

カナダのGHG排出量削減を目指す石油業界の動向

- ◇カナダは世界第4位の産油国であり、石油・ガス部門からのGHG排出量が産業別で最も大きい。よって石油・ガス業界もGHG排出量削減に向けた様々な取組みを実施中である。
- ◇石油・ガス業界がGHG排出量削減の切り札と考えているのが、炭素の捕捉、貯留、再利用に関するCCS/CCUSである。CCSに関してはオイルサンド関係6社が共同で運営する大規模プロジェクトのパスウェイズ・アライアンスがある。2050年にはカナダ全体で年間約3億トンのCO₂を貯留可能との予測がある。
- ◇再生可能燃料に関しても、バイオ燃料、再生可能ディーゼル、水素などの生産プロジェクトがあり、石油各社が提携先等と共に計画中である。
- ◇カナダ政府はGHG削減を加速する政府主導の排出量上限設定を2023年12月に発表、石油会社やアルバータ州は政府の強制力で排出量削減が加速することに反対している。

1. はじめに

カナダのトルドー政権（2015年から現在）は温室効果ガス（GHG）排出量削減に非常に熱心に取り組み、就任以降各種政策を発表、州政府との連携を行いつつ気候変動対策法案を打ち出している。

まず2030年のCO₂削減目標として2005年比で30%削減を2016年に発表した。その後、2021年7月にカナダ政府は2030年のCO₂削減目標を更に厳格化し、2005年比で40~45%と大幅に引き上げた。

この削減計画は米国や欧州各国と比較しても遜色のないトップクラスのGHG排出規制である一方、カナダは世界第4位の産油大国でもあり、本規制が石油業界に及ぼす影響は非常に大きい。加えて原油の賦存状態

が主としてオイルサンドであるため、通常の液体原油と比較して石油成分採取にはエネルギーが余計に必要である。そのため追加エネルギー分のCO₂排出量も含めてGHG排出量削減に取り組む必要がある。よって本稿では、カナダの石油会社がどのようにGHG排出量削減に取り組んでいるのか概要を紹介し、

- 1. はじめに
- 2. 炭素捕捉・貯留（CCS）に関する現状
- 3. 再生可能燃料の動向
 - 3-1. バイオ燃料および再生可能ディーゼル
 - 3-2. 水素の色分けによる分類
 - 3-3. 水素の需要予測と石油会社の取り組み
 - 3-4. Co-Processing（コプロセッシング）の活用
- 4. 直近のカナダ政府GHG排出削減強化
 - 4-1. 関係する州と石油業界の反対
- 5. まとめ

具体的な技術オプションについても解説する。

併せて、2023 年末にカナダ政府が石油・ガス業界に対して GHG 排出削減の強化を打ち出す発表がなされたので、その部分についても概要を解説する。

2. 炭素捕捉・貯留 (CCS) に関する現状

カナダの石油業界が、脱炭素化に向けた施策の切り札の 1 つと考えているのが炭素回収・貯留 (CCS) による GHG 排出ガス削減である。アルバータ州やサスカチュワン州で先行的に CCS 事業開発が進められている。アルバータ州では、州が積極的に関わっているアルバータ・カーボン・トランクライン (ACTL)² やシェル・カナダが主導する CCS プロジェクト (クエスト)³ が先行事例として知られている。ここでは複数のカナダ石油会社がアルバータ州で共同プロジェクト化している取り組みとして、パスウェイズ・アライアンス (Pathways Alliance)⁴ の現状に関して解説する。

パスウェイズ・アライアンスは、カナダ大手オイルサンド企業 6 社が共同で運営する事業体である。特に CCS 事業では必要な資金額や土地の広さも極めて大きくなることが予想されるため、各社共通の利益となるパスウェイズ・アライアンスで取り扱われている。本事業体では、2030 年までにオイルサンド事業からの CO₂ 排出量を年間 2,200 万トン削減し、更に 2050 年までにオイルサンド事業からの CO₂ 排出量を正味ゼロにするという目標に向けて、複数のプロジェクトを同時に進めている。

図 1 に提案されている CCS ネットワークの概略を示す⁵。

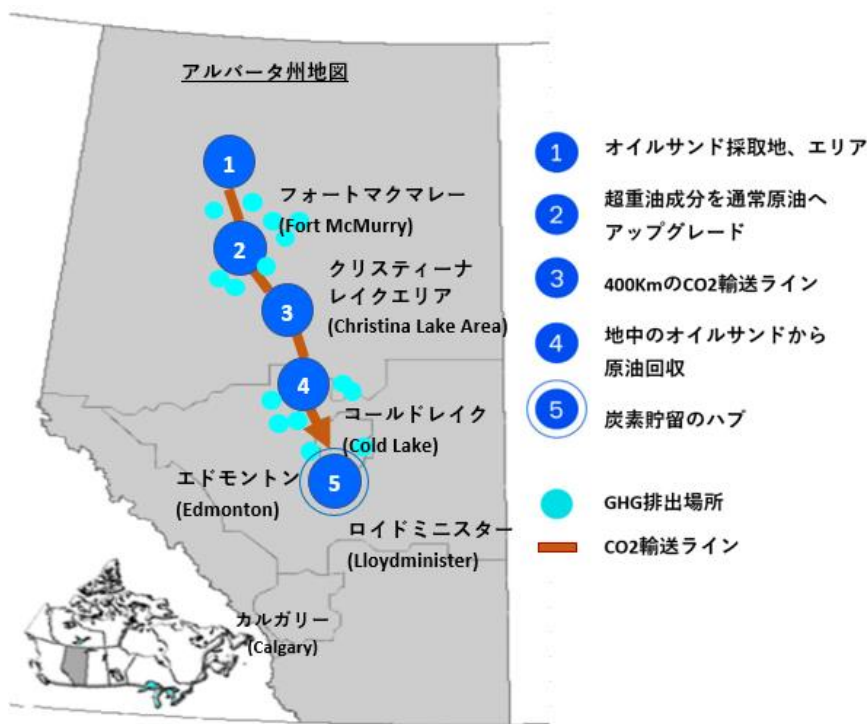


図 1 パスウェイズ・アライアンスにおける炭素貯留への CO₂ 輸送図

(出所：カナダエネルギーセンターの情報を基に JPEC 作成)

複数のオイルサンド施設から回収された CO₂ をアルバータ州コールドレイク地域のハブまで運び、安全かつ恒久的に地下貯蔵するため、CO₂ 輸送ラインがオイルサンド採取地から CCS ハブまで敷設されるのがわかる。この CCS ネットワークにより、オイルサンド事業からの CO₂ 純排出削減量を 2050 年までに年間 4,000 万トンにまで拡大することができる。

提案されているパスウェイズ・アライアンス計画の第一段階では、2030 年までに 240 億カナダドル（約 2.6 兆円、1 カナダドル＝約 108 円）以上の投資を実施する予定である⁶。240 億カナダドルのうち、約 165 億カナダドルについては CCS ネットワークのサポートに、残りの 76 億カナダドルは、その他の主要な排出削減プロジェクトや必要な技術開発等に充てられる。

CCS 以外の GHG 排出量削減プロジェクトとしては、例えばコジェネレーション、オイルサンドの in situ（原位置）回収技術、先進的な炭素回収・貯留の研究・試験、低排出燃料の実証試験、小型モジュール炉の実現可能性研究など、50 以上の技術開発プロジェクトがある。

GHG 排出量削減に向けて期待の高い CCS 事業であるが、アルバータ州だけでなく、カナダの各州で多くの事業が計画されている。2020 年時点での CCS による CO₂ 削減量は、アルバータ州（230 万トン/年）とサスカチュワン州（90 万トン/年）の 2 州のみに留まり、年間 320 万トンに過ぎなかった。シンクタンクのナビウス・リサーチによると⁷、これが 2035 年には複数の州に広がり、貯留可能な量が年間 3,000 万トンと 2020 年時点の約 10 倍に拡大し、更に 2050 年にはカナダの貯留可能量は総量 3.1 億トンに達する見込みである。カナダ各州の CCS 事業による CO₂ 貯留可能量の 2050 年予測を図 2 に示す。

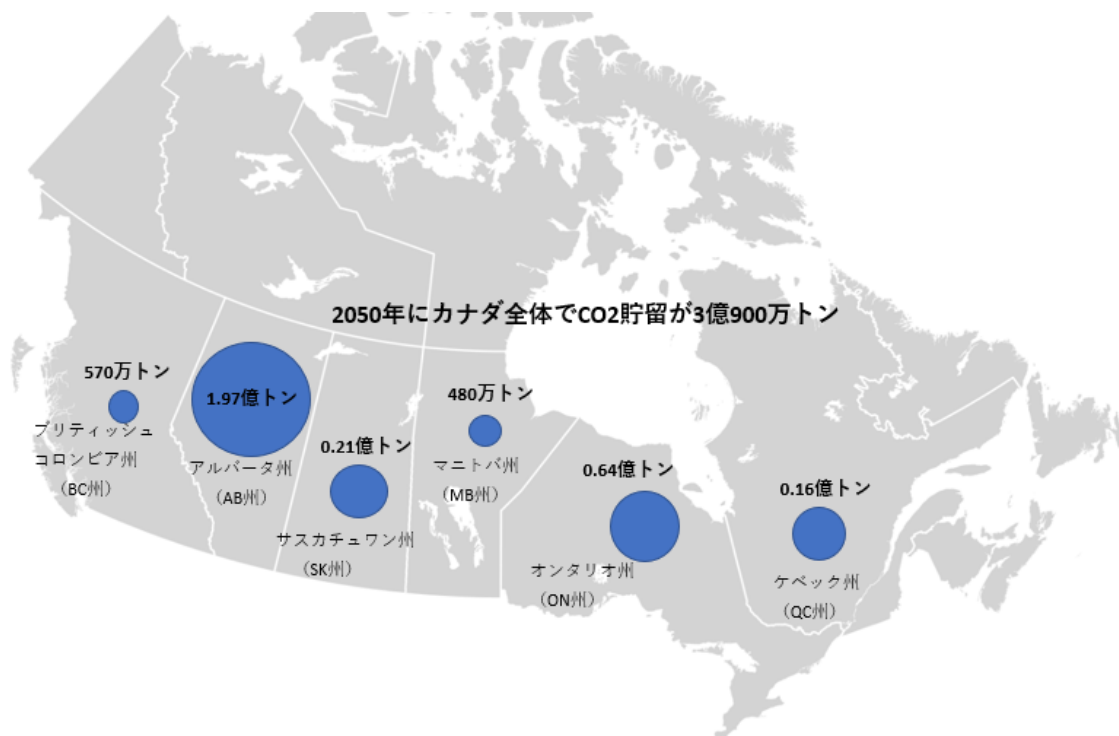


図 2 ネット・ゼロに向けたカナダの 2050 年 CO₂ 貯留量シナリオ
(出所：ナビウス・リサーチの情報を基に JPEC 作成)

3. 再生可能燃料の動向

3-1. バイオ燃料

カナダ政府は2022年6月にクリーン燃料規制（Clean Fuel Regulation）を発表し、燃料の脱炭素化に取り組んでいる。本規制では、ライフサイクルベースでの燃料炭素強度を下げ、脱炭素化を進めることが目的である。化石燃料を使用しつつCCSでCO₂排出量を削減し、炭素強度を低減させることも可能であるが、ここでは炭素強度の大幅低減のために、バイオ系原料から製造された再生可能燃料に注目したい。

カナダにおいて、バイオ系再生可能燃料で近年実績のあるものは、バイオディーゼルと再生可能ディーゼルになる。図3にバイオディーゼルと再生可能ディーゼルにおける過去の推定需要と併せて従来ディーゼル燃料との需要比較を示した⁸。

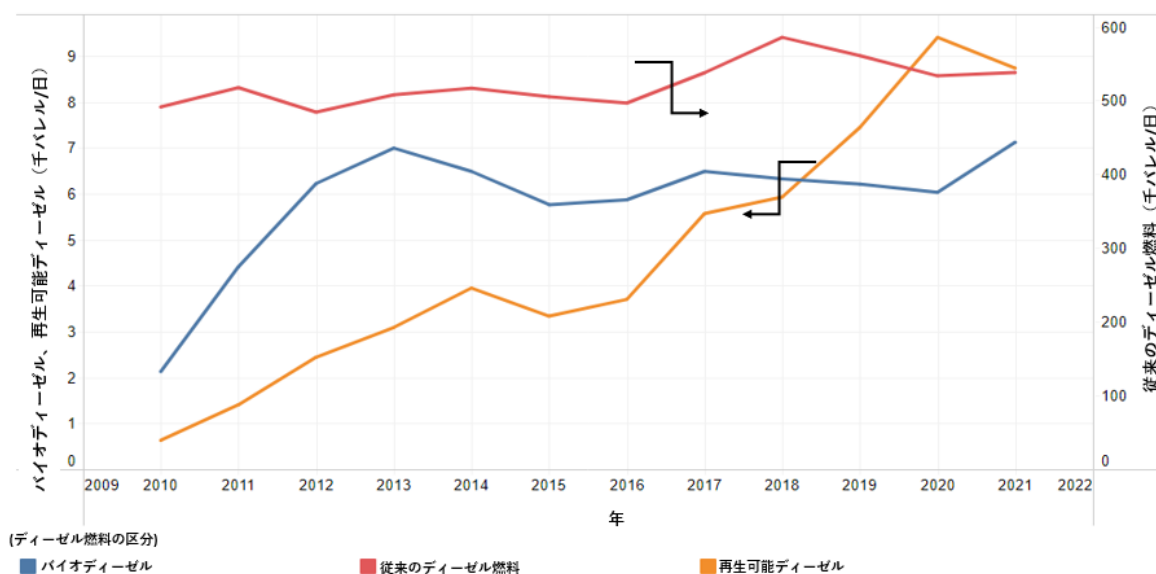


図3 バイオディーゼル、再生可能ディーゼル及び従来のディーゼル燃料の需要推移比較

(出所：カナダ政府エネルギー局)

バイオディーゼルは2010年以降に需要が大きく立ち上がったが2013年以降は需要の伸びが頭打ちになっている。一方で再生可能ディーゼルは、2010年以降の立ち上がりこそ緩やかだったものの順調に需要が増え続け、バイオディーゼルの需要を上回っている。

この背景としては再生可能ディーゼルの使い勝手の良さがあると考えられる。バイオディーゼルは、植物油や動物油脂のトランスエステル化⁹によって製造される脂肪酸メチルエステル（FAME）であるため、低温時に固まる傾向にある。また一般的には従来のディーゼル燃料と混合して使用されるが、混合比も20%レベルで低く抑えられている場合が多い。

一方、再生可能ディーゼルは¹⁰、バイオディーゼルと同じく植物油や動物油脂を原料として用いるものの、石油燃料製造時の脱硫に使用される水素化処理を経て製造される。このため既存の石油精製設備

を再生可能ディーゼル製造に転用することが可能であり、石油産業が注目している。また製造された再生可能ディーゼルは、植物油（脂肪酸メチルエステル）などを水素化処理により炭化水素へ変換されることから、従来のディーゼル燃料に含まれる化学組成の一部とほぼ同じ組成になり、低温凝固の懸念や従来のディーゼル燃料との混合比などを気にすることなく使用可能である。

また図3において2021年での従来のディーゼル燃料は、再生可能ディーゼルの約60倍の需要となっている。この需要差を縮めるためには再生可能ディーゼルを更に大規模かつ低コストで製造可能とする必要がある。そのためには、バイオ原料の多角化、水素の低コスト化、製造プロセスの低コスト化、など課題は多い。表1にカナダの石油会社に取り組む再生可能燃料の製造計画を示す。

表1：カナダの石油会社による再生可能燃料への取り組み比較

会社名	設備	再生可能燃料	生産能力 (千バレル/日)	生産開始	州	備考
インペリアルオイル (Imperial Oil)	ストラスコナ製油所	再生可能ディーゼル	20.0	2025	アルバータ	現ストラスコナ製油所内に建設
シェル・ベンチャーズ (Shell Ventures)	ソンプラ製油所	再生可能ディーゼル	0.5	生産中	オンタリオ	フォーージハイドロカーボン (Forge Hydrocarbons)がサポート
シェル、サンコー、エネルケン、 プロマン共同事業 (Shell, Suncor, Enkern, Proman)	バレネス製油所	再生可能ディーゼル	2.1	2025	ケベック	
コベナントエナジー (Covenant Energy)	コベナント・エナジー 製油所	再生可能ディーゼル	6.5	2024	サスカチュワン	
ブラヤ再生可能燃料 (Braya Renewable Fuels)	ブラヤ製油所	再生可能ディーゼル	18.0	2024	ニューファンド ランド・ラブラ ドル	旧カムバイ チャンス製油所 クレストファンドマネー メントがサポート
タイドウォーター リニューアブルズ (Tidewater Renewables)	プリンス・ジョージ 製油所	再生可能ディーゼル	3.0	2023	ブリティッシュ コロンビア	ブリティッシュコロンビア 政府より100万ドルの 補助金サポート
協同組合連合会 (Federated Co-operative Limited: FCL)	コープ製油所/ 石化プラント	再生可能ディーゼル	15.0	2027	サスカチュワン	FCLのレジーナ製油所 に隣接して建設
パークランドエナジー (Parkland Energy)	バーナビー製油所	再生可能ディーゼル	2.0	2021	ブリティッシュ コロンビア	キャノーラ油、牛脂等の Co-processing 生産拡大計画は中止
サンコーエナジー (Suncor Energy)	セントクレア工場、 他	低炭素 エタノール	6.8	生産中	オンタリオ 他	
セノバスエナジー (Cenovus Energy)	ミネドーサ工場	低炭素 エタノール	0.1	生産中	マニトバ	

(出所：政府情報及び各社HP情報より JPEC 作成)

多くの石油会社では、自社製油所の活用が可能な再生可能ディーゼル製造プロジェクトに取り組んでいるが、一部の会社では低炭素エタノールの製造も実施されている。インペリアルオイルは自社のストラスコナ製油所内で再生可能ディーゼルを製造予定であり、カナダ最大規模となる2万バレル/日を2025年より予定している¹¹。ブラヤ再生可能燃料や協同組合連合会がそれに続き、1万バレル/日レベルの生産計画がある。これらプロジェクトが全て立ち上がり、順調に生産移行できれば、2022年の再生可能ディーゼル需要分を石油会社による生産で賄うことが可能であり、2022年の2倍の需要に対応可能となる。再生可能ディーゼルの製造においては、先述のように水素化処理のために水素が必要になる。よって石

油会社の近隣には水素生産基地が存在し、再生可能ディーゼルの生産をサポートしている。

一方、低炭素エタノールはガソリンにブレンドして使用されるため、需要も非常に高く、かつ製造時のCO₂をCCSで処理することにより炭素強度を大幅に低減可能なため、石油会社も注目している。サンコー・エナジー等が精力的に取り組んでいる。

3.2. 水素の色分けによる分類

カナダは、水力など再生可能エネルギーが豊富な土地柄のため水の電気分解に適しており、また水素の原料となる天然ガスも豊富にあることから、早くから水素事業に関して注目していた。現在では商社や投資会社を巻き込んだ多くのプロジェクトが連邦、または州ベースで進められている¹²。よって今回は脱炭素化を迫られるカナダの石油会社が、水素事業に取り組んでいる現状を説明する。

まず、水素にはその製造方法によって明確な色分けがされており、表2にその概略を示す¹³。このうち、グレー水素とブラック水素以外は再生可能エネルギーとして認知されている。カナダは天然ガスが豊富にあり、CCS開発も活発であることから、石油業界としては安価かつ大量に生産できるブルー水素が最も現実的なオプションとなる。

表2：水素製造の原料、製法比較

水素の種類	原料	製造方法
グリーン水素	水	再生可能エネルギーで電気分解
ピンク水素	水	原子力エネルギーで電気分解
ブルー水素	天然ガス	天然ガスと水を接触改質、CO ₂ をCCS処理
ターコイズ水素	天然ガス	天然ガスを熱分解、副生成物はカーボン
グレー水素	天然ガス	天然ガスと水を接触改質、CO ₂ は大気放出
ブラック水素	石炭	石炭と水を接触改質、CO ₂ は大気放出
ホワイト水素	—	天然に存在（製造不要）

(出所：H2 Bulletin より JPEC 作成)

またターコイズ水素も最近注目を浴びてきた。これは原料として天然ガスを使用するのはブルー水素

と同じであるが、水との接触分解で水素を製造するのではなく、天然ガスの熱分解により水素を製造するというものである。この場合、副次的に製造されるものは固体のカーボンブラックであるため、CCSによるCO₂貯留が不要（固体なので大気放出にならない）という点に大きなメリットがある。またカーボンブラックはタイヤ製造等の原料になり、再利用（リサイクル化）が可能な資源となるため、水素製造のトータルコスト低減にも貢献できる。

石油資源（天然ガス）が手に入らない州でも多くの水素プロジェクトがある。例えばオンタリオ州等は原子力発電を使用したピンク水素の製造、その他多くの州では水力等の再生可能エネルギーを利用したグリーン水素のプロジェクトが進展している。一方、最近にわかに脚光を浴びているのがホワイト水素である。これは自然界に天然に存在する水素であり、最近の研究により実は地中の奥深くに多くの天然水素を含んだ水が存在しているであろうことがわかってきた¹⁴。現状は調査段階であるが、今後の調査、研究の進捗が注目される。

3-3. 水素の需要予測と石油会社の取り組み

図4はカナダの水素需要に照らし合わせた水素製造に必要な天然ガス量や、電気分解に必要な電力量をエネルギー換算して、2050年までの必要量を示したものである¹⁵。

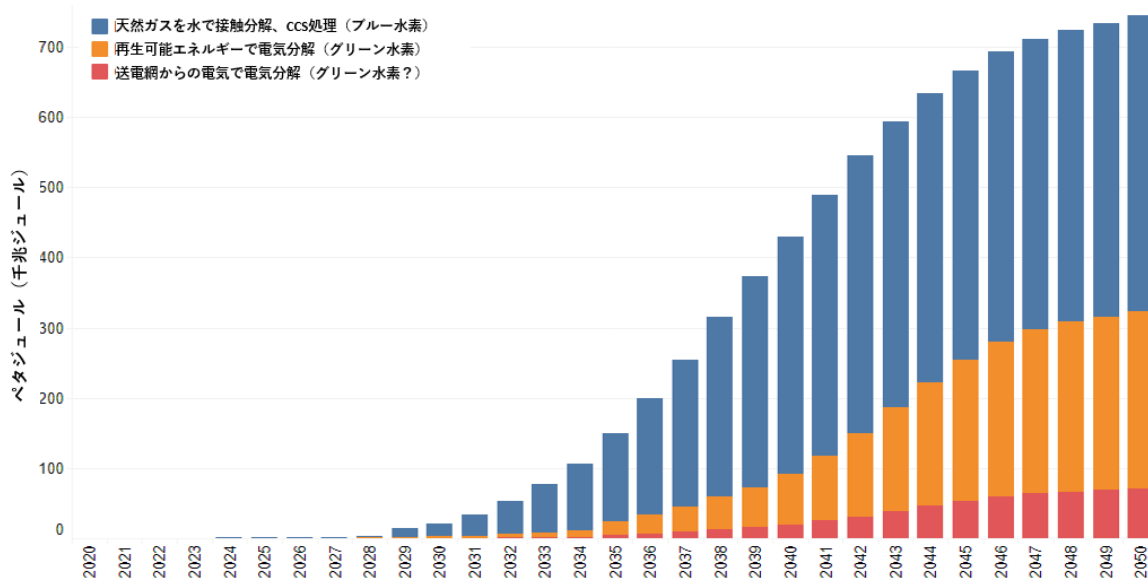


図4 水素製造に必要な天然ガス及び電力（再生可能、電力網）のエネルギー量による比較

（出所：カナダ政府エネルギー局）

この図4の天然ガスにはCCS（CO₂貯留）に必要なエネルギー量も含めて計算されている。CCSを伴う天然ガスを利用した水素製造プロセスでは、必要な天然ガス量が2030年の19ペタジュール（ペタは千兆、10の15乗）から、2040年には338ペタジュール、2050年には422ペタジュールに増加する。再生可能エネルギーを利用した電気分解による水素製造では、電力需要が2030年の2ペタジュールから、2040年には71ペタジュール、2050年には252ペタジュールに増加する。電力網

からの電気分解による電力需要では、2030年の0.5ペタジュールから2040年には20ペタジュール、2050年には70ペタジュールに増加する。

このように、大部分の水素は、天然資源であるガスを原料として製造される前提での予測となっており、石油・ガスの有効利用やCO₂の削減に取り組んでいる石油業界の水素製造に関わるポジションは、引き続き重要であると考えられる。表3にカナダの石油会社による水素製造プロジェクトの概要をまとめた。

表3 カナダの石油会社が取り組む水素製造比較

会社名	提携先	生産予定量（万トン/年）	生産方法	生産場所
サンコーエナジー (Suncor Energy)	フォーティス ビーシーエナジー (Fortis BC Energy)	0.25	ターコイズ水素	バラード製品基地内 (ブリティッシュコロンビア)
インペリアルオイル (Imperial Oil)	エアプロダクツ (Air Products)	1.3	ブルー水素	エドモントン (アルバータ)
シェル・カナダ (Shell Canada)	三菱商事	16.5	ブルー水素	エドモントン (アルバータ)
アービングオイル (Irving Oil)	プラグパワー (Plug Power)	7.3	グリーン水素	セントジョーンズ工場 (ニューブランズウィック)
コノコフィリップス カナダ (Conoco Phillips Canada)	エコナパワー (Ekona Power Inc)	未定	ターコイズ水素	バンクーバー近郊 (ブリティッシュコロンビア)

(出所：各社HP情報からJPEC作成)

カナダ国家水素戦略で謳われている2030年で年間400万トンの水素製造の規模と比較して¹⁶、この表から得られる製造量（明確なものだけで年間25万トンレベル）はまだまだ少ない。しかしながら自社で水素を生産せず、天然ガス等の原料を供給して他社で水素製造するケースも今後増加すると思われるため、今後の業界の動きが注目される。

3-4. Co-Processing(コプロセッシング)の活用

最後にコプロセッシングに触れておく。これは製油所において原油以外の原料、例えば木くずなどのバイオ原料や再利用可能な廃棄プラスチック、廃棄タイヤ等を燃料資源として再利用（リサイクル）し、炭素強度を低減させる方法である¹⁷。現実的には廃棄プラスチック等は通常固体であるため、前処理工程（例えば熱分解による液化）を経た後に製油プロセスへ投入する。一方、液体系のバイオ資源（例えばキャノーラ油など）であれば、前処理工程は不要と考えられる。コプロセッシングを含めた製油所のプロセスの概略を図5に示す。この図におけるコプロセッシングはあくまで概略であり、原料としてはバイオ原料だけでなく廃棄プラスチック等を含めて幅広く検討されている。また前処理工程で液化後は接触分解装置や水素化工程で石油系原料と混合して燃料製造が行われる。よって燃料製品（ガソリン、軽油等）の一部がバイオ燃料としての取り扱いとなる。

また、この図では製油所から発生する CO2 も回収、貯留、再利用するといった将来のあるべき製油所の姿が記載されている。

コプロセッシングは現在の製油所設備をそのまま利用できるため、石油業界にとって炭素強度低減を可能とする現実的かつコストを抑制可能な技術オプションである。2023年12月に開催された ASTM D02 会議¹⁸（燃料、潤滑油の製造や製品に関わる米国基準の規格を議論、承認する会議）において、各種バイオ原料を用いたコプロセッシングによる燃料製造、及びその規格化を目指した進捗状況が報告され、聴衆からの関心も非常に高かった。

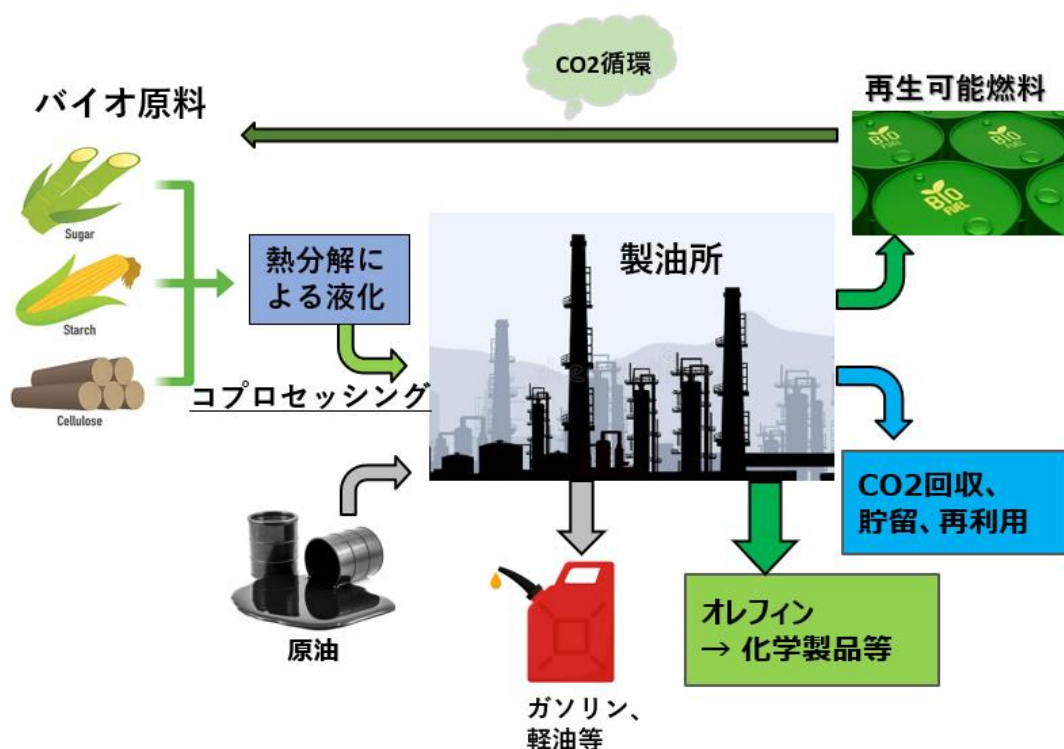


図5 コプロセッシングを含む製油所のプロセス概略（出所：各種情報から JPEC 作成）

4. 直近のカナダ政府 GHG 排出削減強化

カナダ政府は GHG 排出枠の上限を政府主導により設定することで、石油・ガス企業に 2030 年までに 2019 年比で最大 38% の GHG 排出量削減を促すことを目的とした計画を発表した¹⁹。先述の通り、世界第 4 位の産油国であるカナダは、2030 年までに GHG 排出量を 2005 年比で 40%～45% 削減することを目指している。石油・ガス部門はカナダで最も GHG 排出量が多い産業であり、全排出量の 4 分の 1 以上を占めているため、この GHG 排出枠の上限設定は、従来の業界による自主的な GHG 削減から政府が主導する GHG 削減への制度変更を意味する（表 4）。

多くの気候変動専門家は、この目標を達成するためには、石油とガスからの GHG 排出量を 2021 年の 189 メガトンから 10 年後までに 110 メガトンに制限すべきだと述べている。政府による排出枠上限制度では、2030 年の排出上限は 106～112 メガトン（2019 年比で 35～38% 削減）に設定される。しかし、石油・ガス会社は追加で 25 メガトンまで（計 131～137 メガトン）GHG の排出が許され（Compliance

Flexibility)、これを超えた場合にはカーボン・オフセット・クレジットを購入するか、脱炭素化基金に出資することで排出量を相殺することができる、という仕組みである。

カナダ政府は2024年に規制案を発表し、2025年に最終規制を確定することを目指している。導入時期は未定だが、2026年から2030年の間での開始と思われる。一方、2025年に予定されているカナダの次期連邦選挙で政権が交代すれば、この政策が白紙に戻される可能性もある。

表4 カナダ政府が2023年12月に発表したGHG排出削減における現状と今後の比較

規制	連邦OBPS制度 (Output-Based Pricing System)	
ターゲット	石油・ガス事業者	
時期	現状	今後
GHG排出枠 設定方法	< 5万トン/年以上の設備が対象 > - 各業界ごとに排出枠を設定 → 排出枠上限は業界平均値 - 自助努力で排出量削減 → 業界平均値低下、排出枠 上限も年々縮小（成り行き）	< 5万トン/年以上の設備が対象 > - 各業界ごとに排出枠を設定 → 排出枠上限を政府が決定 - 政府主導で排出量削減 → 削減量に強制力

(出所：各種情報から JPEC 作成)

4-1. 関係する州と石油業界の反対

アルバータ州のダニエル・スミス州首相は、今回の連邦政府による発表はアルバータ州経済を意図的に攻撃するものであり、州政府は今後数カ月以内に本提案に対し憲法を盾に対抗すると述べた。カナダの6大オイルサンド生産者コンソーシアムであるパスウェイ・アライアンスはGHG排出量削減を目的とした炭素回収・貯留プロジェクトを提案しており、カナダは既に2050年のネット・ゼロ目標を達成するのに十分な規制を整えていると反論した。

一方、カナダのエネルギー規制当局が今年発表した報告書によると、カナダは現在実施中の取り組み以上の措置を講じない限り、2050年までのネット・ゼロ排出量達成に届かないという。

5. まとめ

脱炭素化というと電気自動車（EV）を始めとした電動化を想像しがちであるが、実際は一択で解決できるような簡単なものではない。GHG排出規制が今後さらに厳しくなるカナダにおいて、石油業界も大きく業態を転換していく必要があるが、やるべき課題は明確であり、多方面における炭素強度低減に取り組むこと、例えばCCSの活用であり、併せて、再生可能燃料（バイオ燃料や水素など）の積極的な生産などが最も現実的な対応策と考えられる。少しずつ多方面で炭素強度を減らしていく場合は、それが

及ぼす経済活動への悪影響も最低限に抑えることが可能と考えられるが、技術開発や事業化には長いリードタイムを要することから、優先順位付けとともに、環境整備などに早めに着手することが肝要と考えられる。カナダ石油業界の今後の動向に注目していきたい。

(問い合わせ先)

一般財団法人石油エネルギー技術センター 調査国際部 irepo-0@peci.or.jp

本調査は、一般財団法人石油エネルギー技術センター(JPEC)が資源エネルギー庁からの委託により実施しているものです。無断転載、複製を禁止します。

Copyright 2024 Japan Petroleum Energy Center all rights reserved

¹ <https://climateactiontracker.org/countries/canada/>

² <https://majorprojects.alberta.ca/details/Alberta-Carbon-Trunk-Line/622>

³ https://www.shell.ca/en_ca/about-us/projects-and-sites/quest-carbon-capture-and-storage-project.html

⁴ https://pathwaysalliance.ca/?gclid=EAIaIQobChMIj5zN8aKjgwMVgwWtBh1a2gK2EAAYASAAEgKgnPD_BwE&gclidsrc=aw.ds

⁵ <https://www.canadianenergycentre.ca/inside-the-pathways-alliance-canadas-oil-sands-pledge-to-reach-net-zero-by-2050/>

⁶ <https://pathwaysalliance.ca/news/pathways-alliance-advances-key-oil-sands-co2-emissions-reduction-activities/>

⁷ <https://www.naviusresearch.com/wp-content/uploads/2021/07/CCS-net-zero-opportunity-2021-06-30.pdf>

⁸ <https://www.cer-rec.gc.ca/en/data-analysis/energy-markets/market-snapshots/2023/market-snapshot-new-renewable-diesel-facilities-will-help-reduce-carbon-intensity-fuels-canada.html>

⁹<https://en.wikipedia.org/wiki/Transesterification>

¹⁰ <https://farmdocdaily.illinois.edu/2023/02/biodiesel-and-renewable-diesel-whats-the-difference.html>

¹¹ <https://news.imperialoil.ca/news-releases/news-releases/2023/Imperial-Approves-720-million-for-Largest-Renewable-Diesel-Facility-in-Canada/default.aspx>

¹² <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2023/0503/5cd10474431cf12f.htm>

¹³ <https://aeclinic.org/aec-blog/2021/6/24/the-colors-of-hydrogen>

¹⁴ <https://www.utoronto.ca/news/ancient-hydrogen-rich-waters-discovered-deep-underground-locations-around-world>

¹⁵ <https://www.cer-rec.gc.ca/en/data-analysis/energy-markets/market-snapshots/2022/market-snapshot-hydrogen-production-in-energy-futures-2021.html>

¹⁶ https://natural-resources.canada.ca/sites/nrcan/files/environment/hydrogen/NRCan_Hydrogen-Strategy-Canada-na-en-v3.pdf

¹⁷ <https://www.pall.com/en/oil-gas/refining/advanced-biofuels/co-processing.html>

¹⁸ <https://na.eventscloud.com/website/49466/D02/>

¹⁹ <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/news/2023/12/minister-guilbeault-announces-canadas-draft-methane-regulations-to-support-cleaner-energy-and-climate-action.html>

✗