

2021年7月12日

イギリスの2050年 net-zero 目標及び第6次炭素予算  
2020年12月

山口光恒

目次

はじめに	2 頁
1、イギリスの長期目標の組み立て方の変更	2 頁
2、Balanced Net Zero Pathway (BP) の概要	5 頁
3、部門別内訳及び炭素除去	7 頁
3-1 陸運	7 頁
3-2 建物	8 頁
3-3 製造・建設業	8 頁
3-4 発電	9 頁
3-5 燃料供給	11 頁
3-6 GHG 除去 (Removals)	13 頁
4、必要投資額及び GDP への影響	14 頁
4-1 追加投資額	14 頁
4-2 操業費	15 頁
4-3 削減 (資源) コスト	16 頁
5、マクロ経済への影響	18 頁
6、第6次炭素予算及び2050年 net-zero への以降に際しての配慮	19 頁
7、第6次炭素予算とその正当性	20 頁
7-1 第6次炭素予算の概要	20 頁
7-2 第6次炭素予算の正当性	21 頁
8、科学の不確実性とパリ協定	22 頁
8-1 気候感度	22 頁
8-2 排出許容残余 CO2 排出量 Carbon Budget	23 頁
9、第6次炭素予算に向けての具体的な行動の勧告	24 頁
10、理想と現実 (第6次炭素予算及び長期目標の実現可能性)	25 頁

## はじめに

2019年5月の気候変動委員会（CCC、Committee on Climate Change）からの勧告（Net Zero, The UK's contribution to stopping global warming、以下CCC2019年勧告）を受け、イギリス政府は同年6月Globalな2100年1.5°C目標達成に向けて2050年のGHG削減率を従来の90年比80%から100%（ネットゼロ）に引き上げた<sup>1</sup>。但しこれを実現するための5年ごとの削減目標については2050年80%削減を前提とした第5次炭素予算<sup>2</sup>（2028年ー2032年の年平均排出量を90年比57%削減、以下2030年目標）迄しか規定がなく、しかもこの削減率では2050年net-zero達成は困難であることが明白であった。しかしこの点についてはいずれCCCから第6次炭素予算についての勧告が出るので、そこで改めて検討することにしていた。こうした中で出されたのが2020年12月のCCCの勧告（The Sixth Carbon Budget, The UK's path to Net Zero、以下CCC2020年勧告）である。ここでは第6次炭素予算期間中（2033-2037年）の年平均GHG排出量を90年比78%減とし（5年間合計排出量は965MtCO<sub>2</sub>e）、これに向けて2030年のイギリスの2030年目標（NDC）を68%減とすべきとあるとある<sup>3</sup>。イギリス政府はNDCについては勧告直後にこれを受け入れてイギリスの2030年目標とし、2035年目標についても本年4月に78%減とすることを発表し、同6月30日に法制化した<sup>4</sup>。この背景には2021年11月にGlasgowで開催されるCOP26の主催国として世界をリードしようとの明確な意図がある。

CCC2020年勧告は第6次炭素予算に関するものであるが、副題にThe UK's path to Net Zeroとあるとおり、あくまで2050年のnet-zeroが中心で、第6次予算はこれと整合性を持つ形で提案されている。しかもCCC2020勧告ではCCC2019勧告と比べて、長期目標達成のシナリオが複数に増えると共に、目標の立て方自体が異なっている。つまり2050年の長期目標がリセットされた。こうしたことから、本メモではCCC2020勧告のうちの長期目標の中心シナリオーBalanced Net-Zero Pathway（BP）ーの概要を中心とし、その後で第6次炭素予算（2035年目標）に触れることとする。

## 1、イギリスの長期目標の組み立て方の変更 単一から複数シナリオへ

イギリスでは既述の通り2019年に2050年までに従来のGHG80%削減からnet-zeroと強化することを決めたが、これを実現するための詳細な部門別・技術的研究を行った。具体

---

<sup>1</sup> The Climate Change Act 2008 (2050 Target Amendment) Order 2019

<sup>2</sup> イギリスで炭素予算（Carbon Budget）という場合、2050年の長期目標達成に向けての5年ごとの排出削減目標である。これに対してIPCCでは同じ言葉が所定の気温上昇に抑えるためのCO<sub>2</sub>の累計排出量の意味で使われている。イギリスでは2008~2012年が第1次炭素予算期間で、以後5年ごとに第2次、第3次というように炭素予算が定められている。

<sup>3</sup> 航空と海運を加えると64%減。なお、NDCの提出により第5次炭素予算は事実上これに置き換わることとなる。

<sup>4</sup> CCCは政府に対して炭素予算を全て国内対策で行い、更に国際航空及び海運からの排出も第6次炭素予算に含めるべきとした。従来政府はこの両方を（特に後者については国際機関（航空はICAO、海運はIMO）がGlobalに規制を実施していることを理由に）拒否していた。しかし本年6月30日にCCCの勧告通り国際航空・海運の排出も加えて965MtCO<sub>2</sub>eで法制化した（The Carbon Budget Order 2021）。

的には 2008 年時点での 2050 年 80%削減のシナリオ (coreシナリオと呼ぶ) はそのまま残り、残り 20%をzeroにすべく部門別に削減の上乗せを行った (意欲的シナリオ)。上乗せの例をいくつか挙げる。例えば航空はバイオ燃料を 5%→10%、海運ではアンモニアが 75%→ほぼ 100%、産業のCCSは 50%→100%、大型トラック (HGVs) の電化と水素を利用した燃料電池化 13%→91%と言った具合である (発電部門ではcoreシナリオでも 97%の脱炭素化が想定されているので大きな変化はない<sup>5</sup>)。意欲的シナリオでも削減しきれない(2050年の残留) 排出量を部門別に見ると航空が最大で 31Mt、次いで農業 26Mt、産業 10Mt等々で、合計 86Mtもある。これをBECCS 51Mtを中心としたNegative Emissions 54Mtで相殺するが、それでもnet排出は 32Mt残ってしまう。イギリスの 1990 年のGHG排出量は 825Mtで、これに比べると意欲的シナリオでも削減率は 96%でnet-zeroには到達できない。ここで留意すべきは意欲的シナリオではBECCSを含むCCSを 176Mtも活用することになっている点である。これは 2017 年のイギリスの総排出量 503Mtの実に 3 割以上をCCSに頼っている計算で、このときのCCCの政府に対する勧告では、CCSはオプションではなくて必須なもの (necessity not an option) とされている<sup>6</sup>。

CCC2019 年勧告は 96%削減までは業種別技術別に炭素価格やGDP当たりコストも含めて厳密に計算されているが、残り 4%削減は投機的オプション (Speculative Option) による削減となっている。これは生活様式の変化 (Dietや人造肉、航空需要の更なる減等)、植林の追加、Negative Emissionsの更なる引き上げ等ありとあらゆる手段を投入してnet-zeroを実現するとしている<sup>7</sup>。上記から 2019 年時点でのイギリスのnet-zero目標達成シナリオは少なくとも 96%削減については一本だったが、CCC2020 年勧告ではnet-zeroへのシナリオが、

①Balanced Net Zero Pathways (以下 BP)

②Headwinds (逆風)

2019 年の CCC net-zero 勧告にほぼ同じ。大規模な水素利用と CCS への依存割合が高い

③Widespread Engagement (行動様式重視)

人々の意識向上と行動様式変化を相対的に重視、削減コストは逆風シナリオに同じ

④Widespread Innovation (イノベーション促進)

低炭素技術のコスト低下を想定。電化促進、費用効果的な DAC 技術出現

⑤Tailwinds (追い風)

生活様式とイノベーションの両方とも促進で BP 以上に削減が進むの 5 本示されている<sup>8</sup> (図表 1 参照)。

<sup>5</sup> Core シナリオと意欲的シナリオの部門別比較は CCC2019 年勧告 155 頁参照

<sup>6</sup> ここでは CCS の捕捉割合は 95%とされている。従って例えば化石燃料燃焼の際に CCS を実施しても 5%分は CO<sub>2</sub> として排出されることを示す。CCS の数値を見る際、捕捉率は重要な数字である。

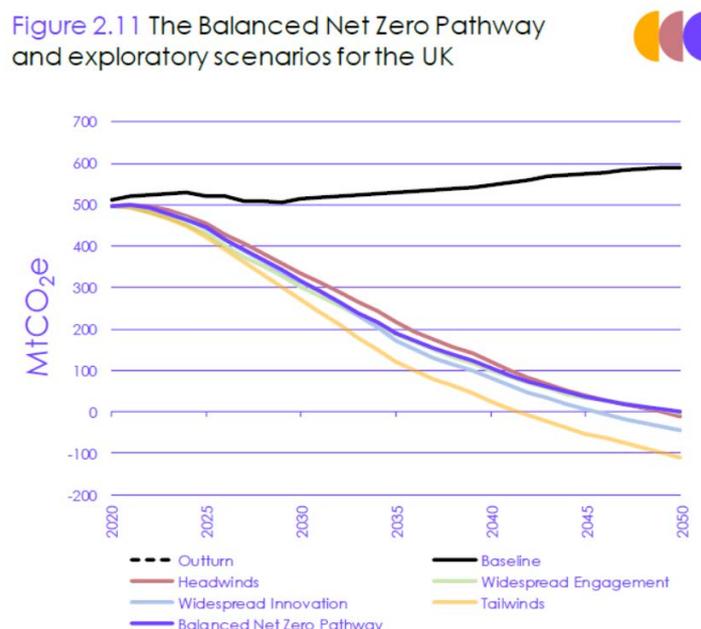
<sup>7</sup> コスト計算上は残り 4%を全て £ 300/tCO<sub>2</sub> で DACCS (CO<sub>2</sub> 直接回収・貯留) で削減と仮定している (CCC2020 勧告 44 頁)。

<sup>8</sup> この 5 つのシナリオ策定に際して 70 のセクター別削減シナリオを開発している。

この5本のシナリオに関してCCC2020 勧告では、生活様式の変化 (Dietや航空旅客数)、年間植林面積、卸売り電気料金、天然ガスグリッドの扱いについての比較表を掲げている (本文 48 頁<sup>9</sup>)。例えば 2050 年の卸売り電気料金は「BP」では£ 50、「逆風」は£ 60、「行動様式重視」は£ 55、「イノベーション促進」は£ 40、「追い風」は£ 35 (いずれもMWh 当たり) という具合である。1 ポンド 150 円とするとBPではkWh当たり 7.5 円の水準となる。また、天然ガスグリッドについてはBPでは水素への変換が 2020 年代に試験的に始まり 2050 年に完了、逆風では 2020 年代からのトライアル開始時期は一緒だが産業が集積している場所で大規模な変換が始まり年に 10kmずつ延びる、家庭用は 2035 年に至るも水素への変換率は 20%に止まる、イノベーション促進ケースでは 2035 年にはほぼ全ての建物で水素への変換が終了する、と仮定している。

このいずれもが 2050 年net-zero (もしくはnet-negative emissions) の達成が可能である。CCCでは、行動様式の変化や技術革新に関して中庸の仮定を置いており、数十年先の複数の選択肢 (例えば陸上輸送や建物での水素&or電化の両方を視野に入れている) を考慮しているという理由で、BPを第 6 次炭素予算の勧告の基としている<sup>10</sup>。従って本メモでも長期目標としてはBPに焦点を当てる<sup>11</sup>。

図表 1 2020 年 CCC 勧告における net-zero への 5 つのシナリオ



出典：CCC2020 年勧告 78 頁

上記のうち BP は青の太線。2050 年時点で見ると BP 以外は net-negative 排出となっている。

<sup>9</sup> 以下本文○○頁とある場合の本文とは、特段の断りがない限り CCC2020 年勧告本文の頁を指す。

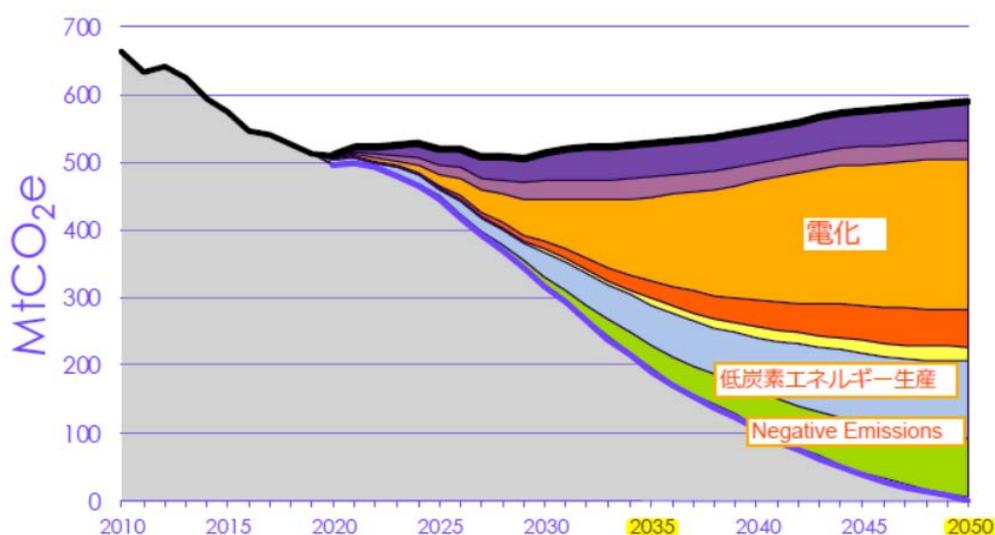
<sup>10</sup> CCC2020 年勧告では、これを以てイギリスの長期削減目標を reset すると述べている (39 頁)。

<sup>11</sup> 2020 年 CCC 勧告では BP はこれしかないというものではなく、例示である (not prescriptive but illustrative) としている (本文 43 頁)。

## 2、Balanced Net Zero Pathway (BP) の概要

BP での 2020 年以降の削減の内訳は図表 2 を参照願う。図から明らかなとおり電化による削減が圧倒的である。次いで低炭素エネルギー生産（水素等）、土地利用（植林等）と炭素除去（BECCS、DACCS）による Negative Emissions となっている。なお、紫の部分は生活様式変化による需要減の効果である。図から削減率の推移としては 2025 年から 2035 年にかけて急激な削減を見込んでいることが分かる。この結果が後述の 2035 年を中心とする第 6 次炭素予算に現れている。

図表 2 BP での削減の内訳



出典：CCC2020 年勧告 26 頁

上から紫色：需要減少、焦げ茶色：効率向上、橙色：電化、赤：水素他低炭素技術、黄色：CCS、水色：低炭素エネルギー生産、緑色：CO<sub>2</sub> 除去（植林、BECCS、DACCS）

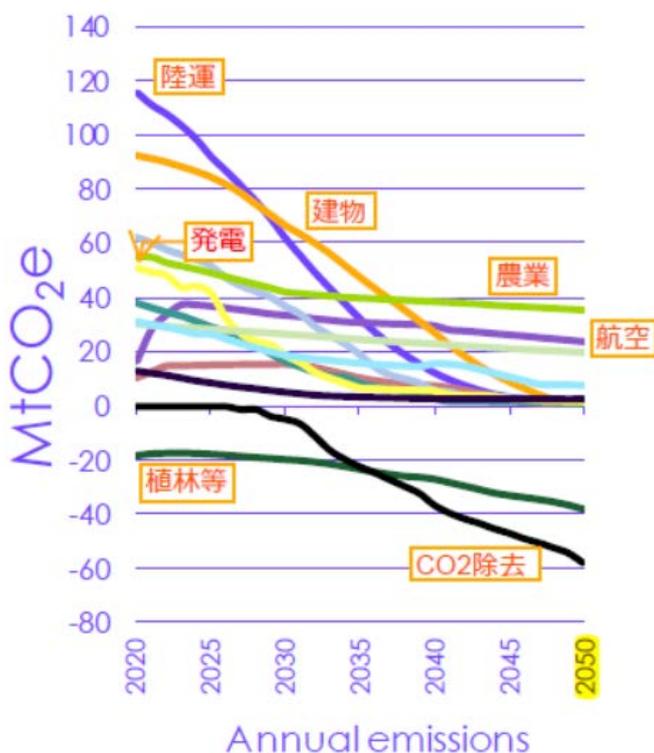
なおシナリオ作成に際して CCC が重要と考えた点を例示すると、生活様式の変化については最新の研究成果を取り入れたこと、現在明確な低炭素代替策がない場合の選択肢は多様である点を認識したこと（例えばシナリオによっては大型トラックや家庭の熱として水素が電化に代替するなど）。また、シナリオでは原則として既知の解決策を優先し、大量な Negative Emissions に頼り続けないようにすること等である。

上記を反映して、BP と 2019 年の net-zero シナリオとの相違は次の通り。①行動様式変化による削減の増（例えば 2019 年の net-zero では肉類の消費を 20%減らす前提であったが BP では 35%削減としている）、②（例えば航空、産業、建設、建物と電化、水素製造の分野で）テクノロジーコストの想定引下げ、イノベーションの想定引き上げにより残留排出の引下げを見込む、③特に発電と水素製造分野で化石燃料使用の更なる引下げとこの大部分を洋上風力（用途は発電と水素製造のための電気分解）での代替などである。これを一言でいうと 2019 年の勧告に比しての BECCS、DACCS への依存割合減とそれによる削

減コストの減である（CCC2020年勧告 44頁）。

では部門別の削減状況はどうか。CCC 2020 にグラフがあるが非常に見にくいので一部分のみ掲載しあとは文章で補足する。

図表3 BP の下での部門別削減状況



出典：CCC2020年勧告 65頁から一部抜粋

2020年時点の排出量の上から陸運、建物、3番目は製造・建設業、4番目は農業（ダイエット、食品廃棄物の減、低炭素農業推進など）、5番目（黄色）は発電、6番目（緑色）は燃料供給（発電以外への低炭素水素とバイオエネルギー供給）、7番目（水色）は廃棄物（ゴミ捨て場など）、8番目（紫）は航空、9番目（黒）はフロンガス、10番目（茶色）は土地利用（LULUCF）、次いでCO2除去、LULUCF（植林、泥炭層の改良など）の順。摘要の色の面積が小さくわかりにくいので、本文を読んで業種の特定を行った。

- ・発電部門が最も早くゼロに近づく。化石燃料を再エネで代替する技術が既に存在するのに加えて、明確な政策導入で将来の予測可能性が高いからである。
- ・建物や陸運等の部門では2030年代に脱炭素化が進展。ヒートポンプやEVのような低炭素技術の市場は2020年代に拡大し2030年代になって高炭素設備を代替する。
- ・製造業・建設業、燃料供給部門は2020年代後半から削減率が高まる。電化、水素、CCSの進展により低炭素生産が可能になるからである。
- ・農業、航空はゼロにはならず、植林による吸収や2020年代に大規模に活用されるCO2除去により相殺される。

部門別削減は上記のとおりであるが、その詳細が本文93～203頁に亘り詳細に分析されている。個々の部門についてさらに知りたい場合はそちらを参照願いたい、ここでは陸運、

建物、製造・建設業、発電、エネルギー供給部門について若干の補足をし、続いて全体に適用される炭素除去（Negative Emissions）の内容について述べる。なお、以下では BP シナリオに絞る。

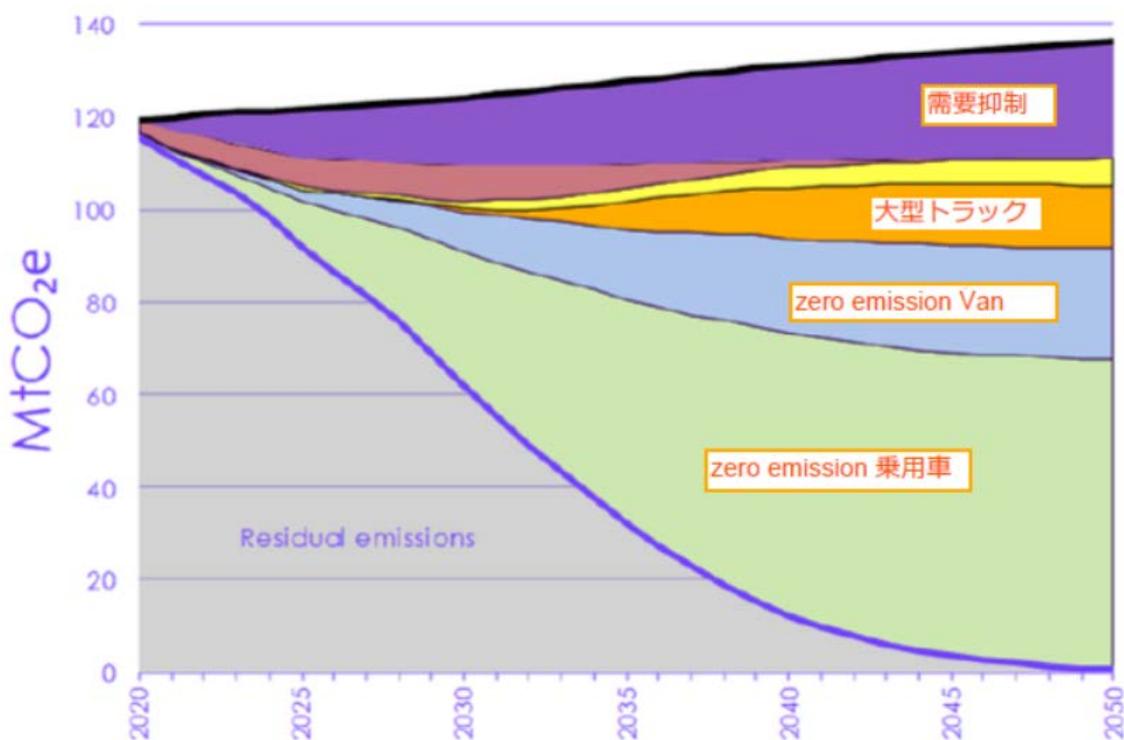
### 3、部門別内訳及び炭素除去

以下の部門別削減内容は BP シナリオによっているが、CCC の勧告では全ての部門についてイノベーション促進ケースや逆風ケースなど他の 4 つのシナリオについても同様の検討を行っている点付記しておく。

#### 3-1 陸運

陸上運輸からの GHG 排出量は 2019 年に 113Mt と全体の 22% で最大である。これを 2035 年に 32Mt、2050 年に 1Mt（ほぼゼロ）にしようというものである。図表 4 を参照。

図表 4 陸運における削減の内訳



出典：CCC2020 年勧告 97 頁

2035 年時点で上から 2 番目の茶色は在来ガソリン車の燃費改善、その下の黄色は乗用車、バン、大型トラック以外のゼロエミッション車（バスなど）

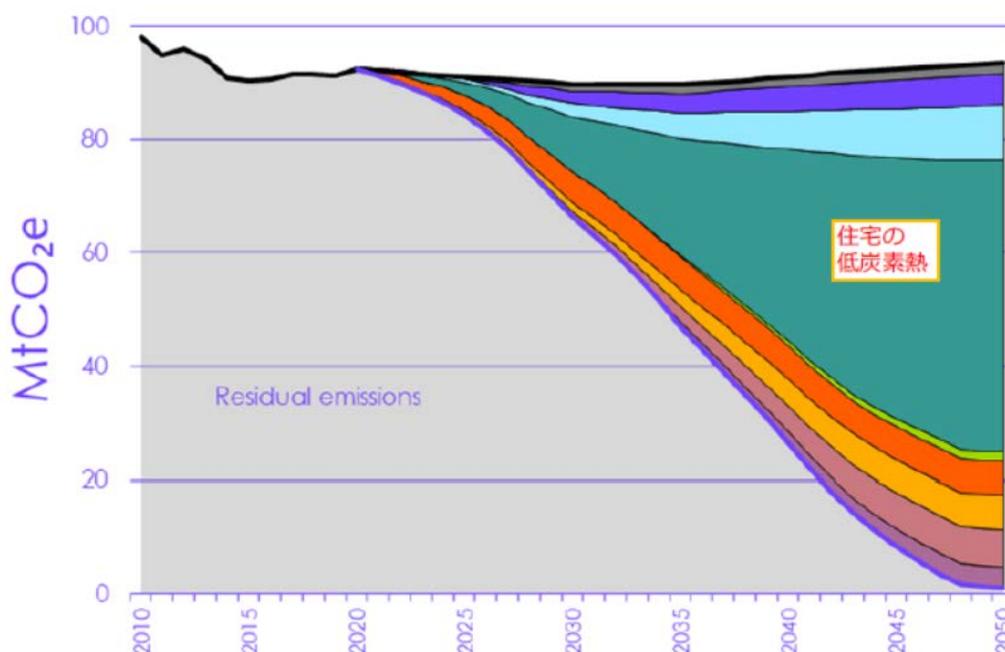
図から分かるとおり、自動車による旅行抑制などの需要抑制効果はある程度あるが、圧倒的なのは乗用車及びバンでの排出減である。遅くとも 2032 年までには在来のガソリン車、バン、それに Plug-in Hybrid の新車販売禁止等により、電気自動車（EV）が急増する。2035 年にはバッテリーEV（BEV）が 2500 万台に達する。これに伴い家庭、職場、道路脇での

充電設備も急拡大する<sup>12</sup>。

### 3-2 建物

建物の排出削減は今後数年はエネルギー効率改善が主であるが、2028年以降は低炭素の熱（暖房）による削減が圧倒的となる（図表5）。

図表5 建物部門の削減とその内訳



出典：CCC2020年勧告 110頁

内訳は上から生活様式の変化（濃緑）、住宅のエネルギー効率改善（青）、住宅への低炭素熱ネットワーク整備（水色）、住宅の低炭素熱（緑）、住宅での調理（黄緑）、非住宅での効率向上（赤）、非住宅での低炭素熱ネットワーク（橙色）、非住宅建物の低炭素熱（オード色）、非住宅その他（焦げ茶色）。

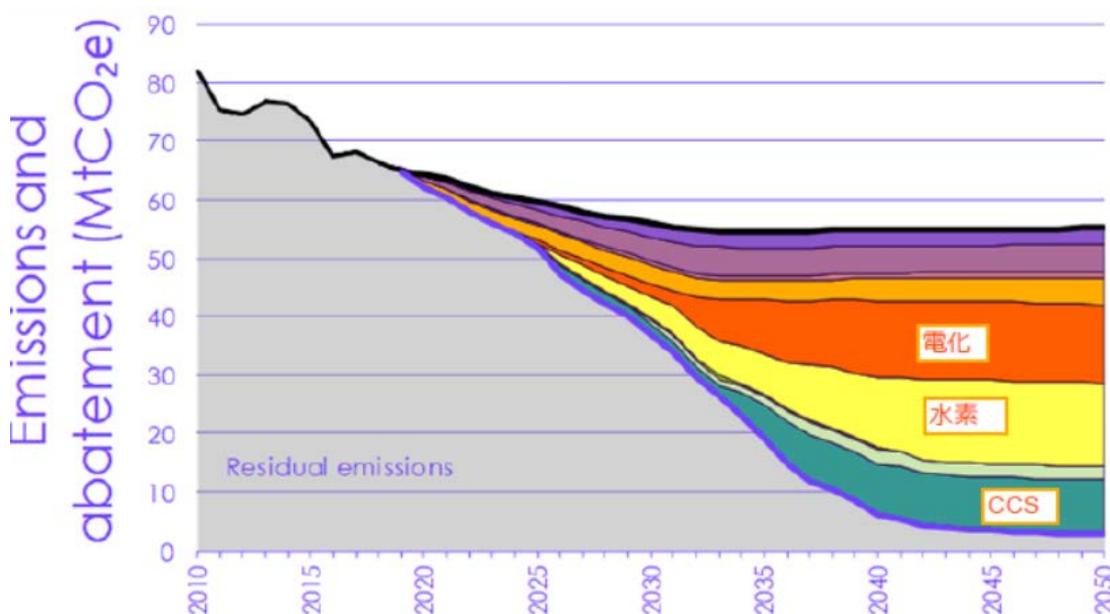
政策としては例えば熱については遅くとも2025年までに全ての新規購入ボイラーを水素でも使用可能なものとする。例外はあるが2028年以降石油と石炭による暖房をなくし、2033年からはガス暖房の禁止（低炭素暖房への切り替え）などのスケジュールが並んでいる。なお、ヒートポンプへの期待は大きく、2030年までに建物の熱需要の37%は低炭素になるが、このうちの65%はヒートポンプとなり（地域暖房は32%）、2050年までには全ての熱需要は低炭素の熱で賄われるが、この52%はヒートポンプ（地域暖房は42%、5%が水素ボイラー、1%が電気による直接暖房）になるとしている。

### 3-3 製造・建設業

<sup>12</sup> なお、乗用車は専らBEVだが、重量トラックについてはFuel Cell Vehicle（FCV）が新車販売の半分以上を占める（本文104頁）。

製造・建設量では CCS も用いて削減に努めるが net-zero には届かない。ここで重要なことは政府として製造・建設業を海外に逃避させたり、それによって雇用が失われないように注意が必要ということをも明白にしていることである。この点どこの国でも同様だろう。

図表 6 製造・建設業での削減の内訳



出典：CCC2020年勧告 125頁

内訳は上から資源への需要減（紫）、製造中の資源効率向上（あずき色）、材料転換（濃いあずき色）、エネルギー効率向上（橙色）、電化（赤）、水素（黄色）、バイオ燃料（緑色）、BECCS（薄緑色）、CCS（濃い緑色）、その他（黒）。バイオ燃料の削減は2.5Mtあるが図ではほとんど見えない。

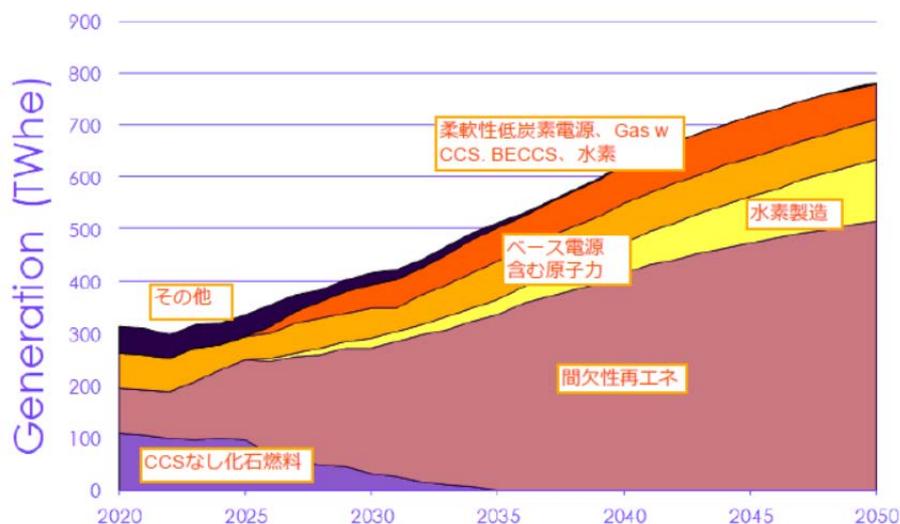
この部門の削減は2040年ではほぼ下げ止まりである。電化、水素、CCS(+少量だがBECCS)で8割近い。CCSと水素は2025年から導入が見込まれている。電化による2045年の削減は14Mtに相当するが、その内訳は電気ボイラー、電炉等々である。水素も2045年には電化と同じく14Mtの削減に貢献するが、内訳は水素ボイラー、熱電併給、発電機やキルンなどである。こうした手段は既存の設備の改造で可能なので更新時期を待たずに追加可能である。CCSはプロセス排出を中心に2045年に5Mtの削減に貢献。この他アンモニアや肥料プラント、鉄鋼などで2045年に4Mt相当の削減となる。

### 3-4 発電

発電部門での問題は如何にして排出をnet-zeroとするか、そのためには特に価格の低い再生エネの増と脱炭素のバックアップ発電をどう確保するかである。Balanced Pathwayでは発電部門は電力需要が増え、よりFlexibleなシステムの中で2035年までにはほぼ脱炭素となる。2050年の電力需要は電化の進展の中で現在の300TWhから610TWhへと倍増する（これは純粹の電力需要であるが、この他部門を問わず水の電気分解用の電力の需要も入れる

と 680TWh程度となる<sup>13)</sup>。2050年の電力需要は建物が半分近くを占め、次いで運輸、産業・建設の順である。発電の炭素集約度 (CO<sub>2</sub>/kWh) は2019年 50g、2035年 10g、2050年 2gと大幅に下がる。これに対して電力供給の量と電源構成は図表7のとおり。

図表7 発電量の伸びと電源構成



出典：CCC2020年勧告 138頁

2035年までにガスも含めてCCSなしの化石燃料発電（紫の部分）はなくなる。発電量における間欠性の再エネの割合は2030年60%、2035年70%を経て2050年には80%にも達する（筆者注：間欠性余剰電力による水素製造—上図の黄色部分—を含む点に留意）。これにより最小のCO<sub>2</sub>排出量と最小コストで増加する電力需要を満たすことが可能となる。再エネのうちでも風力（とりわけ洋上風力）が鍵を握る<sup>14)</sup>。BPシナリオでの風力とPVの発電電力量の見込みは次の通りで、2050年の風力の発電量はPVの5倍もある（下表はCCC 2020 135頁に基づき筆者作成）。

	2035	2050
Wind	265TWh	430TWh
Solar	60TWh	85TWh

CCS付きガス・BECCS・水素はBackup電源となる。BECCSはNegative Emissionsとして電力部門の脱炭素化に貢献する。BPでは2020年代にいくつかのガス火力が水素にかわる。原子力は2020年代に既存の発電所が閉鎖となるが、BPでは2035年までには8GW

<sup>13)</sup> CCC2020の本文134頁では電力需要について図(Figure 3.4.a)を参照して610TWhとしているが、136頁の電力需要の部門別内訳図(Figure 3.4.a、本メモでは省略している)をみると部門別需要610TWhの他に水の電気分解用電力が加わって約680TWhとなっている。なお、本メモで引用した図表7は電力需要ではなく、発電量の図で2050年には800TWhに近い。この差は余剰電力での水素製造である。

<sup>14)</sup> CCC2020本文135頁の記述によると、このためには毎年3GWの風力の新設と25-30年で更新時期を迎える既設風力の更新がしている。これに対して日本については2030年における風力の導入見込みは陸上・洋上を併せて19GW(現状は4.2GW、資源エネルギー庁の第40回基本政策分科会資料)で、この通り実現しても年平均増加能力は0.5GW程度に止まる。如何にイギリスの計画が大胆かが分かる。

分の新設があり現在の水準（10GW）を回復する。

BPでは電力システム自体がより柔軟になる。これは電力貯蔵、需要面での柔軟性（平準化）、余剰電力利用、他国のGridとの接続の面から説明されている。例えば貯蔵のうち最大のものは水素であるが、水素は需要低下時に余剰となる間欠性電源（VRE）により製造される。バッテリーも2035年までには18GWの貯蔵が可能となるが、これはせいぜい1日のうちの調整（within-day flexibility）にしか使えない。勿論揚水もあるが多大な期待は出来ない。BPではまた、余剰電力を使って低コストでの水素製造を行う。電解による水素は2035年は水素供給の25%だが、2050年には45%と半分近くまで上昇見込みである。この他外国gridとの相互接続の利点を挙げているが、日本についてはあまり現実的ではない。発電の説明の最後に、発電コストについての表があったので参考までに掲げておく。

図表 8 BPでの発電コスト見通し

Table 3.4.b Costs of generation technologies			
	2020 £/MWh	2035 £/MWh	2050 £/MWh
Unabated gas plant (excluding carbon price)	50	60	60
Variable renewables	65	40-45	25-40
Firm power	-	85-105	85-105
Dispatchable low-carbon power	-	100-205	110-220

出典：CCC2020年勧告 144頁

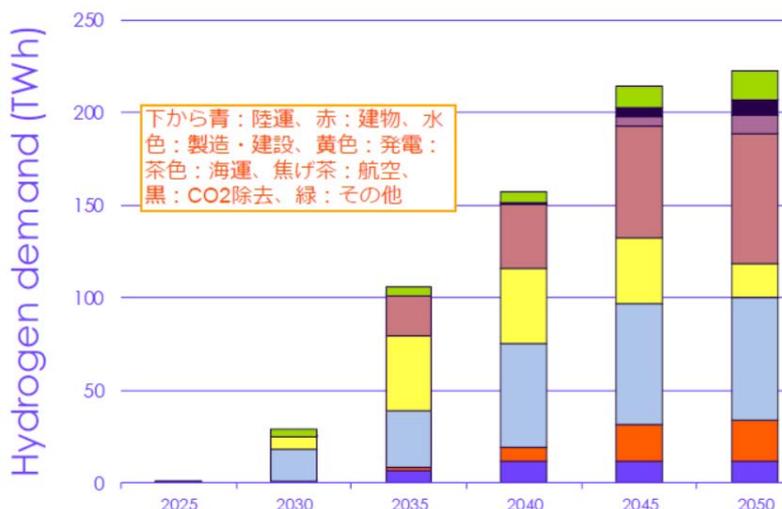
ここで注目すべき点はいくつかある。先ずVREが2035年にはCCS無しのガス火力（炭素価格上乘せ前）より低くなっていることである。日本とイギリスでは特に風力の立地に大きな差（日本では遠浅が少ない等）があるが、日本で再エネを大幅に増やす場合、その発電コストをどの程度下げられるのかは大きな懸念材料である。次に2050年時点でもベース電源（Firm Power）や柔軟性低炭素電源のコストはかなり高いことである。市場機能だけでCCSなしガス火力をなくすには炭素価格を相当高くする必要があるということである。なお、電気料金について、その一部は電力需要家ではなく納税者の負担という案もあるとしている点である（本文147頁）。これはイギリスの製造業の競争力問題を念頭に置いたものかも知れない。

### 3-5 燃料供給

CCC2020勧告では、電気ではなく燃料を使用する部門に対する燃料供給面での脱炭素化にむけて、2018年に化石燃料1100TWh、バイオ燃料170TWhの実績から、2050年には425TWhの低炭素水素とバイオエネルギーに変えるという目論見である。CO2排出量は2035年までに2018年比で80%減となる。燃料供給面での脱炭素化の主因は化石燃料からの転換（例自動車）、電化（例石油・ガス生産）、CCS（例石油精製）である。

低炭素水素の供給はその他の部門の脱炭素化に貢献しNet-Zeroに必須である<sup>15</sup>。水素需要は2030-2045年にかけて急増、製造業、海運（アンモニア）、発電のバックアップ電源が主要な先である（図表9）。

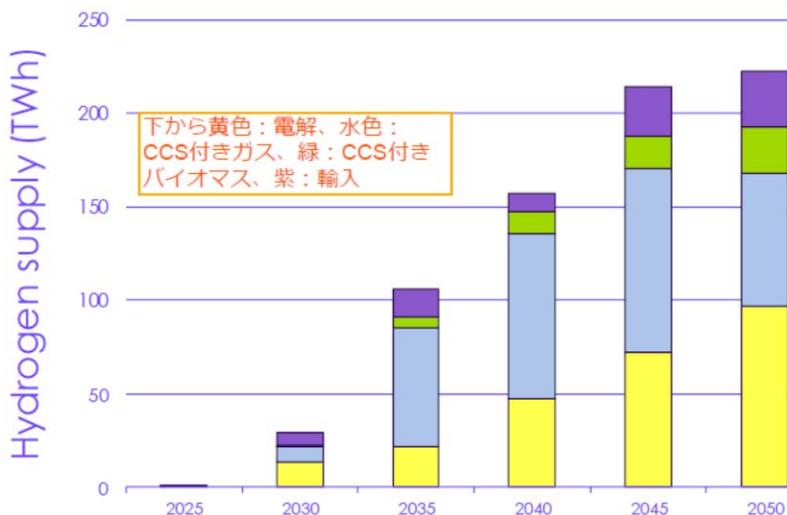
図表9 BPにおける水素需要



出典：CCC2020年勧告 151頁

下から青：陸運、赤：建物、水色：製造・建設、黄色：発電、茶色：海運、焦げ茶：航空、黒：CO2除去、緑：その他

図表10 BPにおける水素供給



出典：CCC2020年勧告 152頁

下から黄色：電解、水色：CCS付きガス、緑：CCS付きバイオマス、紫：輸入

他方水素需要は図表10の通り2035年から急増する。はじめはCCS付きでガスから製造す

<sup>15</sup> 水素製造についてはCCS付き天然ガスでの製造が主であるが、2035年以降は再エネによる電解が大きくなるとみている。なお、CCSなしガスでの水素生産はここでは対象とはならない。

る水素が主流であるが、その後 VRE による水の電解による水素への需要が伸び、2050 年にはこれが主流となるとの図となっている。

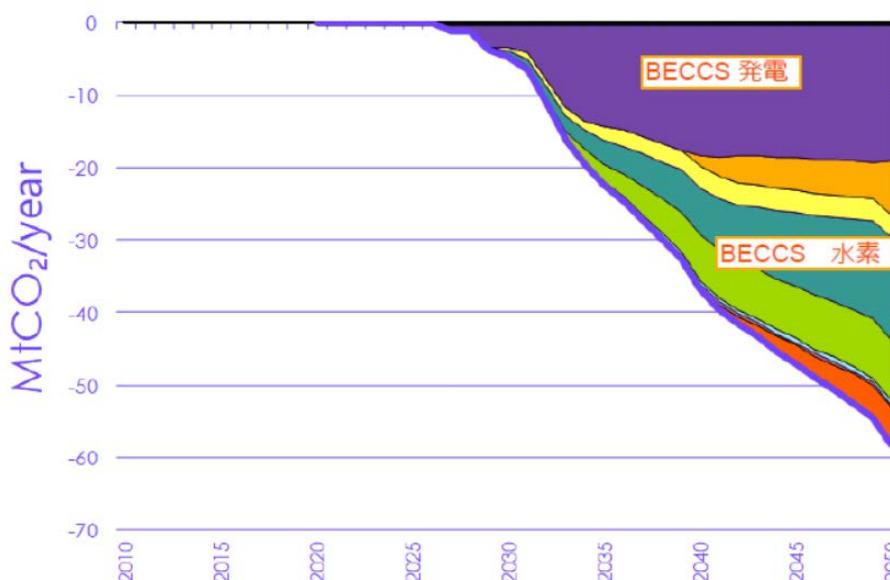
燃料供給のうちバイオエネルギーと廃棄物については、森林残渣と特にエネルギー穀物・輸入の増に伴い増加する。用途については 2050 年には発電、燃料、航空と続き、陸運での使用はほぼ無くなる。供給面では森林残渣、輸入、エネルギー穀物など多様である。2030 年代以降 CCS 付き (BECCS として Negative Emissions にする) が主流になる。農業、航空、海運、廃棄物、F-ガスは省略。

### 3-6 温室効果ガス除去 (Removals)

ここで残留排出量を相殺する CO<sub>2</sub> 除去 (Removals)<sup>16</sup> について述べる。除去によって残留排出量を相殺可能となる。イギリスの基本的な方向性は技術がある限り極力除去を減らすことで除去の必要性を最小化することである。2019 年の Net-Zero についての CCC の勧告で既に述べたとおりであるが、その後 IEA 等の知見を踏まえて更なる検討を行ったのが今回の結果である。

BP では除去は図表 11 の通り 2050 年には 58Gt で、この 9 割は BECCS で DACCS は 1 割程度。この他土地利用の 39Mt を加えると Negative Emissions 合計は 97Mt となる。

図表 11 BP での除去の内訳



出典：CCC2020 年勧告 198 頁

上から紫：BECCS 発電、オレンジ：BECCS 廃棄物からのエネルギー、黄色：BECCS 製造・建設、濃い緑色：BECCS 水素、緑色：BECCS バイオ燃料、水色：BECCS バイオメタン、茶色：混蔵物組み込み木材 (見えない程度)、赤：DACCS

イギリスでは大規模な BECCS と DACCS は未実施であり、図の通り BECCS は 2035 年

<sup>16</sup> ここには植林など人工的ではない Negative Emissions は含まない (本文 197 頁)。

に 22Mt、2050 年に 53Mt、DACCS は 2050 年 5Mt としている。建物への木材使用は 2050 年でも 0.44Mt と僅少。なお、バイオエネルギーは持続可能な方法で生育した植物の使用を前提としている。念のため 2050 年の除去に関する CCC の 2019 年勧告と 2020 年勧告(本メモの対象) の比較を下記に掲げる(筆者作成)。今回は発電での BECCS がかなり減少、また、DACCS は 1Mt から 5Mt に増加している。

	BECCS 発電	BECCS その他	DACCS	合計
BP	19Mt	34Mt	5Mt	58Mt
2019 CCC 勧告	35Mt	16Mt	1Mt	52Mt

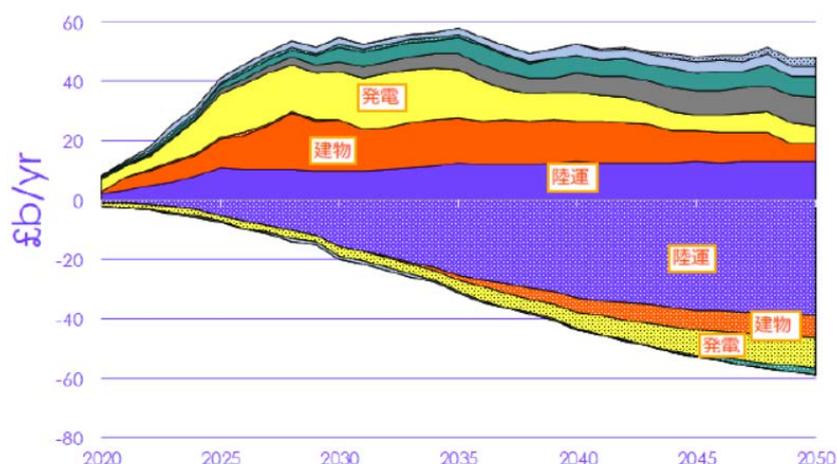
削減コストの試算もある。それによると BECCS は業種により 2030 年代は £ 70~275(平均は £ 100)、2050 年までには £ 40~190 程度に下落(但し図表 15 では 50-160)。DACCS は 2020 年代は £ 400 と高いが、2050 年には £ 180 程度迄の低下を見込む(本文 201 頁)。ここで除去も含む CCS に関して付言しておく。2019 年 CCS net-zero 勧告では 2050 年の CCS は 176Mt であったが、2020 年の BP では 104Mt と大きく減少している(本文 68 頁)。しかしこの理由についての説明はない<sup>17</sup>。

#### 4、必要追加投資額及び GDP への影響

##### 4-1 追加投資額

BP 達成には新規の投資が必要である。CCC ではこの額は 2020 年の年 100 億ポンド (£ 10B) から 2030 年に 500 億ポンド (£ 50B) に達し、その後 2035 年に一時増加するが 2050 年まではこの水準で推移するとみている(下図の zero から上の半分)。因みに 2019 年のイギリス全体の投資額は 3900 億 £ (GDP の 17%) である。

図表 12 新規投資及び操業費の推移



出典：CCC2020 年勧告 250 頁

<sup>17</sup> 日本では CCS と CCUS を同列に扱っているが、CCC はこれを厳密に区分しており、CCUS という言葉は勧告にはまれにしか登場しない。CCU の削減効果が不明なためだと思う。

Zero より上が初期投資コスト、下（網掛け）が操業コスト。投資コストは下から青：陸運、赤：建物、黄：発電、ねずみ色：ネットワーク、緑：製造・建設、その上がその他。操業コストは zero から下に順に、青：陸運、赤：建物、黄：発電、緑：製造・建設部門等

部門別に見ると発電部門は早い時期に巨額な投資が必要で、これは増大する電力需要や風力発電の増強に伴う投資である。第6次炭素予算期間中は年平均150億ポンドが必要。陸運の投資は高額なゼロエミッション車の購入費と充電等のインフラ整備、建物分野では初期（2020-2030年）には断熱材などのエネルギー効率向上投資、それ以後はヒートポンプのような低炭素熱への投資である。ヒートポンプはガスボイラーより効率的だが高額だ。投資に関して留意が必要なのは、この大部分は民間が行うべきだと主張していることである（CCC 2020 勧告 20 頁）。

なお、CCC 報告書ではいくつかの技術についての BP シナリオでのコスト低下の予測が提示されているのでその一部を紹介する。下落率は 2020 年と 2050 年の比較である。

図表 13 投資額計算の前提としての技術のコスト

コスト ￡					
部門	技術	2020	2035	2050	下落率
発電	洋上風力	45/MWh	43	40	11%
	PV	55/MWh	43	40	27%
運輸	バッテリー	121/kWh	46	42	65%
	燃料電池	520/kWh	237	174	67%
除去	BECCS	120/tCO2	106	98	18%
	DACCS	430/tCO2	240	180	60%
燃料供給	水素	78/MWh	37	37	52%
	アンモニア	145/MWh	76	75	52%

出典：CCC2020 年勧告 247 頁の図より抜粋

発電については技術が成熟しており下落率が小さい。下落率が大きいのは燃料電池、バッテリー、除去等。除去のうちでは DACCS の下落率が高い。しかし CCC は DACCS については不確実性が高いと明記している。

#### 4-2 操業費

ここでは脱炭素を進めるための操業コストに焦点を当てる。初期投資は上に述べたとおり巨額になるが、これによる効率化や燃料節減等によって操業費は（投資前に比べて）下落し、長期的には投資が引き合うようになる。図表 12 の zero から下の網掛けの部分が操業費の下落部分である。

まず目につくのは陸運である。電気自動車はガソリン車に比べて高効率で更に維持費も大幅に安いので、2050 年までに 300 億ポンドの操業費節減になるとしている。発電部門の操業費は化石燃料費が大きいのが、2035 年までに操業費の節約が年に 100 億ポンドにもなる。建物部門では新規投資による効率向上と低炭素熱への切り替えで操業費が低下する。2050 年までの操業費の節約分は年平均 80 億ポンドと見込まれる。

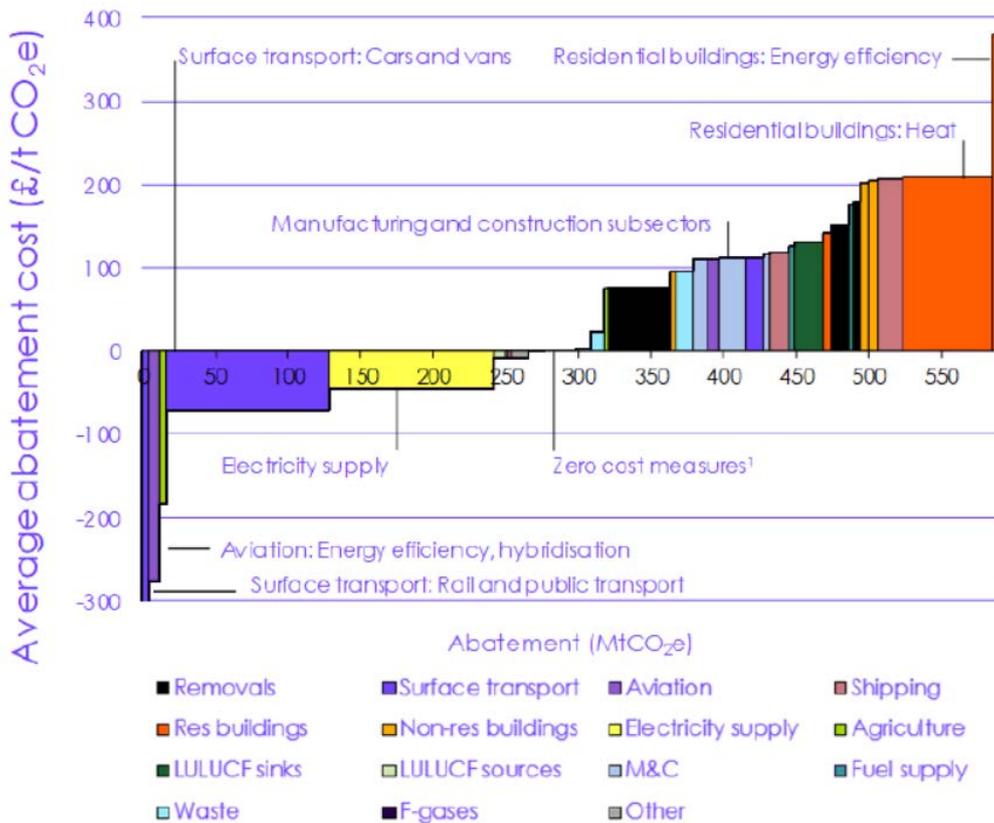
この結果 2050 年までに操業費節約の累計額は新規投資額と等しくなる。

### 4-3 削減（資源）コスト

上記の通り投資は操業費の低下で長期的には相殺されるが、2050 年にかけての年間の資源コスト（resource cost、これは同等のサービスを低排出で実現するためのネットの追加的コストを指す）は GDP の 1%以下である。具体的には年間の資源コストは 2030 年代から 40 年代にかけて GDP の 0.6%程度、2050 年には 0.5%程度である。これは 2019 年の CCC の勧告時の GDP の 1-2%より低くなっている。この理由は電気代の低下と低炭素技術の普及、それにコストの高い CO2 除去の割合を減らし、それに替わって行動様式の変化を織り込んだからである。相対的にコストが高いのは建物、CO2 除去、製造・建設部門での削減である。注意すべきはここで追加になる資源コストはその分だけ GDP を減少させるわけではないということである。主たる理由は Covid-19 により設備に余裕があるためである。この報告書で使われたモデルでは、資源が化石燃料輸入から英国内での投資に振り向けられている。

上記は経済全体での話だが、部門別の削減平均コストと削減量は図表 14 の通りである。

図表 14 主要部門別平均削減コスト（2050 年）



出典：CCC2020 年勧告 261 頁

これは一見限界削減コストの曲線に似ているが、部門別（一部 subsector、それに CO2 除去を含む）の平均削減費用曲線である点に注意が必要。横軸は削減量、縦軸は削減コスト。2020 年のイギリスの CO2 換算排出量が約 550Mt なので、一番左の対象から削減を始め、一番右のアパート（residential flat building）の効率改善まで実行した時点で丁度排出が zero になる。削減の絶対量としてはバンを含む乗用車と発電部門の削減が最大であることが一目で分かる。次にこれを数字で表したのが下表である。図表 14 と細かい部門分けで相違があるが基本的には同じ内容である。ただし下表では削減量は分からない。

図表 15 セクター・サブセクター別平均削減コスト（2050 年）

Average abatement costs in 2050 by sector and subsector			
Sector or measure	Abatement cost (£/tCO <sub>2</sub> e)	Sector or measure	Abatement cost (£/tCO <sub>2</sub> e)
<b>Electricity supply</b>	-50	<b>Shipping</b>	<b>180</b>
Variable renewables	-85	<b>Agriculture</b>	-60
Firm low-carbon power	45	Crops and soils	<u>-525*</u>
Dispatchable generation with CCS	130	Livestock	-185
<b>Residential buildings</b>	<b>185</b>	Machinery	75
Existing homes: behaviour change	-55	Waste management	<u>-305*</u>
Existing homes: low-carbon heat	220	<b>LULUCF sources</b>	-10
New homes: energy efficiency and low-carbon heat	145	<b>LULUCF sinks</b>	130
<b>Non-residential buildings</b>	170	<b>Waste</b>	70
<b>Manufacturing and construction</b>	80	<b>Surface transport</b>	<u>-65</u>
<b>Fuel supply</b>	65	Cars and vans	-65
Biomass	60	Rail and public transport	<u>-625*</u>
Carbon Capture Utilisation and Storage (CCUS)	<b>180</b>	HGVs	115
Electrification	125	<b>Aviation</b>	<u>-45</u>
<b>Engineered removals</b>	<b>100</b>	Efficiency, hybridisation	<u>-275*</u>
Bioenergy with CCS	<b>50-160</b>	Low-carbon fuels	110
Direct Air Capture with CCS	<b>120-180</b>	<b>F-gases</b>	-1

出典：CCC2020 年報告 261 頁

コストが高い部門には黄色のマーク、マイナスコストの大きい部分には赤の下線を引いておいた。表が小さいが数字の確認に利用願う。コストの高い方で言うと住宅、CCUS、海運、DACCS、BECCS といったところ、マイナスコストは鉄道と公共交通機関利用、廃棄物管理などである。勿論こうした数字は経済成長率、化石燃料価格、技術のコスト、資本コストや割引率などの動向で左右されるという意味で不確実性がある。

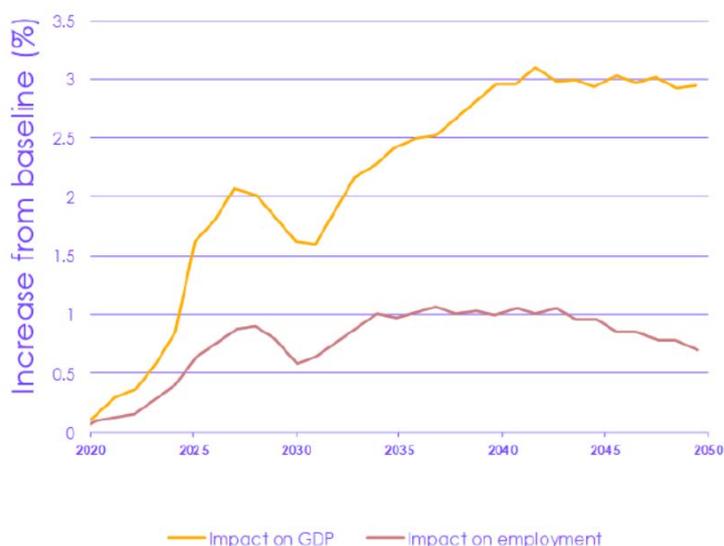
政策決定の際にどの程度のコストがかかるのかは必須の情報であるが、この点について日本の2050年 net-zero 及び2030年目標について全くこうした情報無しで決定したのはどう考えても腑に落ちない次第である。

## 5、マクロ経済への影響

すぐ上で述べた年間資源コストはマクロ経済への影響そのものではない。例えば化石燃料輸入をやめ国内投資に振り向ければ経済に異なった影響を与える。現在はCovid-19の最中で、低投資、低金利、高失業率の下での気候変動対策は経済にプラスの影響を与える可能性が高い。グリーンリカバリーとして気候変動対策に組み込むべきだ。

第6次炭素予算勧告に際してCambridge Economicsに委嘱して彼らのモデルを使った。それによると2030年までには追加的対策無しに比べてGDPが2%成長し、結果として雇用が1%増えるとの結果を得ている<sup>18</sup>。

図表 16 2050年 net-zero 対策の GDP 及び雇用への影響



出典：CCC2020年勧告 269頁

Cambridge Econometrics による試算 グラフは上が GDP、下が雇用

CCC勧告はこれに続いてNet-zeroの効果として、当然のことながら気温上昇による被害の減少<sup>19</sup>、大気汚染減少など健康や快適さの便益、種の多様性へのプラスの影響（この点に配慮してイギリスの場合にはバイオ燃料をかなり制限している）、気候変動対策で世界をリードすることによるイギリスへのプラスの影響などを挙げている。この最後の点はいか

<sup>18</sup> この結果についてはモデルの中味を吟味しない限り評価は困難。コロナによる経済停滞があったとはいえ、これが正しければ非常に厳しい対策を打てば経済が成長するという政治家にとって非常に都合な絵が描けることとなる。

<sup>19</sup> ここで興味深いのは4℃上昇と2℃上昇の差を論じていることである。本来は1.5℃と4℃を比較すべきところである。まさか1.5℃と言いながら、実際は2℃までは覚悟しているというのではないと思うが。

にもイギリスらしいが、実際にこうした効果があるのは否定できない。なお、日本の長期、中期目標決定についてこうしたマクロ経済への影響への具体的言及が全くないのは、価格を聞かずに商品を購入するのと同じ解せない行動である<sup>20</sup>。

## 6、第6次炭素予算及び2050年 net-zero への移行に際しての配慮

上記の通り 2050年 net-zero へのBP、及びその経過時点での第6次炭素予算(2033-2037年)の達成にはイギリス社会を急速且つ急激に脱炭素社会に変革していかなければならない。ここに出てくるのが **Just Transition** (社会の公正な移行) という概念である。もしこれが公平性を欠き、国民や地域社会から支持されなければうまく機能しないからである。**Just Transition** を進める上で鍵となる諸点は次の通りである。化石燃料関係は衰退し、低炭素関連業界は潤う。地域差も大きい。公平性を保ちつつこれを進めるには関係者の参加を得て今から準備しなければならない。エネルギー価格は将来的には下落するが、当面は上昇する。これを放置すれば低所得者に逆進的に働き、電化の妨げにもなる。何らかの対策が必要である。

国際競争に曝されている部門については、適切な政策が無ければ炭素の **Leakage** が発生する。他国と同一条件での競争 (**level playing field**) が必要である。国際競争に曝されている製造業<sup>21</sup> (他には農業、空運・海運など) に対しては当初は税による補助が必要。但し長期的には補助政策はやめ、世界が同一条件で競争すべきである。その例としては製品の規格作成、国境税調整がある。今からこれに備えて炭素集約度の基準や国境税調整の必要性の国際的合意を目指して作業を始めるべきである<sup>22</sup>。

脱炭素化に向けて 2030年までに年間 40-70 億ポンド (6000 億-1 兆円強) の政府資金が必要となる。これは産業での脱炭素化や家計のエネルギー代を上げずに建物の改築などを進めるための必要な資金である。この他初期には低炭素発電支援の資金も必要であろう。この財源の多くは炭素税で賄われる。特に航空分野では現在税率が低く公平性の観点からの問題も少ないので、ここは炭素税の財源の一つとなる。

この他興味を引くのは **BP** シナリオの財政への影響分析で、このうち経済全体の変化と財政への影響については既述の試算コスト (2035年の **Resource cost** は **GDP** の 1%以下) とマクロ経済モデル (**GDP** が 2%成長と予測) による相違が大きく不確実だという理由で実施していないが、個別の税については試算している。例えば低炭素自動車への移行で 2050年までにはガソリンとディーゼル燃料がなくなり、2030年までに新車は全て低炭素自動車

<sup>20</sup> 勿論 **CCC** 勧告のコストが正しいかどうかは現時点では不明であるが、それとこれとは別問題である。

<sup>21</sup> 大手製造業はイギリスの排出権取引制度の対象で、ここでは無償の初期配分を行っているがこれは漸次縮小されている。足りない分は炭素価格で市場から購入するが、**net-zero** の場合これを遙かに上回る投資が求められる。

<sup>22</sup> 筆者はこれまで永年に亘る **IPCC** 報告書の執筆、**ISO** での環境関連規格作りの国際会議、**OECD** での貿易と環境作業部会への日本代表としての出席などの経験を通して、こうした面でのイギリスの実力は身に染みて感じている。日本の弱さは個別事象 (例えば技術) などにこだわり、先ず全体の枠組みを示すことが出来ない点だと思っている。この点で今後若い世代の国際舞台での活躍を期待している。

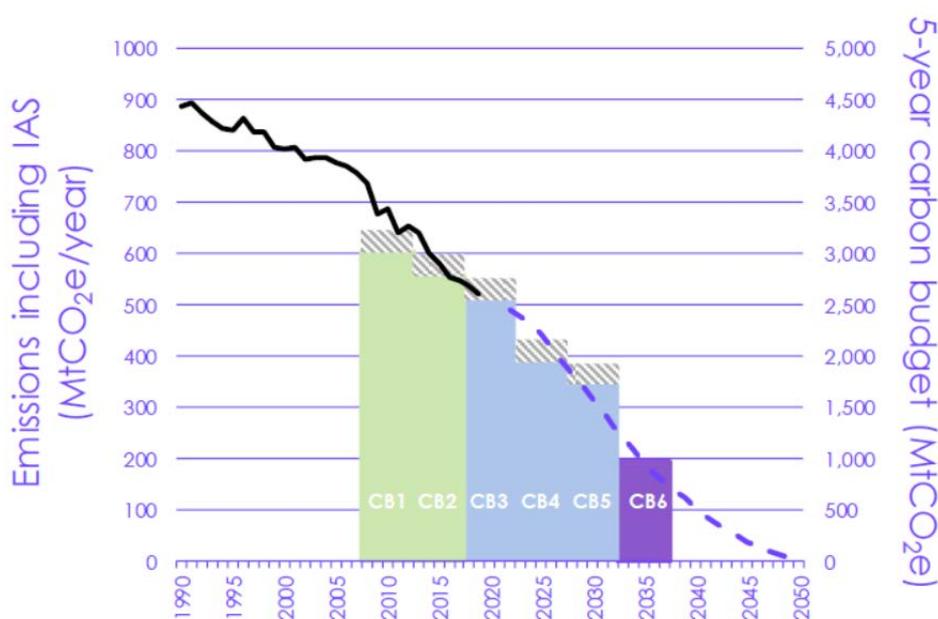
になるので、石油税や自動車税（Vehicle Excise Duty）が年間 350 億ポンド（財政支出の 5%）程度失われるが、道路使用料での相殺を考慮するとある。この他、現在のイギリスの税制が業種によってバラバラで中には化石燃料への補助金もあるとしつつ、炭素税のメリットとその税收や用途について議論している。日本でも 2050 年 net-zero に向けて各種政府委員会で論議されているが、イギリスにならってこうした議論も必要ではないかと思う。

## 7、第 6 次炭素予算とその正当性

### 7-1 第 6 次炭素予算の概要

先ず第 6 次炭素予算とそれ以前の炭素予算との比較は下図の通りである。

図表 17 第 1 次から第 6 次迄の炭素予算



出典：CCC2020 年報告 14 頁

黒の実線は排出量実績、青の点線は BP、CB は Carbon Budget（炭素予算）で CB6 が第 6 次炭素予算。緑色（CB1 と CB2）は既経過の炭素予算、水色（CB3~5）は既に法定化された炭素予算（現在は CB3 の期間中）、紫の CB6 が提案された第 6 次予算。CB1 から CB5 にかけて上部にねずみ色の斜線部分があるが、これは国際航空、海運からの排出分。上記のうち第 5 次炭素予算についてはこのまま据え置いているが、既述の通り 2030 年の NDC としてこれより更に厳しい 90 年比 68% 減（除く国際航空/海運）を政府が発表している点に注意が必要。

第 6 次炭素予算（2035 年を中心とした前後 5 年間の年平均排出量 90 年比 78% 減）は正に 2020 年と 2050 年の中間時点に相当する。2020 年から 2050 年にかけての削減の半分以上が 2035 年までの 15 年間に実施されると見込んでいる。今後毎年 21Mt 以上の削減が必要だが、遅滞なく効果的な政策が導入されればこれは可能で、このコストは GDP の 1% 以下と推定している。最近のイギリスの排出減は石炭火力離れによるものであるが、この動きはほぼ完了しており、今後この点は期待できない。更なる削減は運輸、産業、建物、農業

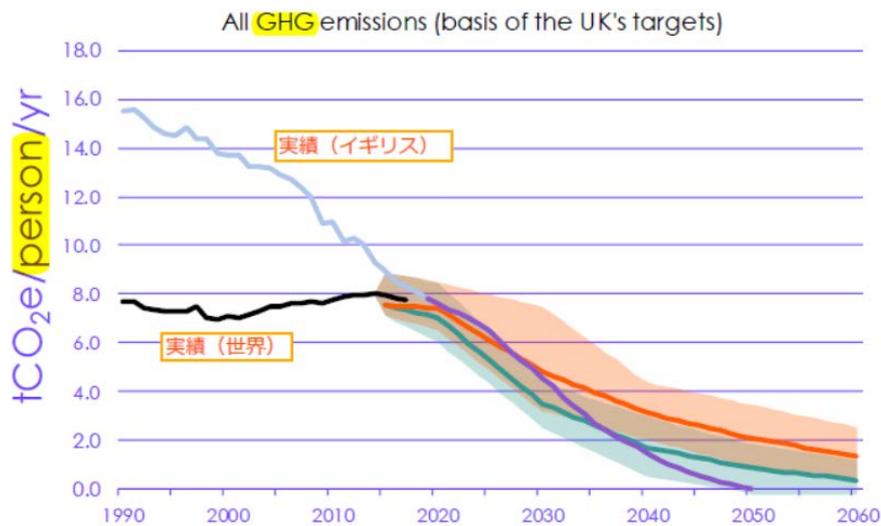
の各部門、及び発電部門でのガス火力の段階的廃止による。

国際航空・海運を含む全ての部門を対象とすべきである。従来政府はこの両部門を除外していたが、これは他の部門に対して不公平である。また、目標達成は国内対策だけで実施すべきである。ただしさらに高い目標を設定する場合には海外 Credit の利用を認めると CCC は主張しているが、このうち国際航空・海運からの排出量が第 6 次予算で初めて CCC の主張通り炭素予算に組み入れられた（2 頁脚注 4 参照）。これに伴い今後 ICAO（国際民間航空機関）や IMO（国際海事機関）での削減交渉に影響が出ると思う。

## 7-2 第 6 次炭素予算の正当性

CCC が勧告した第 6 次炭素予算（及び 2030 年の目標）は、先進国としてのイギリスの世界に対する責任を認識し、自国の能力に応じた責任<sup>23</sup>を果たすことを目指している。第 6 次炭素予算は 2035 年のイギリスの一人当たり排出量 3tCO<sub>2</sub>e 以下を目指す。これは Global で 1.5°C 目標達成に向けた排出経路と整合性を有する<sup>24,25</sup>。これを図で示すと次の通り。

図表 18 パリ協定と整合的な一人当たり GHG 排出量 世界とイギリスの比較



出典：CCC2020 年勧告 18 頁（各種文献及び IPCC の温室効果係数を基に CCC が作成）

過去の世界とイギリスの一人当たり GHG 排出量実績は図に表示の通り。将来については濃い紫がイギリスの BP シナリオ（第 6 次炭素予算はこれと整合的）、これ以外は全て global な数値。赤の幅は 66% の確率で 2°C 目標を満たす一人当たり世界の排出量で、太い赤線はその中央値、水色の幅は 50% の確率で 1.5°C 目標を達成する Global な数値で太い緑の線は

<sup>23</sup> Recognizing the UK's responsibility as a richer developed nation and its respective capacities、これはパリ協定の前文の一部（In pursuit of the objective of the Convention, and being guided by its principles, including the principle of equity and common but differentiated responsibilities and respective capabilities, in the light of different national circumstances）の引用である。

<sup>24</sup> これを日本に当てはめてみると、2035 年の日本の削減割合は 2019 年比 71% 減となる（2035 年の日本の人口予測 1.17 億人に一人 3t を乗じると 3.5 億トン、2019 年の排出量 12.1 億トンの 71% 減）。

<sup>25</sup> これを CO<sub>2</sub> について計算すると 2035 年のイギリスの一人当たり排出量は 2t 以下となる（本文 18 頁）。

その中央値。イギリスの一人当たり GHG 排出量は 2020 年では世界より高いが第 6 次予算の実施で 1.5°C 目標の世界平均に追いつき、BP シナリオでは 2050 年にはそれを下回る。

上図から明らかなおおりに、計画通りの削減を達成すれば第 6 次炭素予算はパリ協定（及び気候変動枠組み条約）の「共通だが差異ある責任」や「能力に応じた削減」に則って先進国としての責務を果たすことになっている。実際これが実現可能かどうかは別問題だが、少なくとも目標設定に際してこうした点も視野に入れているのは一つの見識であろう。残念ながら日本の目標制定作業においてこうした論点はほとんど無かったし、積極推進の立場の人たちからもこうした発言がなかった。この差はやはり国際協定の文言を決める側と決まった内容の受け入れ側の違いによるものではないかと感じる。

次に消費ベースの排出にも言及がある。ここまで論じてきたイギリスの排出量はイギリス国内で発生した GHG を対象としている（生産ベース排出量）。しかし一般に先進国は工業製品（CO<sub>2</sub> 排出量が多い）の貿易は新興国（中国が代表的）に対して入超である。このことは自国で使う工業製品（例えば鉄鋼）の製造に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は、自国ではなく輸出国でカウントされる。こうした排出を輸入国でカウントする方式を消費ベースの排出という。CCC によるとイギリスの消費ベース排出量は生産ベースのその 1.5 倍に達している。これを減らす必要性を説いている。

他方、イギリス国内での対策が厳しく製造業を中心に他国に出て行ってしまうと自国の排出量は減るが、当該分が進出先で増加する（carbon leakage）。これはイギリスにとって決して好ましいことではないので、これを防止する方法として国境税調整等の案が示されていることは既に述べたとおりである（本メモ 19 頁）。

この他第 6 次炭素予算は経済への影響も少ないという点を正統性の一つの理由にしているが、こうした点については BP シナリオのところで検討したので省略する（16 頁以降）。勿論地域や部門によっては雇用面も含めて大きな影響を受けるので、これに対しては政府の賢明な政策の必要性を強調している。

## 8、科学の不確実性とパリ協定

CCC2020 勧告には査読付き論文を駆使した気候変動に関する最新の科学に関する記述が多々有り、日本政府の各種報告書とは著しい対比を見せている。以下このうちの何点かをとりあげる。

### 8-1 気候感度

気候感度（正確には均衡気候感度、ECS）とは、大気中の CO<sub>2</sub> 濃度の（工業化以降）倍増と気温上昇の関係である。IPCC 第 5 次報告第 1 作業部会報告書ではこれが 1.5°C～4.5°C<sup>26</sup> と大きな幅があった（計算上はこの中間の 3°C を用いている）。つまり濃度と気温の関係にはこのくらいの不確実性があるということである。しかしその後の専門家のモデル研究（CMIP6）ではこの範囲を超えるモデルがいくつも出てきた。他方この幅が 2.6＝3.9°C と

<sup>26</sup> より正確にはこの幅で収まる確率が 66%以上ということ。これを likely range という。

狭まる研究論文も紹介されている。この場合、濃度 2 倍の際の気温上昇が大きくなる可能性があることを意味している。この点について CCC2020 勧告では、現在 IPCC 第 6 次報告書に向けて専門家間で検討が行われているので従来通り気候感度 3°C を用いているとある。これが第 6 次報告で高くなれば、同じ排出量に対する気温上昇幅が大きくなるので、1.5°C 目標の場合、net-zero 到達時点を前倒しする必要がある。

## 8-2 排出許容残余 CO2 排出量 Carbon Budget

ここで Carbon Budget とは所定の気温での安定化に必要な今後の CO2 累計排出量を指す。一般的にこれは残余炭素予算といっているが、イギリスでは既述の通り 5 年ごとの排出目標を炭素予算と呼んでいるので、これとの混同を避けるためにここでは Carbon Budget という英語表現を用いる<sup>27</sup>。

CCC はこれを論じている章のはじめの部分で、Carbon Budget の概念を解説し、その中で気温安定化に向けて排出を net-zero にするのは大気中に長期に残留する GHG (即ち CO2 のこと) であって、メタンその他短期滞留 GHG は排出の増がなければ気温は上昇しないと言っていることを明確に述べている。実際あちこちで議論する際に net-zero の対象が CO2 か GHG か不明確な場合があるので、この注意は適切なものである。

CCC はパリ協定の気温上昇限度目標と整合的な carbon budget には大きな不確実性があると主張する。主たる不確実性は気候感度で、気候感度自体の不確実性と共に、気候感度に幅があるので所定の気温上昇以下に収める確率を 100% とすることはそもそも不可能だと言っている。

この他にもパリ協定目標達成にはいくつかの選択肢があり、加えて定義の明確化が必要としている。この一部を羅列すると、①パリ協定では排出削減は GHG 排出が対象となるが、同じ目標を CO2 とそれ以外のガスの様々な組み合わせで達成することも可能、②パリ協定対象外のガス (例えばエアロゾル) は気温引き下げ効果がある。これを考慮に入れると同じ目標でもパリ協定対象の GHG (含む CO2) の排出上限は増加する、③パリ協定は長期の気温上昇限度目標の達成時点を明記していない。また、2100 年を目標としても overshoot を許容すれば net-zero までの carbon budget は増加する。但しその後 negative emissions でこれを相殺の必要がある。

上記は社会の選好性や定義次第で変わり、数多くの今後の累計排出量がパリ協定と整合的としている。最後に carbon budget について “a precise estimate is not possible” と言っている (本文 369 頁)。

ここで注目すべきはイギリスの長期目標の考え方である。具体的には、Global レベルでパリ協定を満たす炭素予算には上述の不確実性があるので、世界の炭素予算から自国の長期目標を定めることはできない。また、仮に Global な Carbon Budget が一つしかなくて

---

<sup>27</sup> 正確に言うと carbon budget が所定の気温上昇に達する累計 CO2 排出量、当該気温上昇に達する今後の累計 CO2 排出量は Remaining Carbon Budget というが、ここでは後者を単に Carbon Budget と呼ぶ。

も、これを各国が分担する際には CBDR、つまり国の発展段階による差を考慮することが必要である。また、Carbon Budget は CO<sub>2</sub> にのみ当てはまる概念だがイギリスの目標は GHG net-zero である。上記からイギリスの長期目標に関する CCC の勧告は Global Carbon Budget に由来するものではないと明記している点に留意が必要である。

## 9、第6次炭素予算に向けての具体的な行動の勧告

続いて第6次炭素予算達成にはすぐに政策強化の必要があるとして具体的な勧告をしている。このうち主たるものを箇条書きにする。

- ・目標達成への過程は公平でなければならない。また、国民を巻き込まねば成功はおぼつかない
- ・首相が議長戦略委員会と BEIS<sup>28</sup> 担当大臣が議長の実施委員会の役割が重要
- ・各部門の優先順位は下記の通り

### 陸運 (2019年のGHG排出量の22%を占める)

2030年までに乗用車と小型貨物の販売禁止を実行するには、これに向けた総合的な政策が必要

2040年までに大型石油及びディーゼルトラックの新車販売禁止を導入すべき

これに合わせて給油・給電インフラの整備も必要

旅行需要抑制策も必要

### 産業 (製造、建設、石油、ガス。同20%)

現在の区々の政策から総合的な政策への転換

国際競争に曝される業種では初期には国民負担(つまり支援)が必要

国境税調整のような長期の政策は製品の炭素集約度の規格の制定などから早急に導入準備をすべし

需給両面の政策(製品やインフラ)も並行して導入

### 建物 (同17%)

熱と建物については化石燃料熱からの決別を明確にし、電力とガスのバランス調整も必要

BPではすべての建物を省エネ及び究極的には低炭素化する基準の Timetable が必要

ヒートポンプの増と熱の network、水素の熱利用の選択肢も優先事項

### 発電 (同10%)

低炭素発電向上に向けて再エネのオークションの継続

Gridの強化(洋上と陸上風力の接続)

2024年の石炭 Phase-out に次いで2035年には CCS なしのガス火力の廃止

### 低炭素水素

政府の水素戦略が2021年に発表されるが、そこでは net-zero 目標達成に向けての水素

---

<sup>28</sup> Department for Business, Energy & Industrial Strategy

の役割の明確化が必要

#### 農業（同 10%）と土地利用（2%）

CCC は 2020 年 1 月に農業と土地の政策につき詳細な勧告を行った。この実施が必要種の多様性への配慮や不必要な Trade-off の回避

食品廃棄物減少や肉消費の減

#### 航空（同 7%）及び海運（2%）

イギリスの目標への追加とそれにより ICAO や IMO での議論の加速

初期の段階の CO<sub>2</sub> 除去や持続可能な燃料、より効率的な航空機等への支援

航空需要の抑制

#### CO<sub>2</sub> 除去

2020 年代後半から自然（植林）と人工的除去（BECCS、DACCS）を促進する戦略が必要。除去は Permanent でなければならない

## 10、理想と現実（第 6 次炭素予算及び長期目標の実現可能性）

以上 CCC の 2050 年 net-zero 及び第 6 次炭素予算勧告につき紹介してきた。この作業を通してつくづく感じるのは 2008 年の気候変動法の制定と 2050 年に 90 年比 80%削減の法定化、CCC の発足に端を発したイギリスの体系的な気候変動への取り組みである。一言でいえば総合的、体系的取り組みで、部門別の詳細な対策とコスト、GDP への影響や国の財政のあり方、さらに気候変動の不確実性の分析まで広い範囲の情報が網羅されている。国民の納得を得るための情報公開という点では日本、アメリカはもとより、EU と比べても最先端を走っている。また、政府の報告書に数多くの査読付き文献が引用されており、専門家から見ても読み応えのある内容である。他方で実現可能性については甚だ心許ない限りである。

その第 1 はコストである。本稿 16 頁の通り Resource Cost は GDP の 1% 以下（2050 年には 0.5%）、外部に委託したマクロ分析となると 18 頁のようにベースライン比で 2030 年までに GDP が 2%、2050 年では 3% 近く成長する。流石に CCC もこの数字を俄には信用できないようである（本稿 19 頁参照）。GDP への影響<sup>29</sup>を IPCC 第 5 次報告書で見ると Global な 2°C 目標達成の 2050 年のコストは 3.4%（2.1~6.2%）であり、これと比べても格段に低い。当時の IPCC では 1.5°C 目標についてはシナリオが少なくこうした数値は示されていないが、1.5°C なら更に高くなるのは当然である。さらにイギリスは先進国で、特段の事情がない限り一般的には削減費用は先進国の方が高くなる。安い削減機会は既に利用しているからである。これに加えて CCC2020 勧告本文にもあるが、市場化にほど遠いような技術の活用に向けて、財政負担や需要者負担の額もかなりな額になるであろう。こうしたときに納税者である国民が納得するかどうかは甚だ疑問である。

次はこれまでの炭素予算の状況である。現在イギリスは第 3 炭素予算期間中で、こま

<sup>29</sup> 正確には消費ロスであるが、比率なので GDP ロスと大差は無いとみて良い。

では目標達成に問題は無い。しかし今回強化される前の第5次炭素予算(2030年を中心とした5年間の年平均排出量90年比57%減)については、既に2016年のCCCの分析で、年目標達成に必要な削減量のうち47%(量にして1億トン)はそのための具体策が無い状況とある<sup>30</sup>。ここでCCCが特に指摘しているのはCCS政策の後退(突然の補助取りやめ<sup>31</sup>)、低炭素Heat利用と2020年以降の自動車燃費規制が全く進展していないことで、これらについて強力な政策を打ち出すことを要請している。しかし例えばこのうちCCSについては特段の進展が無い状況である。

また、本年2月20日付The Economist誌は1990年～2019年までのイギリスのCO2排出量の劇的削減(イギリス40%、ドイツ29%、フランス20%)につき、この理由をサッチャーの自由化による石炭労組弱体化と北海からの豊富なガスの導入、それに加えて2013年からの発電部門に対する上乘せ炭素税に帰し、石炭は既に壊滅しておりこうしたことは再び起こることはないこと、原子力も先行き不明なこと等々の理由を挙げ、更に2017年にはイギリス政府が第5次炭素予算に8%届かないことを認めたと報じている。政府は翌2018年にはこの差を10%に上方修正した。このように第5次炭素予算自体の達成見込みが不明な中で、イギリスは2030年目標を57%から68%に引き上げ、さらに2035年目標(第6次炭素予算)として78%をこの6月に正式に決めた。政府の意気込みは分かるが、こうした状況では第5次、第6次炭素予算、それに2050年net-zeroが実現可能とみるのは楽観的すぎるといえる。

第3の理由は国内でも政策強化と自国産業保護の問題である。CCC2050勧告ではこうしたことを避ける手段として国境税調製を挙げ、これを早急に実現すべく製品の炭素含有量の計測方法の統一化などを進めることを提案している。国境税調整は自由貿易との相克問題がある上、環境に名を借りた自国産業保護の問題もある。それより大きな問題はASEANを中心に特にアジアの途上国が急速な経済成長を遂げており、中国やインドなどと組んで反対運動が起こることは目に見えている。最終的に経済成長と温暖化問題のバランスを取る必要があるにせよ、国境税調整が曲がりなりにも機能するとしても相当な時間が必要で、これにイギリスの産業が耐えられるかどうか、筆者は首をかしげざるを得ない。

イギリスは2015年にキャメロンの保守単独政権の樹立と共に、気候変動問題について従来 of 急進的な政策を一転させた例もある<sup>32</sup>。今後こうした観点も入れてイギリスの気候変動問題を注視していくことが必要である。

完

---

<sup>30</sup> CCC (2016), Meeting Carbon Budgets – 2016 Progress Report to Parliament, Committee on Climate Change, June, 2016 p.15

<sup>31</sup> 2015年11月のCCS実証プロジェクトへの突然の補助取りやめについては山口光恒「イギリスの気候変動政策」<http://www.m-yamaguchi.jp/others/20170331.pdf> 46頁参照。

<sup>32</sup> この時点では低炭素化の目的として「将来の経済安全保障 (Climate action is about our future economic security)」としていた。つまり経済への影響を考慮するということである。脚注31の文献の45頁参照