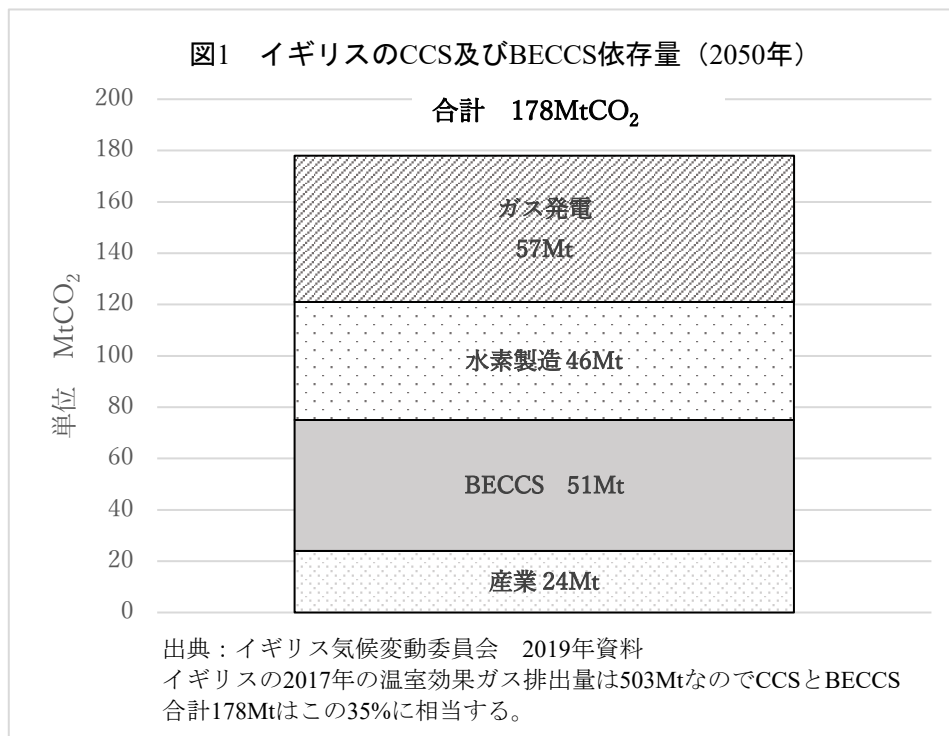


2050年までに地球規模での ゼロエミッション達成は可能か

山口 光恒*

1. CCS と BECCS に大きく依存する 2050 年ネットゼロ

2018年のIPCCの1.5°C特別報告書(SR1.5)と、これを受けてイギリスが2019年6月に2050年温室効果ガス(GHG)ネットゼロを法律で定めて以降、ネットゼロが俄に脚光を浴び、EUに続いて本年9月には中国が2060年にネットゼロを表明し、10月には日本が2050年ネットゼロを宣言した。このほか同様のことを検討している国はかなりの数となっているが、このうち国としてnet-zero目標達成の部門別ロードマップと技術、GDP比のコストと部門別平均対策コストの詳細を公開しているのはイギリスのみだ。電化と水素、それに大量のCCS(化石燃料からの炭素を捕捉して地中に貯留する事で排出をゼロにする技術)で削減に努めるが、最後に残る排出はマイナス排出、具体的にはBECCS¹(CCSつきバイオエネルギー)及び極めて少量の植林及びDACs(大気から直接CO₂を捕捉し地下に半永久的に貯留)で相殺してネットゼロを



* (公財)地球環境産業技術研究機構 参与(Special Advisor, Research Institute of Innovative Technology for the Earth [RITE])

¹ BECCSとはBio-Energy with Carbon Capture and Storageの略称で、バイオマスをエネルギー源として燃すところからCO₂が発生するが、植物は成長過程でCO₂を吸収するのでこの場合には排出がゼロとカウントされる。しかしこの排出されるCO₂を捕捉してこれを地中に貯留するとその分はマイナス排出とカウントされる。これがBECCSがマイナス排出にカウントされる理由である。

実現しようというものである(以下これらマイナス排出を Negative Emissions、NE と呼ぶ)。2050年の CCS および BECCS 合計は 2017 年の総排出量の 35%、BECCS だけでも 10%にも達する(図 1)。

以上はイギリスの話であるが世界レベルではどうか。IPCC の 1.5°Cシナリオの最大の特徴は BECCS を中心に大量の NE に依存している点である。国際エネルギー機関 (IEA) の分析では IPCC の 90 のシナリオのうち 88 が BECCS に依存し、2050 年時点での BECCS の中央値 (Median) は 4.7Gt²である。他方、IEA の中心的シナリオは「持続可能シナリオ (SD シナリオ)」で、これは 2050 年ではなく 2070 年 CO₂ ネットゼロを目指したものであるが、このほかイノベーションが更に進む 2050 年ネットゼロのシナリオも提示している。後者の場合 2050 年には CCS は約 8Gt、うち NE が 3.3Gt 程度 (うち BECCS 約 3Gt) となっている。BECCS は IPCC1.5°Cシナリオよりは少ないとはいえ、CCS 及び BECCS 合計で本年のエネルギー起源 CO₂ 排出量の 1/4 と大きな割合占めている³。以上から大量の CCS 及び BECCS に依存しない限り 2050 年ネットゼロはあり得ないことが分かる。

2. 2050 年ネットゼロ達成に向けてのその他の対策

上記の通りかなりの量の BECCS への依拠が必須と言うことは CO₂ 及びその他 GHG の排出をどうしてもゼロに出来ないからである。これはなぜか。先ずイギリスだが、発電、運輸、産業、建物に絞って述べる。発電部門は電化による需要増に対処しつつ風力・太陽光の発電割合を 57%に増やし、これに原子力、CCS つきガスで排出をほぼゼロにすると共に、BECCS によりマイナス排出とする。陸運部門は乗用車と軽トラは 100%電気、大型トラックは電気と水素で 2050 年には 2017 年の 120Mt から 2Mt に減らす。この為には 2035 年以降乗用車の新車は全て電気自動車にし、EV 用には約 2.5 万の充電設備を設置する。次に航空だが、一部をバイオ燃料で代替する以外に手は無く、残留排出量が 31Mt となる。海運は水素 (アンモニア) で大幅減が可能、産業部門は水素、電化、バイオ燃料、それに CCS で 10Mt まで削減する。建物からの暖房に関わる直接排出 85Mt 分はヒートポンプ、ガスから水素への転換等で残留排出量を 4Mt にまで減らす。これ以外に肉食の減や飛行機での移動回避などのライフスタイルの変化で減らし、どうしても残る排出は BECCS を主とする NE で相殺してネットゼロとするシナリオで、2050 年のコストは GDP の 1~2%としている (イギリスの CCS および BECCS 依存量は図 1 参照)。

次に IEA では上述の SD シナリオについて 800 の技術を対象に世界の CO₂ 削減についての詳細な分析を行っている。ここでは省エネ・再エネは当然とし、これに加えて電化、CCUS (炭素捕捉・利用・貯留)、水素、バイオエネルギーが鍵となるとしている。その上で技術を概念 (リチウムイオン蓄電池等)、初期プロトタイプ (バッテリー飛行機等)、プロトタイプ (アンモニア船、DAC 等)、実証 (脱炭素電気による電解水素由来アンモニア等)、初期市場化 (洋上風力、ヒートポンプ等)、成熟 (水力、電車等) の 6 段階に分け、これらを上記の重点分野に適用し、その結果としての 2070 年の部門別残留排出量を試算している。それによると産業部門 (鉄鋼・セメント)、運輸部門 (海運・空運・大型トラック)、建物部門で 3Gt 程度排出量が残り、これを発電部門とエネルギー変換部門での BECCS 及び少量の DACS で相殺してネッ

² IEA World Energy Outlook 2019 p.124

³ IEA Energy Technology Perspective 2020、第 6 章。なお、IEA ではエネルギー関連 CO₂ のみを分析対象としているので、植林や森林破壊による CO₂ 吸収・排出は含まない点に留意が必要。

トゼロを達成としている。なお、IEA では 2050 年までにネットゼロ達成のシナリオも参考として示しているが、SD シナリオに比べてネットゼロ達成を 20 年間繰り上げることによる追加努力を例示したのが表 1 である。

表 1 IEA2050 年ネットゼロ実現（SD シナリオとの比較：例示）

- 現在プロトタイプ段階の技術は従来の成功例以上の速さで市場に出回り、たった一つの商業ベースの実例があれば市場が拡大すると仮定
- 前例のないスピードでのイノベーションが必須。例えば水素による鉄鋼生産、海運用の電解水素由来のアンモニア燃料、セメント生産でのCCSのような現在実証段階或いはプロトタイプ段階の技術が遅くとも今後6年以内に市場に登場しなければならない
- 実験室段階やsmall prototypeな技術は今後平均10年以内に使用可能となっていなければならない。これまでの例ではLEDが唯一成功例
- 発電部門は2050年までにSDシナリオ対比で20000TWhの発電量増加が必要。これは2050年の中国とインドの合計発電量にあたる
- 2050年まで毎年770GWの再エネ容量増加が必要（SDシナリオの5割増）

出典：IEA Energy Technology Perspective 2020 第6章から筆者作成

3. 2050 年地球規模のネットゼロは可能か

この点の検討には①イノベーションの速度、②既存設備からの排出、③NE の可能性の 3 つの観点が必要である。このうち①は表 1 から極めて厳しいことが分かる。

②の最大の問題は中国である。CO₂ の長期滞留性から累計 CO₂ 排出量と気温上昇はほぼ正比例の関係にある。このことから工業化以降の気温上昇を例えば 2℃或いは 1.5℃に抑えるための累計排出量が計算できる。この量から過去の排出量を差し引いたものが当該気温上昇限度に抑える排出上限（炭素予算）となる。IPCC/SR1.5 では 1.5℃（2050 年ネットゼロに相当）の場合の炭素予算は 420～580Gt とあるが、学術誌 Nature に掲載された論文⁴では途上国、特に中国を中心に近年の石炭火力等建設及び近未来の建設予定が特に多く、世界中のこうした設備が寿命まで稼働すると今後の排出量は 846Gt と炭素予算を超えてしまう。従って 2050 年ネットゼロの可能性は中国等のこうした火力発電所に CCS を付帯させることが出来るか、或いはこうした設備を寿命前に破棄させることが可能かにかかっている。

③の NE であるがこのうち最大のもの BECCS で、ここでの主たる問題点は種の多様性への悪影響、バイオ燃料育成のための土地、食糧生産との競合等で、このうち必要とする土地の面積については IEA の CCUS に関する特別報告に 1Mt の BECCS に必要な面積が出ており⁵、これに IEA の 3Gt を乗じると 300～5100Mha、IPCC の中央値 4.7Gt を乗じると 470～8000Mha となる。前者はアメリカの面積の 33%～5.5 倍、後者は 50%～8.7 倍、大きい方の数字は農業や森林残渣での計算、小さい方はエネルギー用作物と思われるが、ちょっと想像しがたい数値で

⁴ Tong et al. Committed emissions from existing energy infrastructure jeopardize 1.5°C climate target, Nature 572, 15, Aug. 2019, 373-377

⁵ IEA Energy Technology Perspectives 2020, Special Report on Carbon Capture Utilization and Storage, CCUS in clean energy transitions, p.87

ある。

以上 3 つの観点から世界レベルでの 2050 年ゼロについての筆者の判断は「不可能とは言わないまでも極めて困難」というものである。

執筆者紹介

山口 光恒（やまぐち みつつね）

1999年東京海上火災保険株式会社を退社後（役員待遇理事）、慶應義塾大学経済学部教授、東京大学先端科学技術研究センター特任教授等を歴任、2012年4月から現職。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第3作業部会リードオーサー、第5次IPCC報告書国内連絡会座長代理等、気候変動・環境問題にかかる審議会・委員会委員を多数歴任。