

グローバル・カリキュレーター： 2050年の世界に向けた重要なメッセージ



目次

概要	3
詳細な所見	4
ライフスタイル	4
技術と燃料	6
土地	9
コスト	11
2°Cを目指す理由	13
神話の崩壊	13
よりクリーンな化石燃料への切替	13

化石燃料の枯渇	14
大気からの炭素の吸収	14
人口増加の抑制	14
さらに詳しく知るために	14
このメッセージはどのように生み出されたか	15
付録：4つの起こりうる2°C経路	15
1. 分散型の取り組み	16
2. 消極的な消費者	16
3. 森林対策の不足	17
4. 行動的な消費者	17

概要

2050年までに、世界の人口は今日の70億人から100億人に膨れ上がり、世界経済の規模は3倍に拡大すると予測されている¹。しかし私たちは、世界平均気温上昇を2°C以内に抑制するという国際目標を達成するチャンスを得るには、2050年までに有害な温室効果ガス排出量を現在のレベルの約半分に減らす必要がある。この気候目標を達成し、2050年までにだれもが豊かな生活を必ず送れるようにすることは、物理的に可能だろうか。

この問いに答えるために、10を上回る主要な国際機関の専門家が集まり、2050年までの世界のエネルギー、土地、食料、気候のシステムのモデルを構築した。専門家チームは、世界人口にとってどのようなライフスタイル—1人当たりの移動距離から摂取カロリーや食事まで—が物理的に可能なのか、そしてそれら全てを満足させるためにどれだけのエネルギー、材料、土地が必要なのかということモデル化する「グローバル・カリキュレーター」を作成した。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の最新の気候科学にモデルをリンクさせることによって、さまざまな経路の気候影響も説明されている。本モデルは150を超える様々な機関の専門家によって検証されている。モデルとその方法論・仮定が全て公開されているため、ユーザーが自分でモデルを使用することができる(www.globalcalculator.org 参照)。

グローバル・カリキュレーターのツールは、2°C目標に至る多種多様な経路があることを示している。チームは考えうる2°C経路—豊かなライフスタイルを可能にするが、技術、燃料、土地利用についての主要な不確実性には感受性試験を行う—を4通り作成した。これら4つの起こりうる2°C経路からは、次のことが明らかになっている。

- 世界人口100億人が全員しっかりと食事をし、もっと旅行をし、より快適な家で暮らしながら、同時並行して排出量を削減して気温上昇を2°C以内に抑える確率50%を保つことは、確かに物理的に可能である。
- しかしそのためには、利用する技術や燃料を転換する必要がある。例えば、単位発電量当たりのCO₂排出量は、2050年までに世界で少なくとも90%減少する必要がある。また、住宅暖房の熱源を電力またはゼロ炭素燃料とする世帯の割合は、2050年までには世界的に現在の5%から25~50%に増えなければならない。
- さらにまた、限られた土地資源をより賢く利用する必要もある。とりわけ、貴重な炭素吸収源の役目を果たす森林を守り、2050年までには世界で約5~15%拡大しなければならない。

グローバル・カリキュレーターには地理的な詳細に限界があるため、具体的にどの国で技術を展開し、あるいはだれがその費用を支払うのかといったことを細かく報告することはできない。また平均消費量は国別ではなく世界の1人当たりという単位でしかモデル化していない²。したがってツールでは、食事、輸送利用、家庭電気器具利用の世界平均が2050年までには豊かなライフスタイルに適合するレベルまで上昇可能なことを示してはいるが、この消費が各国にどう分布するのがよいのかという点までは明確にしない(例えば、最富裕国が国内の消費を減らすべきかどうかなど)。こうした問題は政治的分野に属するものであり、グローバル・カリキュレーターの守備範囲を超える。

グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

とはいえグローバル・カリキュレーターは、経済発展と気候変動の目標を2050年までに両方とも達成することが物理的に可能だということを、はっきりと実証している。世界には、私たち全員が豊かに暮らすのに十分なエネルギー、土地、食料資源がある。気候変動に対処しつつ、経済発展の目標を達成するための技術、燃料、土地利用の方法はすでに存在している。

しかし、この低炭素への移行を果たすには、あらゆる部門にまたがる多大な取り組みが必要となり、行動を至急開始しなければならない。電力、建物、輸送、製造の全部門にまたがってクリーン・テクノロジーを採用する大胆な変化と、土地管理方法の大幅な改善が必要である。さらに言えば、2050年は旅の終わりではない。2°C目標に向かって進むには、2100年までに世界の正味温室効果ガス排出量がゼロになるよう、技術と土地管理の改革は今世紀を通じて進めなければならない。

変革が確実に展開されるためには、2015年12月の国連気候変動の枠組条約(UNFCCC)協議における野心的な国際的取決めを通じて、排出削減の緊急行動を後押しする企業、市民社会、政治家の強力なリーダーシップが不可欠である。

詳細な所見

ライフスタイル

ツールの計算によれば、より多くの家庭に電力へのアクセスを提供しつつ(現在の84%に対し2050年には94%)³、2°C目標を達成できることになる。住宅はもっと快適な冷暖房が可能だろう(例、都市住宅の場合、冬季の平均室内温度は現在の16°Cから2050年までに19°Cに上げ、夏季の平均室内温度は現在の27°Cから2050年までに24°Cに下げることができる)。また、もっと多くの電気器具を持つこともできるだろう(例、都市の1世帯当たり平均洗濯機数は現在の0.8台が2050年までには1台に)。

もっと遠くまで旅行することもできるようになるだろう—1人当たり平均移動距離は現在の8,300 kmから2050年には1万2,400 kmに増加する。この中には、飛行機で移動する距離が現在から2050年にかけて1人当たり400 km増加する分も含まれる(ロンドンからアムステルダムまでの飛行距離に相当)。車による移動距離の割合は、現在の37%からわずかに増加し、2050年には40~45%に増加することが考えられる。

全ての人々が1日の一人当たりカロリー摂取量(現在は2180カロリー、2050年には2330カロリーに上昇)を満たす食料を確保できる十分な土地がある(2330カロリーは、活動的で健康的なライフスタイルに必要なとされるWHO推奨の一人当たりカロリー摂取量、2100カロリーを上回る)。

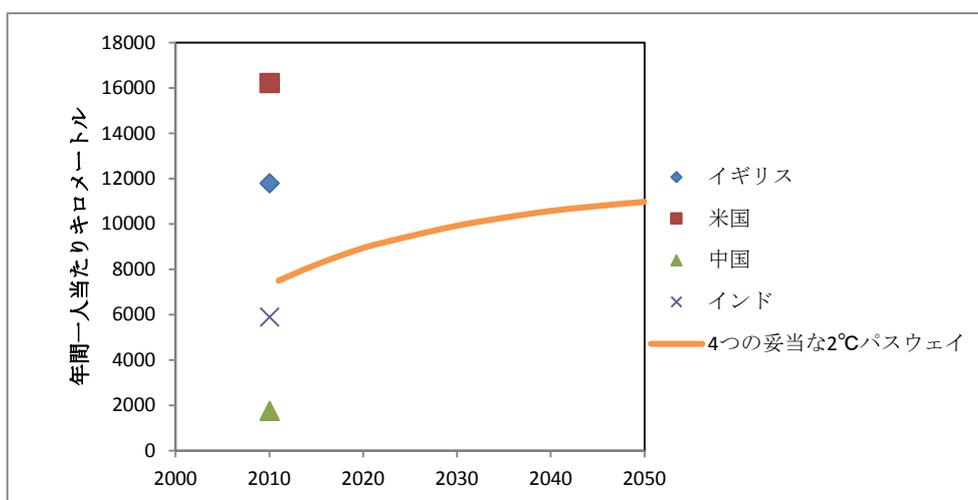
「豊かな」ライフスタイルとは？

本報告書で設定している4つの妥当な2°Cパスウェイでは、「経済発展に伴い生活様式も向上する」という現状維持シナリオ[i]にほぼ相当するライフスタイル指標が示されている。これらの指標を歴史的傾向や様々な国の現状と比べると、世界の平均消費量が欧州などの先進国で見られるような現在の水準に近づいていることがわかる。グローバル・カリキュレーターは世界平均のみを考慮

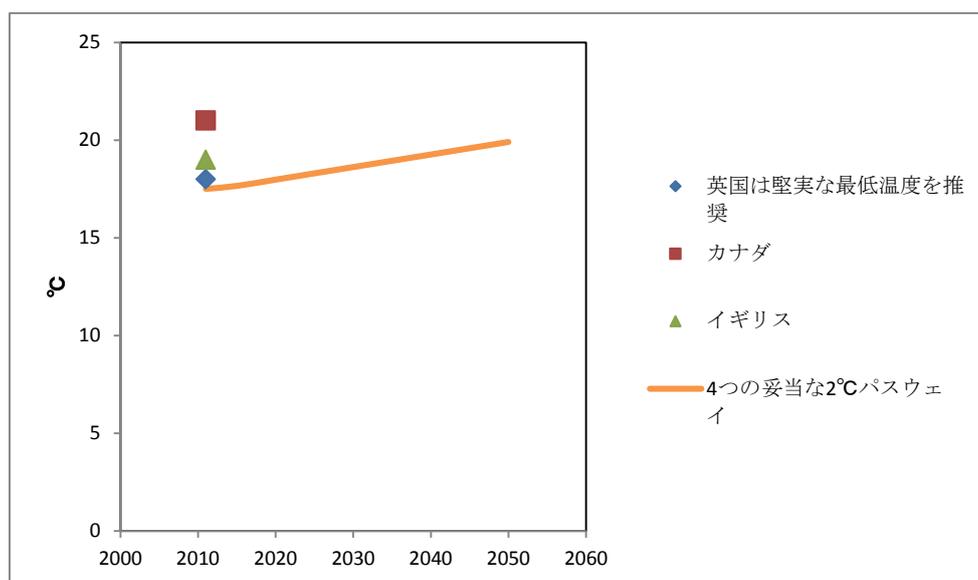
グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

しているため、これは「2050年には格差が縮小し、平均的なライフスタイルに近い暮らしをする人が増えている」、または「現在のように国によって大きな差がある(例：一部の地域で食料が過剰消費されている)」ことを意味していると考えられる。⁴

4つの起こりうる2°C経路においては、都市圏および農村地域における平均国内移動は、2011年から2050年にかけて1人当たり年間7,500 kmから11,000 kmに増加する。^{5,6,7}

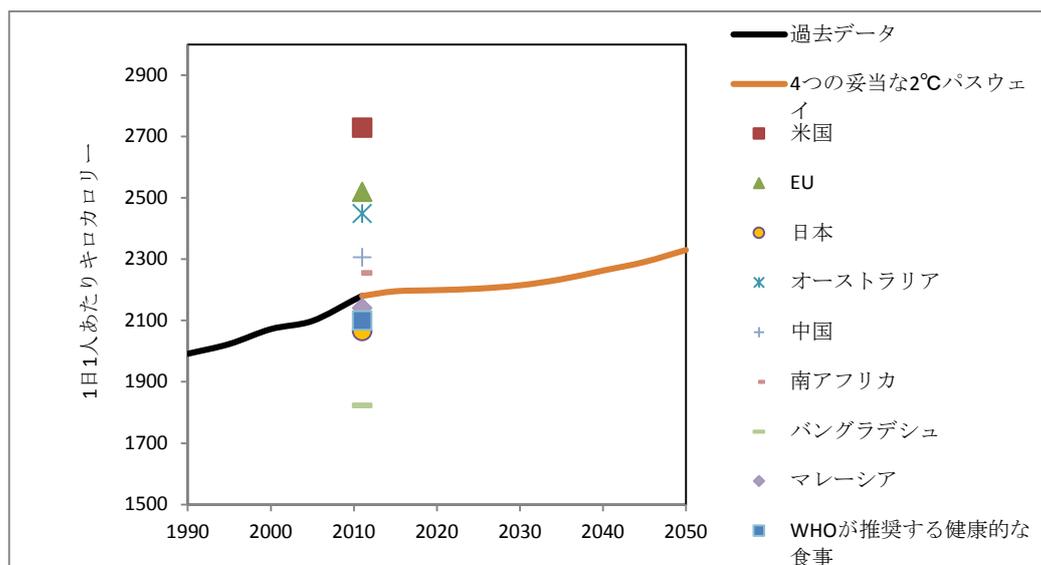


4つの起こりうる2°C経路においては、都市の平均住宅室温は2011年から2050年にかけて17.5°Cから19.9°Cに上昇する。^{8,9,10}



グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

4つの起こりうる2°C経路においては、世界平均カロリー摂取量は2011年から2050年にかけて1人当たり年間2,180 kcal から2,330 kcal に増加しうる。



技術と燃料

世界人口と1人当たり平均消費量の増加は、世界のエネルギー需要の大幅増加をもたらす。ビジネス・アズ・ユージュアルのシナリオ(上述の生活水準と同じ)の下では、現在から2050年にかけてエネルギー需要は約70%増加することになる。ところが、この報告書で提示する2°C経路においては、世界のエネルギー需要は最大25%の増加で同じ生活水準を達成できる。

このように私たちの経路例でエネルギー需要を抑制できる主な理由は、エネルギー効率の役割に負うところが大きい。建物の断熱は50~65%改善され、電気器具は現在よりも効率が向上しなければならない(例えば冷蔵庫の効率は40%向上)。自動車の効率は約50%改善されなければならない。自動車や洗濯機などの製品メーカーは、よりスマートな製品デザインによって、こうした製品の製造に用いるエネルギーを2050年までに最大25%削減することができる¹¹。原材料メーカーも省エネが可能である。例えば、化学品部門はエネルギー効率の改善と燃料切替によって、エネルギー利用を10%まで低減できるだろう¹²。

さらにまた、技術の切替にも重要な役割がある。例えば、世界の住宅暖房に利用されるエネルギーの25~50%は、電力またはヒートポンプや太陽熱などのゼロ炭素エネルギー源から得るべきである。また、2050年までに自動車の最大35%は電気または水素自動車になっていなければならない。

化石燃料から代替燃料への転換もきわめて重要である。現在の一次エネルギー供給の82%を占める化石燃料の利用は、2050年までに約40%に減らさなければならない。特に石炭需要は現在の160 EJから

グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

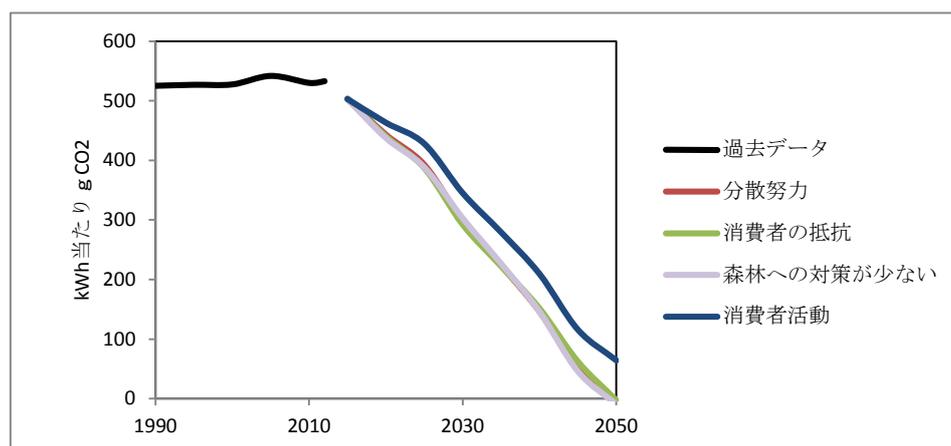
2050年には35～60 EJに減らさなければならない。このことはつまり、2050年まで現在の石油埋蔵量の約35～50%、ガス埋蔵量の50%、石炭埋蔵量の80～85%を地下に維持し続ける必要があることを意味する。

さまざまな技術に動力を供給する方法を変えるには、2050年までに世界の電力供給量を2011年レベルからほぼ倍増させる必要がある。この供給量の大部分は、脱炭素処理した電力によって満たし、単位発電量当たりのCO₂排出量を2050年までに世界で少なくとも90%削減しなければならない。最大の発電源はソーラー、風力、水力、原子力、炭素回収・貯留（「CCS」）となり、少なくともこのうち2つに対して非常に野心的な取り組みが必要となる。それでもなお化石燃料による発電もある程度必要だが（例えば電力バランスのために）、クリーン化しなければならない。削減対策なしの石炭火力発電から直ちに脱却し、2050年までにCCSを導入した発電容量500～1500GW（約700～2100基の発電所に相当）の化石燃料発電へと移行する必要がある。

技術と燃料のクリーン化はいかに困難か？

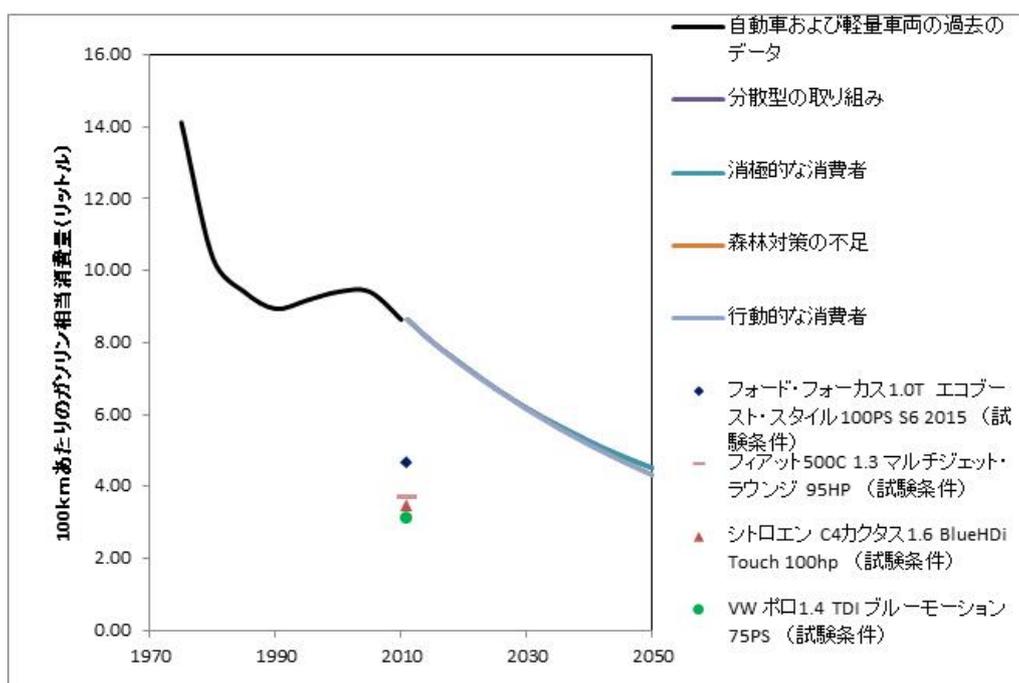
技術と燃料をクリーン化するのがいかに困難かをよりよく理解するには、クリーン化に必要な変革を過去の動向と比較すればよい。重要な進歩の指標をいくつか挙げてみよう。

4つの起こりうる2°C経路においては、発電の世界平均炭素排出原単位は2050年までにゼロ近くまで削減する必要がある。¹³

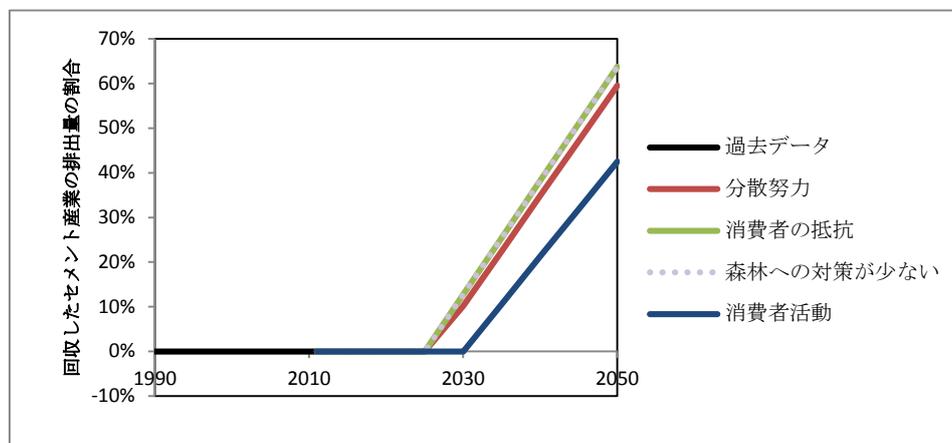


グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

4つの起こりうる2°C経路においては、乗用車の世界平均燃料消費量は2011年から2050年にかけて、100km当たりガソリン8.6リットルから4.3～4.5リットルまで削減する必要がある。¹⁴



4つの起こりうる2°C経路においては、セメント製造由来排出量の回収率を2011年のゼロから2050年までには最大64%にする必要がある。



土地

エネルギー・システムのクリーン化は解決策の一部ではあるが、すべてではない。この 10 年間で、農地への需要の増大もあって、2 億ヘクタール近い自然林地が伐採された。人口と富の増加にともない、食料の総需要量は 2050 年までに約 45%増大することから¹⁵、この森林破壊の傾向は継続する危険がある。しかし気候を保護するためには、森林は炭素吸収源の役目を果たすため(実際に大気中から二酸化炭素を除去し、木や土壌の中に炭素として貯蔵する)、2050 年までに森林面積を 5~15%拡大すべきである。これを実現するには、農地をより生産的に利用しなければならない。

とりわけ、家畜の管理と生産に注目する必要がある。例えば、閉じ込め型システムで生産する牛肉の割合(現在 6%)を、2050 年までに 3~15%までにする必要がある。また、牧草地で飼育する雌牛については、1 ヘクタール(100 m×100 m)当たりの平均飼育数を現在 0.6 頭から 2050 年までに 1 頭に増やす必要がある。作物収量も、2050 年までには 2011 年レベルより 40~60%引き上げるべきである。また、土地を多目的に利用することによって(混作や多毛作など)生産性をさらに高める余地もある。これは、作物に必要な土地をさらに 10%減らすために必要である。

食物の消費を牛肉から家禽、豚、野菜、穀物に切り替えることも、食料生産に必要な土地の面積を大幅に減らすことができる。例えば現在、サッカーフィールドほどの面積で、牛肉 250kg、鶏肉 1000kg(穀物・残渣飼料の両方)、または果物・野菜 15000kg を生産することができる。

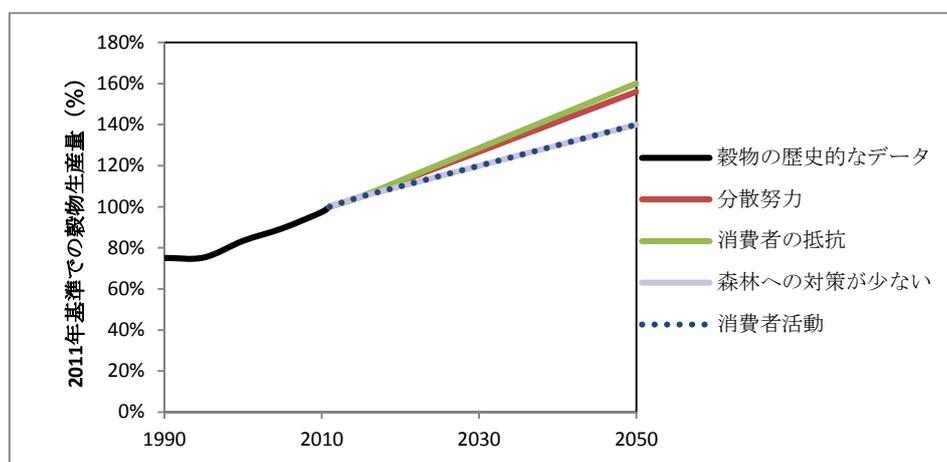
世界の平均的食事における肉の量を減らすことは、気候や人の健康にも恩恵をもたらすだろう。すべての人が世界保健機関の推奨する健康的な食事に切り替えた場合(2,100 カロリーで、このうち肉は 160 カロリー)、解放された土地が森林やバイオエネルギーに利用されることで、2050 年には 15 GtCO₂ を抑制できることになる¹⁶。この炭素の抑制規模は、2011 年における世界の総 CO₂ 排出量の約 3 分の 1 に匹敵する。

食料とバイオエネルギーとで土地利用の紛争が起きる可能性がある。しかし、これは決して避けられないものではない。土地を賢く利用すれば、森林を保護し、場合によっては拡大することもできて尚且つ必要な食料を生産し、バイオエネルギー用の土地を現在の 9,800 万ヘクタールから 2050 年までには最大 3 億 5,000 万ヘクタールまで増やすことができるだろう。そしてこのバイオエネルギーは、2050 年までに一次エネルギーの 15~20%を占めることになる。

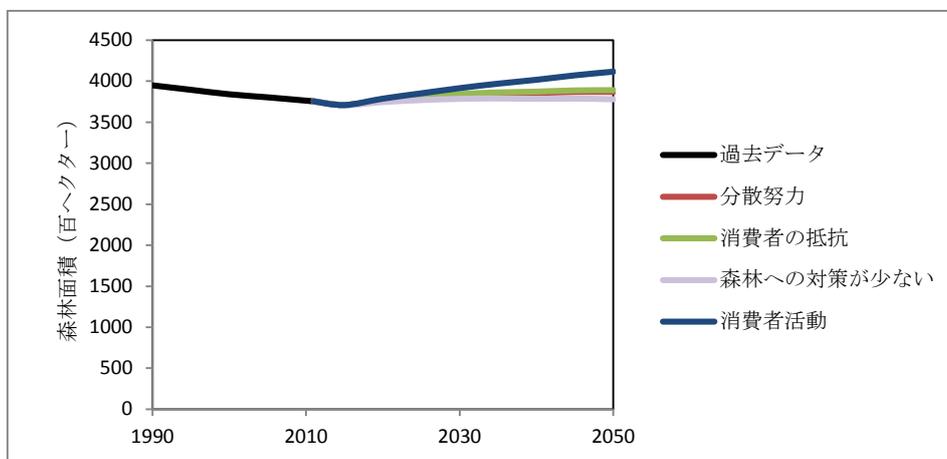
こうした土地利用の変更はいかに野心的か？

こうした土地利用の変更がいかに野心的かをより良く理解するために、この部門における重要な指標の過去の動向を見てみよう。

4つの起こりうる2°C経路においては、作物収量が2011年から2050年にかけて40～60%増加する必要がある。



4つの起こりうる2°C経路においては、世界の自然林面積が2011年から2050年にかけて2,500万～3億6,000万ヘクタール増加しなければならない。



グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

コスト

グローバル・カリキュレーターは、2050年までの世界のエネルギー・システムの資本コスト、運転費、燃料費の総計を推定している。例えば、発電所、風力タービン、ヒートポンプ、ボイラー、自動車、列車、飛行機、道路および線路の建設維持、製造に利用するクリーン・テクノロジー、ならびにこうした技術に動力を供給するために使用する化石燃料やバイオエネルギーなどの燃料のコストを含む。

ビジネス・アズ・ユーシュアルの場合、エネルギー・システムの総コストは2011年から2050年にかけて2倍を上回る可能性がある。この状況は、世界人口の増加と富裕化にともない車両と電気器具の所有数が増えることと、世界エネルギー需要の70%増加を反映している。とはいえ、脱炭素化エネルギー・システムの総コストは、化石燃料依存を続けるシステムよりわずかに高いだけであり、ことによっては割安になる場合すらある。例えば、この報告書で概説している2°C経路は、ビジネス・アズ・ユーシュアルに比べて世界GDPの2%コストを節減できるものから、世界GDPの3%のコスト高になるものまでである¹⁷。ただしこれには、2°C経路に切り替えることによるより幅広い経済的利益を計算に入れていない。特にビジネス・アズ・ユーシュアルの場合、世界で生じる洪水、干ばつ、熱波、穀物の不作がより多くなるという事実を考慮に入れていない。

2°C経路のエネルギー・システム・コストがビジネス・アズ・ユーシュアルよりも多かれ少なかれ費用がかさむことには、さまざまな理由がある。一方において、2°C経路のほうが割高になる理由としては、クリーン・テクノロジーの資本コストが化石燃料技術のコストよりも大きくなりがちなことがある。例えば、2050年において内燃エンジン自動車のコストは約2万ドルと推定されるが、同等な電気自動車は約3万5,000ドルと推定される。しかし他方において、2°C経路は、全体的なエネルギー需要を低減するエネルギー効率化対策により、割安になる場合もある。例えば、ビジネス・アズ・ユーシュアル経路では、世界のエネルギー需要は2050年に610 EJに達するが、2°C経路ではわずか380~470 EJにとどまる。したがって2°C経路では、燃料が大幅に節約される。

2°C経路のほうがコストが安くなるもう一つの理由は、ライフスタイルの変化がともなう場合である。例えば、「行動的な消費者」2°C経路では、人々の移動量はビジネス・アズ・ユーシュアルと同じだが、公共交通機関の利用や、カーシェアリング、レンタカーの利用（マイカーを所有する代わりに）はビジネス・アズ・ユーシュアルよりも多くなる。これらを合わせた効果によって、2050年において路上を走る自動車の数は、ビジネス・アズ・ユーシュアルの23億台に対し、14億台に減らすことができる¹⁸。これによって、自動車や道路に対する支出を減らし、代替交通手段や鉄道インフラのコストを補って余りある節約が生まれる結果、全体としての総エネルギー・システム・コストを引き下げることにつながる。本パスウェイにおけるもう一つのライフスタイルの変化は、牛肉・羊肉消費から、鶏肉・豚肉消費（1kgの生産に必要な土地面積がはるかに小さい）への移行である。私たちが食べる肉の種類がこのように変化すると、家畜の飼料や牧草地に使われるはずの2億9,000万ヘクタールの土地が解放され、最終的に林地となり、炭素吸収源の役目を果たして別の場所で削減する必要を軽減することになる¹⁹。

グローバル・カリキュレーターでは、将来のコストに関する不確実性についても明らかにしている。この先35年間のコストを予測することはきわめて困難である。例えば1980年の時点で、ソーラーパネルの価格が2100年までに約85%も値下がりすると予測できていた人は、まずいなかったであろう²⁰。グローバル・カリキュレーターでは、いかなる経路においても、2011年から2050年にかけての総エネルギー・システム・コストの増加は、中位ケースの想定する増加よりも最大で45%高い値から25%低い値まであり得るこ

グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

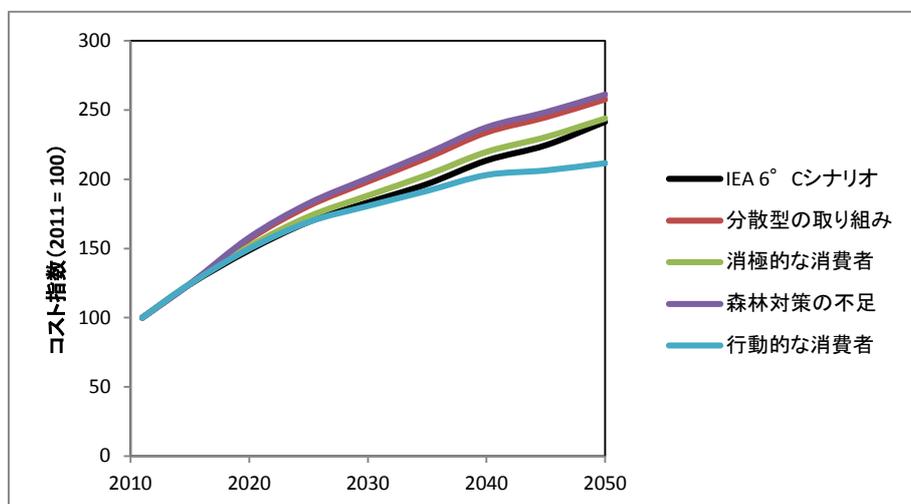
とを示している²¹。事実、ビジネス・アズ・ユージュアルと2°C経路の不確実性の範囲は重複しており、したがって一定の状況下においては（例、化石燃料価格が予測を上回る、あるいは再生可能エネルギー価格が予想を下回るなど）、削減対策を行う経路のほうがビジネス・アズ・ユージュアルよりもコストが安くなる場合もあるということになる。同様に、電気自動車、ヒートポンプ、バイオエネルギーが予想より高くなり、化石燃料が安くなった場合、削減対策経路はさらに費用がかさむことになる。

したがって、クリーン・テクノロジーの資本コストを引き下げることが、全体としてのコスト削減に不可欠なことは明らかである。化石燃料に基づく技術は100年以上に及ぶ研究開発による成果によってコストの削減が実現している。世界は今こそ、クリーン・テクノロジーのR&Dを至急規模拡大すべきである。こうした資本コストのうち、ハイブリッド・電気・水素自動車、電力貯蔵、炭素回収・貯留、ヒートポンプ、陸上風力、ソーラーPVは最も重要であるため、こうした技術のコストを下げるための協力した取り組みは特に有益だろう²²。政策立案者は、直接投資に加え、企業にそうした取り組みを促すためのインセンティブを作り出す上でも、極めて重要な役割を担っている。

削減対策コストの考え方：分厚いくさびの薄皮

現状維持シナリオで世界が発展し続けた場合、現在から2050年にかけて世界のエネルギーシステムコストが142%も増加すると推定されている。グローバル・カリキュレーターで2°Cパスウェイを選択した場合の結果には大きな幅があり、最もコストがかかるパスウェイでは同期間に161%増加する（世界のGDP 3%相当の増加）。ただし、あるパスウェイ（消費者活動）でエネルギーシステムの脱炭素化を図ると、現状維持よりもコストが低くなる（112%：GDP 2%相当の節約）。

ビジネス・アズ・ユージュアルにおいて、総エネルギー・システム・コストは2011年から2050年にかけて142%増加する。4つの起こりうる2°C経路も、同期間に同程度（112～161%）増加する。



2°Cを目指す理由

この報告書は、195カ国が UNFCCC プロセスを通じて交わした国際協定——「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととしない」ために、世界の気温上昇を 2°C 以内に抑制するように排出量を削減する——を出発点としている。²³

各国の政策立案者の締結したこの協定は、IPCC の報告書や他の科学文献による証拠に基づいたものである。科学的証拠によれば、気候影響は温度とともに増大するが、気温上昇を 2°C 以内に抑制すれば最悪の影響の回避につながることを示されている。

グローバル・カリキュレーターは、ほぼ 5,000 ページに及ぶ最新の IPCC 報告書に示された証拠を一部紹介し、使いやすい形式で提示している。さらに気候が受ける影響の不確実性も示している。グローバル・カリキュレーターのツールは、世界がビジネス・アズ・ユージュアルの排出をただ続けていけば、今世紀末までに世界の平均気温は 6°C 近く上昇する結果を招きかねないことを示している。ただし、この平均値の裏には大きな地域差が隠れている。地域によってはさらに大幅な気温上昇に直面することになり、北極地域では 2100 年までに 10°C を超える可能性がある²⁴。関連する社会経済的影響もかなりのものになる。異常気象は発生頻度が増えて深刻度も増す可能性が高い。例えば、2003 年の欧州熱波は今世紀中ごろには標準的事象になりかねない²⁵。世界平均気温の 6°C 上昇は、人類が経験したことのない領域である。現在と約 2 万年前の氷河期（現在人の住んでいる土地の大部分は数百メートルの氷で覆われていた）との地球の気温差は、4~7°C にすぎない。

この報告書の重要なメッセージを作成するために用いた 4 つの経路例は、UNFCCC が合意した気温上昇 2°C 以内に抑制する 50%の確率と整合している。しかし、こうした経路においてすら影響は生じる。例えばツールでは、IPCC RCP 2.4 経路（気温上昇を 2°C 未満に維持）においてもなお、北極海氷は 2100 年までに 43%減少する可能性が高いことを示している。世界はもっと野心的な目標を目指すべきだという意見もある（1.5°C 以内を提唱する小島嶼国連合を含む）。

神話の崩壊

以下に挙げる方法は、気候変動に対処できる主要な解決策として推奨されることがある。しかしその重要性は誇張されている場合もある。

よりクリーンな化石燃料への切替

石炭からガスへの切替は、主要な気候変動対策として頼りにすることはできない。軽減策の講じられていない化石燃料はすべて、気候変動の原因となる。例えば、効率的なガス火力発電所は現在 350 gCO₂/kWh を排出している²⁶。しかし、気温上昇 2°C 以内抑制の確率 50%に一致させるには、2050 年までに世界の発電をゼロ gCO₂/kWh 近くまで脱炭素化する必要がある。

グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

化石燃料の枯渇

残念ながら、気候変動の軽減手段として、化石燃料の枯渇に頼ることはできない。地球には、2100年までに平均気温を6°C以上上昇させ、世界を危険にさらすだけの化石燃料資源が十分にある。

大気からの炭素の吸収

さらにまた、大気から炭素を吸い出す先進テクノロジーに気候問題の解決を頼ることもできない。こうしたテクノロジーは、技術的実行可能性、環境影響、公共受容性、エネルギー消費量、コストの面できわめて不確実性が高い。例えばダイレクト・エア・キャプチャーは、化学プロセスを用いて環境大気から二酸化炭素を直接捕捉した後、地下に貯蔵する。こうした技術に関するきわめて限られた証拠によれば、よくても2050年に正味約10 GtCO₂e²⁷の排出削減を達成できるとしているが、これはビジネス・アズ・ユージュアルにおける2050年の排出量のおよそ10%に相当する²⁸。

人口増加の抑制

世界人口は現在の70億人から2050年には100億人に増えると予測されている。国連の低位推計値(80億人)まで人口を抑制しても、2050年までの排出削減量は約10 GtCO₂eにしかならない²⁹。これは重要な削減ではあるが、「特効薬」とみなすことはできない。

さらに詳しく知るために

業界部門に対する影響が気になる企業や、2°C目標に向けた国の進展状況のベンチマーキングに関心のある政府は、私たちのウェブサイトにもさらに詳細な所見を掲載しているのでご一読をお勧めする：
www.globalcalculator.org

また、グローバル・カリキュレーターのモデルを読者自身が試すこともできる。オープンソースで無料提供しており、便利な「ハウツー」ビデオも用意している。本ツールには他の機関の2°Cパスウェイも含まれている。さらに、ユーザー独自の経路を試しに作成することもできる。経路モデルは私たちのウェブサイトからアクセスすることができる：www.globalcalculator.org

モデルの良否は仮定によって決まるため、ユーザーが検証できるようにエクセルファイルで全モデルを公開している。フィードバック受付中。ご意見メールの送付先：contact@globalcalculator.org

このメッセージはどのように生み出されたか

ツールからは、2050年までに2°C以内を目指す経路としてさまざまなものが考えられることがわかる。私たちはこの報告書で重要なメッセージを生み出すために、4つの起こりうる経路を作成した。4経路はどれも、世界平均気温上昇を2°C以内に抑制する確率50%に適合している³⁰。どの経路もライフスタイルの設定は経済発展と一致させている。また、世界の人口動態の変化については、中位予測を想定している。

ただし、こうしたライフスタイルを可能にするために使用する技術、燃料、土地利用の選択に応じて、経路は異なってくる。技術、燃料、土地利用の各部門において、高度から低度まで考える取り組みの幅を考慮して経路をデザインしている。こうした経路についての詳細は、付録とウェブサイト(www.globalcalculator.org)を参照されたい。

付録：4つの起こりうる2°C経路

この付録では、この報告書のメッセージの作成に用いた4つの起こりうる2°C経路について説明する。

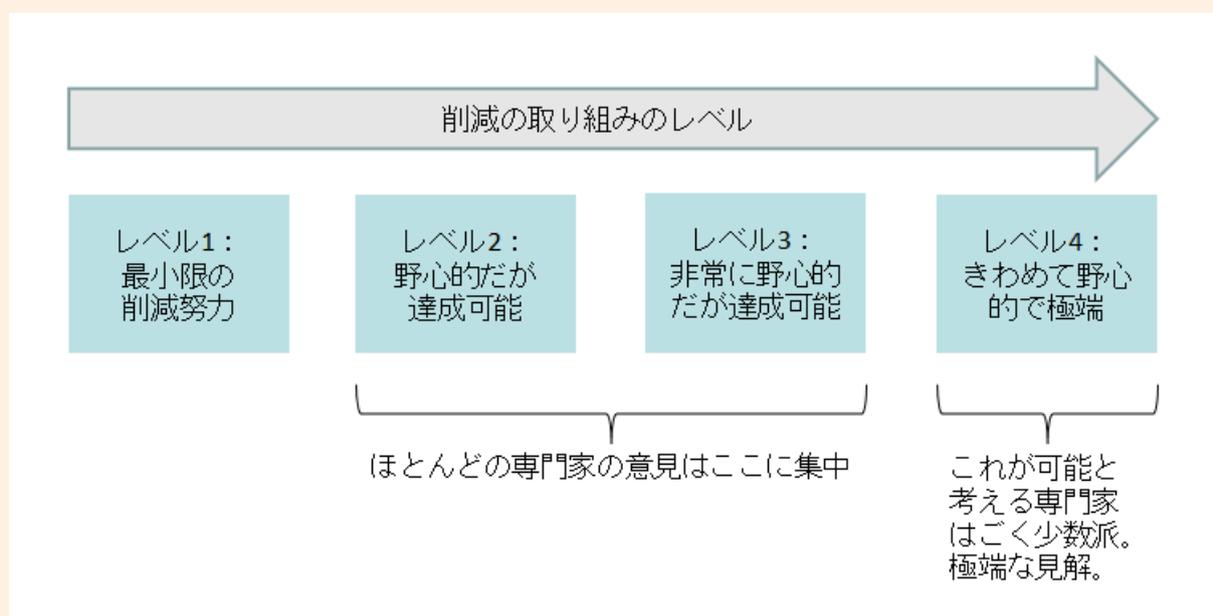
4経路すべてに共通の特徴：

- ライフスタイルのレバーはIEA 6DS（ビジネス・アズ・ユーチュアル）シナリオと同じレベルに設定している（例外として、「行動的な消費者」経路では「輸送手段」、「乗車人数と積載量」、「マイカーとレンタカー」、「肉の量」、「肉の種類」、「製品寿命と需要」のレバーは変えている）。全4経路ともに、予測されている経済発展パターンに一致するとみなすことができる。
- 人口と都市化は国連人口予測の中央値（レベル2）に設定している。
- 2050年以降の排出量は、ゼロを目指した削減の継続を考慮し、レベル2.8前後に設定している。
- きわめて野心的なシナリオや悲観的なシナリオを避けるために、レベル1または4は選択していない。
- 推論段階の温室効果ガス除去（GGR）技術は、立証されていないので利用しない。

グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

グローバル・カリキュレーターのレベル1から4まで

グローバル・カリキュレーターのツールには、世界の温室効果ガス排出に関する約40のレバーが設けられており、ライフスタイル、技術と燃料、土地と食料、人口統計に影響するさまざまな選択肢が含まれている。ユーザーは各レバーに対して、以下のように定義されたレベル1から4までを選ぶことができる。



1. 分散型の取り組み

<http://tool.globalcalculator.org/distributedeffort>

この経路では、脱炭素化の取り組みがあらゆる部門にほぼ均等に広まっている。具体的には、技術と燃料および土地と食料のすべてのレバーでレベル2.8を設定している。

2. 消極的な消費者

<http://tool.globalcalculator.org/consumerreluctance>

この経路では、消費者は自らに直接影響を与える新技術をなかなか受け入れようとしない。特に――

- 輸送: 内燃エンジンを使い続け、電気自動車や水素自動車の普及は非常に遅い。

グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

- 建物：消費者は生活の激変を望まないため、調理にガスを使い続け、住宅の断熱と低炭素暖房技術の普及は比較的遅い。
- 電力：消費者は景観の変化を望まないため、他の一部の 2°C 経路よりも風力の利用が少ない。
- 廃棄物と残渣：家庭の廃棄物の回収が比較的低調。

その代わりに、低炭素活動は消費者があまり直接意識しない方法で行われる。

- 原子力と CCS の利用の増進
- 土地利用に対する取り組みの増進（食料収量の増加など）と比較的高い植林への取り組み。

これは、電化レベルが低くバイオエネルギーの利用レベルの高い経路となる。

この経路は、消費者が自らに直接影響を与える技術をあまり受け入れない状況でも、目標適合が可能なことを示している。ただしそれは別の分野、特に土地利用、食料生産、エネルギー効率、輸送・産業の全てにおいて非常に野心的な行動をとらなければならないことを意味している。

3. 森林対策の不足

<http://tool.globalcalculator.org/lowactiononforests>

森林を拡大するための対策の実施が不十分であるため、2011 年から 2050 年にかけて自然林は 1%しか増加しない。森林の保護が十分なされないということは、食料収量を高めるインセンティブがほとんどないことを意味するため、作物と家畜の収量は比較的低い。バイオエネルギーのための土地はほとんどないため、高度な電化が必要となる。

この経路は、森林面積の保護と拡大が、2° C 目標の達成に不可欠な役割を果たすことを示している。森林面積を大幅に拡大できない場合は、全てのエネルギー部門で非常に野心的な行動をとらなければならない。

4. 行動的な消費者

<http://tool.globalcalculator.org/consumeractivism>

自然環境に意図せぬ有害な副作用をもたらす危険があると認識される技術に対し（例、原子力発電、遺伝子組み替え作物など）、世界中の人々が懸念を抱いている。消費者は 2° C 目標の達成を確保するために、自らが利用する技術やライフスタイルのさまざまな側面の変更を積極的に受け入れる。

具体的には――

- 原子力発電は比較的低レベル
 - 比較的低い作物収量（遺伝子組み換え作物や肥料の使用に消極的であることを示している）
 - 畜産集約化は比較的低レベル（オーガニック／放牧畜産の重視を反映）
-

グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

- 自家用車から公共交通機関へのある程度のシフト
- 消費する肉の量と種類のある程度の変化(牛肉と羊肉から家禽や豚肉への転向)
- 「使い捨て社会」からの転換 — 「製品寿命と需要」のレバーにおいて高度な取り組みを選択

この経路は、ライフスタイルを変えることで(例えば、食事や移動手段の選択により)排出量を大幅に削減でき、他の部門で必要な対策が少なくて済むことを示している。© Crown copyright

© Climate-KIC and International Energy Agency 2015



¹ 2011年における世界のGDPは67兆ドルで、2050年には200兆ドルに増えると予測されている(OECD, 2014; Economic Outlook no. 95, May 2014, Long Term Baseline Projections. Potential output of total economy, volume [PPP prices]. Available at <http://stats.oecd.org>)

² 料消費は世界平均に基づいて計算している。旅行行動は移動が行われる地域の種類に従って区分している(既開発農村地域、開発途上農村地域、国際移動、自動車都市、公共交通拠点都市、急成長都市)。建物におけるエネルギー利用も、構成要素に分けて検討する(電力にアクセスできる都市、電力にアクセスできない都市、電力にアクセスできる農村地域、電力にアクセスできない農村地域)。

³ 別途指定がない限り、この報告書に掲載するすべての数値は4つの起こりうる2°C経路例(分散型の取り組み、消極的な消費者、森林対策の不足、行動的な消費者)の範囲に基づいて計算したものである。これらの経路はツールに含まれている：<http://tool.globalcalculator.org>

グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

⁴ この報告書において、ビジネス・アズ・ユージュアルとは、グローバル・カリキュレーターの経路例「IEA 6DS（概算）」のことと定義する。この経路例は、現行政策のみを想定したものである。

⁵ 4つのシナリオでは2050年の一人当たり移動距離がEU/OECD平均値とほぼ一致する。現在アメリカやオーストラリアなど一人当たり移動距離が同平均値をはるかに上回っている国があるが、これらの国は面積が大きく人口密度が低い。面積がより小さく人口密度の高い国ではこれほどの国内移動距離は必要ないため、同値が世界平均値になる可能性は低い。

⁶ OECD、2015。旅客輸送統計：国内旅客輸送量（百万人キロ）。入手先：

http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ITF_PASSENGER_TRANSPORT

⁷ OECD、2015。人口。入手先：http://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=POP_FIVE_HIST

⁸ カナダ政府、2014。「サーモスタットを活用しよう」入手先：

<http://www.nrcan.gc.ca/science/expert/video/1499>

⁹ 英国建築研究所（BRE）および英国エネルギー気候変動省、2013。エネルギー追跡調査。報告書2：家庭の平均温度。入手先：

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/274770/2_Mean_Household_Temperatures.pdf

¹⁰ 英国公衆衛生庁、2014。健康上必要な冬季の屋内最低温度－系統的文献レビュー。入手先：

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/365755/Min_temp_threshold_for_homes_in_winter.pdf

¹¹ 製造向けの総エネルギー需要は、ビジネス・アズ・ユージュアル経路（IEA 6DS）において「デザイン・材料・リサイクル」レバーをレベル3（4つの起こりうる2°C経路において最も野心的なレバー設定）に設定した場合、25%減少する。

¹² 化学品の総エネルギー需要は、ビジネス・アズ・ユージュアル経路（IEA 6DS）において「化学品」レバーをレベル3（4つの起こりうる2°C経路において最も野心的なレバー設定）に設定した場合、10%減少する。WAS 6

¹³ 1990年から2010年までの発電炭素排出原単位のデータは、IEAの2014年の出版物「CO2 Emissions from Fuel Combustion」（燃料燃焼によるCO2排出）による。

¹⁴ 次世代グリーンカー、2015。次世代グリーンカー・データベース。入手先：

www.nextgreencar.com/new-car-search

¹⁵ 1人当たり平均カロリー消費量は2011年の2,180 kcalから2050年には2,330 kcal増加し（レベル2）、人口は2050年に96億人に増える（レベル2）と仮定した場合。

¹⁶ 「消極的な消費者」経路を用いて計算し、これをWHOの健康的なレベル（摂取カロリーはレベル4、肉の消費量はレベル3）と比較。

¹⁷ 4つの起こりうる2°C経路のうち、最もコストが安いのは「行動的な消費者」の経路である。2011年から2050年までのこの経路の年平均エネルギー・システム・コストは、ビジネス・アズ・ユージュアル経路より2兆ドル少ないと考えられる（世界GDPの2%の節約に相当）。4つの起こりうる2°C経路で最も費用がかかるのは「森林対策の不足」であり、2011年から2050年までのこの経路の年平均エネルギー・システム・コストは、ビジネス・アズ・ユージュアル経路より4兆2,000億ドル多くなる（世界GDPの3%

グローバル・カリキュレーター：2050年の世界に向けた重要なメッセージ

の費用増大に相当)。この値は、中間ケースのコスト推定値に基づく。ビジネス・アズ・ユージュアルとは、「IEA 6DS (概算)」経路と定義する。2011年から2050年にかけての年平均世界 GDP は 129 兆ドルである。

¹⁸ 行動的な消費者経路における自動車台数と、IEA 6DS における自動車台数の比較。

¹⁹ 「行動的な消費者」経路を用いて計算しているが、「肉の種類」におけるレベル 2 の設定と比較。

²⁰ DOR NREL Solar Technologies Market Report, Jan 2010. 1980 年から 2009 年までのワット当たりコスト (2009 年ドル) に基づく。

²¹ 例えば「行動的な消費者」経路の場合、総エネルギー・システム・コストの指数 (2011 年を 100 とする) は 2050 年までに 212 に上昇することが予測されている。2050 年におけるコスト指数の予測上限は 305 (推定値よりも 44%高い) で、コスト指数の予測下限は 160 (推定地より 24%低い) となる。

²² 「分散型の取り組み」経路において、最も高い累積資本コストをとまなう低炭素技術に基づく。

²³ UNFCCC, 1992. 国連気候変動枠組み条約第 2 条：目的。入手先：

http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/1353.php

²⁴ IPCC AR5 WG1 Chapter 12, Figure 12.11

²⁵ Study by Stott et al. 2003 年の異常気象は、2040 年代には平均で隔年発生することが見込まれる。BAU シナリオでは、2080 年代までには冷夏となる可能性がある。

²⁶ 現在フル稼働時のコンバインドサイクル・ガスタービン (CCGT) の排出量は 350 gCO₂/kWh。IEA (2014) Energy Technology Perspectives, page 170 参照。

²⁷ 分散型の取り組み経路において、GGR なしのレベル 4 に基づき計算。

²⁸ 「IEA 6DS (概算)」経路を用いて計算。

²⁹ 分散型の取り組み経路の 2050 年における排出量 (18 GtCO₂e) と人口レバーをレベル 3 に設定した場合の排出量 (8 GtCO₂e) の比較により算出。

³⁰ 具体的に言うと、各経路の 2100 年までの累積 CO₂ 排出量は最大で 3,010 GtCO₂ としている。IPCC は、世界平均気温上昇を 2° C 以内に抑制する確率を 50%とする場合に、このレベルの累積排出量を推奨している。