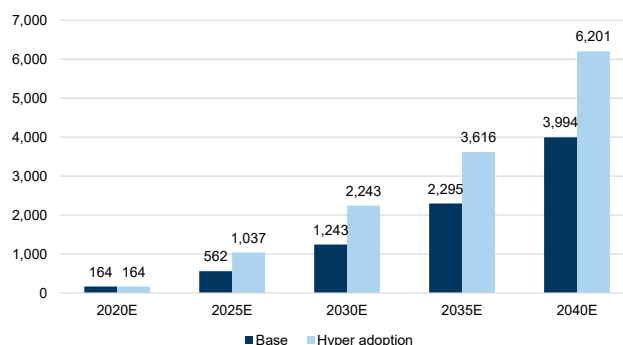
電化の流れはモビリティの技術進化の中核をなしており、当社自動車チームによるレポート「[Electric Vehicles: What's Next](#)」において分析した通り、2020～2040年までにEVの販売台数は年平均18%のペースで増加して2040年には5,230万台（2020年は200万台）に達するというのが当社の基本予想で、このシナリオに基づくEVは世界の自動車販売台数の38%を占めるようになる。また、EVの急激な普及を見込むシナリオでは、基本シナリオに比べて20～30%程度厳しいCO2排出規制の導入を想定しており、この場合、EV販売台数は年平均20%のペースで増加して2030年には2,460万台、2040年には7,020万台に達すると予想される。EV販売台数が増加するにつれて、自動車用バッテリーの販売量も急増する見通しである。当社自動車チームの基本シナリオでは、バッテリー需要は2020年の164GWhから2030年には1,243GWh、さらに2040年には3,994GWhに拡大すると想定されている。急激な普及を見込むシナリオでは、バッテリー需要は大幅に（年平均20%）増加して2030年は2,243GWh、2040年には6,201GWhに達することになる。

図表 58：当社自動車チームの基本シナリオではEV販売台数は2040年まで年平均18%のペースで拡大する見込み... EV需要予測（基本/急激な浸透シナリオ、百万台）



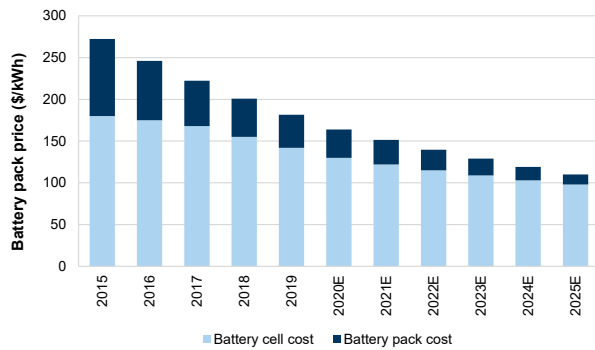
出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 59：... 自動車用バッテリー市場も大幅に拡大  
当社のバッテリー需要予測（基本/急激な浸透シナリオ、GWh）



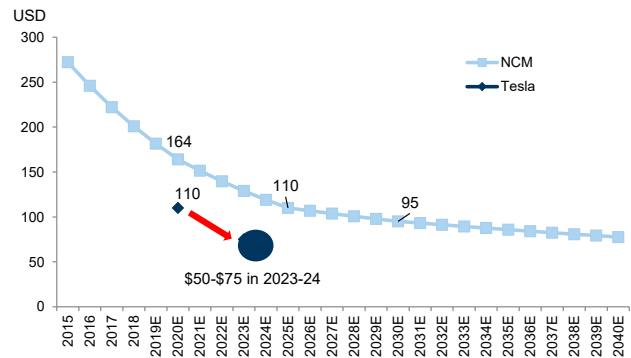
出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 60: 過去数年間、バッテリーパックのコスト削減を主に因にバッテリーパック価格が大幅に下落...  
バッテリーパックとバッテリーセルの価格(ドル/kWh、左軸)



出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 61: ...ペースは大きく鈍化するものの一段の低下を予想  
長期的なバッテリーコスト見通し(米ドル/kWh)

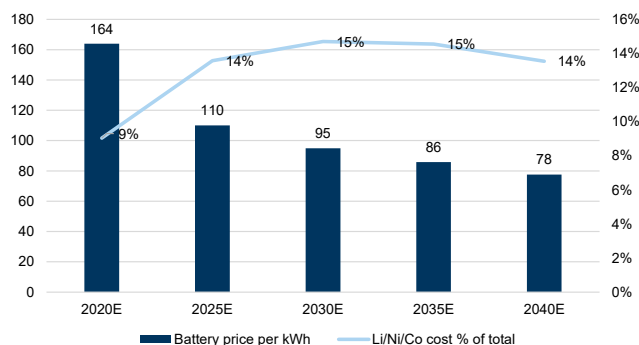


出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

リチウム(Li)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)は、リチウムイオン電池に使用される3つの主要天然資源である。当社の推定では、2020年時点でこれらの3種類の投入要素がバッテリーのkWh当たりのコストのおよそ9%を占めると考えられる。これらの各要素の使用量は今後変化する見込みで、特にコバルトの使用量は減少傾向にあるが、バッテリーのコスト全体に占めるこれらの投入要素の割合は総コストが低下するなかで13%~15%のレンジ内で安定化すると推定される(コスト推計は2020年9月のスポット価格に基づく)。しかし、絶対水準でバッテリー市場の大幅な伸びが予想されるため、これらの3種類の天然資源に対する総需要の拡大が続く見通しである。

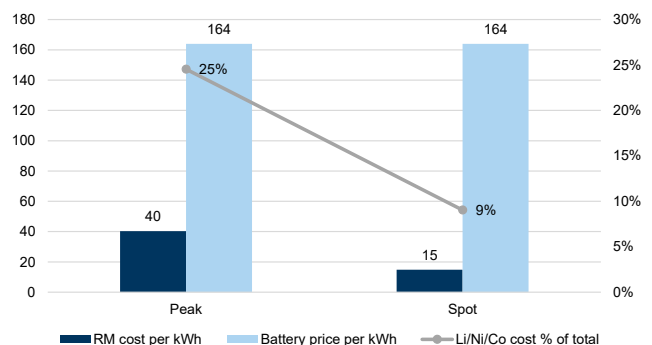
こうしたコスト分析は、現在のスポット価格に基づくが、天然資源の価格は需給バランス次第で大きく変動するリスクがある。現在、これらの主要3天然資源のkWh当たりのコストは15米ドル(バッテリーの総コストの9%)であるが、各投入要素の価格が過去のピーク水準に戻れば、総コストは40ドルに上昇(同約25%)し、kWh当たりのバッテリーコストは25ドル上昇することになる。従って、エネルギー密度の引き上げや量産効果によりこれまで着実に実現されてきたバッテリーコストの削減が天然資源価格の急騰により一掃されてしまう可能性もある。

図表 62: 主要3天然資源がバッテリーコストの9~15%を占める見込み  
主要3天然資源がバッテリーのコストに占める割合(ドル/kWh)



出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 63: 投入コストが過去のピーク水準まで上昇すればバッテリーコストは25%上昇することに  
過去のピーク価格に基づくコスト分析(ドル/kWh)



出所: IHS Global Insight, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

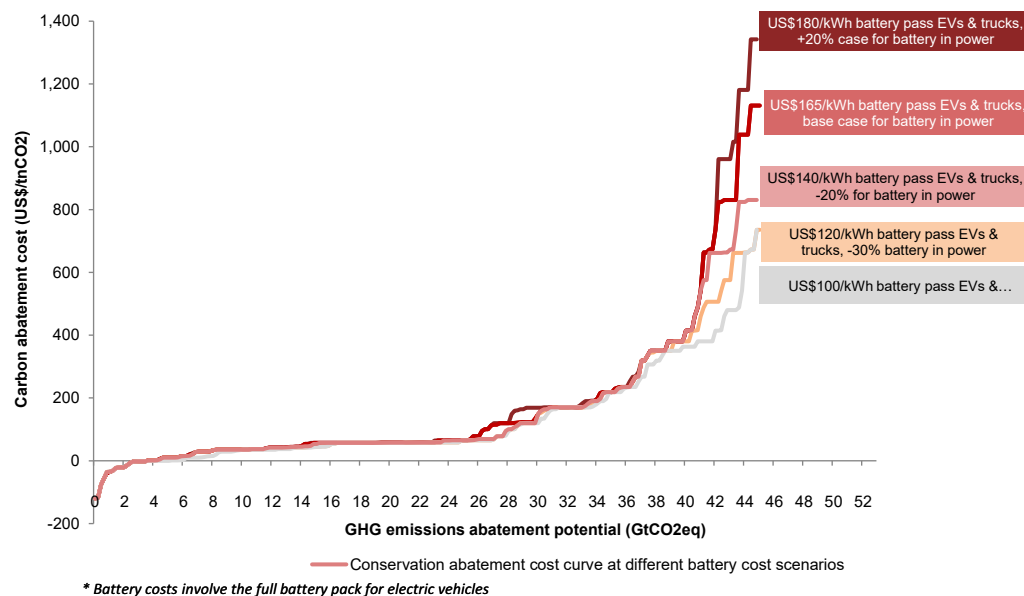


## バッテリー技術の進歩による脱炭素化コストカーブへの影響を分析

下図では、短距離トラックを含む電気自動車向けおよび発電におけるエネルギー貯蔵用のバッテリーコスト(フルバッテリーパックのコスト)に関するいくつかのシナリオについて分析した。それによると、バッテリーコストに対するコストカーブの形状の感応度が比較的高いことが明らかになり、バッテリー技術の進化により脱炭素化のコストスペクトラムの最も高い部分、すなわち輸送が圧倒的な比重を占める部分が一変する可能性があることを示唆している。EV乗用車とEVトラックのバッテリーコストが農村部、都市部の双方で低下すれば、脱炭素化の総コストの削減に著しい影響を及ぼす可能性がある。しかし、現時点のバッテリー技術には構造的に見て空運や海運の脱炭素化、さらに電力需要の季節的な変動に対する解決策をもたらすことは期待できず、前述の通りこれらの分野では水素が鍵となる。

図表 64: バッテリー技術と関連コストの革新が輸送と発電のコスト低下を通じて現在の脱炭素化コストカーブを一変させる可能性

旅客輸送と発電におけるさまざまなバッテリーコスト・シナリオに基づく人為的地球温暖化ガス排出量削減のコストカーブ

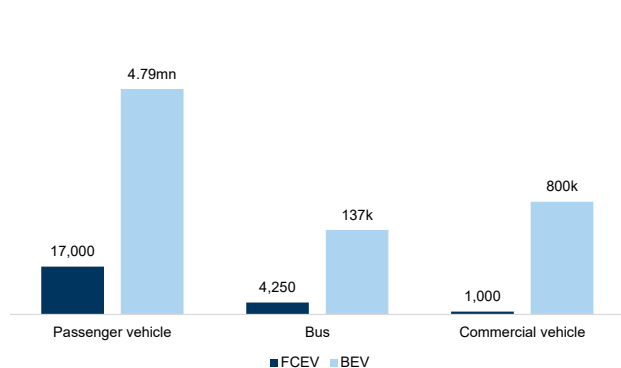


出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## クリーン水素の役割：長距離輸送に最適？

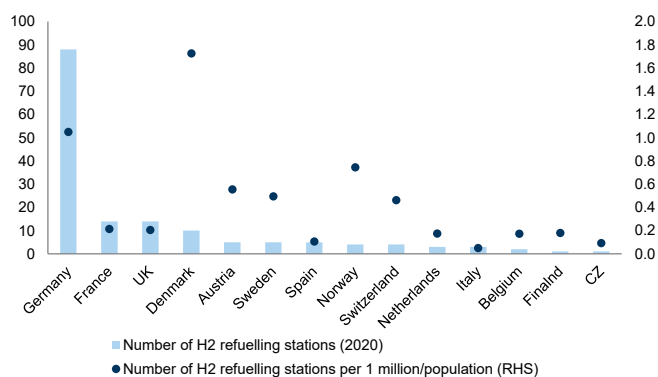
当社自動車チームが「[FCEVs: In for the long-haul?](#)」および「[What's the outlook for alternative powertrain technologies in global truck markets?](#)」において解説した通り、長距離輸送の脱炭素化を促すもう一つの重要なテクノロジーの候補として、クリーン水素が浮上している。供給が限られており、価格競争がなく、ほとんどインフラも存在しないため、現時点の燃料電池自動車（FCEV）の普及台数はわずか22,000台（世界の自動車普及台数は13億台）にとどまると推定されるが、最近の脱炭素化を重視した政策の変化を踏まえると、FCEVの潜在性について再考する十分な理由になると考えられる。さらに、EUは将来的に自動車のゼロエミッションを目標としているが、この目標は、既存の商用技術の下では長距離大量輸送用の水素FCEVの活用によってのみ達成可能である。未来のトラック輸送の詳細分析については、当社グローバルチームによる[レポート](#)および[プレゼンテーション](#)を参照されたい。

図表 65: 現在普及しているFCEVは25,000台以下と、BEVよりはるかに少ない...  
世界のFCEVとBEVの普及台数(2019年度)



出所：BNEF

図表 66: ...水素供給インフラが限られていることが一段の普及の大きな制約要因  
欧州における水素充填ステーション数



出所：会社資料

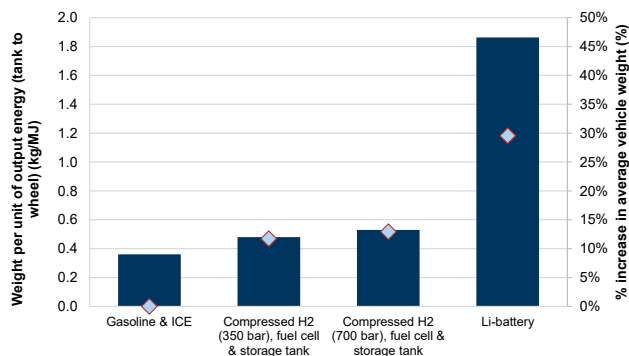
水素はその主要な属性（軽量、単位質量当たりエネルギーの高さ、充填時間の短さ、再生可能エネルギー源から調達した場合の直接的ゼロエミッション）を反映して、輸送燃料の魅力的な候補となっている。水素はそのままの形で燃料電池電気自動車（FCEV）に利用できるだけでなく、「パワー・トゥ・リキッド（電力由来の液体燃料製造）」プロセスとして知られる合成メタン、メタノール、アンモニアを含む水素由来の燃料に転換することも可能で、直接的な水素や電力の使用が難しい空運や海運にも応用できる可能性がある。

水素のあらゆる用途において、水素貯蔵タンクの必要容量と全体的な「ウェル・トゥ・ホイール（あるいは発電から車両走行まで）の効率が比較的低いことが水素利用の2つの重要な課題となっている。水素は、例えば単位質量当たりエネルギー密度が伝統的な化石燃料の2.5倍以上であることなど、燃料として魅力的な固有の特性を有している。しかし、大気下（気圧は1バール）の水素のエネルギー密度は同等の状態下での天然ガスなどの伝統的な燃料に比べて8分の1にとどまり、FCEVなどの貯蔵タンク向けでは圧縮が必要になる。これまでに、圧縮水素は道路輸送（軽量輸送、バス、トラック、列車を含む）に用いられており、乗用車が燃料電池電気自動車の過半を占めている。FCEVの普及では現在、日本、米国、EU、韓国がリードしているが、最近他の国もモビリティにおける水素の採用目標を掲げている。企業単位では、トヨタ自動車、Hyundai、本田技研、DaimlerがいずれもFCEVの開発計画を明らかにしている。

以下の図表は、水素燃料電池電気自動車（FCCEV）の比較分析の結果ならびにエネルギー出力単位当たり重量とエネルギー出力単位当たり体積を他の大規模に活用されている商用車－電気自動車（EV）とガソリン内燃機関車（ICE）－と比較した結果をまとめたものである。図表 67を見ると、燃料を満タンにした（あるいは完全に充電された）平均的な乗用車の場合、圧縮水素FCEVはエネルギー出力単位当たり重量ベース（タンク・トゥ・ホイール）でリチウム電池EVよりも優れていることがわかる。同じように、圧縮水素が貢献してエネルギー出力単位当たり体積でもEVに比べてFCEVの方が魅力的となっている。

図表 67: 圧縮水素を使ったFCEV(平均的な乗用車) はエネルギー出力単位当たり重量で見るとリチウム電池EVに比べて有利...

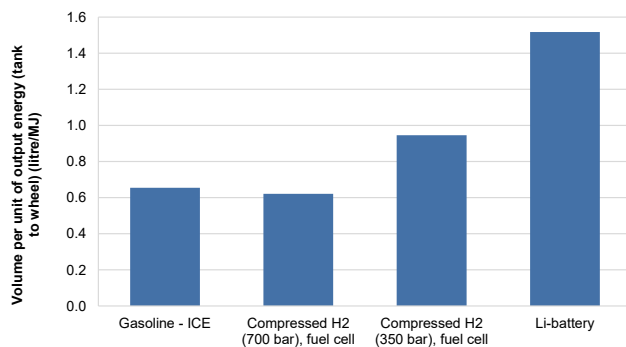
さまざまな平均的な乗用車のエネルギー出力単位当たり重量 (tank-to-wheelベース、kg/MJ) と自動車の平均重量増加率



出所: US Department of Energy, EIA, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 68: ... 圧縮水素が使われているためFCEVはエネルギー出力単位当たり体積で見ても有利

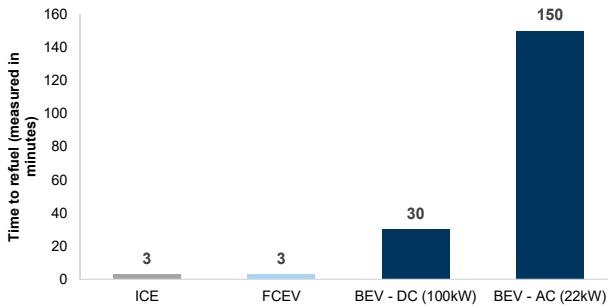
エネルギー出力単位当たり体積 (tank-to-wheelベース、リットル/MJ)



出所: US Department of Energy, 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

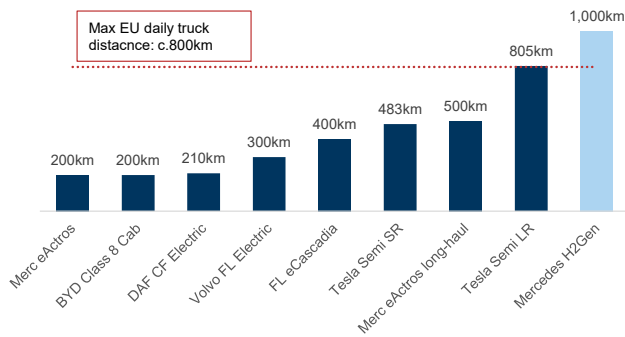
しかし、エネルギー出力単位当たりコスト（ドル）で見ると、FCEVのコストは同等のEVやガソリンICEの2倍を超えており、あまり魅力的ではなくなる。長距離大量輸送の場合、充填の頻度が低下する一方でEVの大容量バッテリー（300kWh以上）は割高であるため、FCEVのエネルギー出力単位当たりコストの競争力が高まる。従って、バスやトラックなどの長距離輸送ではFCEVが有利となる。なお、この分析に際しては、3種類の車両すべてについて、投入されたエネルギーを貯蔵し、出力エネルギーに転換するためのシステムの重量と体積を勘案した。これには、ICE乗用車の場合は内燃機関とガソリンタンク、EVの場合はリチウム電池、FCEVの場合は燃料電池と圧縮水素貯蔵タンクが含まれることになる。

図表 69: FCEVと異なる充電レートのBEVの充填/充電回数の比較では水素が大きくアウトパフォーム...  
充填/充電所要時間



出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

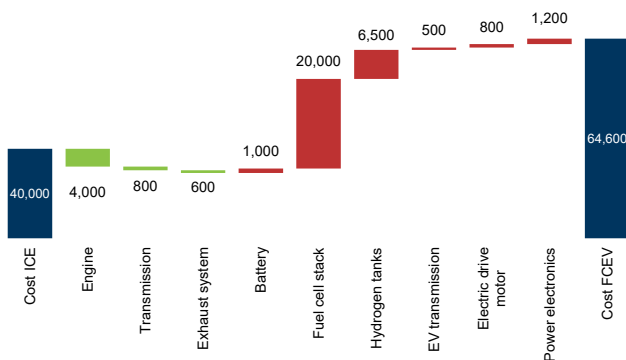
図表 71: ... 航続距離面での優位性が最も重要な用途は長距離トラック  
ZEVクラス8トラックと航続距離 (km)



EUの1日当たり最高走行時間は9時間(平均速度を90km/hと想定)

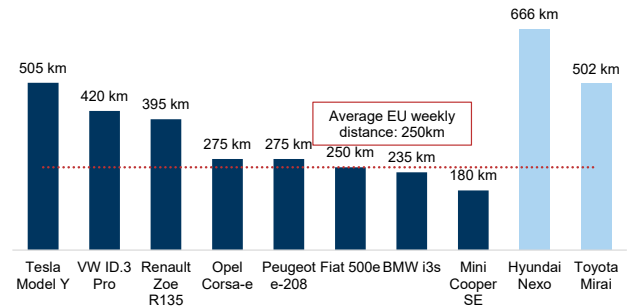
出所: Transport & Environment, EU, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 73: ... これに対して同等のFCEVの乗用車1台当たりのコストは25,000ユーロ上回る  
ICEとFCEVのコスト比較(乗用車、ユーロ)



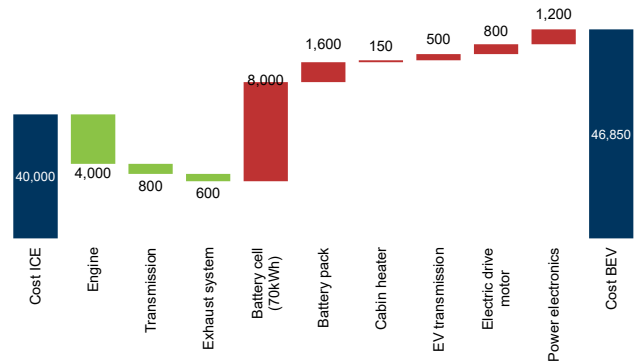
出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 70: ... また乗用車では航続距離も優位だが他の車種でも週平均閾値をクリア...  
BEV/FCEVモデルの航続距離概要



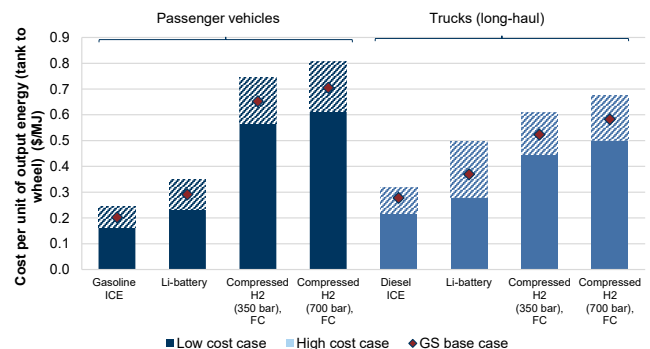
出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 72: 当社の推定では中型EVの平均コストは同等のICEを約6,000~7,000ユーロ上回る...  
ICEとBEVのコスト比較(乗用車、ユーロ)






出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 74: 短距離ではFCEVのコスト競争力は低いが当社の推定では長距離大量輸送では水素の単位質量当たりエネルギー量の高さ(および充填頻度の低さ)を反映して競争力が高まる  
エネルギー出力単位当たりコスト(タンク・トゥ・ホイール \$/MJ)






出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 75: 現行価格ではFCEVトラックはTCOベースでは割高だがコスト削減余地は大きい  
クラス8トラックの総所有コスト(TCO、15年間)

Model	Hydrogen truck		BEV truck		Diesel Truck
	2020	2025	2020	2025	2020
Model					
Cost of Truck	\$250,000	\$210,000	\$250,000	\$190,000	\$120,000
Cost of fuel	\$6 per kg/H2	\$4.80 per kg/H2	0.10 \$ per kWh	0.10 \$ per kWh	\$2.58 per gallon
Fuel consumption	7.5 miles per kg	7.5 miles per kg	0.4 miles per kWh	0.45 miles per kWh	8 MPG
Fuel cost over 15 years	\$1,200,000	\$960,000	\$375,000	\$333,333	\$483,750
Maintenance costs	\$259,500	\$259,500	\$242,400	\$242,400	\$311,800
Battery costs	\$8,400	\$5,688	\$120,000	\$81,262	\$0
Payload losses	\$0	\$0	\$266,667	\$200,000	\$0
Total cost	\$1,717,900	\$1,435,188	\$1,254,067	\$1,046,996	\$915,550
\$ per mile	\$1.15	\$0.96	\$0.84	\$0.70	\$0.61
\$ per mile (ex-payload)	\$1.15	\$0.96	\$0.66	\$0.56	\$0.61

出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

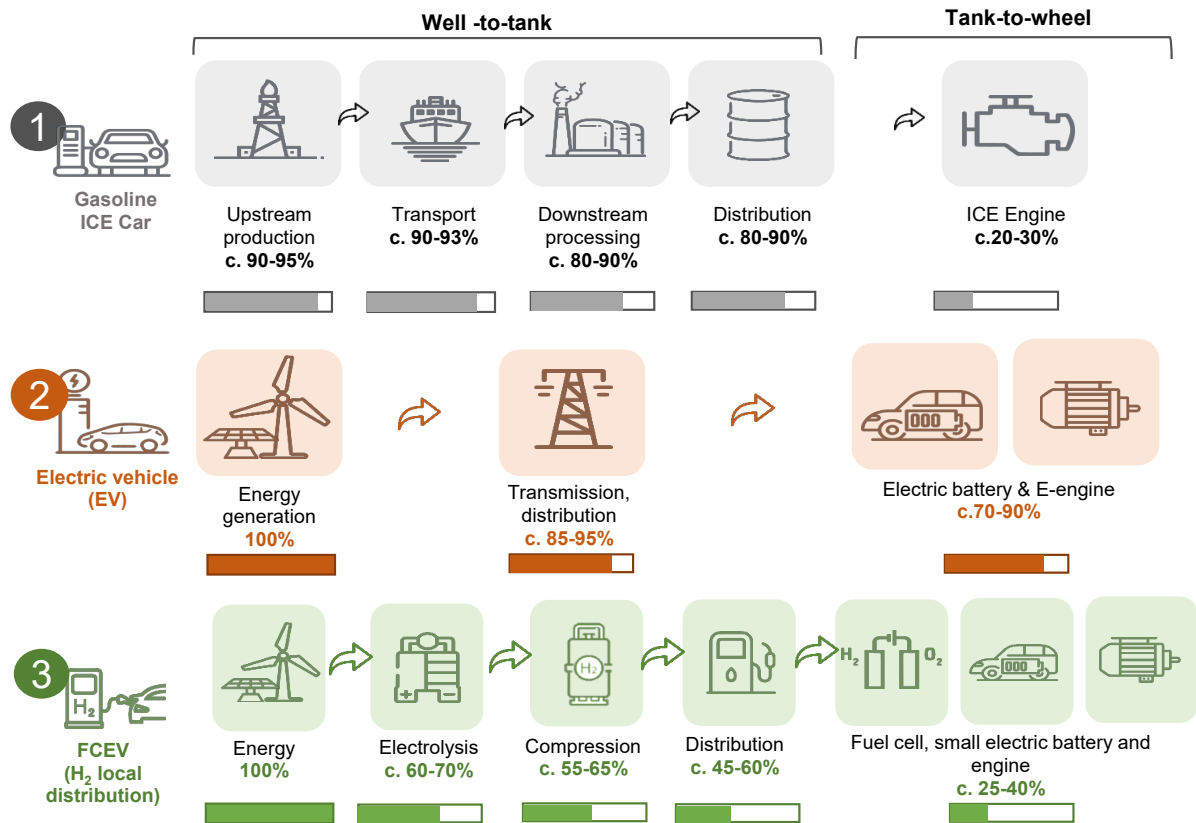
図表 76: 短距離旅客輸送ではBEVが現時点で最も魅力的な脱炭素化のための代替技術

Model	Tesla Model 3 SR	BMW 330i	Toyota Mirai
Model			
Type of vehicle	BEV	ICE	FCEV
Price (\$, ex-subsidies)	\$37,990	\$41,250	\$57,500
EPA range (km)	402 km	714 km	502 km
Curb weight	1726 kg	1614 kg	1850 kg
Energy source	50 kWh battery pack	60 litre fuel tank	Two hydrogen tanks (5kg, 700 bar)
Cost of refuelling (CA)	\$6.5	\$52.2	\$83.2
Refuelling time	30 minutes (80% DC charge)	2 minutes	5 minutes
0-60 mph	5.3s	5.5s	9.0s
CO2 g/km	0 g/km	150 g/km	0 g/km

出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 77: 水素の「アワー・トゥ・ホイール」効率の低さがBEVなど他のEVと比較した最大の弱点

### TRANSPORT Efficiency Comparison



出所：会社資料，ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## テーマ#7：持続可能な飛行

航空業界は当社のカーボノミクスのコストカーブの最上位にあり、脱炭素化が最も難しい業界の1つである。バイオ燃料世界最大手のNesteのCEOやLufthansa、Airbus、Rolls Royceの経営陣がカンファレンスで述べたように、バイオ航空燃料（持続可能な航空燃料-SAF）、合成燃料、効率向上が解決策の重要な要素となる。

当社運輸チームが「[Aviation decarbonisation toolkit](#)」レポートで解説している通り、航空会社に対する大規模な資金援助を機に、航空機の炭素排出問題に政策の焦点があてられるようになると予想される。しかし、観光業は欧州のGDPの4%、雇用の11%を占めており、重要な業界とその雇用主を保護するためにも政策介入はバランスのとれたものとする必要がある。

### COVID-19後は炭素排出量の2桁の削減が可能に...

COVID-19は史上最悪の民間航空業界の後退をもたらすことになりそうであり、その深刻度は1991年、2001年あるいは2009年の例の数倍に達する可能性がある。その後の回復のペースと形状に焦点が移りつつあるなか、航空業界の2020年以後の成長見通しを判断する際の重要な留意点は、環境政策による制約である。実際、発表済みの航空業界の救済パッケージには「グリーン」要件を満たすことが求められているものもある（例えば Austrian Airlines、Air France）。とは言え、政策介入は経済的な視点にも配慮したバランスのとれたものとする必要がある：欧州では観光業がGDPの4%、雇用の11%を占めており、特に南欧ではこの比率が高い。

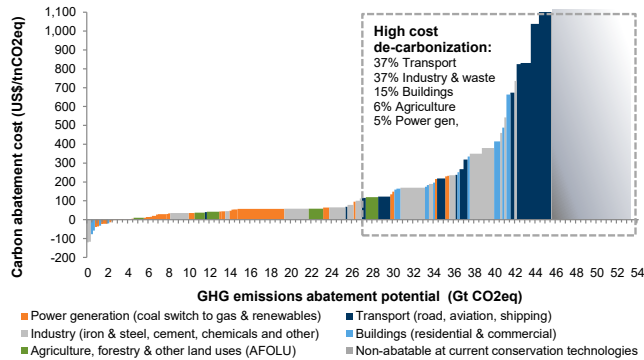
当社運輸チームは、2020年代半ばまではユーロ圏の航空旅客が2019年の水準に戻ることはないと予想している。この予想に基づき、エンジン技術に関する前提を旧来のものから最新のものに置き換えただけで、炭素排出量の絶対水準は今後5年間に最大10%減少する可能性がある（燃料効率の改善ペースは従来年間2%と想定）。当社航空チームは、技術的な側面から見た炭素排出量の削減余地を[こちら](#)のレポートで分析している。一部の航空会社は多くの運航路線で構造的な輸送能力の2桁の削減に踏み切っており、燃料効率の向上にはコロナ後の航空機の退役ペースの加速も貢献する可能性が高い。当社運輸チームは、保有機の退役は国内線の運航機材が中心となる見込みで、その結果、鉄道輸送へのシフトが促されることになろう：同チームによると、EU内の短距離旅行の最大15%が高速鉄道にシフトする可能性がある。

### ... さらに政策要因も加わる

他の路線については、航空運賃やジェット燃料に組み込まれた税金の引き上げにより、最終価格への転嫁の度合い次第ではあるとはいえ、需要を一段と抑制できる可能性がある；当社の弾性分析によると、運賃が10%上昇すると旅客は2~5%減少する。これまでに発表された航空税によりフラッグキャリア/LCCの運賃はそれぞれ5%/15%上昇することになり、EUの短距離路線の旅客は平均して1桁台半ばのペースで減少する可能性がある。

図表 78: 運輸はカーボノミクスの脱炭素化コストカーブの最上位にあり、航空業界は脱炭素化が最も難しいセクターの1つ...

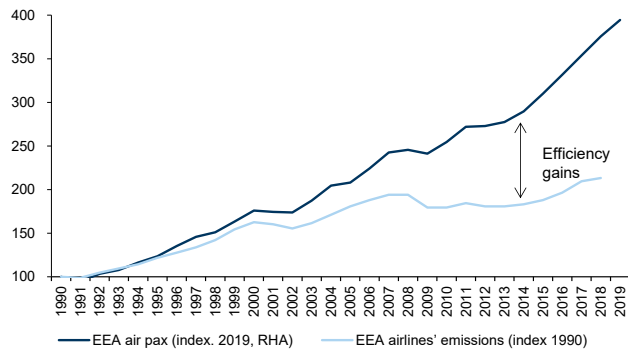
人為的な地球温暖化ガス排出量削減のコストカーブ



出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 80: ... 航空機の運航効率は改善しているものの航空旅客の増加が背景

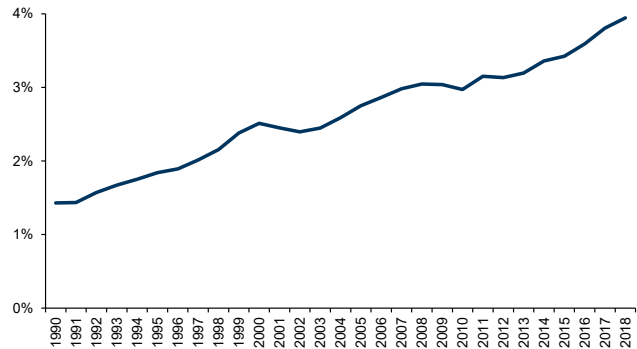
EEAの航空旅客数と航空会社の炭素排出量、指数化



出所: European Commission, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 79: 欧州のCO2排出量に占める航空会社の割合は1990年以降2倍強に増加...

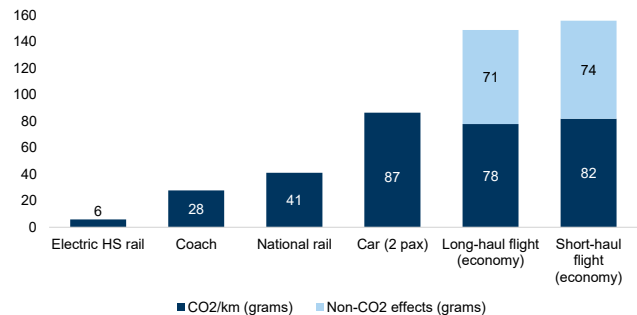
EEAのCO2排出量に占める航空業界の割合



出所: European Commission, EEA

図表 81: 運輸セクターの中で航空旅行のカーボンフットプリントは最も高い

旅客キロ当たり排出両(英国平均値、2019年)



出所: DEFRA

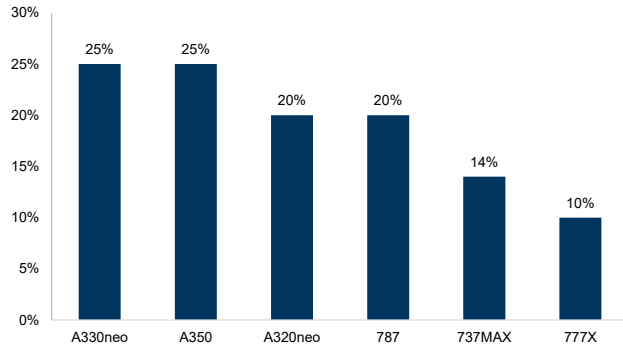
### 次世代航空機/フリートの更新、持続可能な航空燃料 (SAF)、その他の推進技術が航空業界の技術変革への道を切り開くことに

次世代航空機/フリートの更新: 航空業界のカーボンフットプリントを削減する1つの方法は、フリートの更新である。当社航空・防衛チームが解説している通り、従来機に比べて燃料消費量が最大15%少ない次世代航空機のEU内における普及率はわずか9%で、2030年まではこれより効率の良いエンジン技術が実用化される見込みはない。一般に燃料コストが航空会社の営業費用の25%前後を占めることを踏まえると、すべての航空機が次世代航空機に置き換えられると単純に想定しただけで、他の条件が変わらなければ航空会社の利益率は375bp押し上げられることになる。現実には、所与の航空会社でこうしたメリットが表面化するには数年を要することになるが、航空会社の営業利益率は一般に低いことを考えると、その経済性から見た妙味は小さくない。より効率の高い航空機への移行は当社のカーボノミクスの脱炭素化コストカーブにおける運輸部門の最も低い水準にあり、従って短期的には最も経済的な解決策となる可能性が高い。コロナ後のバランスシートの弱体化を背景とした投資余力の低下に伴い短期的に航空機の更新が繰り延べられているが、中期的なフリート更新計画が修正されるとは考えにくい。



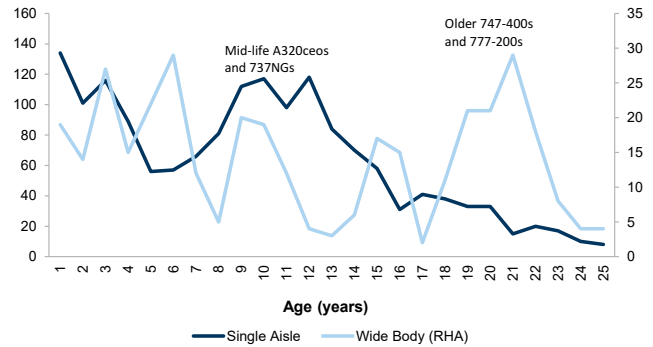
AirbusとRolls Royceの経営陣は、航空業界の脱炭素化の促進において航空機の効率性が重要な意味を持つことを強調している。

図表 82: より効率的な航空機へのシフトにより燃料消費量は約15~20%減少する可能性...  
従来型機と比較した燃料消費量の改善(会社資料による)



出所: 会社資料

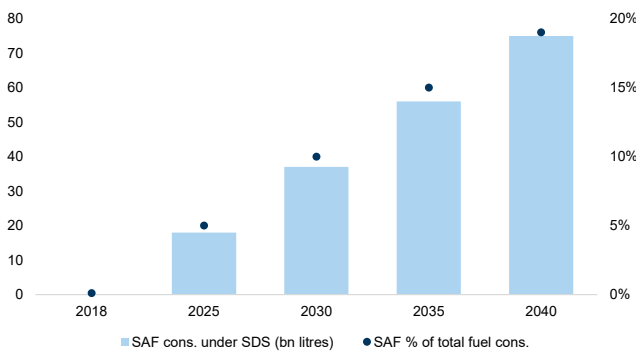
図表 83: ... 現在大量の老朽化したワイドボディ機と中程度の機齢のナローボディ機が存在し、2030年までに更新される可能性欧州における機齢別航空機稼働数



出所: Cirium

**持続可能な航空燃料 (SAF) :** SAFは既存の航空機でジェット燃料に代えて使用することができ、灯油に比べて炭素排出量の最大80%の削減が可能である。図表 84に示すように、国際エネルギー機関 (IEA) の「持続可能な開発シナリオ (SDS)」 (年次報告書「ワールド・エナジー・アウトルック (WEO) 2019年版、パリ協定の達成に沿った目標を設定) の下では、SAFは2040年までに航空燃料の20%を占めるようになると想定されている。これは、2050年までに燃料の30%をSAF由来とすることを目指すIAGの目標とも合致している。しかし、SAFを経済的に実現可能な代替とするためには大規模な投資が必要となる。現在、SAFの生産コストは一般にジェット燃料の4倍近い。バイオ燃料 (およびSAF) の世界最大手のNesteのCEOはSAFへの取り組みの拡大と加速を示唆しており、廃棄物残差を原料とする可能性を指摘した。

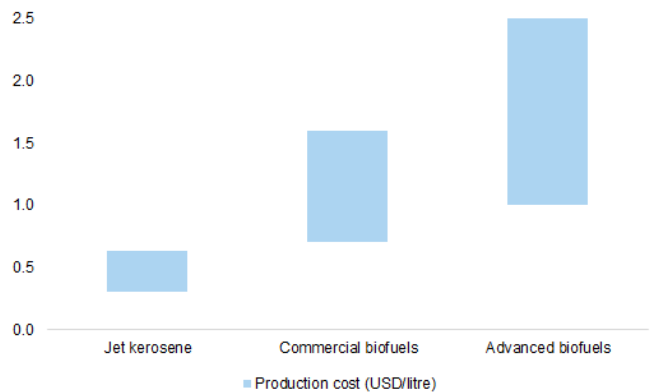
図表 84: IEAの持続可能な開発シナリオ (パリ協定に同調) では2040年までにバイオ燃料が航空燃料消費量の20%を占めることに  
SDS\*下のSAF消費量(10億リットル)と航空燃料総消費量に占めるSAFの割合



\*持続可能な開発シナリオ(IEA) - WEO 2019

出所: IEA, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 85: SAFと灯油の現在の生産コスト格差を踏まえると目標達成には大量の投資が不可欠  
燃料種類別生産コストのレンジ、ドル/リットル(2019年)



出所: IEA

**新推進技術：**こうしたなか、他のいくつかの技術も台頭しており、その一例が水素を利用した合成燃料である。これは炭素回収技術に基づいており、エンジンの駆動による副産物は水のみで、一般にSAFよりもクリーンである。このほか、電動化なども挙げられるが、長距離大量輸送においては、技術的な制約が大きい。

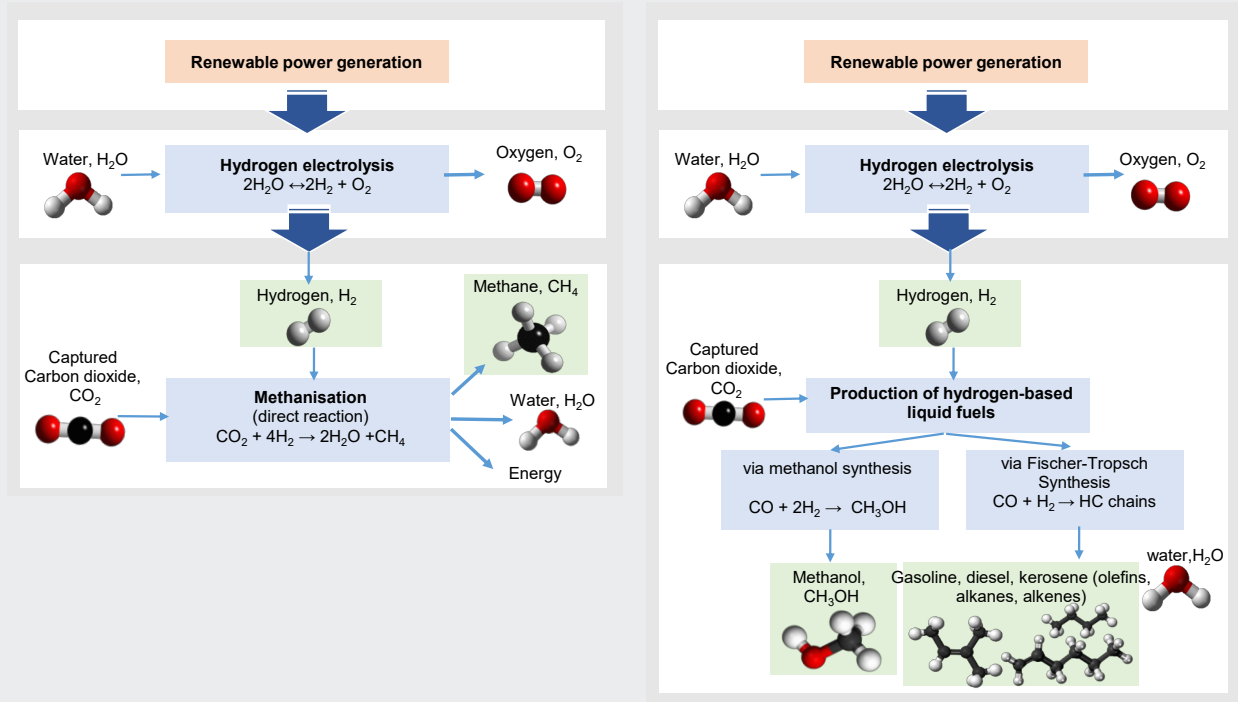
**カーボンオフセットも重要：**カーボンオフセットも正味排出量の削減において大きな役割を果たすことになる。航空業界のカーボンオフセットに貢献する可能性のある規制は、すでに導入されているもの（ETS）と、提案されているもの（CORSIA）の2種類が存在し、CORSIAは2021年から欧州のETSを補完することになると見られる。航空業界は、CORSIAスキームを通じて2021年から2035年までに約25億トンのCO<sub>2</sub>のオフセットを計画している。現行価格では、このカーボンオフセットにより航空会社の実質的な燃料コストは約23%上昇する可能性がある。

### 水素由来の合成燃料と原料

合成燃料は、航空業界などの業界にとって脱炭素化という課題に対応するための1つの手段となる。長距離輸送への水素の大規模な利用は、アンモニアとその他の液体有機水素キャリア（LOHC）を生成する水素の特質だけでなく、CO<sub>2</sub>/COと結合して合成メタノール/ディーゼル/ジェット燃料などの合成炭化水素/液体燃料を生成する性質も背景に、加速する可能性がある。当社は、前者の性質（アンモニアやLOHCの生成）により貯蔵と輸送が促進される（液体アンモニアは液体水素より容積密度が高く、水素の-253° C、メタンの-160° Cよりはるかに高い-33° Cで液化可能）ことで、水素の利用ペースが高まる可能性があると考えている。また後者の性質（CO<sub>2</sub>/COとの結合が可能）はCO<sub>2</sub>利用において有効であり、用途は多岐にわたる。これまでに開発されている水素由来の合成原料および燃料は以下の通り：

- **合成メタン：**これは最も広く生産されている水素由来の合成燃料で、その生産においては水素とCO<sub>2</sub>の直接反応によるメタンの発生（主要な副産物は水）を利用したメタン生成過程（大半は触媒によるが生物学的生成も可能）を伴う。
- **合成メタノール：**メタノールのエネルギー密度は水素よりおよそ80%高く、（水素経由の）合成ガスを使った生産工程はすでに商業化されている。ジョージ・オラー再生可能メタンプラントと呼ばれるCO<sub>2</sub>からメタノールを製造する初の製造施設がアイスランドに設立され、2012年に年産1,000トンで生産が開始されており、2015年に年産4,000トンに生産能力が拡大された。原料のCO<sub>2</sub>は近隣の発電プラントから回収し、水素は電気分解により生産され、回収されたCO<sub>2</sub>を直接水素化するために利用される。こうして製造された完成品の「Vulcanol」はバイオディーゼル油の生産のためのガソリン添加物および原料として販売される。
- **合成ディーゼル油、灯油、その他の燃料：**合成ディーゼル油または合成灯油は、一酸化炭素一酸化炭素（CO）と水素が反応することにより生じる。一酸化炭素は回収したCO<sub>2</sub>から得ることができ、それにより生じた合成ガス、CO<sub>2</sub>、水素をフィッシャー・トロプシュ法により合成して合成燃料に転換する。

図表 86: メタン、メタノール、ディーゼル、ガソリンなどの水素由来の合成燃料の生産におけるCO2利用過程でクリーン水素の利用が可能



出所: The Royal Society, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

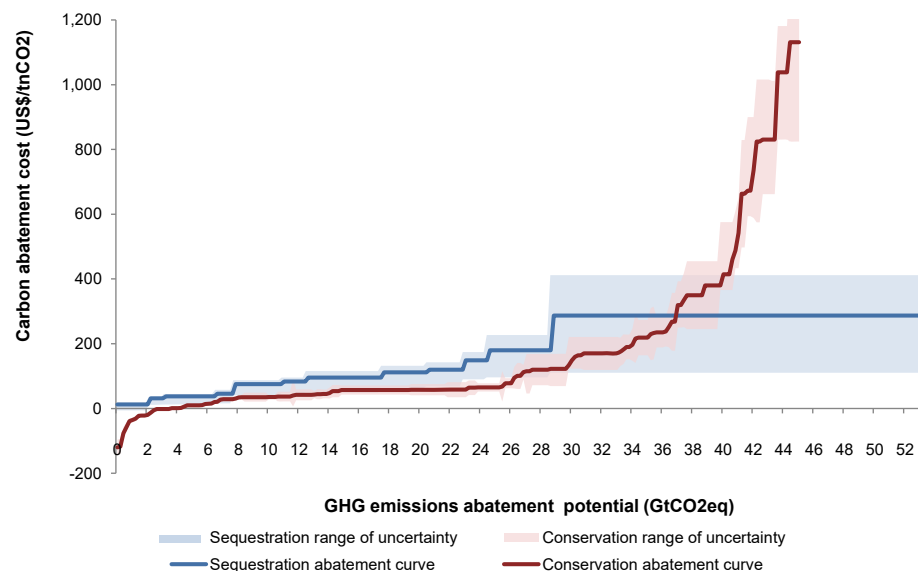
## テーマ#8：炭素隔離

### 炭素隔離を行わずに、排出削減の取り組みだけでネットゼロカーボンを達成することは不可能

ネットゼロエミッションの達成を可能にする2つの相互に補完的な道筋として、排出削減と隔離が考えられる。前者には、温室効果ガスの総排出量の削減（[図表 13](#)の脱炭素化コストカーブに示した通り）を可能にするあらゆる技術が関係し、後者は自然吸収と、大気中の炭素を回収することによりネットエミッションを削減する炭素回収・利用・貯留技術（CCUS）による。人為的な炭素総排出量の約15%の削減は既存の削減技術では現時点では達成不可能であり、これを可能にするためには画期的な技術の進展が不可欠である。こうした状況下では、気候変動という課題を解決し、最低限のコストで世界をネットゼロカーボンに導く重要な鍵として、炭素隔離技術が重要な役割を果たすことになる。

炭素隔離と炭素削減のコストカーブを[図表 87](#)に示した。炭素削減コストカーブの方が低コストの脱炭素化機会が大きく、不確実性は比較的小さいが、50%を超えると飛躍的にステイプ化する。他方、炭素隔離のコストカーブを見ると低コストの解決策は少なく、コストの不透明感も比較的大きいが、大気からの直接的な炭素の採取のための商業的に実現可能な手法が開発されれば、長期的な潜在性は膨大である。炭素隔離は、炭素排出量の削減が困難あるいは高コストなセクター（その顕著な例は工業セクター）にとっては魅力的な競合技術になると考えられる。

図表 87: 脱炭素化への道程は、炭素削減、隔離のいずれについても技術革新と規模の経済が牽引



GtCO<sub>2</sub>: CO<sub>2</sub>換算ギガトン (=10億トン)

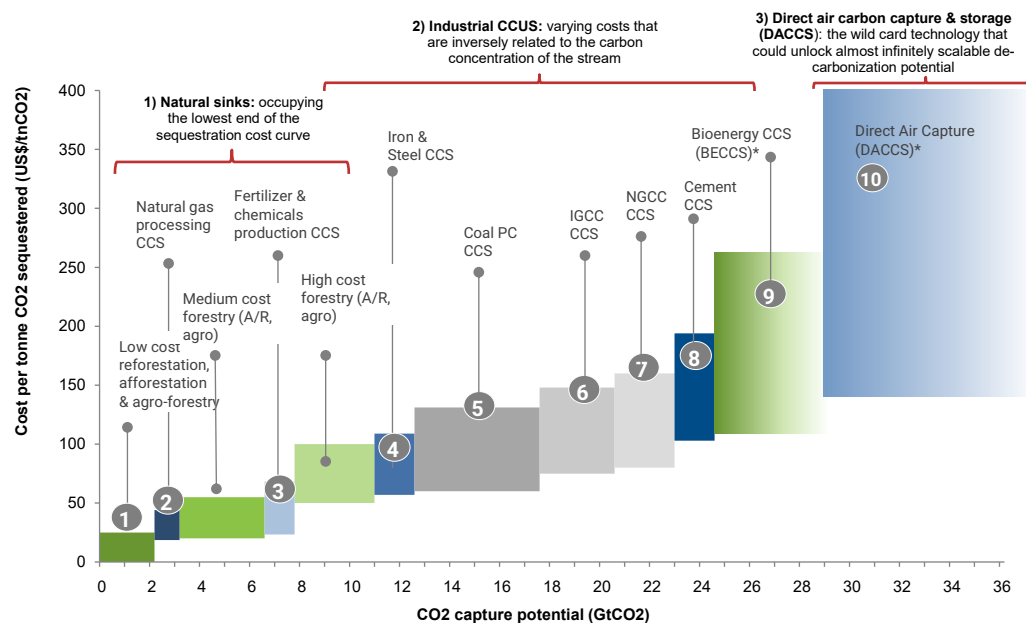
出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## 炭素隔離のコストカーブ

今回の分析の一環として、炭素隔離による炭素排出量削減のコストカーブを作成したが（図表 88）この分野ではまだ十分な投資が行われておらず、CCUSプラントも基本的にパイロットプラントの段階であるため、隔離技術の不確実性は比較的大きい。炭素隔離に対する取り組みは、以下の3つの分野に大別される：

- 1) 自然吸収：二酸化炭素を除去できる天然の炭素吸収・貯蔵源を含み、具体的な取り組みには森林再生、植林、農林事業が含まれる。
- 2) 炭素回収・利用・貯留技術（CCUS）：工業プラントから排出される濃縮CO<sub>2</sub>に対応した炭素回収技術、炭素利用および貯留全般を網羅。
- 3) 炭素直接空気回収・貯留（DACCS）：大気中からCO<sub>2</sub>を回収できる試験段階にある炭素回収技術で、CO<sub>2</sub>の発生源に関係なくほぼ無限の脱炭素化の可能性を開くことになる。

図表 88：炭素隔離のコストカーブは炭素削減のコストカーブほどスティープではないが、これまでのところ投資が不足していることと技術が試験段階にあることを反映して不確実性が大きい炭素隔離コストカーブ（ドル/トンCO<sub>2</sub>換算）お温暖化ガス排出量の削減余地（GtCO<sub>2</sub>換算）



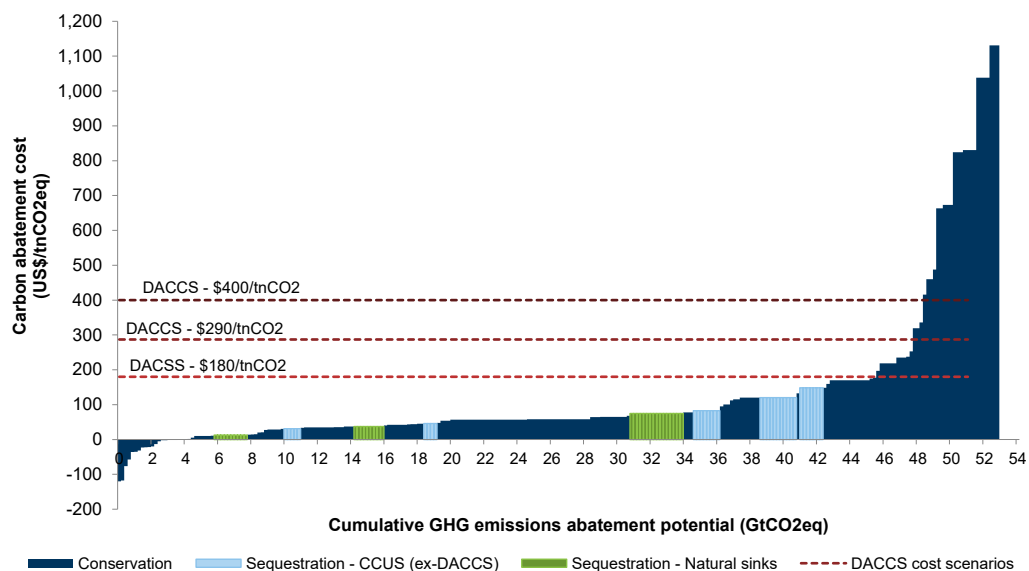
\* 基本的に開発の初期段階/試験段階にある技術で、推定コストの幅は広い

出所：IPCC, Global CCS Institute, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

炭素隔離はネットゼロカーボンの達成に不可欠な要素で、実現が難しい残された15%の脱炭素化に貢献するとともに高コストの炭素削減策の代替手段を提供。下図では、炭素削減（図表 16）と炭素隔離（図表 88）を融合させた脱炭素化コストカーブを示した。なお、このコストカーブでは、理論的にはほぼ無限の脱炭素を可能にし、ネットゼロ達成に必要な炭素価格を最終的に決定づけることになる技術である炭素直接空気回収・貯留（DACCS）技術を除外した。代わりに、DACCSに関しては直線的な境界線を設けた3種類のシナリオを下図に示した。炭素削減技術は総削減量のおよそ70%を貢献し、自然吸収と炭素回収が残りの約30%を占める。結論として、炭素削減と隔離を合わせたネットゼロへの道程では、完全な脱炭素化の実現までに年間およそ4.8兆ドルの投資を必要とすることになる（現在価格ークリーンテクノロジーの継続的な革新を背景に今後コストは低下する可能性が高い）。対照的に、炭素削減のみに依存する道をたどった場合、必要投資額は年間7.7兆ドルとなり、しかも世界の脱炭素化の度合いはおよそ85%にとどまることになる。このことは、脱炭素化の可能性を完全に実現するためには炭素隔離が不可欠であるとの当社の見方を裏付けるものと言える。

図表 89: 脱炭素化の総合的なコスト（主に低コストのクリーンな代替発電と自然吸収で構成されるあらゆる削減および隔離手段を含む）は、排出量の60%以上を100ドル/トンCO<sub>2</sub>以下のコストで削減できる可能性を示唆

既存の技術と関連コストに基づく人為的な地球温暖化ガス排出量の炭素削減および隔離のコストカーブ

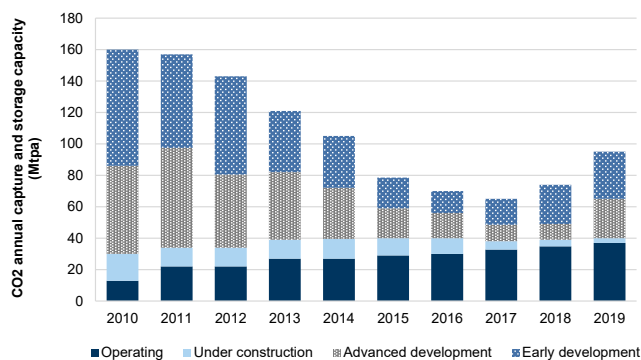


出所：ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## 炭素回収：失われた10年間を経て再浮上している基本的に投資が不足している技術

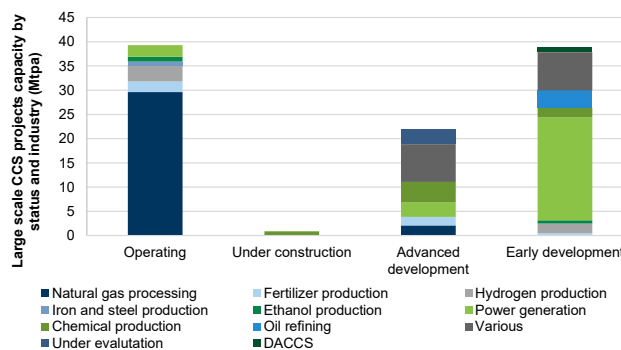
CCUS技術は、工業および発電の脱炭素化の効果的な方策となる可能性がある：石炭およびガス火力発電所ならびに炭素排出量の削減が難しいことで知られる鉄鋼、セメント、化学などのさまざまな工業工程からの炭素排出量を大幅に削減するために活用できる。CCUSは、大規模な工業源からのCO<sub>2</sub>排出量の大半を回収して長期的な貯留策あるいは利用法を提供するさまざまな技術および過程を網羅している。CCUSチェーンは、以下の3段階に大別されるプロセスにより構成される：(1) 気体で排出されるCO<sub>2</sub>の隔離と回収；(2) 回収したCO<sub>2</sub>のパイプラインを経由した通常は地層的に適切な場所への輸送；(3) かつての油田やガス田、含塩層、枯渇した油田などの深い地層を中心としたCO<sub>2</sub>の貯留あるいは回収したCO<sub>2</sub>の他の用途での利用。埋蔵原油の回収のためにCO<sub>2</sub>を油田に圧入する手法は石油増進回収法（EOR）と呼ばれており、世界で現在進められているCCSプロジェクトの大半は比較的高い投資収益率が期待できるこの貯留法を利用している。海洋隔離や鉱物化といった貯留法も存在する。

図表 90：「失われた10年間」を経て大規模なCCS施設が再び台頭...  
大規模CCS施設のCO<sub>2</sub>回収・貯留能力



出所：Global CCS Institute Status Report 2019

図表 91：... 開発段階にあるますます多くのプロジェクトがCO<sub>2</sub>削減規模の低い業界に照準を合わせるようになっていく（従来の天然ガス製造に対して工業や発電）  
進行段階および対象業種別大規模CCSプロジェクト（年間百万トン、2019年）



出所：Global CCS Institute, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

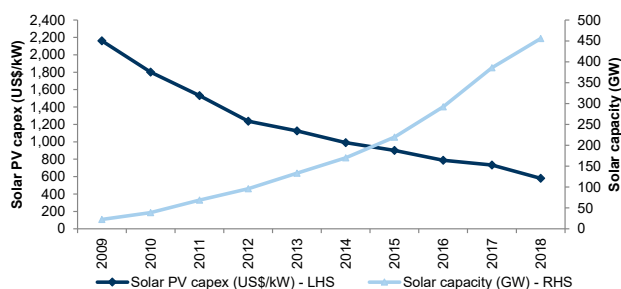
当社では現在、世界でおよそ20件の大規模CCS施設が稼働していることを把握しており、カンファレンスでグローバルCCSインスティテュートが明らかにしたように、その能力は全体で年間およそ4,000万トンである。2019年には2件の大規模CCS施設で大きな進展が見られた：フル稼働時（年間400万トン）には世界最大の地層CO<sub>2</sub>貯留専門施設となるオーストラリアのゴーゴン天然ガスプラントならびにアルバータのアルバータ・カーボン・トランク・ライン（ACTL）でCO<sub>2</sub>の圧入が開始された。2020年には、Northern Lightsプロジェクトが立ち上げられた。これに参加する企業によると、第1段階では北海に年間150万トンのCO<sub>2</sub>を輸送、注入、貯留する設備を構築する。これら以外にも、現在開発が進められている長期的なCCSプロジェクトが存在する。特に注目される大規模プロジェクトは、英国北東部で進められているNet Zero Teessideで、今回のカンファレンスでOGCIにより指摘された通り、早ければ2030年にも炭素集約度の高い企業を脱炭素化し、英国初のゼロカーボン産業クラスターを実現する計画である。

CCS技術の開発の最大の障害はコストである。炭素の回収コストと輸送および貯留のためのインフラの開発コストを埋め合わせるには政府の奨励策や市場のインセンティブは不十分である。もっとも、ノルウェー（炭素価格が世界的に見て高めの水準にある）や米国（45Q法による税控除の適用）などの地域では取り組みが強化されている。個々のCCSプロジェクトのコストは、回収する二酸化炭素の発生源、貯留場所までの距離、貯留場所の特性などにより大きく異なるが、総費用の最大の決定要因は回収コストであり、回収源のCO<sub>2</sub>の濃度と反比例する。

ここ数年、炭素隔離が再度関心を集めるようになってきているが、まだ採用規模はそれほど大きくなく、特に再生可能技術など、他のCO<sub>2</sub>削減技術に比べてコスト競争力が飛躍的に高まるようなスケールメリットも達成されていない。ネットカーボン・ニュートラルの達成に向けたいずれのシナリオにおいても炭素隔離は重要な役割を果たすにもかかわらず、過去10年間のCCSプラントへの投資規模は再生可能エネルギーへの投資額の1%未満にとどまっている。「失われた10年間」を経て、CCSパイロットプラントは明らかに増加しているが、CCSが太陽光発電や風力発電と同様のスケールメリットを達成した場合にコストがどの程度の水準で落ち着くかは不明である。炭素回収・貯留コストの過半は隔離プロセスにかかわるもので、CO<sub>2</sub>を隔離する大気中のCO<sub>2</sub>濃度に反比例する。従って、CCSのコストカーブは工業工程におけるCO<sub>2</sub>の発生量に連動することになり、最もコストが高くなるのは経済性が最も不透明な直接空気炭素回収・貯留（DACCS）で、コストの推定値は40～400ドル/トンとなっており、現在稼働しているのは小規模のパイロットプラントのみである。DACCSの重要性は、その可能性がほぼ無限で、限りなく標準化可能であり、結果としてネットゼロエミッション下の炭素価格を決定づけることになるという点にある。

図表 92: 単位発電量当たりの太陽光発電のコストは累計太陽光発電能力の飛躍的な拡大を背景に過去10年間に70%以上低下...

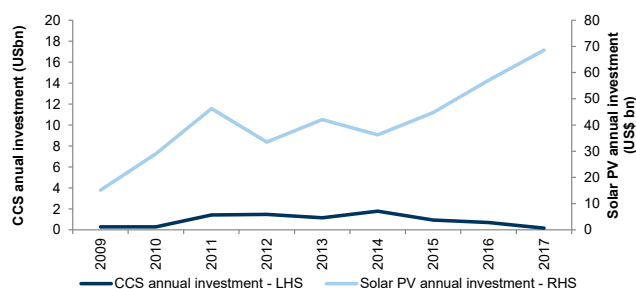
太陽光発電設備投資(ドル/kW)と世界の累計太陽光発電能力(GW)



出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 93: ... CCS 隔離技術への投資の衰退がコスト改善を阻害した可能性

太陽光発電(左軸)と大規模CCS(右軸)への年間投資額



出所: 会社資料, IEA, IRENA, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部



### 最も拡張性のある技術：直接空気炭素回収・貯留（DACCS）

直接空気回収（DAC）は別の形の炭素隔離で、伝統的なCCUSなどのように特定の工程に対応するのではなく、いたるところで、いかなる規模であっても、空気中からCO<sub>2</sub>を回収する。初期段階のDAC技術では、工業工程の「発生源」（燃焼排ガス）から排出される炭素を回収するCCSと異なり、**大気中からの物理的あるいは化学的なCO<sub>2</sub>の分離と濃縮を行うことができる**。DACにより採取された炭素は例えばカーボンニュートラルな炭化水素燃料など、他の用途に利用される。とは言え、DACCSは依然として開発中の初期段階の技術であり、既存のプロジェクトは規模が小さく、コストは極めて高い。しかしながら、当社は**理論的にはほぼ無限の脱炭素化を実現できる可能性のあるこの技術を気候変動という課題に対する潜在的なワイルドカードと位置付けている**。現在までに明らかにされている最も注目すべきDACCS開発計画およびその詳細を後続のボックスで解説した。

図表 94: DACCS : 課題は多いものの比類ない機会を秘めたロードマップ

Direct Air Carbon Capture (DACCS)		
Strengths	Challenges	Opportunities
1) Very large cumulative potential in relation to other carbon removal pathways that could be infinitely scalable	1) New concept in need of further technological innovation required to bring energy requirements and costs down to a level that is commercially competitive.	1) Primary energy consumption in DACCS is attributed to the heat required for sorbent/solvent regeneration. Identifying sorbents that optimize the binding to CO <sub>2</sub> such that it is strong enough to enable efficient capture but weak enough to reduce heat requirement during regeneration is key.
2) DACCS can be sited in a very wide range of locations including areas near high energy sources and geological storage potential since there is no need to be close to sources of emissions	2) The very small concentration of CO <sub>2</sub> in air (c0.04%) compared to industrial streams makes the economics of the capture process unattractive and calls for further innovation.	2) Reaction kinetics are important as they impact the rate at which CO <sub>2</sub> can be removed from air. If the rate is low a much larger area for air-sorbent/solvent material contact will be required which translates into a large air contactor area and thus higher capital costs. Optimization of air contactor design through geometry and pumping strategy is another key technological aspect.
3) There are limited land and water requirements for DAC relative to other pathways such as natural sinks or BECCS.	3) Given the high energy intensity of carbon capture technologies, there is an evident need for zero carbon electricity for the most efficient, from a climate change standpoint, operation.	3) CO <sub>2</sub> offtake, transport and utilization is a key component for an efficient system operation. Finding new opportunities for CO <sub>2</sub> utilization is therefore vital. Examples include synthetic fuels and petrochemicals.
4) Technological advantages over conventional CCS include the absence of high levels of contaminants present in plants' flue gas streams, and no need for a design targetting the complete CO <sub>2</sub> capture with a single stream pass which is usually the case for CCS applied to industrial flue gas streams.		

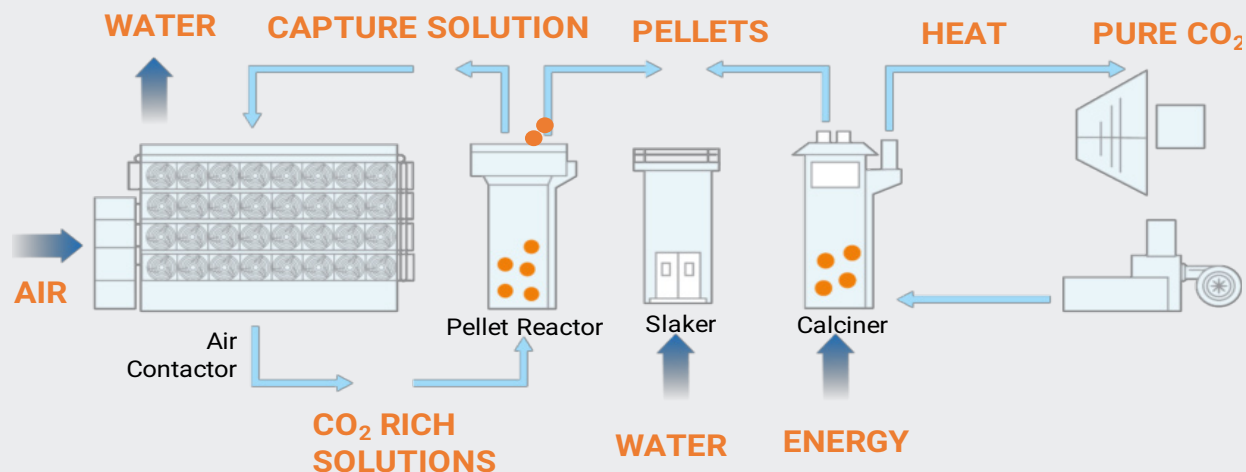
出所：ICEF Roadmap, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## 直接空気炭素回収：先行する企業

### Carbon Engineering Ltd

カナダに本拠を置くCarbon Engineeringは2009年の設立で、現在、溶剤を用いた循環プロセスによる直接空気炭素回収法を採用している。このプロセスでは、送風機を備えた空気接触器により空気が施設に運ばれる。その後、空気は溶剤-CO<sub>2</sub>分子と結び付く水酸化カリウムの水溶液-が付いたプラスチック表面を通り、CO<sub>2</sub>が溶液内に採取される（炭酸塩が生成される）。さらにいくつかの化学工程を経てより純度の高いCO<sub>2</sub>が抽出される。これらの工程では溶液からの塩分離が行われて小さなペレットにペレット化され（ペレットスラリー反応器）、このペレットを焼成炉で熱することにより、採取したCO<sub>2</sub>を気体化し、ペレットはリサイクル（スレーカーで水和）してCO<sub>2</sub>採取に再利用する。回収されたCO<sub>2</sub>は地層貯留されるか、あるいは合成燃料の製造に利用される。現在、Carbon Engineeringは、定常状態で運用可能な連続工程を実現できる液体溶剤を用いたDACCS技術の採用を明らかにしている唯一の企業である。同社の工程は産業界で広く使用されている設備を主に利用しており、従ってサプライチェーン、パフォーマンスともに確立されている。

図表 95: Carbon Engineeringが採用しているDACCS工程の概要 g

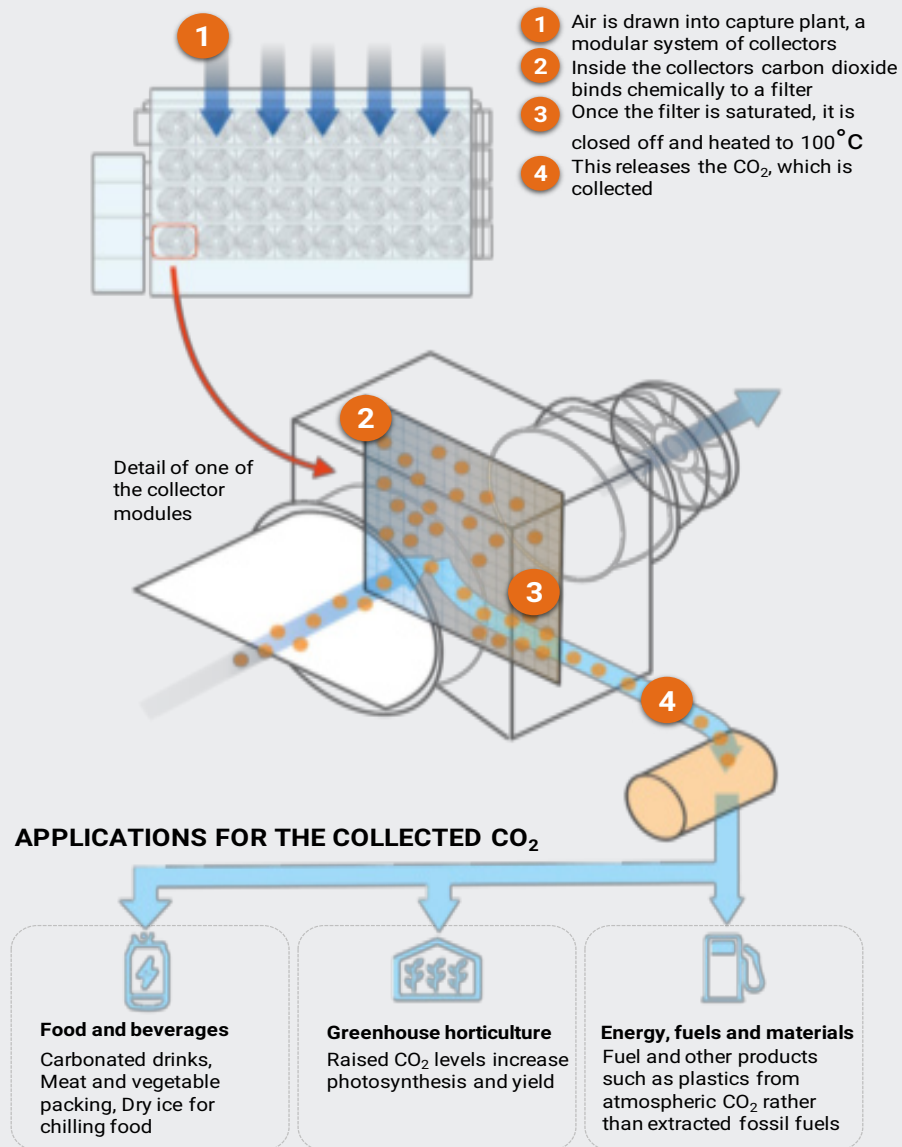


出所：Carbon Engineering

### Climeworks

Climeworksも直接空気炭素回収法の実用化に取り組んでいる企業である。現在、同社はいくつかのパイロットプラントを稼働させており、その代表的なものがスイス、アイスランド、イタリアのプロジェクトで、それぞれ年間約900トン/50トン/150トンのCO<sub>2</sub>の回収を行っている。CO<sub>2</sub>の採取に使用している溶剤は多孔質体粒子に乗せたアミンで、フィルター上に並べられる。空気接触器システムは、溶剤が付いたフィルター上を水平に空気を移動させる送風機を備えている。採取したCO<sub>2</sub>でフィルターが満たされると100° C前後で熱せられ（温度および圧力スイング再生工程）、フィルターから放出されたガス状のCO<sub>2</sub>を回収して濃縮CO<sub>2</sub>として供給する。ClimeworksはDACCS工程により回収したCO<sub>2</sub>を商品として販売することにより商業化した最初の企業で、スイスのプラントは年間1000トン近いCO<sub>2</sub>の供給能力を有する初のDACCS施設である。こうした回収したCO<sub>2</sub>は近隣の温室（スイスのGebrüder Meier）に供給されているほか、食品・飲料の製造や合成燃料の生産（AudiやSunfireと提携）に利用されている。

図表 96: ClimeWorksのDACCSプロジェクトの概要



出所: ClimeWorks

### Global Thermostat

2010年創業のGlobal ThermostatのDACCS工程では、アミンを使った化学溶剤を多孔質セラミックスのモノリス構造体に結着させている。これにより採取したCO<sub>2</sub>を80-100°Cの温度で蒸気にして除去・回収し、溶剤は再生される（温度真空スイング再生）。プラントはモジュール式的设计になっており、独立した形でも稼働できる。Global Thermostatの空気接触器はモノリス様の設計であるため、圧力単位当たり表面積が広く、接触器内で空気を運ぶのに必要なエネルギーを削減できる。同社はExxon Mobilなど、いくつかの大企業と提携している。

## テーマ#9：持続可能性の確保

消費者が気候変動の重要性をますます認識するようになり、低炭素製品・サービスを求めるようになってきている時代においては、さまざまな製品や工程のカーボンコンテンツの保証が重要な事業機会をもたらすようになってきている。これは、世界中の産業界向けに総合的な認証サービスを行う有力企業のIntertekのCEOがカンファレンスで論じた通りである。認証、検査、試験サービスの提供におけるIntertekの経験を活かして新たに誕生したのが世界的なプログラムのCarbonClear™で、Intertekの専門技術者のグローバルなネットワークにより運営されている同プログラムは、石油およびガス生産部門全般の炭素集約度について、全体あるいは油田別に独立した認証を企業に提供する。2020年7月、同社は、独立した上流炭素集約度認証プログラムであるCarbonClearの下、最初の認証を北海中部のEdvard Grieg 油田を対象にLundin Energy（同社のCEOも当社のカーボノミクス・カンファレンスに出席）に付与している。

自主的なカーボンクレジット認証の有力企業であるVerraとGold Standard FoundationのCEOもカンファレンスに出席し、持続可能な未来にとっての基準と認証の重要性について論じた。以下では、カーボンオフセットと自主的なカーボンクレジット市場の重要性について検証する。

### カーボンオフセットの概要

#### 自主的市場：自主的な排出削減カーボンクレジット

カーボンオフセットは、炭素排出削減活動にかかわるプロジェクトにより生み出され、通常は二酸化炭素換算トン（tCO<sub>2</sub>e）で計測される。カーボンオフセットは、**自主的市場**あるいは**遵守市場の一部**で取引される。両者の違いは重要で、自主的市場は、企業や個人が温暖化ガスの排出削減あるいは大気中からの回収を行うカーボンクレジットを購入することにより、自身の炭素排出を純粋に自主的にオフセットできるようにする市場である。自主的市場は遵守市場とは区別されるが、両市場は通常並行する形で運営され、基本的に京都CDM（クリーン開発メカニズム）およびJI（共同実施）モデルに基づいている。例えば、自主的市場の取引基準は、追加性、永続性および漏出の原則に適合するように作られている。こうした基準の多くは、プロジェクトを評価するための独立した監査人の活用を求めている。自主的取引市場の基準の具体例は、Verraが運営するVerified Carbon Standard (VCS)、Gold Standard VERs、Climate、Community & Biodiversity Standards (CCBS)、Climate Action Reserve (CAR)、Plan Vivoなどである。

遵守市場と同じように、自主的市場もカーボンクレジットを1トンCO<sub>2</sub>eq単位で定義しており、これらのクレジットは認証削減クレジットと呼ばれる。しかし、カーボンクレジットにはいくつかの種類があり、それを区別することが重要である：

- **事後的クレジット**：典型的なカーボンクレジットで、クレジットが創出され、認証機関により発行されてから取引される（上述の「基準」の1つ）。
- **事前的クレジット**：このクレジットは、排出削減が実際に行われる前に認証機関が発行する。削減プロジェクトはまず独立した監査人により認証され、この監査人が一定の時間枠内の削減余地と創出されるクレジットに関する慎重な推計を承認する。さらに監査人は、これらのクレジットが実際に創出されているかどうかを定期的を確認する。この種のクレジットは極めてまれで、自主的市場でこれを扱うスキーム（認証機関）はわずかである。CDMのような遵守市場ではこの種のクレジットを扱わな

い。事前のクレジットの一般的な根拠は、プロジェクトのスタート段階から収入を生むことができるという事実にあり、最初の収入が得られるまでに5～15年を要し、本格的な収入が生じるまでに25～30年かかる森林プロジェクトではこれは特に重要な意味を持つ。このクレジットは比較的风险が大きいいため、その補償としてバッファが設けられるのが通例である。

- **先物排出削減購入契約（ERPA）**：クレジットの売り手と買い手が決まった額のクレジットをクレジットの創出・発行前の段階で取引することに合意する契約で、実際に支払いが行われるのは一般に排出削減が確認され、クレジットが発行されたときである。

#### 認証基準：

自主的市場には厳密な取引手順（CDMの規定と同じ意味で）はないが、典型的なプロジェクトの手順は以下の通りである：（1）フィーシビリティ・スタディ、（2）削減量の推計、（3）資金調達、（4）プロジェクト設計書（PDD）の作成、（5）認証（プロジェクト設計の確認）、（6）クレジットの創出とモニタリング、（7）排出量の確認、（8）クレジットの発行、（9）モニタリングの継続と再確認。

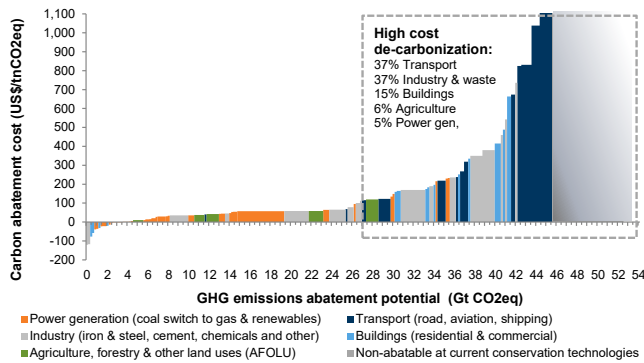
自主的排出削減カーボンクレジットの発行における最も重要なプロセスの1つが**認証**プロセス（有効性）で、サードパーティーの監査によりプロジェクト設計と文書の認証機関の基準への適合性が評価される。認証後には、プロジェクトはクレジットの創出を開始でき、プロジェクトマネジャーは炭素排出量の削減状況を監視する。これに続いて必要となるのが排出量の**確認**で、独立した監査人が排出量の削減が実際に行われていることを定期的に確認する。

従って、認証機関は認証基準を考案して発行し、プロジェクトがその基準に適合しているかどうかを評価する役割を担う。いずれの基準においても、クレジットの発行前にプロジェクトによる炭素排出量の削減をサードパーティーにより確認することが求められている。この監査人はまず、認証機関により承認されなければならない；従って、認証機関もしくは基準がクレジットの発行プロセスにおいて最も重要な役割を果たすことになる。認証機関は多種多様で、それぞれに対して異なる種類のクレジットの認証が許可されている。

# テーマ#10 : 原材料の脱炭素化

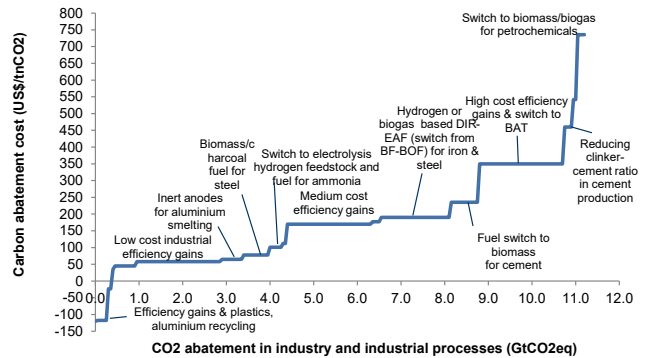
産業廃棄物を含む脱炭素化関連業界は、炭素削減における最も複雑かつ重要な分野である。炭素を排出する主要なサブセクターは、鉄鋼、セメント、石油化学のほか、工業加熱/燃焼炉、産業廃棄物などに関連した分野である。経済成長に伴い鉱工業生産が2050年にかけて増加するに連れ、工業セクターは生産の増加を図ると同時にパリ協定により課された炭素排出量削減目標の達成に取り組むという課題に直面することになる。

図表 97: 工業セクターおよび産業廃棄物処理は脱炭素化が難しく、高コストな分野...  
人為的な温室効果ガス排出量の炭素削減コストカーブ



出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 98: ... バイオエネルギー、水素、効率改善、循環型経済(リサイクル)、代替原料、炭素回収といった現在利用可能な技術では不十分  
工業セクターの排出量削減コストカーブ



出所: ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

図表 99: 炭素を排出する主要な工業サブセクターのための主要な脱炭素化技術

Industrial sub-sector	Hydrogen fuel or feedstock	Bioenergy fuel or feedstock	Carbon capture, utilization, storage	Electrification of heat	Other innovative technologies
Iron & Steel	●	●	●	●	Efficiency gains, Circular economy - recycling, Electrical iron reduction
Cement	●	●	●	●	Clinker to cement ratio reduction (alternative feedstocks, Efficiency gains, Circular economy - recycling)
Ammonia	●	●	●	●	Efficiency gains, Methane pyrolysis for hydrogen
Petrochemicals (incl. ethylene)	●	●	●	●	Efficiency gains, Alternative process design
Other industrial (heat)	●	●	●	●	Efficiency gains, Industrial heat pumps

● Applied at large industrial sites  
● Applied in pilot phase  
● Applied in research phase

出所: 会社資料, ゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部

## 鉄鋼業界の脱炭素化

セメント業界とともに、鉄鋼業界は炭素排出量が最も多い工業サブセクターの1つであり、CO<sub>2</sub>換算で年間およそ30億トンの炭素を排出している。工業セクターによる炭素排出は一般に生産工程とエネルギーの2つに分類することができ、前者は原料の加工に伴う排出、後者は高温（燃焼）に熱することにより生じる炭素排出を指す。現在、鉄鋼業界の排出量（主として鉄鉱石の還元工程で発生する）の削減に貢献する可能性のある脱炭素化のためのさまざまな排出量削減技術が存在する。具体的には、伝統的な高炉のBOF-BF工程から水素を利用したDIR-EAF（H<sub>2</sub>-DIR-EAF）への転換、工程の燃料としてとしてのバイオエネルギー（バイオガス、木炭）の利用とサーキュラーエコノミー、ゼロカーボンの電解による鉄鋼石還元などである。また、テーマ#8で解説した通り、炭素隔離（炭素回収）も鉄鋼セクターを含むいくつかの工業セクターの完全な脱炭素化に貢献する可能性のある重要な技術である。

当社主催のカーボノミクス・カンファレンスでは世界的な大手鉄鋼メーカーであるアルセロールミタルの経営幹部を招いてこれらの技術ならびに排出量削減目標（2030年までに排出量を30%削減し、2050年までに欧州でカーボンニュートラルを実現）の達成に不可欠な要素について意見を聞いた。同社の2億5,000万ユーロを投じたイノベーション・プログラムではカーボンフットプリントの大幅な削減と目標達成に貢献する可能性のあるさまざまな技術の試験を行っている。具体的には、（1）水素還元製鉄およびより長期的には直接電気分解製鉄法のエネルギー源としてのクリーン電力の活用（同社は鉄鉱石の直接還元のための水素利用を拡大するためにハンブルグ工場で6,500万ユーロの投資を実施）、（2）化石燃料に代えて廃棄バイオマスなどの循環型炭素エネルギー源を使用した炭素循環型製鉄（Torero - 廃木材をバイオ石炭に転換し、現在高炉で使用している化石燃料に代えて利用するために4,000万ユーロを投資；Carbalyst - 高炉から発生した廃ガスを回収し、生物学的にバイオエタノールに転換する技術。アルセロールミタル Ghentで立ち上げられた1億2,000万ユーロのプロジェクトが2020年末までに完了する予定）、（3）現行の製鉄法が維持されるが、発生した炭素をそのまま大気中に排出するのではなく、採取して貯留あるいは再利用する炭素回収・貯留技術（IGAR - 高炉から排出されたCO<sub>2</sub>を採取し、合成ガスに転換して化石燃料の代替として高炉に再注入して鉄鉱石を還元する。この技術のパイロットシステムがフランスのアルセロールミタル Dunkirkで開発中である）。

## セメント業界の脱炭素化の可能性

セメント業界も、炭素排出量の多いサブセクターである。現在、生産されるセメントのおよそ80%は、骨材（砂や砂利）、セメント、水を混ぜて作られるコンクリートに結合剤として使用される。セメント生産は2050年までに大幅に増加する見込みで、新規の生産の大半は途上国におけるものとなる。セメント生産で生じる炭素排出量のほぼ全量は次の2つの活動により生じている：（1）温度が1600℃を超えると焼成が生じるセメント窯を熱するための燃料（石炭、石油コークス、バイオマス、廃棄物）の燃焼（排出量のおよそ40%を占める）、（2）炭酸カルシウムが酸化カルシウムに変化する焼成工程。セメント窯の燃焼により生じるクリンカーと呼ばれる物質が砕かれ、他の鉱物と混合されてセメントが作られる。

セメント製造の脱炭素化のための技術は、バイオマスなどのゼロカーボン燃料へのシフト、サーキュラーエコノミー、セメント製造工程における排出量の削減を促すためのクリンカーまたは石灰石の削減あるいは他の鉱物による代替、セメント窯の排ガスからの炭素回収などである。カーボノミクス・カンファレンスでは、LafargeHolcimのCF0を招いてセメント業界の脱炭素化に関する同社の見解のほか、2050年までにネットゼロ企業となる同社の公約について聞いた。ネットゼロに向けてLafargeHolcimにとって不可欠の要素は、2030年をめどとしたセメント中のクリンカー比率の68%への低減、同じく2030年をめどとした廃棄物から抽出した燃料（バイオマス）の利用度の37%への引き上げ、および炭素回収・貯留で、LafargeHolcimは現在20件以上のCCUSプロジェクトを欧州および北米で進めていると説明した。スコープ1以外の排出量についても、同社は再生可能エネルギー製品と廃棄熱回収を拡大させる計画である。



## 付属開示事項

### レギュレーションAC

私達、Michele Della Vigna, CFA, Zoe Stavrinou, Alberto Gandolfi, John Ennis, CFA, George Galliers, Daniela Costa, Heather Bellini, CFA, Robert Koort, CFA, シャーミニ・チュットウオード, Ph.D., デレク・R・ビンガム, エヴァン・タイレンダ, CFA, Patrick Creuset, Venetia Baden-Powell, Chris Hallam, Mark Delaney, CFA, ニキル・バンダリ, Suhasini Varanasi, 湯澤 康太, Theodora Lee Joseph, CFA, Georgina Iwamoto, Ph.D., Neil Mehta, Geydar Mamedov, Ajay Patel, Keyur Parekh, Jack O' Brien, ヴィニット・ジョシ, Michael Lapidès, Roberta De Luca, Jean-Francois Neuzé, Jerry Revich, CFAは、ここに本レポートで表明された全ての見解が、本レポートに含まれる一つ、または複数の企業、およびその発行有価証券に関する私達の見解を正確に反映したものであることを証明します。また、本レポートに示された特定の投資判断、または見解は、過去、現在、また将来的にも私達の報酬とは直接的にも間接的にも無関係であることを証明します

特に断りのない限り、本レポートの表紙に掲載されている個人はゴールドマン・サックスのグローバル投資調査部のアナリストです。

### 当社ファクタープロファイル

ゴールドマン・サックスのファクタープロファイルは株式の主要特性を市場(当社カバレッジ・ユニバースなど)や同業他社と比較することで当該株式の投資環境を評価することを企図しています。主要特性は成長性、財務リターン、バリュエーション、総合(成長性、財務リターン、バリュエーションの合成)の4項目から成ります。このうち成長性、財務リターン、バリュエーションは各株式固有の指標の正規化順位を用いて計算されます。その後、指標の正規化順位が平均され、指標と関係する特性のパーセンタイルに変換されます。具体的な計算方法は会計年度、業種、地域により異なる場合がありますが、各特性は基本的に以下のように捉えられます。

成長性は当該株式の将来の売上成長、EBITDA成長、EPS成長(金融株の場合はEPS 成長と売上成長のみ)で構成され、百分率(パーセンタイル)が高いことは、成長性が高い会社であることを示します。財務リターンは当該株式の将来のROE、ROCE、CROCI(金融株の場合はROEのみ)で構成され、パーセンタイルが高いことは、財務リターンが高い会社であることを示します。バリュエーションは当該株式の将来のPER、PBR、配当利回り(P/D)、EV/EBITDA倍率、EV/FCF倍率、EV/DACF(負債調整後キャッシュフロー)倍率(金融株の場合はPER、PBR、P/Dのみ)で構成され、パーセンタイルが高いことは、バリュエーションが高い会社であることを示します。総合パーセンタイルは、成長性パーセンタイル、財務リターンパーセンタイル、(100%-バリュエーションパーセンタイル)の平均値から計算されます。

財務リターンとバリュエーションには、会計年度末時点における少なくとも3四半期先の当社アナリスト予想を使用します。成長性には、少なくとも7四半期先の会計年度を少なくとも3四半期先の会計年度と比較して得たデータを使用します(すべての指標は1株当たりベースとします)。

当社ファクタープロファイルの詳しい計算方法は当社担当者までお問い合わせください。

### M&Aスコア

当社グローバル・カバレッジ全体で株式の分析にM&Aフレームワークを使用し、ある企業が買収標的となる可能性を織り込むため、(セクターや地域ごとに異なることのある)定性的要因と定量的要因の両方を考察します。続いてM&Aスコアを適用し、カバレッジ内のレーティングが付与された企業を1~3で評価します。1はその企業が買収標的となる可能性が高い(30%-50%)こと、2は中位(15%-30%)であること、3は低い(0%-15%)ことを示します。スコアが1または2の企業については、当社の標準的な部門ガイドラインにしたがい、当社目標株価にM&A価値を織り込みます。スコアが3の場合にはM&A価値は重要でないものとみなされ、当社目標株価に織り込まれないほか、リサーチで論じられないこともあります。

### クオンタム

クオンタムは詳細な過去の財務諸表や予想、レシオにアクセスできるゴールドマン・サックス独自のデータベースです。個別企業に関する徹底分析に利用できるほか、異なる業種、市場間の比較も可能です。

### 開示事項

#### その他の開示事項

Heather Bellini has announced her intention to retire from Goldman Sachs as of December 31, 2020 and has accepted an offer to work at a private company in the cyber security industry following such date.

**Please note:** Third party brands used in this report are the property of their respective owners, and are used here for informational purposes only. The use of such brands should not be viewed as an endorsement, affiliation or sponsorship by or for Goldman Sachs or any of its products/services.

### レーティングの配分と投資銀行業務との関連

ゴールドマン・サックス投資調査部のグローバル調査対象銘柄群

	レーティングの配分			投資銀行業務との関連		
	買い	ホールド	売り	買い	ホールド	売り
グローバル	49%	35%	16%	64%	57%	54%

2020年10月1日現在でゴールドマン・サックス・グローバル投資調査部がレーティングを付与した銘柄数は3,122となっております。ゴールドマン・サックスは、調査対象銘柄から地域の各種投資推奨リストの買いおよび売りを付与する銘柄を選定し、そのいずれにも該当しない銘柄を中立と見なしています。こうしたレーティングの付与はFINRA(米国金融取引業規制機構)の諸規則により義務付けられた上記の公表を目的とする、買い、ホールド、売りと一致します。下記の「レーティング、カバレッジ・ユニバースおよび関連事項の定義」をご参照ください。「投資銀行業務との関連」の表は、過去12ヵ月間に以内にゴールドマン・サックスが投資銀行業務を提供した調査対象銘柄の割合をレーティング・カテゴリー毎に表したものです。

### 規制に基づく開示事項

#### 米国の法ならびに米国の規制に基づく開示事項

本資料に記載された企業に要求される以下の開示事項に関しては、上記の各会社に関する規制に基づく開示事項をご参照ください：主幹事会社または共同主幹事会社の役割；1%またはその他の持分；特定の業務に係る報酬の受領；顧客関係の種類；過去の証券公募における主幹事会社または共同主幹事会社の役割；役員の兼務；株式については、マーケット・メーカーおよび/またはスペシャリストの任務。ゴールドマン・サックスは本資料に記載された発行体の債券(あるいは関連する派生商品)の自己勘定売買を行います、あるいは行う場合があります。

追加の開示事項：証券の保有ならびに実質的な利害の対立：ゴールドマン・サックスの方針では、アナリスト、アナリストの下で業務を行うプロフェッショナル、およびその同居家族が、アナリストが調査対象としている企業の証券を保有することを禁止しています。アナリストの報酬：アナリ

ストの報酬は、投資銀行部門の収益を含むゴールドマン・サックス全体の収益も考慮した上で決定されています。アナリストによる役員の兼務：ゴールドマン・サックスの方針では通常、アナリスト、アナリストの下で業務を行う者、またはその同居家族が、アナリストが調査対象としている企業の役員、取締役または顧問を兼務することを禁止しています。米国以外のアナリスト：米国以外のアナリストは必ずしもゴールドマン・サックス・アンド・カンパニーの外務員ではなく、したがって調査対象企業とのコミュニケーション、公の場への登場、保有証券の売買を規制するFINRAの規則2241あるいは規則2242の適用対象とならない場合があります。

レーティングの配分：レーティングの配分に関しては上記開示事項をご参照ください。株価チャート：前段に掲載された、レーティングと目標株価の推移を示した株価チャートをご参照ください。電子フォーマットによる株価チャート、もしくは本資料で取り上げられた複数の企業の株価チャートをご希望の場合は、<https://www.gs.com/research/hedge.html>のゴールドマン・サックス・ウェブサイトをご参照ください。

## 米国以外の管轄地域の法律や規制に基づく追加の開示事項

以下の開示事項は、米国の法ならびに規制に基づきすでに記載された項目以外に、各管轄地域で開示が求められているものです。オーストラリア：ゴールドマン・サックス・オーストラリアPty Ltdおよびその関連会社はBanking Act 1959 (Cth)で定義されるオーストラリアの公認預金受入機関ではなく、オーストラリアにおいて銀行サービスを提供することも銀行業務を営むこともありません。本資料および本資料の入手や利用は、ゴールドマン・サックスが別段に合意した場合を除き、Australian Corporations Actで定義されている”wholesale clients”のみを対象としています。調査資料の作成にあたり、ゴールドマン・サックス・オーストラリア投資調査部の社員が、調査資料で言及する企業およびその他の事業体が主催する会社訪問や工場見学、その他合会に出席することがあります。ゴールドマン・サックス・オーストラリアがかかる訪問や合会に関する状況に照らして適切かつ妥当と判断した場合には、その訪問や合会の費用の一部または全額を当該発行体が負担することがあります。本資料において金融商品に関してなんらかの意見が含まれる場合は一般的な見解であり、個々のお客様の投資目的、財務状況、もしくは必要性を考慮することなくゴールドマン・サックスが作成したものです。お客様は、これらの意見に基づき投資行動をとる場合、当該意見が自身の投資目的、財務状況、必要性に鑑み適切であるかを事前にご考慮ください。オーストラリアおよびニュージーランドのゴールドマン・サックスにおける利益相反に関する開示事項並びにゴールドマン・サックスにおけるオーストラリアセールサイドリサーチの独立性に関するポリシーは

<https://www.goldmansachs.com/disclosures/australia-new-zealand/index.html> をご覧ください。ブラジル：ブラジル証券取引委員会(CVM) Instruction 598に關係する開示情報については、<https://www.gs.com/worldwide/brazil/area/gir/index.html> をご覧ください。CVM Instruction 598第20項が適用される場合、本文の最後に特に明記のない限り、本資料の初めに記載された最初のアナリストが、同項が定義する、本資料の内容に主たる責任を負う、ブラジルで資格登録されたアナリストとなります。カナダ：ゴールドマン・サックス・カナダ・インクはゴールドマン・サックス・グループ・インクの関連会社であり、したがってゴールドマン・サックス(上記定義)に関する会社に関する規制に基づく開示の対象に含まれます。ゴールドマン・サックス・カナダ・インクは、本資料を顧客に広範に配布する場合、その範囲において本資料を承認するものとし、またその内容に責任を負うことに同意しているものとします。香港：本資料に記載された、当社アナリストが調査対象としている企業の有価証券に関し、さらに詳しい情報をご入用の際には、ゴールドマン・サックス(アジア)L.L.C.にお問い合わせください。インド：本資料に記載された企業に関しさらに詳しい情報をご入用の際には、ゴールドマン・サックス(インド)セキュリティーズ・プライベート・リミテッド、SEBIにおけるリサーチアナリスト登録番号 INH000001493、951-A, Rational House, Appasaheb Marathe Marg, Prabhadevi, Mumbai 400 025, India、法人登記番号U74140MH2006FTC160634、電話番号+91 22 6616 9000、Fax +91 22 6616 9001までお問い合わせください。ゴールドマン・サックスは本資料に記載された企業の(Indian Securities Contracts (Regulation) Act 1956第2項(h)で定義される)証券を1%以上実質保有している場合があります。日本：金融商品取引法第37条に定める事項の表示をご参照ください。韓国：本資料及びそのアクセスは、ゴールドマン・サックスとの別段の同意がない限り、韓国金融投資サービスおよび資本市場法の「プロフェッショナル投資家」に向けたものです。本資料に記載された企業に関しさらに詳しい情報をご入用の際には、ゴールドマン・サックス(アジア)L.L.C. ソウル支店までお問い合わせください。ニュージーランド：ゴールドマン・サックス・ニュージーランド・リミテッドおよびその関連会社は(Reserve Bank of New Zealand Act 1989で定義される)「登録銀行」でも「預金受入機関」でもありません。本資料および本資料の入手や利用は、ゴールドマン・サックスが別段に合意した場合を除き、Financial Advisors Act 2008で定義されている”wholesale clients”のみを対象としています。オーストラリアおよびニュージーランドのゴールドマン・サックスにおける利益相反に関する開示事項は <https://www.goldmansachs.com/disclosures/australia-new-zealand/index.html> をご覧ください。ロシア：ロシア連邦で配布される調査レポートは、ロシア法で定義される広告ではなく、商品の宣伝を主目的としないう情報・分析に該当するものであり、ロシアの資産評価に関する法の意義の範囲内における評価されるものではありません。調査レポートは、ロシア法ならびに規制に基づく個人向けの推奨を構成するものではありません。また、特定のお客様に向けたものではなく、お客様の財務状況、投資プロファイルまたはリスクプロファイルを分析することなく作成したものです。本資料に基づくお客様やその他の投資行動について、ゴールドマン・サックスは一切の責任を負いかねます。シンガポール：本資料に関するあらゆる事柄については、シンガポール金融管理局の規制を受け、本資料の法的責任を負っているゴールドマン・サックス(シンガポール)Pte. (Company Number: 198602165W)までお問合せください。台湾：本資料は情報提供のみを目的としたものであり、当社の承諾なしに転載することはできません。投資に際しましては、各自の投資リスクを慎重にご検討ください。投資の結果につきましては個々の投資家が責任を負うものとします。英国：英国金融行動監視機構の規則において個人投資家の定義に該当するお客様は、本資料を本資料で取り上げた、当社アナリストが調査対象としている企業に関する過去のゴールドマン・サックス・レポートと関連してお読みいただき、ゴールドマン・サックス・インターナショナルから送られたリスク警告を参照して下さい。これらのリスク警告の写しや本資料で使用した金融用語の用語解説をご希望の方は、ゴールドマン・サックス・インターナショナルまでお問い合わせ下さい。

欧州連合：投資推奨または投資戦略を推奨、提案するその他の情報の客観的な提示、および個人の利益の開示または利益相反の表明の技術的な手続きに関する規制技術基準についての欧州議会および理事会規則(EU) No 596/2014を補足する欧州委員会委任規則(EU) (2016/958)の第6条2項に関連する開示情報は、欧州での投資調査に関する利益相反管理方針を記載した<https://www.gs.com/disclosures/europeanpolicy.html> でご覧いただけます。

## レーティング、カバレッジ・ユニバースおよび関連事項の定義

買い(B)、中立(N)、売り(S) - アナリストは地域の各種投資推奨リストに採用する買わないし売り銘柄を推奨します。投資推奨リストで買わないし売りの推奨が付与される銘柄はカバレッジ・ユニバース相対の潜在トータルリターンにより決定されます。買わないし売り推奨のいずれにも該当せず、かつレーティングがアクティブの状態にある銘柄(すなわち推奨レーティング中断[RS]、投資見解保留[NR]、調査中断[CS]、投資見解なし[NC]以外の銘柄)は中立とみなされます。各地域のインベストメント・レビュー・コミティはリジョナル・コンピクシオン・リストを管理しており、それぞれの所管地域における潜在トータルリターンの大きさ、リターンの実現可能性のいずれかまたは両方に基づいた推奨を目的とします。ある銘柄がコンピクシオン・リストに採用された場合、またはコンピクシオン・リストから除外された場合、そのことは担当アナリストによる当該銘柄の推奨レーティングの変更を意味するものではありません。

潜在トータルリターンは、株価が現行水準から対象期間に見込まれる目標株価(実績および予想ベースの配当を全て含む)まで上昇または下落する幅に相当します。目標株価は全ての調査対象銘柄に設定されます。投資推奨リストへの追加ないし採用を強調する際には、各レポートに潜在トータルリターン、目標株価およびその対象期間が記載されます。

カバレッジ・ユニバース：各カバレッジ・ユニバースに含まれる全企業名が記された、主要担当アナリスト別、銘柄別、カバレッジ・ユニバース別のリストは<https://www.gs.com/research/hedge.html> でご覧いただけます。

投資見解保留(NR)：推奨レーティングと目標株価を削除する。当該削除は、ゴールドマン・サックスが当該企業に係る合併または戦略的な取引およびその他の一定の状況において投資銀行業務に携わっている場合に、ゴールドマン・サックスの社内規定遵守の見地からなされる。推奨レーティング中断(RS)：ゴールドマン・サックス調査部は、対象銘柄につき、推奨レーティングまたは目標株価の決定に十分なファンダメンタルズ上の根拠がないため、あるいは推奨レーティングまたは目標株価の公表を巡って法、規制、方針上の制約が存在するため、推奨レーティングと目標株価の提示を中断している。従前の対象銘柄に関する推奨レーティングと、もしある場合は目標株価は現在無効であり、投資判断に利用すべきではない。調査中断(CS)：推奨レーティング、業績予想、目標株価などの提示を中断する。投資見解なし(NC)：ゴールドマン・サックス調査部の主要調査対象銘柄ではない。表示すべき情報なし、または適切な情報ではない(NA)：この情報を表示するには適切ではない。適切な意味を持たない(NM)：この情報は意味がないため、除外する。

## グローバル調査資料：配布機関

ゴールドマン・サックスのグローバル・インベストメント・リサーチ部門は、全世界でゴールドマン・サックスのお客様向けに調査資料の発行と配布を行っています。世界各地のゴールドマン・サックスのオフィスに勤務するアナリストは、業界および企業、マクロ経済、為替、市況商品、ポートフォリオ戦略に関する調査資料を発行しています。本資料の配布については、オーストラリアではゴールドマン・サックス・オーストラリアPtyリミテッド (ABN 21 006 797 897) が、ブラジルではゴールドマン・サックス・ドゥ・ブラジル・コレトラ・デ・ティツロス・エ・ヴァロレス・モビリアリオS.A. が、オランダではゴールドマン・サックス・ブラジル：0800 727 5764 および/または [ouvidoriagoldmansachs@gs.com](mailto:ouvidoriagoldmansachs@gs.com) (平日の午前9時から午後6時にお問い合わせください)。Ouvridoria Goldman Sachs Brasil: 0800 727 5764 e/ou [ouvidoriagoldmansachs@gs.com](mailto:ouvidoriagoldmansachs@gs.com). Horário de funcionamento: segunda-feira à sexta-feira (exceto feriados), das 9h às 18h, カナダではゴールドマン・サックス・カナダ・インクまたはゴールドマン・サックス・アンド・カンパニーが、香港ではゴールドマン・サックス(アジア)LLC が、インドではゴールドマン・サックス(インド)セキュリティーズ・プライベート・リミテッドが、日本ではゴールドマン・サックス証券株式会社が、韓国ではゴールドマン・サックス(アジア)LLC ソウル支社が、ニュージーランドではゴールドマン・サックス・ニュージーランド・リミテッドが、ロシアでは000ゴールドマン・サックスが、シンガポールではゴールドマン・サックス(シンガポール)Pte(Company Number: 198602165W)が、米国ではゴールドマン・サックス・アンド・カンパニーが、これを行います。ゴールドマン・サックス・インターナショナルは英国および欧州連合内での本資料の配布を承認しています。

**欧州委員会：**英国ブルーデンス規制機構により認可され、英国金融行動監視機構ならびに英国ブルーデンス規制機構の監督を受けるゴールドマン・サックス・インターナショナルは、欧州連合域内および英国国内における本資料の配布を承認しております。

## 一般的な開示事項

本資料はお客様への情報提供のみを目的としています。ゴールドマン・サックスに関する開示事項を除き、本資料は信頼できるとされる現在の公開情報に基づいて作成されていますが、当社はその正確性、完全性に関する責任を負いません。本資料に記載された情報、意見、推定、予想等は全て本資料発行時点のものであり、事前の通知なしに変更される場合があります。当社は本資料中の情報を合理的な範囲で更新するようにしていますが、法令上の理由などにより、これができない場合があります。定期的に発行される一部の業界レポートを除いて、大部分のレポートはアナリストの判断により変則的な間隔を置いて発行されます。

ゴールドマン・サックスは、投資銀行業務、投資顧問業務および証券業務を全世界で提供する総合金融会社です。当社はグローバル・インベストメント・リサーチ部門が調査対象としている企業の大部分と投資銀行その他の業務上の関係を持っています。米国のブローカー・ディーラーであるゴールドマン・サックス・アンド・カンパニーは証券投資家保護公社(SIPC) (<https://www.sipc.org>) に加盟しています。

当社のセールス担当者、トレーダーその他の従業員は、口頭または書面で、本資料で述べられた意見と異なる内容の市場に関するコメントや投資戦略を、当社の顧客およびプリンシパル取引部門に提供することがあります。当社の資産運用部門、プリンシパル取引部門、投資部門は、本資料で示された投資見解や意見と整合しない投資決定を下すことがあります。

本資料に記載されたアナリストは、本資料で議論された株式の株価に短期的な影響を及ぼす可能性がある、また、それによる影響が当該株式に対するアナリストの公表済み目標株価と方向性を異にする可能性がある株価材料や事象に言及した投資戦略について、時として当社セールス担当者、トレーダーを含む当社顧客と議論を行っている、または本資料で議論を行うことがあります。その種のいかなる投資戦略も当該株式に関するアナリストの基本的な株式レーティングとは別個のものであり、また、それに対して影響を及ぼしていません。本資料に記載の通り、レーティングは当該株式の属するカバレッジ・ユニバース相対での当該株式の潜在リターンを反映しています。

当社および当社の関連会社、役員、エクイティおよびクレジット・アナリストを除く社員は、本資料に記載された証券または派生商品(もしあれば)の買い持ちや売り持ち、および売買を時として行うことがあります。

当社主催のコンファレンスで、当社の他の部門の従業員を含む、サードパーティのスピーカーが示す見解は、必ずしもグローバル投資調査部の見解を反映したものでなく、また当社の公式見解でもありません。

ここで述べるサードパーティは、セールス担当者、トレーダー、その他プロフェッショナル、およびその同居家族を含み、本資料で言及された金融商品について、本資料を執筆したアナリストの見解と相反するポジションをとることがあります。

本資料は売却・購入が違法となるような法域での有価証券の売却もしくは購入を勧めるものではありません。本資料は個人向けの推奨を構成するものではなく、また個々のお客様の特定の投資目的、財務状況、もしくは要望を考慮したものでもありません。お客様は、本資料のいかなる意見または推奨に基づき投資行動をとる場合でも、その前にそれらがお客様の特定の状況に当てはまるか否かを考慮に入れるべきであり、必要とあれば税務アドバイザーも含めて専門家に助言を求めて下さい。本資料に記載されている投資対象の価格と価値、およびそれらがもたらす収益は変動することがあります。過去の実績は将来のパフォーマンスを約束するものではありません。将来の収益は保証されているわけではなく、投資元本割れが生じることはあり得ます。為替変動は特定の投資の価格と価値、およびそれらがもたらす収益にマイナスの影響を与えることがあります。

先物、オプション、およびその他派生商品に関する取引は大きなリスクを生むことがあり、すべての投資家に適切な取引ではありません。投資の際にはゴールドマン・サックスの担当者もしくはウェブサイト<https://www.theocc.com/about/publications/character-risks.jsp>および[https://www.fiadocumentation.org/fia/regulatory-disclosures\\_l/fia-uniform-futures-and-options-on-futures-risk-disclosures-booklet-pdf-version-2018](https://www.fiadocumentation.org/fia/regulatory-disclosures_l/fia-uniform-futures-and-options-on-futures-risk-disclosures-booklet-pdf-version-2018)を通じて入手可能なオプションおよび先物に関する最新の開示資料をよくお読みください。オプションの買いと売りを組み合わせるスプレッドなどのオプション戦略では取引コストがかなり高くなる場合があります。関連資料をご希望の方はお申しつけください。

**グローバル投資調査部が提供する異なるレベルのサービス：**当社グローバル投資調査部が提供するサービスのレベルならびに種類は、コミュニケーションを受け取る頻度や手段に関するお客様のご要望、お客様のリスク特性や投資の重点分野ならびに大局的な投資観(市場全体、セクター固有、長期、短期等)、当社との顧客関係全体の規模や範囲、法律や規制による制約といった様々な要因により、当社の社内顧客および社外の他の顧客に提供されるサービスと異なる場合があります。一つの例として、特定の有価証券に関する調査資料の発行時に通知を依頼されるお客様もいれば、当社顧客向け内部ウェブサイト上で入手可能なアナリストのファンダメンタル分析の基礎となる特定のデータの、データフィードその他手段による電子配信を依頼されるお客様もいます。アナリストの根本的な調査見解の変更(株式の場合はレーティングや目標株価、業績予想の大幅な変更など)については、かかる情報を含む調査レポートが作成され、当社顧客向け内部ウェブサイトへの掲載という電子の発行または必要に応じて他の手段により、当該レポートがそれを受け取る資格のあるすべての顧客に広範に配布されるまでは、いかなる顧客にも伝達されることはありません。

すべての調査資料は電子的発行手段により当社の顧客向け内部ウェブサイトですべての顧客に一斉に配布され、閲覧可能となります。調査資料のすべての内容が当社顧客向けに再配布されたり、第三者のグリゲーターに提供されたりするわけではなく、ゴールドマン・サックスは第三者のグリゲーターによる当社の調査資料の再配布に責任を負っているわけでもありません。一つ以上の有価証券や市場、資産クラス(関連サービス含む)に関してご利用可能な調査資料やモデル、その他データについては、当社の営業担当者にお問い合わせいただくか、<https://research.gs.com>をご覧ください。

その他の開示事項については、<https://www.gs.com/research/hedge.html>をご参照いただくか、200 West Street, New York, NY 10282のリサーチ・コンプライアンスから入手することができます。

## 金融商品取引法第37条に定める事項の表示

本資料とともに、金融商品取引をご案内させていただく場合は、各金融商品取引の資料をよくお読みください。金融商品取引を行われる場合は、各商品等に所定の手数料等(たとえば、株式のお取引の場合には、約定代金に対し、事前にお客様と合意した手数料率の委託手数料および消費税、投資信託のお取引の場合には、銘柄ごとに設定された販売手数料および信託報酬等の諸経費、等)をご負担いただく場合があります。また、すべての金融商品には、関連する特殊リスクがあり、国内外の政治・経済・金融情勢、為替相場、株式相場、商品相場、金利水準等の市場情勢、発行体等の信用力、

その他指標とされた原資産の変動により、多額の損失または支払い義務が生じるおそれがあります。さらに、デリバティブのお取引の場合には、弊社との合意により具体的な額が定まる保証金等をお客様に差し入れていただくこと、加えて、追加保証金等を差し入れていただく可能性もあり、こうした取引についてはお取引の額が保証金等の額を上回る可能性があります(お取引の額の保証金等の額に対する比率は、現時点では具体的条件が定まっていないため算出できません)。また、上記の指標とされた原資産の変動により、保証金等の額を上回る損失または支払い義務が生じるおそれがあります。さらに、取引の種類によっては、金融商品取引法施行令第16条第1項第6号が定める売付けの価格と買付けの価格に相当するものに差がある場合があります。なお、商品毎に手数料等およびリスクは異なりますので、当該商品等の契約締結前交付書面や目論見書またはお客様向け資料をよくお読みください。

権利行使期間がある場合は権利を行使できる期間に制限がありますので留意が必要です。

期限前解約条項、自動消滅条項等の早期終了条項が付されている場合は、予定された終了日の前に取引が終了する可能性があります。

商号等：ゴールドマン・サックス証券株式会社 金融商品取引業者 関東財務局長(金商)第69号

加入協会：日本証券業協会、一般社団法人金融先物取引業協会、一般社団法人第二種金融商品取引業協会

© 2020 ゴールドマン・サックス

本書の一部または全部を、ゴールドマン・サックス・グループ・インクの事前の書面による承諾がない限り、(i)複製、写真複製、あるいはその他のいかなる手段において複製すること、または(ii)再配布することを禁じます。