



# エネルギーと気候変動 日本語版



World Business Council for  
Sustainable Development

持続可能な開発のための世界経済人会議

2050

## はじめに

経済発展とそれに伴うエネルギー需要の増大が気候システムにおよぼす影響は、今や周知の事実である。このレポートは「WBCSDのエネルギー・気候プロジェクト」の作業プログラムの成果として発表した。本書が、産業界のより深い理解と意欲的な調査研究、グローバルな協議の呼び水となり、最も望ましい将来を導き出す一助になれば幸いである。

今後半世紀の間に、世界がどのように発展するかについて私たちは正確には知り得ないが、本書で前提としたシナリオは、途上国における貧困撲滅と生活水準向上という国連の開発目標と整合している。これらの目標達成には、エネルギー消費の増加は避けて通れない道であろう。

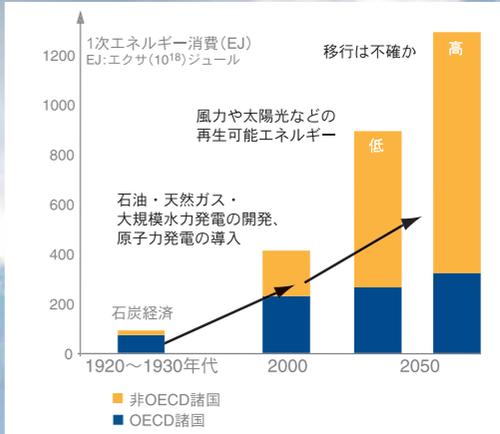
私たちは、人間のさまざまな活動が温室効果ガス（GHG）の排出に影響することも、日々の生活習慣を省みる必要があることも十分承知しているが、ここでは世界のエネルギー利用とそれに起因する影響に焦点を絞った。

本書では、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）、国際エネルギー機関（IEA）、WBCSDの既存のデータを使用した。また、気候変動の問題に向き合う際の参考となるように、データは簡潔に凝縮して提示した。地球全体の排出量の水準と結果として到達する大気中CO<sub>2</sub>濃度に基づく推定や事例は、課題の大きさを説明するためだけに示している。

## 立ちはだかる問題…

### 成長、開発、エネルギー需要

エネルギーは成長のための燃料であり、経済・社会の発展に不可欠である。2050年までに、人口増加と途上国における経済拡大および貧困克服が進むにつれて、エネルギー需要は現在の2～3倍に増加すると見られている。ここ100年間に起きたようなエネルギーインフラの転換が必要になるだろう。現在、私たちは大きな環境脅威として気候変動に取り組んでいるが、前途はまだ混沌を深めている。

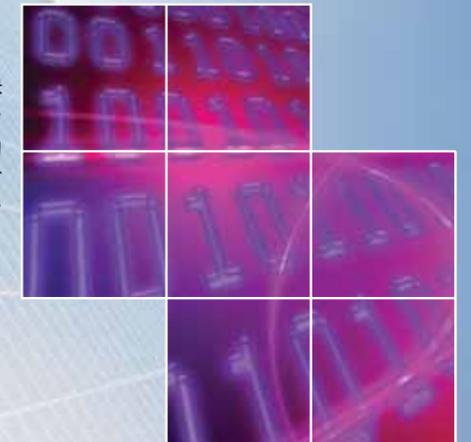


### エネルギー利用と気候への影響

20世紀の間に大気中のCO<sub>2</sub>量は上昇した。原因の多くは化石燃料の使用によるものであるが、その他にも土地利用の変化のように、人口・消費増加に関係する要因もある。この上昇と同時に、地球の平均気温も約1度上昇してきている。こうした傾向が続くとすれば、21世紀末までに大気中の気温はさらに1～4度上昇し、多くの地域で破壊的な気候変動が引き起こされる恐れがある。しかし今、CO<sub>2</sub>の排出抑止に着手すれば、適応可能なレベルに留めることは可能であろう。

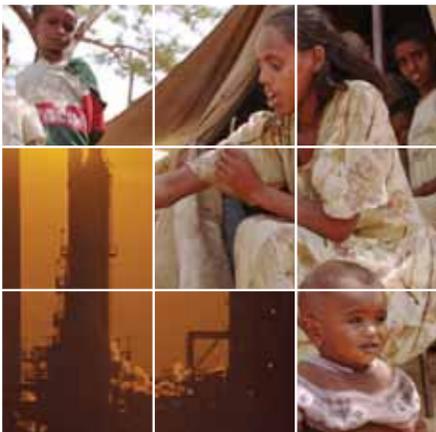
### 技術革新の原動力

多くの人は次のように主張する。気候変動の脅威に対する唯一の解決策として化石燃料を脱却し、エネルギーインフラの変化を加速すべきであると。ところが、どのような技術や政策の枠組みが変化の推進力となるかは、未だ明らかになっていない。何より、地球全体に作用する程の転換は、実現までに時間を必要とする。輸送やエネルギーインフラのような大規模システムが発達を遂げるまでには1世紀はかかる。



### エネルギーの未来を再構築する

2050年までに、地球全体のCO<sub>2</sub>排出量を2000年レベルと同等にするのみならず、エネルギー需要の劇的な上昇を回避し、減少に転じる必要がある。一つの解決策だけでこの変化は生まれるものではなく、エネルギー利用の効率化とCO<sub>2</sub>排出原単位の低下に焦点を絞り、いくつかのオプションを組み合わせる必要がある。エネルギー需給両面における変化によって、真に持続可能なエネルギー利用の道へとシフトすることが可能になる。変化には時間を要するが、今こそ、そのプロセスに着手して未来への基盤作りをすることが緊急の課題であり、産業界はその重要な役割を担っている。



国連ミレニアム宣言

「我々は、我々の同胞たる男性、女性そして児童を、現在10億人以上が直面している、悲惨で非人道的な極度の貧困状態から解放するため、いかなる努力も惜しまない。」

2000年9月、第8回総会

- 1次エネルギー
- 先進国 (1人当たりGDP > 12,000米ドル)
- 新興国 (1人当たりGDP < 12,000米ドル)
- 途上国 (1人当たりGDP < 5,000米ドル)
- 貧困国 (1人当たりGDP < 1,500米ドル)

2000年時点で、先進国が享受する高い生活水準に必要なエネルギーを利用できたのは、地球上に住む6人に1人にすぎない。先進国の10億人が世界のエネルギー供給量の50%以上を消費した一方で、10億人の極貧層の人々が利用したのはわずか4%であった。貧困を当然のごとく受け入れる人など誰もいない。故に、世界は貧困の撲滅と生活水準の向上を目指して、さまざまな目標を設定する必要がある。これらの目標を達成するには、近代的な生活水準の牽引役となるエネルギーが欠かせない。電気などのエネルギーサービスの利用促進が貧困から抜け出す決定的要因となる。つまりは、産業の発展する機会を大幅に拡大し、健康状態と教育レベルを飛躍的に向上させることである。

れ、現状から「貧困低減」または「経済繁栄」のいずれかに開発レベルを上げることを示している。

> 人口増加の圧力と生活水準向上という目標の両者が組み合わさることで、21世紀における非常に難しいエネルギー問題を突きつけられている。開発シナリオをシフトするためには、少なくとも2000年比2~3倍のエネルギー需要増加を満たすに相当する投資が必要だろう。

図1：人口増加と生活水準の向上がエネルギー需要の実際の上昇を招く

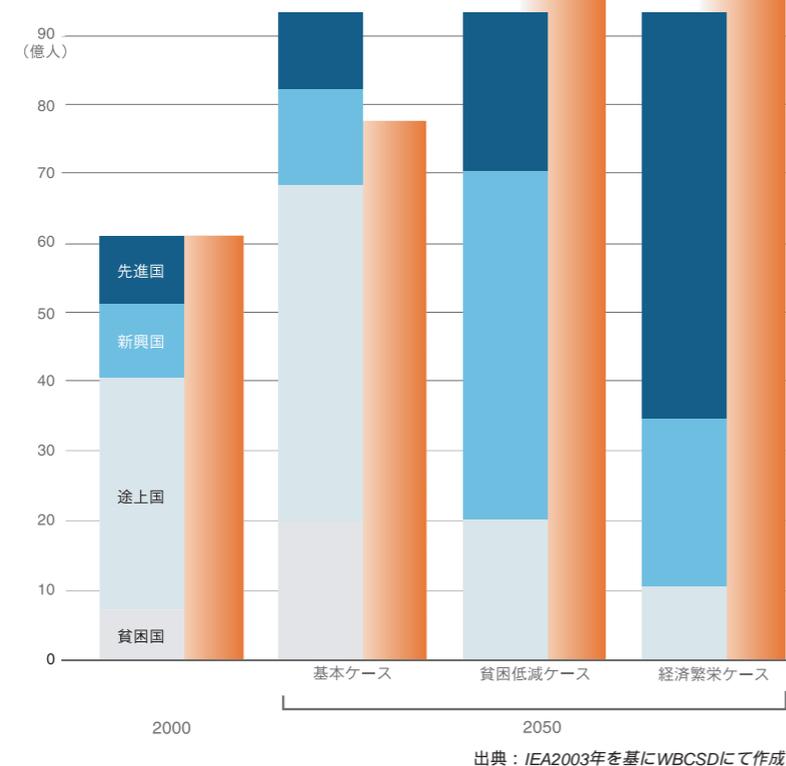


図1は、人口が増加し、開発ニーズが満たされ、生活水準が向上するにつれて、いかにエネルギー需要が増大するかを示している。このことは「BaU」の結果と二つの開発シナリオが対照的に示している。

BaU：Business as Usual (対策を講じずに現状のまま推移した場合)

> 2050年までに、世界の人口はおよそ90億人に達するだろう (国連2002)。世界規模の開発シナリオに何も変化がなければ、さらに20~30億人が貧困生活を送ることになる (基本ケース)。

> 右側の二つの新しい開発シナリオは、両方とも極貧状態を回避するための国連目標を反映させている。それぞ

1次エネルギーは2000年比3倍以上

1次エネルギーは2000年比2倍以上

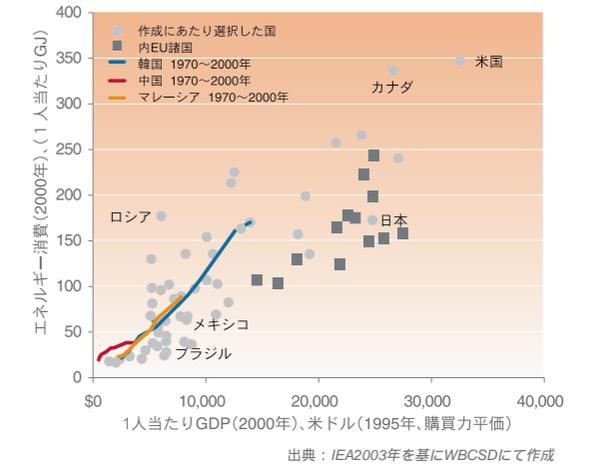
エネルギー、成長のための燃料

1人当たりGDPが3,000米ドル以上になると (1995年、購買力平価) 工業化と個人の移動が開始されるため、エネルギー需要が爆発的に増える。

15,000米ドルからは、工業化の主要な成長が一段落し、サービス産業が支配的になるため、需要の伸びは緩やかになる。

25,000米ドルを超えると、目立ったエネルギー増加もなく経済成長は継続するが、その具体的なレベルは国家の状況によって多様となる。

図2：GDPとエネルギー消費の関係 (韓国、中国、マレーシアについては1970~2000年のトレンド、その他は2000年のデータを活用)



エネルギー利用、開発、CO<sub>2</sub>排出の現状

CO<sub>2</sub>排出量は開発レベルに応じて大きく変わってくる。たとえ似たような経済状況であっても、地理的状況、利用できる国内エネルギー種別、エネルギー資源の一般受容性、公共交通の発達を含む移動手段の選択といった要因により差異が生じる。

部門別CO<sub>2</sub>排出量 (2001年) (kg-CO<sub>2</sub>/人・年)

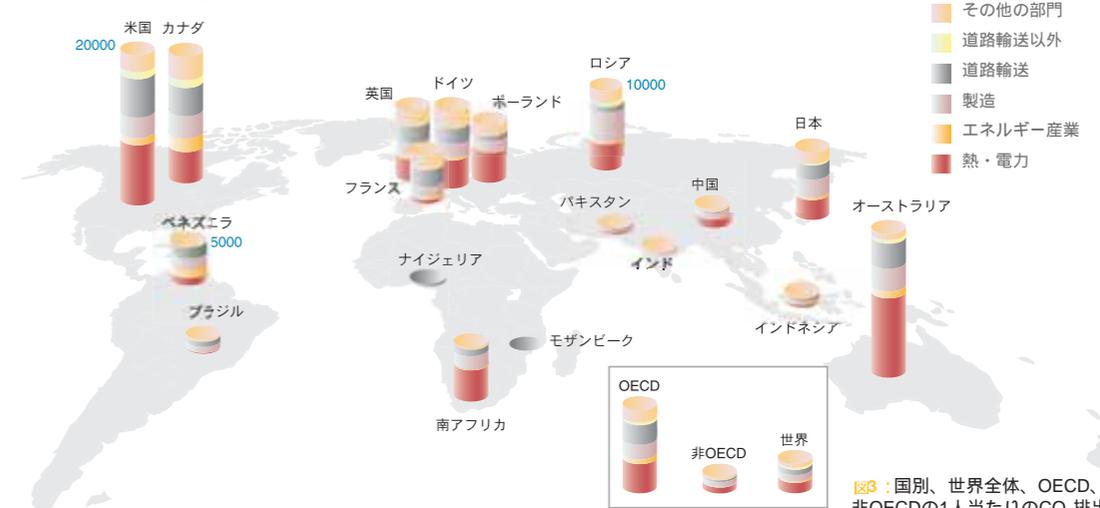


図3：国別、世界全体、OECD、非OECDの1人当たりのCO<sub>2</sub>排出量の部門別内訳

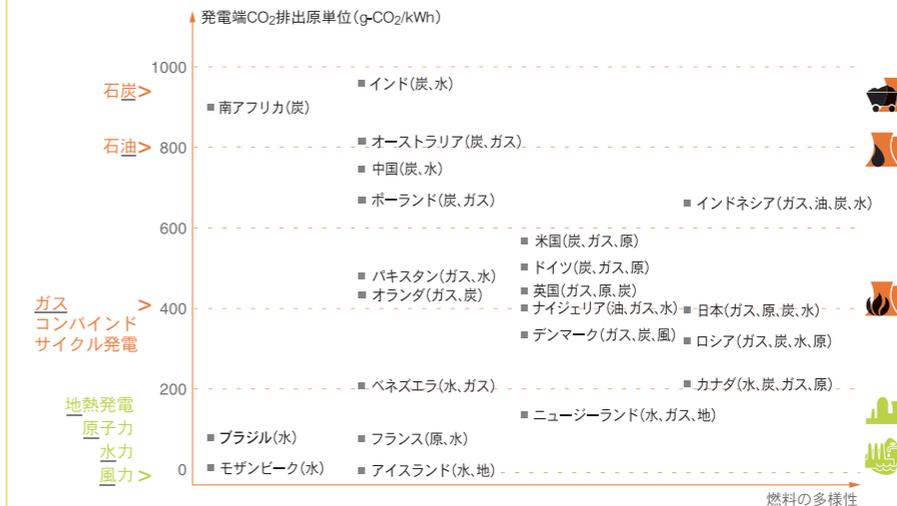


図4：各種発電方式別のCO<sub>2</sub>排出原単位および世界各国CO<sub>2</sub>排出原単位の実績 (2000年データ、自家発電を含む)、各国の燃料は重要度の順にランク付けし、貢献度が10%未満のものは除外。



20世紀の間に、大気中のCO<sub>2</sub>量は上昇した。原因の多くは化石燃料を使用したことによるものだが、他にも土地利用の変化など、人口・消費増加に係る要因もある。その影響の規模については未だ議論が残るところではあるが、地球が温暖化しているという確固たる証拠は存在する。IPCCおよび米国科学アカデミーに代表される大半の科学団体は現在、これら二つの現象に因果関係があると見ている。

IPCCは、私たちの日々の生活が気候に与えた重大な変化を表現するために、さまざまな21世紀の開発の設定を描いている（詳細は用語集を参照）。本書では、実例として2例のみを使用する。それは、予測される世界的な人口増加や、現在の途上国が貧困撲滅のために努力し、人々の生活水準が向上する（セクション1で述べた）という、

私たちが期待する変化と整合するものである。

高度エネルギー利用の設定（IPCC A1B）は、急速な経済成長と、新しく効率性の高い技術を素早く導入する未来社会を描いている。この社会では、現在の「貧乏」と「金持ち」国家の区別が、やがて消滅するほどに地域の1人当たりの平均収入が収束する。

低エネルギー利用の設定（IPCC B2）は、地域的な解決策を強調する中レベルの経済成長を表している。この社会では環境保護に焦点を絞り、緩やかだがより多様な技術変化を受け入れている。二つの設定における1次エネルギー消費と燃料構成は、アジア太平洋統合モデル（AIM、用語集を参照）のシナリオに基づき示している。

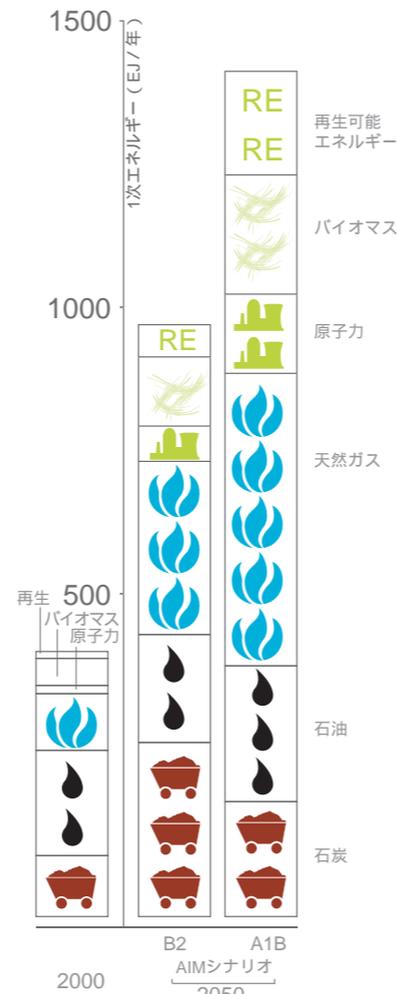
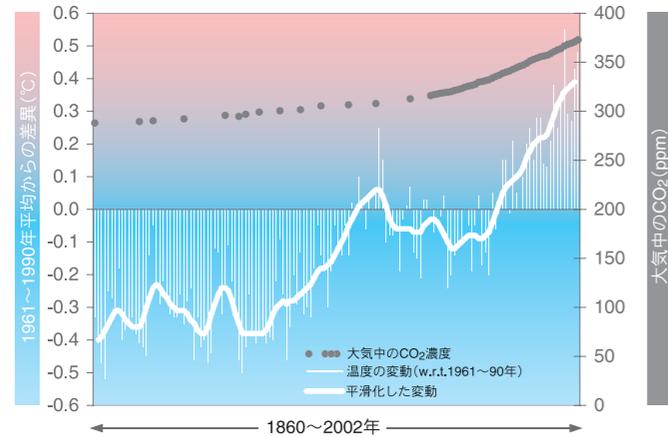


図5：今後の成長・開発の予測と技術変化を基に、2050年におけるエネルギー利用と燃料構成に関する多様なオプションを示すIPCCのシナリオ

出典：IPCC 2001年 b

大気の変化はすでに進行している



出典：ハドレーセンターおよびCDIAC

20世紀の間に大気中のCO<sub>2</sub>濃度は280ppmからおよそ370ppmまで上昇した。これと同時に、世界の平均気温もほぼ1℃上昇している。仮にこの傾向が続けば、世界の気温は21世紀末までにさらに1~4℃上昇する可能性があることが示されている（図7参照）。

図6：1860年以降の大気中CO<sub>2</sub>と世界気温の変動

CO<sub>2</sub>排出量には受容可能な限度量というものはあるのか？

この疑問に答えるために使われる典型的な尺度は、大気中の実質CO<sub>2</sub>濃度または安定レベルである。産業革命までは280ppm程度に留まっていた。IPCCのシナリオは、CO<sub>2</sub>濃度は21世紀を通じて上昇を続け、700~1,000ppmの範囲以下では安定しないと結論づけている。

IPCCによると、そのようなレベルのCO<sub>2</sub>は次のような悪影響を与えるという。気温が約2~4℃上昇すれば、珊瑚礁などの繊細な生態系を脅かす異常な気候現象をもたらす上に、海面の上昇を招くと考えられる。4~6℃の範囲になると、気候パターンに構造的変化が生じ、カリブ海流などの重要な海流に変化が起るとされている。

500ppm未満の安定レベルを維持するためには、2020年までに排出量を急速に低下させる必要があるため、達成はきわめて難しくなる。しかし、それより幾分高いレベルでの安定ならば、有意な変化を生むエネルギーインフラ構築に要する時間枠が残されていることから達成できる可能性は高い。

人間が作り出した環境の影響で、気候変動のシステムは慣性の法則のままにゆっくりとはあるが止め難い現象（CO<sub>2</sub>濃度、気温、海面上昇など）として徐々に現れてくる。今、理想的なシナリオ通り大幅に排出量を削減できたとしても、その動きは数百年も継続していく。

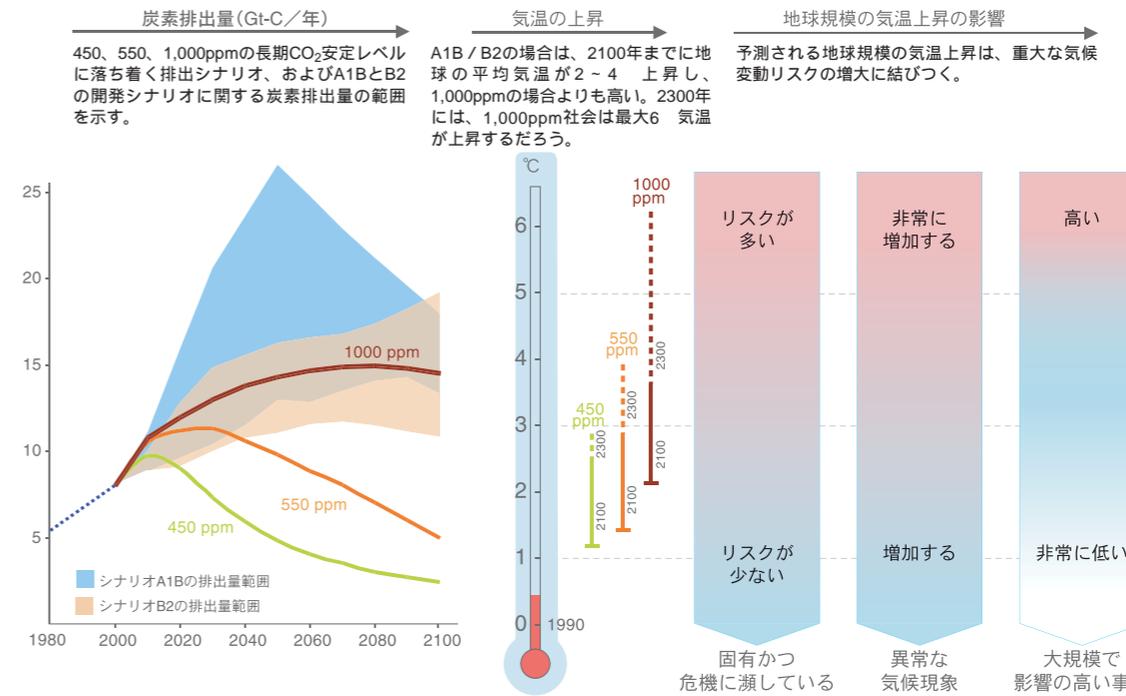


図7：2100年の排出量シナリオ、見込まれる地球規模の気温上昇、付随する気候変動

出典：IPCC 2001年 a

気候変動に対する適応

安定レベルに達したとしても実質的な影響は必ず現れてくる。故に、気候変動に対する適応策を将来のあらゆる戦略に組み込むべきであろう。どのような影響かは、おそらく地域ごとに異なり、詳細は定かではない。蔓延する熱帯病が健康におよぼす影響に対処し、季節風のパターン変化による地域的な水不足に備え、生育期を移動させて農業の崩壊を防ぐことにも取り組まなければならない。こうした結果による経済的・社会的被害は計り知れない。以下のような対策が求められる。

- > フロリダ、バングラデシュ等の低地域の水害防護
- > モルディブなどの島嶼国に対する移民計画
- > 降雨パターンの変化に対処する水管理の強化（水路など）





多くの有識者は、エネルギーインフラにおける急速な変化こそ、気候変動の脅威に対する唯一の解決策だと主張する。しかし、現実には地球規模にあまねく作用を起こすには、実行までに時間を要する。新しい技術が普及するスピードには、以下のような要因が関係する。

> 規模と寿命の問題。輸送やエネルギーインフラのような大規模システムは、完全に開発するまでに1世紀もかかることがある。それに対して、通常、技術変化の速度は、図9で示すような設備寿命とそれに関連する資本ストックとが密接に結びついてくる。

> 費用も変化を遅らせる要因である。新しい再生可能エネルギーを含む新興・未来技術は、既存技術と競争できるように初めて幅広く注目される。一方で、まったく新しい価値命題（例えば、MP3プレーヤー対安価なカセットテープなど）は、急速な変化の時代が到来したことを告げ、やがて費用の削減に結びつく。

> 地域の境界が変化を制限することがある。先進国の新しい技術は、途上国地域で幅広く適用される前に、すぐに成熟期を向え、廃れてしまうことがある。VW（フォルクスワーゲン）ビートルは、欧州や米国の道路からはるか昔に姿を消したが、その後も多くの国で主要自動車として走り続けた。

## 変化が生じるのはいかに早いのか

現在、私たちが経験しているインターネット革命は、さまざまな技術開発の収斂の賜である。ENIACの考案者は、各家庭にコンピュータを置く計画など立てなかったし、最初のネットワークのパイオニアは、食料品の購入をオンラインで済ませるためではなく、大学や軍事施設を結ぶことを中心に考えていた。PC発売後数年経った時でさえ、多くの人々は家庭での設置は限定的とみていた。

本質的にはまったく異なるものの、エネルギーや輸送革命にもコンピュータの普及と多くの共通点がある。石油産業は自動車の開発によって盛況となり、燃料消費は自動車需要の結果として加速していった。両者とも私たちの社会に多大な価値をもたらしたが、当初は、各家庭にある自動車やPCは不必要なもの、また費用面からも非常に高価なものと見られていた。私たちの認識は一晩で変わってしまうこともあるが、エネルギーやコンピュータの転換は数十年もの期間を要するのである。

図8：技術の結集が40年におよぶインターネットの開発を支えた

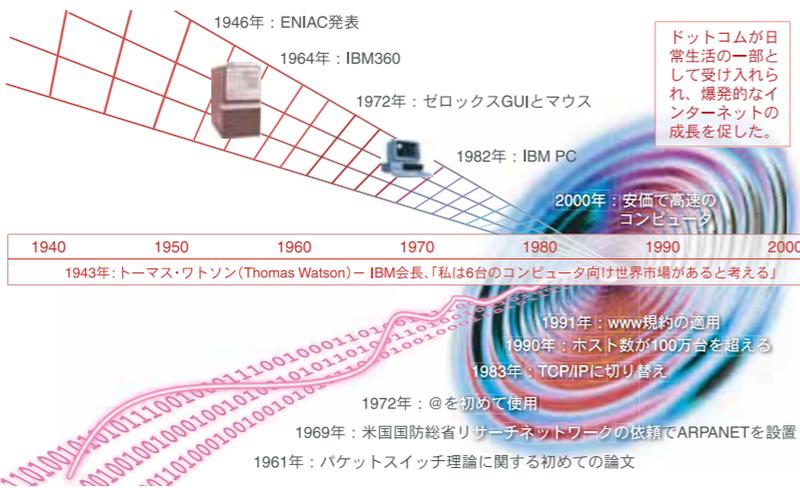
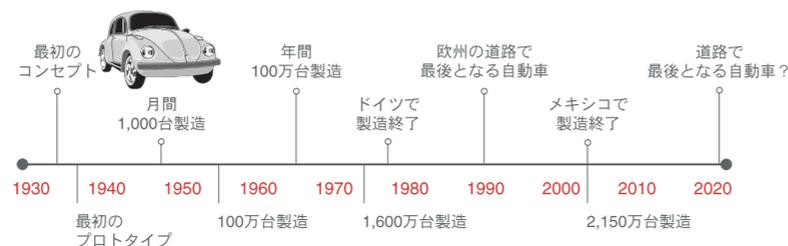


図9：典型的なインフラ寿命、新しい技術が産業に参入する速度を決める要素

インフラ	見込まれる寿命(年)	インフラ	見込まれる寿命(年)
水素ステーション	75 ++	原子力発電所	30 ~ 60
建物	45 +++	ガスタービン	25 +
石炭火力発電所	45 +	自動車	12 ~ 20

図10：最後のVWビートルが道路から姿を消すまで、ビートルは約100年間私たちと共に走り続ける



## いかに難しいか

地球規模での変化は壮大な企てである。挑戦的な（しかも、おそらく非現実的な）成長予測を用いて、大規模利用の準備も整っていない最高の新技術を早期に導入しても、排出量が減少し始める兆しに気付くのはもちろん、現行レベルの維持さえ難しいことは明らかである。

以下に示す二つのケーススタディが、このプロセスを説明している。

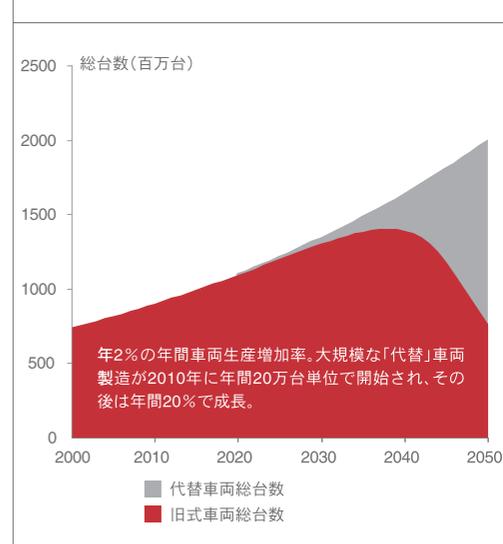
### ケース1：炭素排出量ゼロの道路輸送技術の早期導入

輸送部門からのCO<sub>2</sub>排出量を持続可能レベルに制限することは、気候変動に取り組む際の重要な目標である。『Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability (WBCSD 2004) (モビリティ2030：持続可能な社会を目指すモビリティの挑戦)』で指摘しているように「最適な環境下でさえ、この目標達成には20~30年以上（おそらくもっと長く）かかるだろう」。

現在、輸送部門のCO<sub>2</sub>排出量のおよそ半分を占めている小型車両（LDV）のケースを見てみよう。2000年には同車両が7億5千万台利用されており、毎年2%の割合でこの数字が増加している。輸送部門から有意のCO<sub>2</sub>削減を達成するためには、これらの車両を先進技術搭載の車両に置き換えていく必要がある。ただし、通常の車両寿命はおよそ12~20年であり、低炭素燃料を供給するためには給油所の改修も必要となり、新車両への置き換えには限界がある。

右側の図は、たとえCO<sub>2</sub>排出量ゼロ車両の大規模導入が比較的早期に開始され、急速に進展したとしても、2040年までは走行する旧式車両の総台数が減少しないことを示している。つまり、旧式車両の排出量が大幅に削減されない限り、2040年まではすべてのLDVからのGHG排出量が減少することはないであろう（特定の車両技術の炭素影響に関する詳細評価はWBCSD 2004を参照）。

図11：炭素排出量ゼロ車両の急速な開発・導入を示す



### ケース2：電力部門におけるカーボンニュートラル（大気中のCO<sub>2</sub>が増加しない）技術の即時導入

IEAのリファレンスシナリオ（World Energy Outlook 2002）は、電力の世界需要を満たすためには、1999年から2030年までに世界の発電能力を2倍にする（35からおよそ70億kWへ）必要があると予測する。

同シナリオはさらに、14億kWの石炭発電施設と20億kWの天然ガス施設の建設（施設の建替えと新設の両方）を前提にしている。この間の電力部門からのCO<sub>2</sub>排出量はほぼ2倍になることを意味する。

しかし、仮にすべての新しい石炭火力発電施設が炭素回収や炭素貯留技術を活用するか、あるいはそれに代替する原子力/再生可能エネルギー施設を建設するとすればどうだろうか。電力部門の排出量削減に着手するためにはこれで十分なのか。これらの技術ではせいぜい排出量を安定させる程度である。計画中または既存施設が45年以上もの寿命を有することからも、2030年以降、私たちは相当な遺産を引き継がねばならないのである。

また、地元にある豊富な石炭と安価で成熟した発電技術を、増大するエネルギー需要を満たす理想的手段と目論む多くの途上国にとっても、そのような計画の履行は困難だろう。

図12：電力部門のCO<sub>2</sub>排出量におよぼすカーボンニュートラル技術の影響

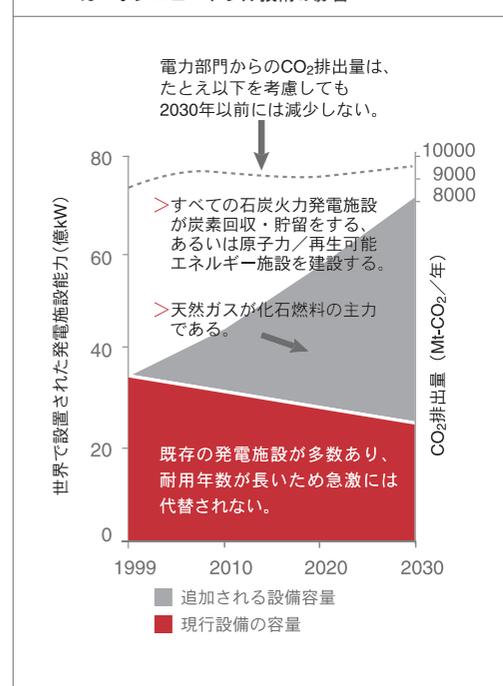
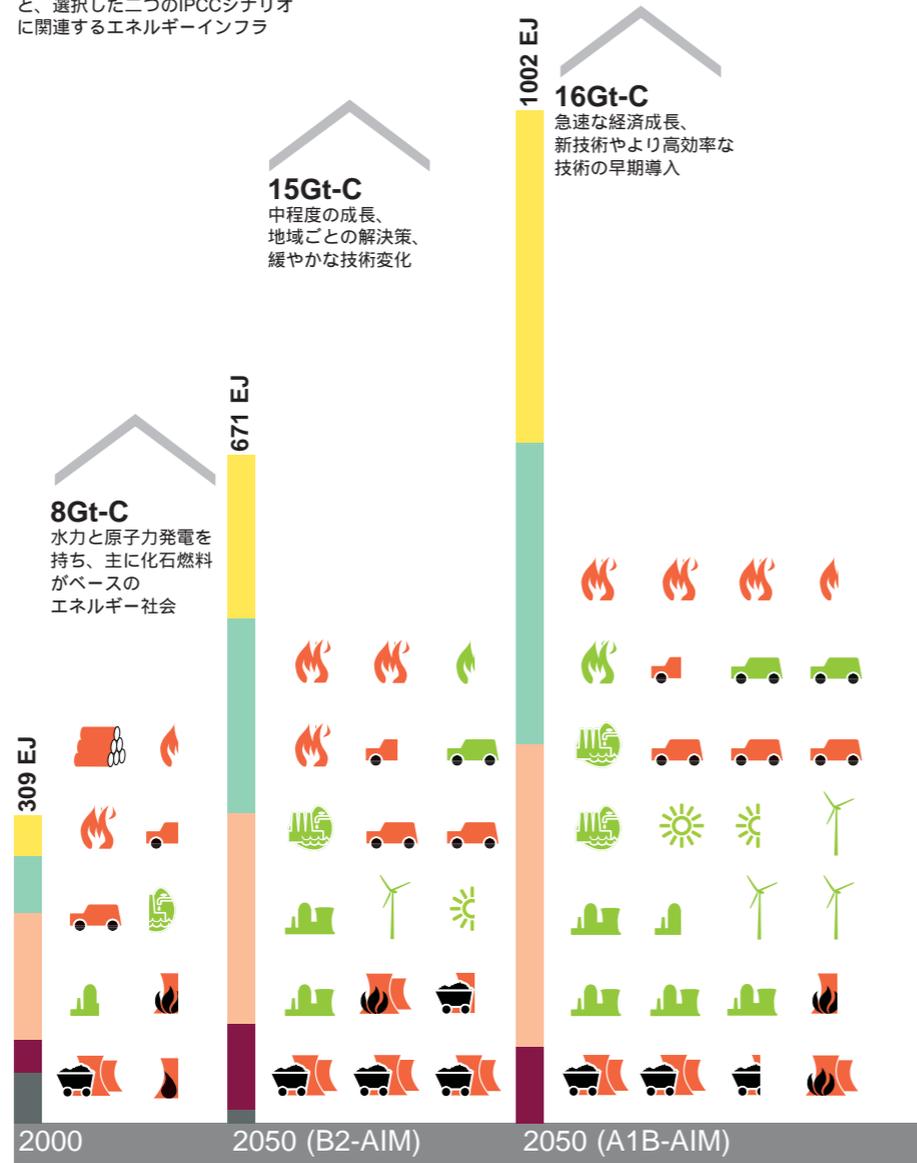




図13：現行のエネルギーインフラと、選択した二つのIPCCシナリオに関連するエネルギーインフラ



**低**炭素排出社会であるからといって、成長の減速は受容できない方向である。私たちはむしろ、生活水準とエネルギー消費が連動する現在の直接的なリンクを断ち切る必要がある。途上国にはOECD諸国が享受してきた生活レベルの向上を望む権利がある。エネルギーシステムにおける効率改善、多様性、技術開発こそ、持続不可能な状態にまで排出量を増加させることなく目標を達成させる鍵となる。

天然ガス利用の増大、先進様式の再生可能エネルギーの導入、消費者に提供される高燃費車といった変化の実例があげられる。右側の図表で示すように、選択した二つのIPCCシナリオ（A1B-AIMとB2-AIM）は、これらの変化に基づき、私たちが今後対面する進化も踏まえて構成されている。しかし、両者が発展する先は約1,000ppmのCO<sub>2</sub>安定を招来するため、これでも十分とは言えないのである。

最終エネルギー

- 非商用
- 固形
- 液体
- ガス
- 電気

EJ: エクサ (10<sup>18</sup>)ジュール



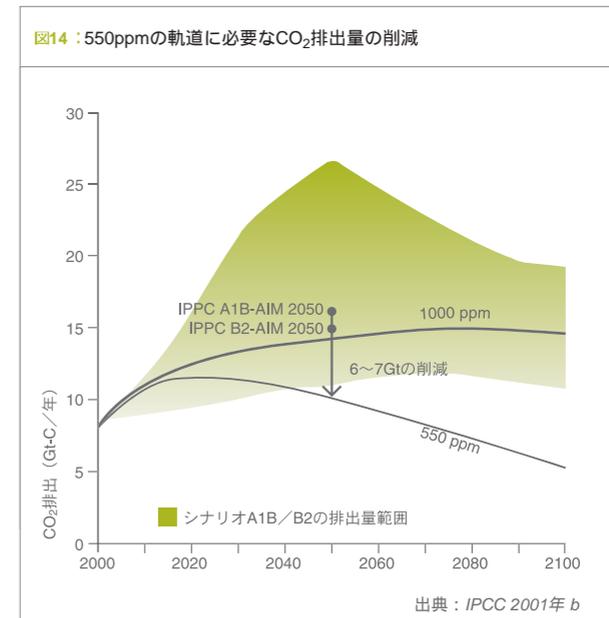
低炭素排出社会へ向かう設定は数多い。展開する図表は、これらの一つにすぎない。しかし、すべての道は一連の排出削減技術や省エネルギー対策を無くしては語れない。

受容可能な大気中のCO<sub>2</sub>安定はどのように達成できるのか

A1BとB2のシナリオを比較して、2050年までに年間6~7 Gt-Cの排出量（22Gt-CO<sub>2</sub>）を削減すると、1,000ppmではなく550ppmの軌道に乗る。しかし、以下のような資源や技術を利用したエネルギーインフラにおける段階的な変革が求められる。

- 天然ガスへのさらなるシフト
- 原子力エネルギー
- 再生可能エネルギー
- バイオ製品
- 炭素回収と貯留
- 先進的な車両技術
- その他のエネルギー効率化の方策

図14：550ppmの軌道に必要なCO<sub>2</sub>排出量の削減

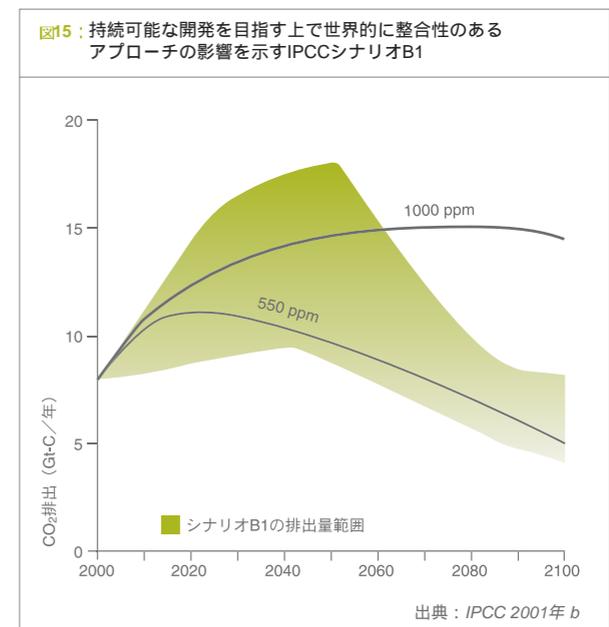


エネルギーの節約、エネルギー効率化、社会変化

低炭素排出社会では、平均30%少ないエネルギー利用で同レベルの開発を達成するように、エネルギーと開発の関係における顕著な転換が必要となる。行動の変化によるエネルギーの節約と技術によるエネルギー効率化の双方がその役割を担う。

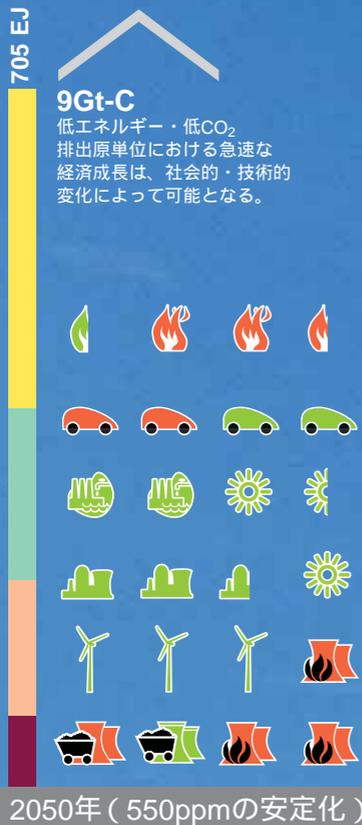
このような傾向は、IPCC B1の設定の特徴であり、持続可能な開発を目指す上で世界的に整合性のあるアプローチに基づく未来を展望する。それは、物質集約度（直接材、間接材すべてを合わせた物質の投入）の削減と、クリーンで資源効率的な技術の導入を前提とした、情報とサービスの成熟した経済に向かって急速に変化し収斂する世界を表現している。シナリオは、気候変動を抑制するためにあからさまな介入をしなくても、比較的低いGHG排出へと導いていく。

図15：持続可能な開発を目指す上で世界的に整合性のあるアプローチの影響を示すIPCCシナリオB1



## 排出量削減

図16：低炭素社会への道は多数ある。ここに示すものは、その内の一にすぎない。しかし、すべての道は一連の排出削減技術や省エネルギー対策を無くしては語れない。



### 天然ガスへのさらなるシフト

天然ガスは、従来型の石炭（CO<sub>2</sub>回収なしを想定）や石油に比べて、炭素排出の視点から見ると効率的である（図4参照）。100万kWの天然ガスコンバインドサイクル発電1,400基の方が、石炭火力よりも、年間当たり1Gt-C少ない排出量ですむ。

9Gt-Cの社会には、今後50年間、毎年2.6%の一貫した増加が必要である。これは『World Energy Outlook 2000-2030』でIEAが予測した2.4%よりも高い。

天然ガスは、依然として経済的供給制限のある化石燃料であり、その役割は長期的ではなく、一過性であることを意味する。

### 大量輸送

インフラの違いと公共交通機関を利用する市民の姿勢により、1人当たりのCO<sub>2</sub>排出量は、同様のライフスタイルを持つ先進国でも3：1程度以上の開きがある。

### 原子力エネルギー

100万kWの原子力発電700基の方が、同等の従来型石炭火力発電よりも、年間1Gtの炭素排出量を削減できる。しかし、

必要とされる4%以上の増加率は、2.5%以下であった1990年代の原子力の増加率を上まわる。

原子力は、社会受容性という課題を克服しなければならない。

### 道路輸送

道路輸送の排出量は、2000年時点で1.5Gt-Cを占めた。2050年までに、車両数が20億台を超えるため、3Gt-C以上に上昇すると予測される。しかし、

これらすべての車両の燃費が向上すれば（ハイブリッド技術や先進ディーゼル技術の使用）、2050年の排出量は1Gt-C低下する可能性がある。

8億台以上の車両が、生産に炭素排出を伴わない新しい水素輸送インフラを利用した場合には（燃料電池技術を含む）、排出量に1Gt-C程の低下が見込める。

ここに示した9Gt-Cの社会は、一部バイオ燃料で走行する高燃費ICE車両の利用を前提にしている（「バイオ製品」を参照）。

### 再生可能エネルギー

年間1Gt-Cの排出量の削減は、100万kWの従来型石炭火力発電所700基を再生可能エネルギーに基づく施設に置き換えることで達成できる。

風力発電 - 5,000kWのウインドタービン30万基以上が必要であり（1Gt-C削減のために）、多くの土地が未だ利用可能ではあるが、ポルトガル程の面積が必要である。現在、多くは沖合に設置されている。

太陽光発電 - 電力網へのアクセスを持たない世界の20億人以上の人々にとって重要な電力源になっている。

地熱発電 - 現行能力と潜在的な成長見通しは風力と同程度であり、土地利用の制約は非常に小さい。

水力発電 - この能力が最大限に活用されていない多くの途上国において、現実的な規模の再生可能エネルギーを提供する。

### 建物

米国エネルギー省のゼロエネルギーホーム・プログラムによる新しい建物では、正味のホームエネルギー利用を90%削減できる成果が出ている。

### バイオ製品

バイオ燃料やバイオマス为原料とした生産品は、発電・製造・輸送部門からの排出量を削減できる。2000年時点で、50EJの非商用最終エネルギー（主に途上国での調理用）を生産するために、持続可能ではないバイオマス利用が加わり、1Gt-Cの排出量が増加した。2050年までに、持続可能なバイオ燃料とバイオマスの生産が、実質CO<sub>2</sub>排出量ゼロの100EJの最終エネルギーに寄与する。

### 省エネ電気器具

現在、照明によって0.5Gt-C以上の排出量が、直接・間接的にもたらされている。途上国に住む20億人の人々は唯一の照明源として、燃料を直接燃やして灯りに使う。同じ照明目的で大半の先進国が消費するよりも、1人当たりのエネルギー消費量が多い。白色LED（発光ダイオード）などの先進照明技術にシフトすれば、関連する炭素排出量の最大50%を世界レベルで削減できる。

### 炭素回収と貯留

炭素回収と貯留は、世界の豊富な石炭資源をさらに有効利用する道を示す。回収・貯留を活用する100万kWの石炭火力発電所700基は1Gt-C少ない排出量をもたらす。

以下のような課題がある。

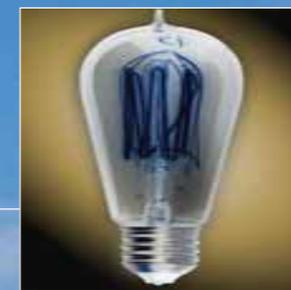
- 低コストのCO<sub>2</sub>分離技術
- 技術の社会的な受容
- 十分な場所の特定と開発
- モニタリング方法の確立

### 異なる実行方法

情報化社会を通じて省エネルギーを実現することができる。オンデマンドサービスや移动通信の利用による優れた在庫管理は、廃棄物の削減、輸送の削減、最終的な温室効果ガスの排出削減をもたらす。

無線技術の進歩によって、途上国は不必要なインフラ投資をしなくても、同様のアプローチを迅速に適用でき、結果としてGDP当たりのエネルギー消費を低く抑えたまま成長を推進できる。

## エネルギーの節約と効率化



## 用語集

**ARPANET** : 高等研究計画局ネットワーク (Advanced Research Projects Agency Network) は、60年代初期に米国政府が設置したものであり、コンピュータユーザ間の通信を可能にした世界初のネットワーク。

**AIM** : 日本の国立環境研究所のアジア太平洋統合モデル (Asian Pacific Integrated Model) からのシナリオ。後述の「IPCCシナリオ」を参照。

**Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)** : 二酸化炭素。天然ガス、石油、石炭などの炭化水素の燃焼で発生する主要な気体。CO<sub>2</sub>は大気中に自然に存在する温室効果ガスだが、その濃度は20世紀中に上昇した。

**Carbon capture and storage** : 炭素回収と貯留。大気中へのCO<sub>2</sub>排出を長期に代替する方法は、回収・貯留することである。炭素の地中貯留は、地表下にCO<sub>2</sub>の注入を行う。CO<sub>2</sub>が十分な濃度でない場合には、最初に分離が必要である。

**CCGT and CHP** : ガスコンバインドサイクル発電 (Combined Cycle Gas Turbine) は、ガス中の化学エネルギーの50%以上を電気エネルギーに転換できる効率性の高い施設である。総合効率は、熱電併給プラント (CHP) の方がさらに向上する。

**Concentration** : 濃度。所定時間における大気中のCO<sub>2</sub>量は、通常、100万分の1 (ppm) 単位で測定される。本書では、CO<sub>2</sub>濃度はCO<sub>2</sub>だけを意味し、他の温室効果ガスは含めない。

**DOE** : 米国エネルギー省 (United States government Department of Energy)

**Emission** : 排出量。大気中に放出される物質 (本書ではCO<sub>2</sub>) は通常、年間当たりトン単位で示される。

**ENIAC** : 世界で初めての電子計算積分コンピュータ (Electronic Numerical Integrator and Computer) は、1943年に米国国防総省 (Dod) がBallistics Research Laboratoryのために委託した。

**Final energy** : 最終エネルギー。私たちが、自動車、家庭、事務所、工場などで実際に使用するエネルギー。

**GDP** : 国内総生産。経済規模を測定する。

**Gigatonnes (Gt)** : ギガトン。大気中に排出される炭素量は非常に多いため、ギガトンまたは数十億トン単位で示される。大気中の1Gt-CO<sub>2</sub>は、0.3Gt-Cに相当する。

**Greenhouse gas (GHG)** : 温室効果ガス。赤外線を吸収し再放出して、地球の温度を保つ大気中のガス。これらのガスは、自然と人的影響の2つのプロセスを通じて発生する。最大のGHGは水蒸気である。その他の主要なGHGには、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)、亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O)、メタン (CH<sub>4</sub>)、フロン (CFC)、六フッ化硫黄 (SF<sub>6</sub>) がある。

**ICE** : 内燃機関 (Internal combustion engine)

**IEA** : 国際エネルギー機関 (International Energy Agency)。エネルギー政策の協調を通して、エネルギー供給、経済成長、持続可能な環境の安全性を確保するために設立された政府間機関。IEAが作成した主な出版物は『World energy outlook (WEO)』<sup>a</sup>。

**IPCC** : 気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change) は、気候変動・潜在的影響・適応と削減のための選択を理解することを目的とし、科学的・技術的・社会経済的な関連情報の評価のために国連により設置された。

**IPCC scenarios** : IPCCシナリオ。IPCCは、異なる人口構造的、社会的、経済的、技術的、環境的な開発を網羅し、起こりうる経路を示した4つの設定を作成した。重要なことに、これらの設定は、京都議定書の履行など特定の気候イニシアチブを含んでいない。

各シナリオは設定の一つに関する特定の定量的解釈を表す。それぞれの設定においては、異なるモデリングアプローチを使用して、複数の異なるシナリオが作成された。同じ設定に基づく全てのシナリオは、同じグループを構成する。

本書では、A1B (バランスのとれたエネルギー供給構成) とB2の設定を利用し、特定のエネルギーインフラの説明には、日本の国立環境研究所のアジア太平洋統合モデル (AIM) からのシナリオを利用した。A1B-AIMIは、全40のIPCCシナリオの中レベルにあたる排出量を想定し、A1の設定の代表的なシナリオである。私たちはまた、エネルギー効率に重点を置いて将来の排出量を低下させる、B1の設定と各シナリオも参照した。

**Joule, Gigajoules (GJ) and Exaloules (EJ)** : ジュール、ギガジュール (GJ)、エクサジュール (EJ)。ジュールはエネルギー使用単位であるが、少量であるため、グローバルなエネルギー議論の際には非常に大きな数字で表現する必要がある。ギガジュールは10億ジュール (1の後に0が9つ続く)、エクサジュールは1の後に0が18続く。1エクサジュールは、2,780億kWh、または27万8,000GWh。100万kWの発電所32基が1年間稼働したのと同様である。

**OECD** : 経済協力開発機構 (Organization for Economic Development and Cooperation)

**Parts per million (ppm)** : 100万分の1 (ppm)。別の物質の100万パーツ中に含有する物質のパーツ (分子)。本書では「ppm」を、所定時間における大気中のCO<sub>2</sub>量を表す容量単位として使用している。

**PPP** : 購買力平価 (Purchasing Power Parity)。異なる通貨の購買力を均等化する通貨換算率。PPPは、貿易商品または非貿易商品やサービスの固定バスケットを異なる通貨でコスト比較し、生活水準の幅広いベース単位を生み出す。

**Primary energy** : 1次エネルギー。例えば、石炭、石油、天然ガスなどの資源から入手可能な総エネルギー。これらの資源の100%有効利用を想定している。

**Stabilization** : 安定。長期的にバランスのとれた大気中のCO<sub>2</sub>濃度。CO<sub>2</sub>は大気中から常に、海洋、動植物の生活へ移動し、やがてバランスのとれた濃度が数千年も維持されている大気中に戻ってくる。排出量の増加によってバランスが変化すると、新しいバランスまたは安定を大気自身で確立するためには、さらに数千年の歳月がかかる。

**Watt, KiloWatts (KW), MegaWatts (MW), GigaWatts (GW) and Watt-Hour (Wh)** : ワット、キロワット (KW)、メガワット (MW)、ギガワット (GW)、ワット時 (Wh)。ワットはエネルギー利用率の単位であり、毎秒1ジュールに相当する。メガワットは百万ワット、ギガワットは10億ワット。発電は通常、ワット時 (Wh) で表し、1時間の間に1ワットの供給または使用を意味する。家庭のエネルギー使用はキロワット時 (kWh) で表す。1時間稼働したままにするために1,000ワット必要とする電気製品は、1キロワット時の電力を消費する。ジュールの定義も参照。

## 主なリファレンスと出典元

BP 2003 : *Statistical review of world energy* (世界エネルギー統計)

CIA 2004 : *The world factbook* (米国情報局世界調書2004年版)

Evan Mills Ph.D., IAEEL and Lawrence Berkeley National Laboratory (ローレンスバークレー国立研究所) 2002 : *The \$230-billion global lighting energy bill* (2,300億ドルのグローバルライティング・エネルギービル)

Hadley Centre and Carbon Dioxide Information Analysis Centre (CDIAC : ハドレーセンターと二酸化炭素情報分析センター) : <http://cdiac.esd.ornl.gov/home.html>

IEA 2003 : *CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion 1971-2001* (燃料燃焼からのCO<sub>2</sub>排出1971-2001)

IEA 2002 : *World Energy Outlook* (世界のエネルギー展望)

IPCC 2001 a : *Climate change 2001, Synthesis report* (気候変動2001年 統合報告書)

IPCC 2001 b : *Emissions scenarios: A special report of working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (排出シナリオ : IPCCワーキンググループIIIの特別報告書)

UN 2002 : *World population prospects* (世界人口予測)

WBCSD 2004 : *Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability* (モビリティ2030 : 持続可能な社会を目指すモビリティの挑戦)

## WBCSDについて

持続可能な発展のための世界経済人会議（WBCSD）は、経済成長、環境保全、社会的公平という3本の柱による持続可能な発展に対して共有の決意を持つ170の国際的な企業の連合体である。メンバーは、35以上の国と20の主要な産業分野を代表して参加している。我々はまた、50の国家および地域の経済会議のグローバル・ネットワークと、1,000人のビジネス・リーダーたちがグローバル規模で参加するパートナー組織からも支援を受けている。

### WBCSDの使命

持続可能な発展に向けた変革のきっかけをもたすべく産業界のリーダーシップをとること。また、環境効率、革新（イノベーション）、企業の社会的責任の向上に寄与すること。

### WBCSDの目的

我々の目的と戦略の方向性は、上記の使命を基本として以下に述べるものを目指す。

- > **産業界におけるリーダーシップ**：持続可能な発展に関連した問題に対して産業界の声を主導していくこと。
- > **政策策定**：産業界が効果的に持続可能な発展に貢献できるような枠組みを創出するため、政策策定に参画すること。
- > **最善の事例提示**：産業界の環境、資源活用と企業の社会的責任における進歩を示し、WBCSDメンバー間でその時点の模範的事例を共有すること。
- > **グローバルな展開**：発展途上国および変革期の国々の持続可能な未来に貢献すること。

### 免責条項

本書はWBCSDの名で発表した。他のWBCSD発行物と同様に、事務局と複数の会員企業のエグゼクティブによる共同作業がもたらした成果である。草稿は幅広いメンバーで検討され、その内容はWBCSDメンバーの見解を広く代表することを目指した。ただし、すべての会員企業があらゆる記述内容に同意していることを示すものではない。

## エネルギー・気候プロジェクト

### 共同議長

Anne Lauvergeon (AREVA)  
John Manzoni (BP)  
Egil Myklebust (Norsk Hydro)

### ワーキンググループ

参加企業75社と12の地方BCSDの代表

エネルギー・気候ワーキンググループのすべてのメンバーに対し、本書への貢献に感謝を捧げる。

### プロジェクト・ディレクター

Laurent Corbier (WBCSD)

### 主要執筆者

David Hone (Shell)

### 共同執筆者

Simon Schmitz (WBCSD)

### デザイン

Michael Martin and Anouk Pasquier (WBCSD)

### 写真提供

表紙、P8、P9の写真はトヨタ自動車の好意により掲載

### 著作権

©WBCSD 2004年8月

### ISBN

2-940240-69-8

### 刊行物の注文

WBCSD, c/o Earthprint Limited  
Tel: (44 1438) 748111 Fax: (44 1438) 748844  
wbcscd@earthprint.com

### 刊行物は以下でも参照可能：

www.wbcscd.org  
www.earthprint.com

